

Bakterien als Plastikfabriken

Jasmin Bauer

Biologisch abbaubarer Kunststoff für mehr Nachhaltigkeit

Kunststoff ist ein wichtiger und nützlicher Bestandteil unseres Alltags. Gelangt er jedoch als Plastikmüll in die Natur, belastet er die Umwelt. Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute von der Fakultät Verfahrenstechnik der TH Nürnberg forscht an der Herstellung einer nachhaltigen und biobasierten Alternative. Durch die gezielte Beeinflussung der Materialeigenschaften will sie den Biokunststoff an die industriellen Anforderungen anpassen.



Die Bakterien wachsen in einem Bioreaktor zu einer großen Anzahl heran.



Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute forscht an biologisch abbaubaren Kunststoffen.

Es ist leicht, formbar, günstig und vielseitig einsetzbar: Plastik. Ob als Handyhüllen, Frischhaltedosen oder sogar als dünne Schicht in den Minen von Bleistiften, der Kunststoff ist in unserer heutigen Welt nicht mehr wegzudenken und hilft dabei, unseren Alltag einfacher zu gestalten. Trotz seiner vielen Vorteile hat Plastik einen entscheidenden Nachteil: Der Plastikmüll, der vor allem durch Verpackungen entsteht, belastet unsere Umwelt massiv. Eine Kunststoffflasche benötigt schätzungsweise bis zu 450 Jahre, bis sie sich in Mikroplastik zersetzt hat, das zwar immer kleiner wird, sich aber nicht vollständig abbaut. Laut der Ellen MacArthur Foundation landen jedes Jahr etwa acht Millionen Tonnen Plastik in den Weltmeeren, das entspricht dem Inhalt eines Müllwagens pro Minute. Bisher gehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler davon aus, dass sich weltweit bereits fünf riesige Plastikinseln geformt haben. Für die Plastikinsel im Nordpazifik gehen sie von einer Größe von 700.000 bis mehr als 15.000.000 km² aus – damit wäre die Fläche größer als Europa mit seinen 10.180.000 km².

Eine Kunststoffalternative ist bei der Lösung dieses Problems essenziell. Grundbestandteil des Werkstoffs Kunststoff sind Polymere. Je nach Verwendung werden Additive wie Weichmacher, Flammschutzmittel, Farbstoffe etc. zugesetzt. Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute von der Fakultät Verfahrenstechnik der TH Nürnberg forscht bereits seit Jahren an einem Polymer, das sowohl biobasiert hergestellt werden kann als auch biologisch abbaubar ist. Ihr Ziel ist es, die vorteilhaften Materialeigenschaften von Plastik mit den Anforderungen an nachhaltigen Lösungen für die Zukunft zusammenzubringen. Dabei legt sie ihren Fokus auf das Biopolymer Polyhydroxybutyrat (PHB), die sogenannte Polyhydroxybuttersäure, einen der wenigen Biokunststoffe, der biobasiert hergestellt werden kann und unter allen Bedingungen, in der Erde oder in Süß- und Salzwasser, biologisch

abbaubar ist. „Die Polyhydroxybuttersäure ist ein nahezu farbloser Polyester und gilt als vielversprechendster Ersatz für petrochemische Polymere. Sie ist für viele gängige Verarbeitungsmethoden, wie Spritzguß, Extrusion, Folienblasen etc. geeignet. Bisher sind die Herstellungskosten für diesen Biokunststoff sehr hoch, weshalb die Industrie



Wir müssen weg vom Gedanken der unendlichen fossilen Rohstoffmengen.“

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute

ihn noch nicht im großen Maßstab einsetzt“, so Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute. Die meisten Kunststoffe werden petrochemisch,

also auf Basis von Erdöl, hergestellt. Das PHB kann die Wissenschaftlerin mit Hilfe von Bakterien erzeugen: „Wir müssen weg vom Gedanken der unendlichen fossilen Rohstoffmengen und den nächsten Schritt zur Verwendung nachhaltig nutzbarer Rohstoffe nicht nur denken, sondern auch gehen.“ Bereits im Rahmen ihrer Doktorarbeit untersuchte sie die Nutzung von Sonnenlichtenergie



Jedes Jahr landen etwa acht Millionen Tonnen Plastik in den Weltmeeren.

zur Herstellung von Wasserstoff durch Mikroalgen. Den Ansatz, Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid auch für die Herstellung von PHB durch photosynthetische Mikroorganismen zu nutzen, hat sie nach ersten Berechnungen verworfen: wirtschaftlich nicht sinnvoll. Mit dem Wechsel an die TH Nürnberg kam dann die Veränderung ihres fachlichen Schwerpunkts hin zu Bakterien.

Viele Bakterienarten lagern PHB als Speicherstoff in ihren Zellen ein, der bis zu 90 Prozent des Zellgewichts ausmacht. Solche Bakterien sind überall zu finden, auf Pflanzen und Lebewesen oder in der Erde. Das Bakterium „*Cupriavidus necator*“, das ursprünglich aus dem Erdreich isoliert wurde, lagert beispielsweise PHB von bis zu 80 Prozent der Biotrockenmasse ein und bietet damit das Potenzial zur Massenproduktion. Für die wirtschaftliche Nutzung müssen die Bakterien in einem Bioreaktor zu einer großen Anzahl heranwachsen. Um ihren Stoffwechselprozess bei der PHB-Syn-

these im großen Maßstab nutzen zu können, ist es erforderlich, für die Anzucht der benötigten Bakterienzellen und für die nachfolgende PHB-Produktion unterschiedliche Prozessbedingungen technisch zu realisieren. „Eine rasche Zellteilung und das damit verbundene, mikrobiologische Wachstum sind nur bei einer optimalen Versorgung der Bakterienzellen mit Nährstoffen und Sauerstoff möglich. Für die Einlagerung von Polybuttersäure benötigen die Bakterien

allerdings Mangelbedingungen“, erklärt Prof.-Ing. Dr. Stephanie Stute.

Ihr Ansatz basiert auf zwei hintereinandergeschalteten Bioreaktoren, die kontinuierlich unter

Zulauf von Nährstoffen betrieben werden. In der ersten Stufe werden die Bakterien mit Nährstoffen versorgt und es herrschen ideale Wachstumsbedingungen. In dieser Phase müssen sowohl die Sauerstoffzufuhr als auch die Temperatur, der pH-Wert und die Nährstoffmenge optimal eingestellt werden. In der zweiten Stufe herrscht ein gezielter

Nährstoffmangel, sodass die Bakterien mit der Einlagerung von PHB beginnen und eine große Menge des Produkts bilden. Um diesen Prozess noch zu verstärken, führt Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute den Bakterien konstant Rohglycerin als Kohlenstoffquelle hinzu. Da die benötigten Rohstoffe einen Großteil der Gesamtkosten ausmachen, setzt die Wissenschaftlerin beim verwendeten Rohglycerin auf einen kostengünstigen industriellen Reststrom. So entstehen pro Tonne hergestelltem Biodiesel etwa 100 kg Rohglycerin, das die deutsche Industrie häufig nur für einen geringen Preis verkaufen kann oder sogar kostenpflichtig entsorgen muss. Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute kann pro 100 kg Rohglycerin etwa 25 kg PHB erzeugen. Bei einem deutschlandweiten Absatz von ca. 2,3 Millionen Tonnen Biodiesel pro Jahr könnte sie so theoretisch 57.500 Tonnen PHB herstellen. Das Rohglycerin steht in ausreichender Menge zur Verfügung und hat das Potenzial, die Produktionskosten des Biokunststoffs erheblich zu reduzieren. Haben die Bakterien genügend PHB eingelagert, trennt Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute am Auslauf des zweiten Bioreaktors die Bakterienzellen vom Nähr-



Die TH Nürnberg hat die nötigen Kompetenzen, um einen nachhaltigen Biokunststoff herzustellen.“

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute

medium ab. Nach der Extraktion des PHB aus den Zellen erhält sie ein weißes Pulver, das zum marktüblichen Granulat und zu vielfältigen Produkten weiterverarbeitet werden kann.

Der entwickelte Prozess ist inzwischen etabliert und läuft bereits mehrere Wochen am Stück stabil. Für die Weiterverarbeitung gibt es allerdings einige Kriterien und Anforderungen, die das Polymer erfüllen muss. Das aus den Zellen aufgereinigte PHB liegt kristallin vor, weshalb es spröde und damit schwierig zu verarbeiten ist. Die Längen der PHB-Moleküle sowie die Integration von andersartigen Monomeren und damit die späteren Materialeigenschaften will Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute über die Prozessbedingungen in den Bioreaktoren und die Zugabe weiterer Substanzen positiv beeinflussen. Gibt sie im zweiten Reaktor spezielle Moleküle hinzu, werden sie von den Enzymen der Bakterien-

zellen verarbeitet. Die Eigenschaften des PHB werden dabei so verändert, dass es geschmeidiger wird und damit leichter zu verarbeiten ist. „Die TH Nürnberg hat die nötigen Kompetenzen, um einen nachhaltigen Biokunststoff herzustellen, weiterzuverarbeiten und an die industriellen Anforderungen anzupassen“, erklärt Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute.

Gemeinsam mit Prof. Dr. Michael Mirke von der Fakultät Werkstofftechnik, der sich unter anderem mit additiver Fertigung und Biopolymerverarbeitung beschäftigt, und Prof. Dr. Gerd Wehnert von der Fakultät Angewandte Chemie, der unter anderem an hochfesten Kunststoffen und der Kunststoffverarbeitung forscht, möchte sie die Materialherstellung und die Verarbeitung langfristig zusammenführen. Ein erster Schritt war hierbei der Einsatz des PHB für den 3D-Druck zur Herstellung personalisierter medizinischer Implantate. Denn PHB

ist nicht nur in der von Mikroorganismen belebten Umwelt abbaubar, sondern auch im menschlichen Körper. So könnte es als vorübergehendes Stützmaterial zur Geweberegeneration eingesetzt werden, das sich selbst nach einiger Zeit im Körper auflöst. Eine besondere Herausforderung ist hierbei die Herstellung von PHB unter den hohen Reinheitsanforderungen für Medizinprodukte.

Biokunststoffe sind bereits stark gefragt. Das Ziel ist es, zukünftig nachhaltige Polymere für die Produktion von Plastik, vor allem bei Verpackungsmaterialien, einzusetzen. Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute leistet mit ihrer Forschung einen bedeutenden Beitrag dazu.

Ansprechpartnerin für diesen Themenbereich:

Prof. Dr.-Ing. Stephanie Stute
Fakultät Verfahrenstechnik

Anzeige

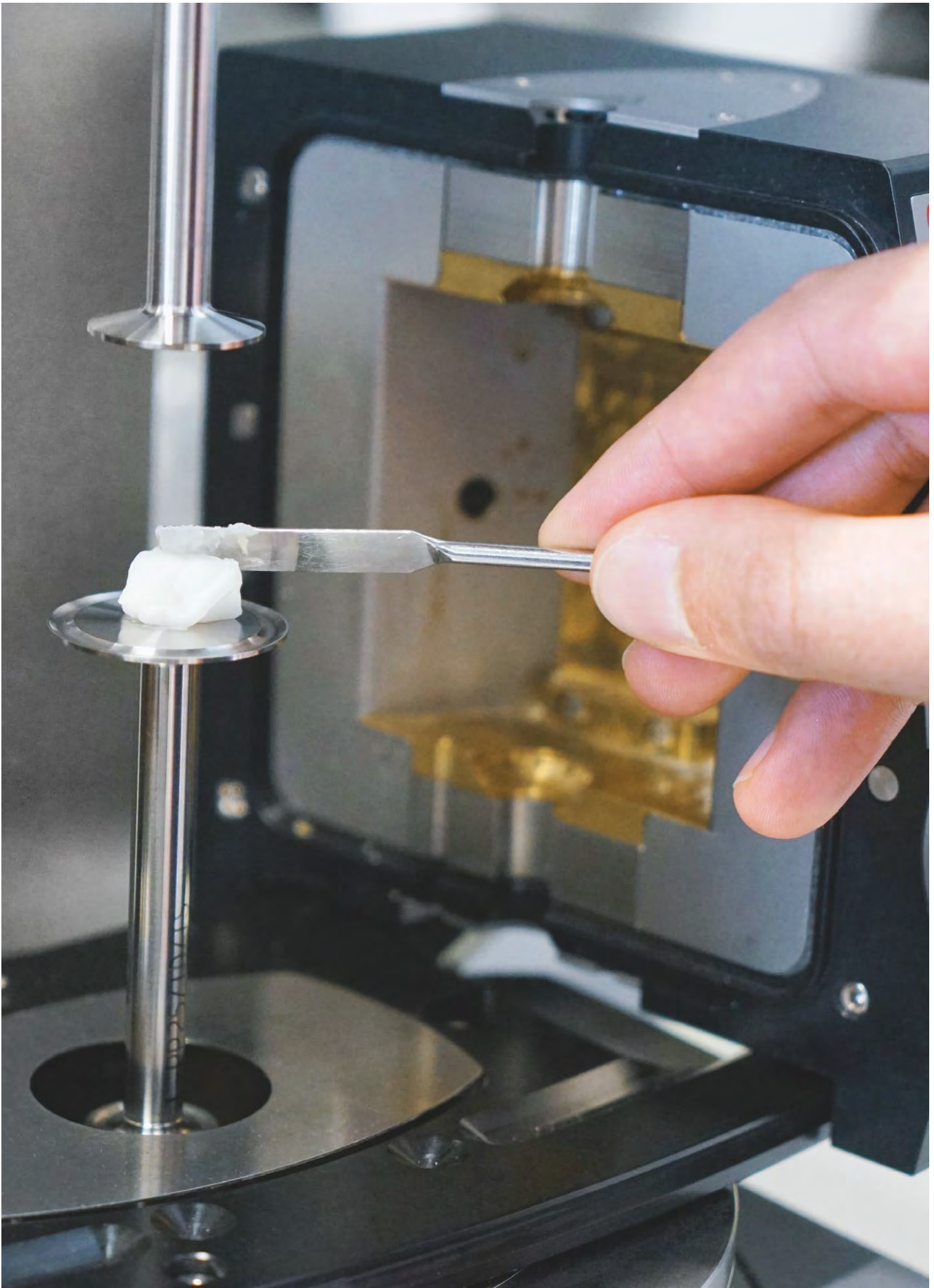
100% GRÜN SEIT 1997

UmweltBank
Mein Geld macht grün.

**Job mit Sinn?
Aber natürlich.**

Bei der UmweltBank machen wir jeden Tag aus Geld Umweltschutz. Und das Beste ist: jede_r kann sich einbringen. Das macht Spaß – und wirkt. Klingt gut?
Dann bewirb dich jetzt als Praktikant_in oder Werkstudent_in bei der UmweltBank!

www.umweltbank.de/ohm



Die Probe wird zwischen zwei Platten platziert, von denen sich die obere dreht.