Universität Konstanz · Postfach 226 · 78457 Konstanz

Presseinformation Nr. 81/2026

Kommunikation und Marketing

Redaktion Medien und Aktuelles
Universitätsstraße 10
D-78464 Konstanz
+49 7531 88-3603
Fax +49 7531 88-3766

kum@uni-konstanz.de
www.uni-konstanz.de

12.8.2026

Ein Enzym, das Hoffnung macht: Neuartiges Plastik-abbauendes Enzym in Bakterien entdeckt

Forschende der Universität Konstanz entdecken in Bakterien ein neues „Pac-Man Enzym“, das Polyester-Plastik zu zerlegen vermag, aber auch Antibiotika wie Penicillin. Dies stellt die Forschung zum mikrobiellen Plastikabbau sowie das Verständnis über die Verbreitung von Antibiotikaresistenzen in der Umwelt auf eine neue Grundlage, auch im Hinblick auf deren Evolution.

In den Ozeanen sammeln sich riesige Mengen Plastikmüll in sogenannten Müllstrudeln („*Great Garbage Patches*“) an und werden den dort lebenden Organismen zum Verhängnis. Das liegt daran, dass die heute verwendeten synthetischen Plastik-Polymere nur sehr langsam biologisch, also durch Mikroorganismen, zersetzt werden können. Stattdessen führt die physikalische Fragmentierung der Materialien zu Mikro- und Nanoplastik. Auf dem in der Umwelt befindlichen Plastikmüll siedeln sich allerdings Mikroben an und bilden so einen Biofilm in einem ganz eigenen mikrobiellen Lebensraum, den die Forschung als „Plastisphäre“ bezeichnet.

Ein in solchen Bakterien neu entdecktes Enzym weckt die Hoffnung, dass Mikroorganismen sich schneller als erwartet auf den Abbau von Plastik spezialisieren könnten. Ein Forschungsteam der Universität Konstanz stieß auf das bislang unbekannte Enzym, das nicht nur bestimmte Polyester- und Bio-Plastikarten zersetzen kann, sondern den Bakterien zudem eine Antibiotika-Resistenz verleiht. Aufgrund seiner Struktur mit weit geöffnetem aktivem Zentrum bezeichnen die Forscher*innen den „Plastikfresser“ als „Pac-Man Enzym“. Der Mensch kann den Plastikabbau in der Umwelt unterstützen, indem er bestenfalls nur noch Bioplastik verwendet, das sich von den Mikroorganismen zerlegen lässt.

- **Mehr zu den Hintergründen** in der ausführlichen Langfassung des Artikels im Online-Magazin campus.kn.

Das Forschungsprojekt
In ihrem Forschungsprojekt untersuchten die Konstanzer Biologen Harry Lerner sowie

David Schleheck die vollständige mikrobielle Zersetzung von Bioplastik. Zugleich erforschten sie die Zusammensetzung sowie die gesamte Erbinformation (das Metagenom) der daran beteiligten Mikrobengemeinschaft. Für die Studie wurden Bioplastik-Materialien verwendet, die die Gruppe um Chemiker Stefan Mecking entwickelt hat – die sogenannten Langkettigen Aliphatischen Polyester (LCAP). Ihre gemeinsame Studie wurde nun im renommierten *The ISME Journal* veröffentlicht.

Wie ging das Forschungsteam bei seiner Studie vor? „Wir vergruben kleine Stücke an Folie des LCAP-Bioplastiks in der obersten Humusschicht im Wald des Botanischen Gartens der Universität, etwa zehn Zentimeter tief“, erklärt Harry Lerner. „In dieser Schicht findet nämlich der Abbau von Zellulose und von anderen natürlichen Polymeren wie Cutin, einem pflanzlichen Polyester, statt.“ Gleichzeitig vermischte das Team ein Pulver des Bioplastiks in Proben desselben Waldbodens im Labor. Die Proben im Wald wurden für ein ganzes Jahr so belassen, während bei den Proben im Labor der Abbau der Materialien über die CO_2-Produktion und damit die mikrobielle Respiration sehr detailliert verfolgt wurde – ebenso über ein ganzes Jahr hinweg. „Als Referenzen im Labor dienten Zellulose, andere Bioplastik-Arten wie PHBV und PCL, sowie Hartplastik (HDPE) und unbehandelter Boden als Negativkontrolle. Bei allen Bioplastik-Materialien konnten wir einen vollständigen Abbau innerhalb von etwa 250 bis 330 Tagen nachweisen, bei Zellulose nach etwa 80 Tagen, während bei HDPE praktisch gar nichts passierte“, beschreibt Lerner.

Ein unerwarteter Fund

Auf die Forschenden wartete eine Überraschung, und zwar bei der Untersuchung der Folien aus dem Waldboden: Im Elektronenmikroskop wurde sichtbar, dass sich mikroskopisch kleine Löcher in der Folie gebildet hatten. Und diese Löcher hatten genau die Größe und Form einzelner Bakterienzellen. „Bakterien könnten – das war unsere Vermutung – mit fest auf ihrer Zelloberfläche verankerten Plastik-Depolymerasen beschichtet sein, sich quasi in das Material hineinverdauen und deshalb in der Folie versinken. Dabei hinterlassen sie jeweils solch winzige Löcher“, erklärt Lerner.

Um herauszufinden, welche Mikroben sich beim Abbau der Bioplastik-Materialien in den Bodenproben anreichern und mit welchen Enzymen der Abbau der Materialien bewerkstelligt wird, extrahierte Harry Lerner die Gesamt-DNA der Organismengemeinschaft im Boden, sequenzierte diese und analysierte die großen Datenmengen mit viel Geduld und Sorgfalt. Die Mikrobiologen fanden ein Gen, das sich allein im Waldboden mit LCAP stark angereichert hatte. Es kodiert für ein sogenanntes Esterase-Enzym, das sowohl ein Sekretionssignal – sozusagen eine Art Adressetikett für den Export nach außerhalb der Zelle – als auch einen sogenannten Membrananker (Lipidanker) besitzt. Letzterer ermöglicht die feste Bindung des Enzyms an die Zelloberfläche. Das „Pac-Man Enzym“ war gefunden.

Mit dem Enzym ergab sich noch eine weitere Überraschung: „Es zeigt eine strukturelle Ähnlichkeit zu Esterasen, aber auch zu Betalaktamasen, also zu bakteriellen Enzymen, die in der Lage sind, den Betalaktam-Ring bestimmter Antibiotika wie Penicillin zu spalten und damit den Bakterien eine Antibiotika-Resistenz zu vermitteln“, so Lerner. Und tatsächlich konnten die Forscher die biochemische Doppelfunktion des Enzyms, einerseits Polyester in Monomere zu zerlegen und andererseits Penicillin zu spalten, auch im Labor nachweisen.

Ein Umbruch in der Plastisphäre?
„In unserer Umwelt ist die Plastisphäre ein neues Habitat“, betont Schleheck. „Der Mensch bringt Plastik erst seit etwa 50 bis 75 Jahren in relevanten Mengen in die Umwelt ein. Seitdem steht es den mikrobiellen Gemeinschaften – beispielsweise Bakterien, Hefen und Pilzen – eigentlich als zusätzliches Kohlenstoff- und Energiesubstrat für ihr Wachstum zur Verfügung. Mit ‚eigentlich‘ meine ich, dass sie das Plastik sicherlich gerne als Wachstumssubstrat verwenden würden – aber das können sie nicht, denn die Materialien sind für den mikrobiellen Stoffwechsel praktisch unverdaulich und werden deshalb kaum abgebaut.“

Zumindest bisher. Das „Pac-Man Enzym“ könnte nun einen Umbruch signalisieren, dass sich manche Mikroorganismen inzwischen ganz auf den Plastik-Abbau spezialisieren. „Das macht mir persönlich Hoffnung, denn es sieht so aus, als könnten sich Bakterien auf den Abbau von Polyester-Plastikarten schneller spezialisieren als gedacht. Für die Lösung des Plastikproblems in der Umwelt bedeutet dies, dass wir Menschen den Mikroben entgegenkommen müssen und in Zukunft bestenfalls nur noch Polymere verwenden, die solche biochemischen Sollbruchstellen besitzen wie die hydrolysierbaren Ester-Brücken in Polyestern, beispielsweise in LCAP oder anderen Bioplastikarten”, sagt Schleheck.

Faktenübersicht:

- **Originalpublikation:** Bacterial family-VIII esterase displays dual activities: Hydrolysis of polyester bioplastics and beta-lactam antibiotics
  DOI: 10.1093/ismejo/wrag203
  Link: https://academic.oup.com/ismej/article-lookup/doi/10.1093/ismejo/wrag203
- **Autor*innen:**
  Mikrobiologe **Harry Lerner** (Erstautor) war während der Projektarbeit Postdoc in der Arbeitsgruppe von David Schleheck an der Universität Konstanz, mittlerweile Marie Skłodowska-Curie Fellow an der belgischen Universität Leuven.
  David Schleheck ist Professor für Mikrobielle Ökologie und Limnische Mikrobiologie am Fachbereich Biologie der Universität Konstanz.
  Weitere beteiligte Autor*innen: **Diego Casaburi** und **Nele Chalott Meier** am Fachbereich Biologie, sowie **Lea Bernabeu**, **Marcel Eck** und **Stefan Mecking**, Professor für Chemische Materialwissenschaft, am Fachbereich Chemie der Universität Konstanz.
- **Förderung des Projekts:** Projekt INPEW der Carl-Zeiss-Stiftung an Stefan Mecking, Helmut Cölfen und David Schleheck, Laufzeit 2020 bis 2026.

Hinweis an die Redaktionen:
Bildmaterial kann im Folgenden heruntergeladen werden:

Bild 1: https://www.uni-konstanz.de/fileadmin/pi/fileserver/2026/ein_enzym_das_hoffnung_macht_1.jpg
Bildunterschrift: Elektronenmikroskopische Aufnahmen einer LCAP-Plastikfolie nach einjähriger Inkubation im Waldboden in zunehmender Vergrößerung (a–d), wie an den Größenskalen zu erkennen ist. Zu sehen sind mikrometergroße Löcher in der Plastikfolie,

die genau der Größe und Form einzelner Bakterienzellen entsprechen. Die Pfeile in Abbildung c zeigen auf die Abdrücke verschieden großer Bakterienzellen, der Pfeil in Abbildung d zeigt auf eine vermutliche Bakterienzelle in einem der Löcher. Die Folie wurde aus sehr trockenem Waldboden (Sommer 2022) entnommen und war deshalb vermutlich nur wenig durch aktive Mikroorganismen besiedelt.
Copyright: The ISME Journal, DOI 10.1093/ismejo/wrag203, Figure 1

Bild 2: https://www.uni-konstanz.de/fileadmin/pi/fileserver/2026/ein_enzym_das_hoffnung_macht_2.jpg
Bildunterschrift: Die Abbildung zeigt ein Strukturmodell der neu entdeckten Plastik-Depolymerase, das mit AlphaFold3 modelliert wurde. Es weist ein besonders weit geöffnetes aktives Zentrum auf, an dem große Substrate wie Polymerketten binden können. Die Modelle der an das aktive Zentrum gebundenen Substrate (modelliert mit AutoDock 4) sind auf der rechten Seite dargestellt: für die Bioplastikarten PCL und LCAP (PE-12,12) sowie für das Betalaktam-Antibiotikum Ampicillin. Ganz links im Strukturmodell ist eine Art Fortsatz erkennbar, an dem der Membrananker (Lipidanker) angebracht werden kann.
Copyright: The ISME Journal, DOI 10.1093/ismejo/wrag203, Figure 7 **cropped**

Kontakt:
Universität Konstanz
Kommunikation und Marketing
Telefon: + 49 7531 88-3603
E-Mail: kum@uni-konstanz.de

- uni.kn