

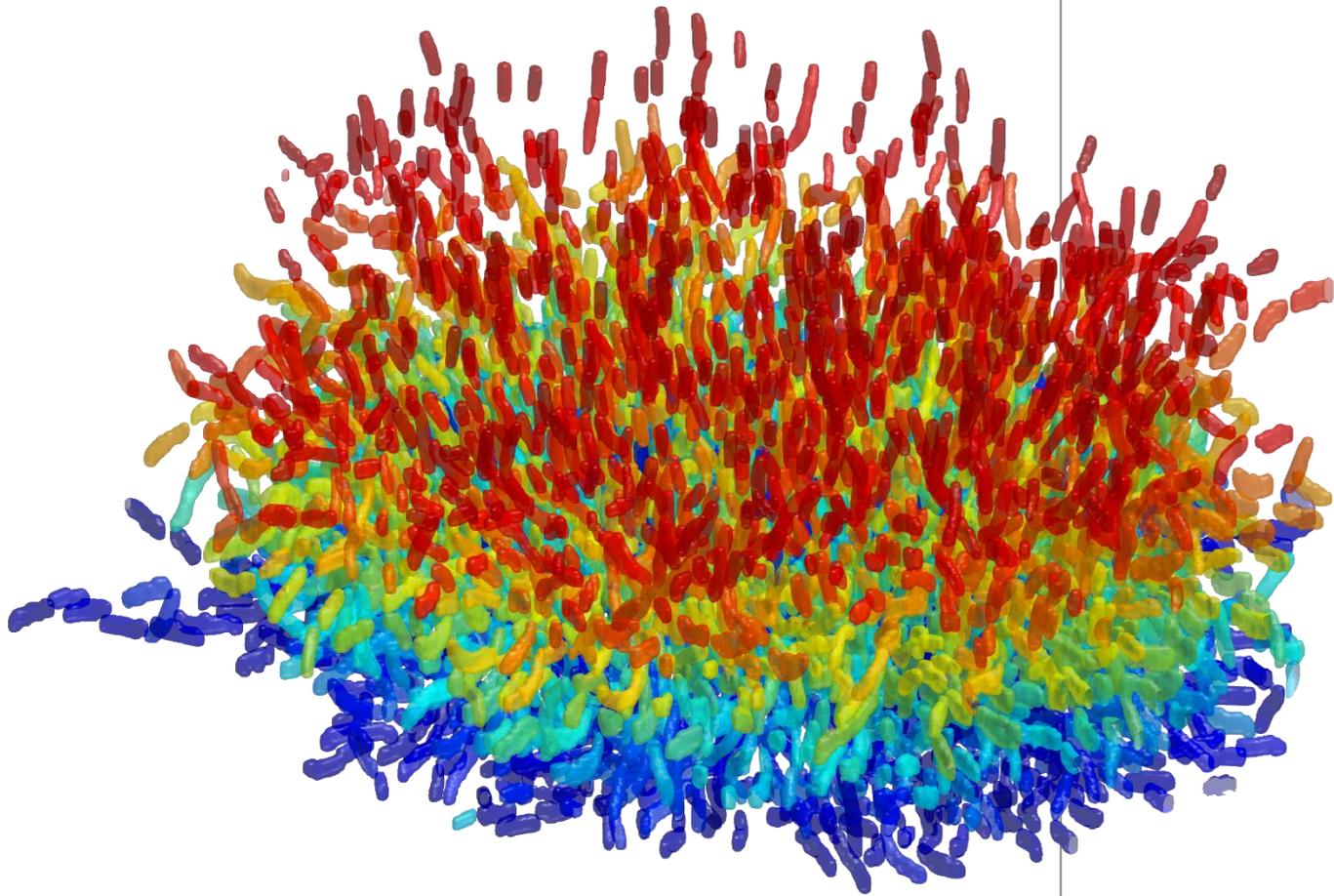
Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie



*Dem Anwenden muss
das Erkennen vorausgehen*

Max Planck

- 4** **Kleine Organismen – Große Fragen**
- 14** **Menschen und Forschung**
- 24** **Technologien**
- 32** **Entdeckungen**
- 36** **Erfolgreich**



Was forschen wir?

Mikroorganismen sind die **ältesten Bewohner der Erde**. Sie sind **häufiger und vielfältiger** als alle andere Lebewesen auf unserem Planeten. Ihr Erfolg basiert dabei weitgehend auf drei Merkmalen: ihren vielfältigen **Stoffwechsel-Eigenschaften**, ihrer Fähigkeit, sich an **ändernde Umweltveränderungen anzupassen**, und die Vielzahl von **Wechselwirkungen**, die sie mit anderen Organismen eingehen: **Pflanze, Mensch, Tier**. Damit beeinflussen Mikroorganismen maßgeblich das **Leben auf unserem Planeten**. Ziel unserer Forschung ist es, die Vielfalt und Funktion von Mikroorganismen zu verstehen.



Umwelt und Klima

Ob mehr als 3.000 Meter in der Tiefe, unter dem ewigen Eis oder in kochenden Geysiren: Es gibt keinen Lebensraum, den Mikroben nicht besiedeln. Wir untersuchen, wie Mikroorganismen auf Umweltveränderungen reagieren, und wie sie selbst die Umwelt verändern. Wie suchen Mikroorganismen Nahrung? Wie verstoffwechseln sie organische Verbindungen im Boden oder die Treibhausgase Methan und Kohlendioxid in der Atmosphäre? Dazu studieren wir die genetischen, molekularen und Stoffwechselprogramme der mikrobiellen Zelle. Mit diesem Verständnis ist es möglich, Mikroorganismen gezielt umzuprogrammieren, so dass sie neue Eigenschaften besitzen.

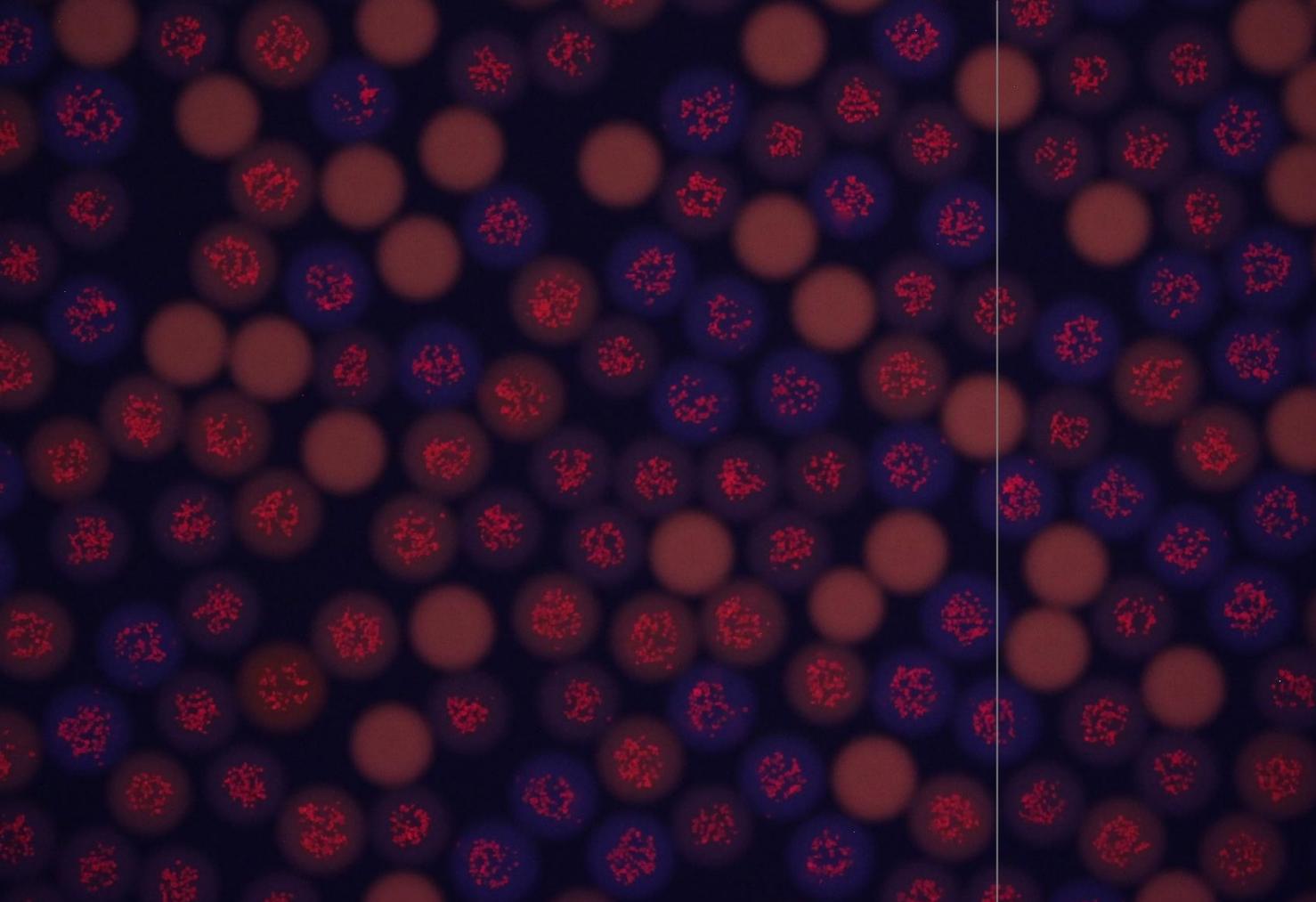




Gesundheit

Mikroorganismen sind essentiell für unsere Gesundheit. Im Darm versorgt das **Mikrobiom** uns mit wichtigen Nährstoffen und schützt uns vor Keimen, die Krankheiten auslösen können. Auf der **Pflanze** sorgen Bakterien ebenfalls für **Schutz**. Mikroorganismen können aber auch **Krankheiten** verursachen. Dazu benutzen sie **molekulare Waffen**, wie Injektionsnadeln oder Effektormoleküle, die wir in Funktion und Struktur studieren. Wir untersuchen auch, wie Einzeller sich **zu Biofilmen zusammenrotten** und gemeinsam Schaden anrichten.

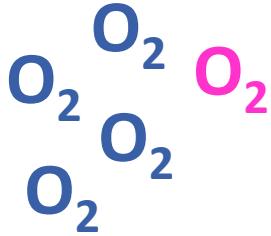




Energie

Mikroorganismen haben die Fotosynthese erfunden, sie produzieren **Wasserstoff** und **Methan**. In ihnen stecken die Biologie und Chemie, die es uns in Zukunft erlauben könnten, **Energieträger nachhaltig** zu produzieren. Ein Beispiel ist die Biogasanlage. Wir studieren die **Bioenergetik** von Mikroorganismen und setzen dann unser Wissen gezielt ein, um **nachhaltige Wege zur Energieversorgung** zu finden. Dazu nutzen wir auch synthetisch-biologische Ansätze.



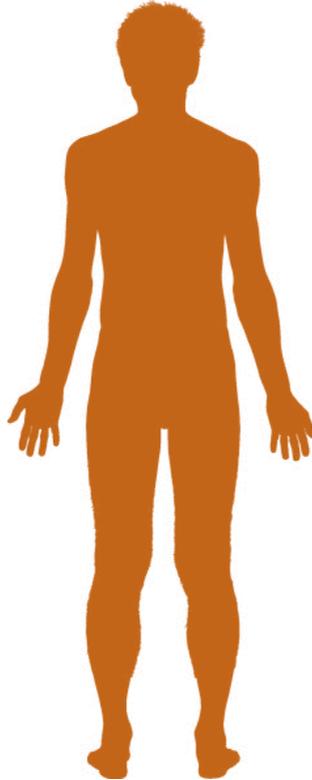


Mikroorganismen haben in der Erdgeschichte den **Sauerstoff** in unsere Atmosphäre gebracht. Auch heute noch stammt jedes fünfte Molekül Sauerstoff von einem Mikroorganismus.



1.000.000.000

100.000.000.000.000

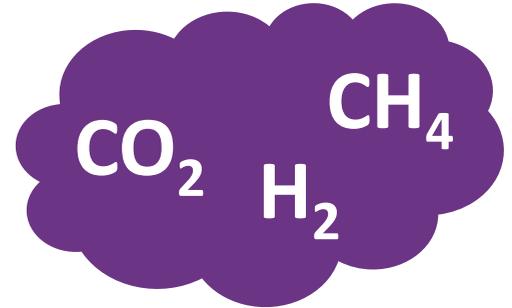


Wir tragen etwa 100 Milliarden mikrobielle Zellen in und an unserem Körper. Die Zusammensetzung des **Mikrobioms** entscheidet über gesund oder krank.

Ein Kuss ist der Austausch von Bakterienkulturen, allerdings nicht zu Forschungszwecken.

Karl Farkas

Mikroorganismen können Kohlendioxid, Methan und Wasserstoff einfangen, aber auch produzieren. Damit beeinflussen sie unsere **Atmosphäre** und auch das **globale Klima**.



Mikroorganismen helfen der Pflanze beim Wachstum und versorgen sie mit **Stickstoff**, **Phosphat** und anderen wichtigen Nährstoffen.



Ein Teelöffel Erdboden enthält 1 Milliarde Mikroorganismen, das ist mehr als die gesamte Bevölkerung Europas.



Wie Mikroben **riechen, berechnen...**
Victor Sourjik



Wie Krankheitserreger ihre **Form ändern**, versteht...
Simon Ringgaard



Den **Stress von Bakterien** misst...
Ilka Bischofs-Pfeifer



Wie Mikroben **Methan** fressen, weiß...
Werner Liesack



Wie sich Bakterien **organisieren**, untersucht...
Martin Thanbichler



Wie **Bakterien** sich anpassen, teilen & **bewegen**, verfolgt...
Lotte Sogaard-Andersen



Wie sich Bakterien **selbst organisieren**, modelliert...
Sean Murray



Wie Mikroben **Wasserstoff** und **Methan** herstellen, interessiert...
Seigo Shima

Die Mikroben im **Termitendarm** faszinieren...
Andreas Brune



Wie Bakterien mit **Nadeln zustechen**, seziert...
Andreas Diepold



Wie der **Pilz** den **Mais krank macht**, untersucht...
Regine Kahmann

Wie Bakterien **Biofilme** bilden, **beobachtet**...
Knut Drescher

Das **molekulare Gerüst** der Zelle **mikroskopiert**...
Ulrike Endesfelder



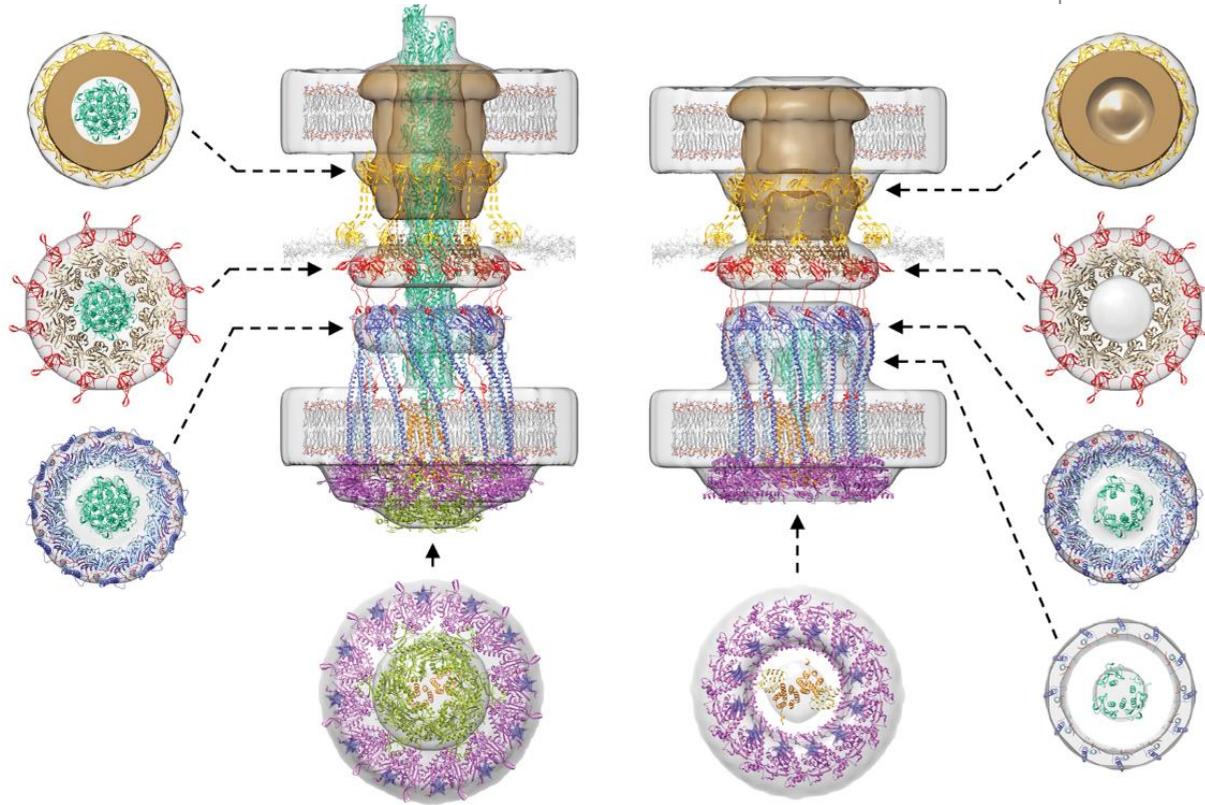
Den bakteriellen **Stoffwechsel kontrolliert**...
Hannes Link



Zellen, die das **Treibhausgas CO₂ schlucken**, baut...
Tobias Erb

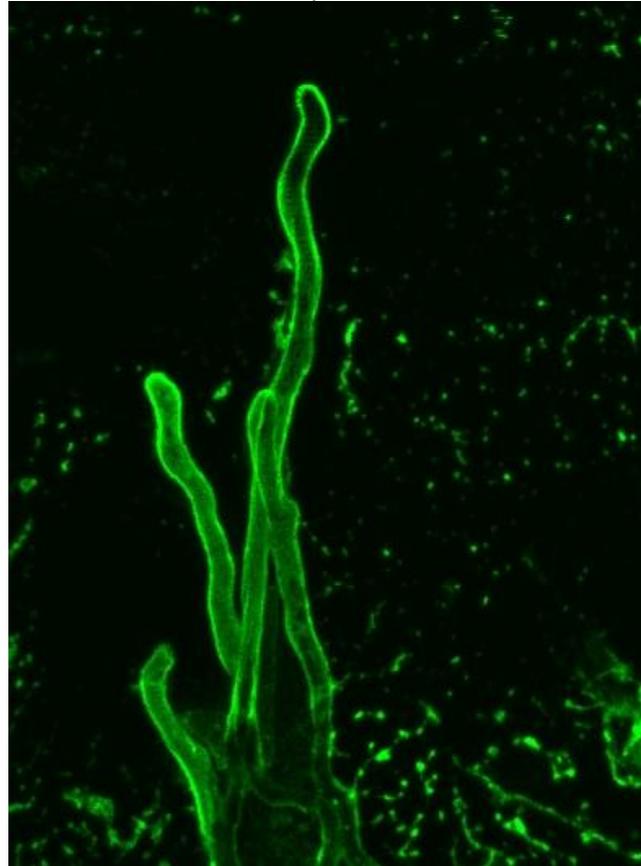


Wie Bakterien **Gene schneiden**, studiert...
Lennart Randau



Ahoi! Ein bakterieller Entershaken in Aktion

Mikroorganismen sind meisterhafte Überlebenskünstler und passen sich permanent veränderten Umweltbedingungen an. Wir untersuchen, wie! Zum Beispiel können sie sich gezielt bewegen. Manche benutzen dazu eine raffinierte Typ IV Pili-Maschinerie. Dadurch können Bakterien Pili wie einen Entershaken auswerfen. Anschließend zieht das Bakterium den Entershaken wieder ein – und sich selbst damit vorwärts. Auf diese Art können Bakterien auch Biofilme bilden und u. a. Krankheiten verursachen. Wie der molekulare Motor aussieht, zeigt das Kryoelektronen-Mikroskop. Dieses Wissen kann zur Bekämpfung von Infektionen eingesetzt werden.



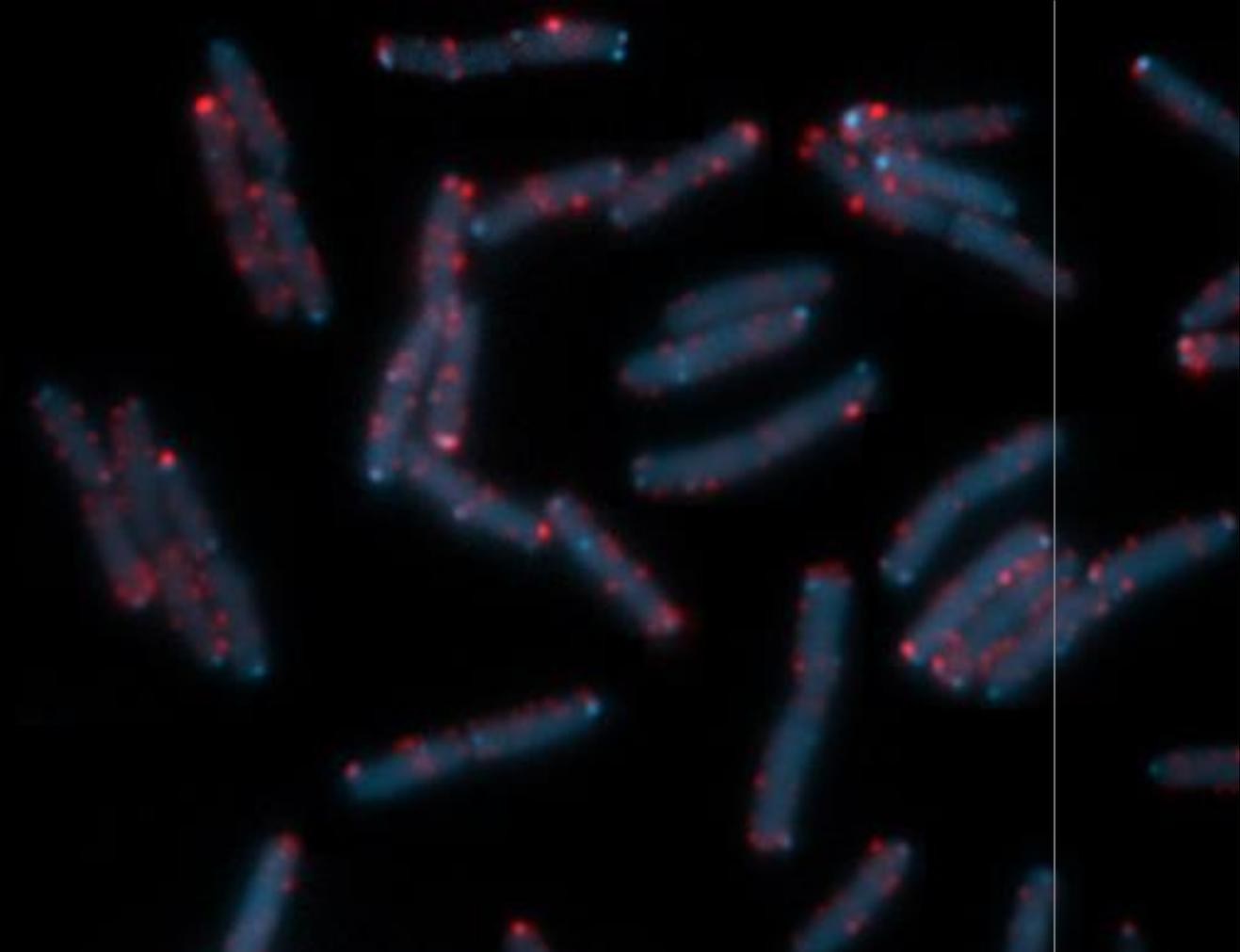
Wie Pilze Pflanzen krank machen

Manche Mikroorganismen können krank machen. Ein Beispiel ist der Pilz *Ustilago maydis*, der die **Maisbeulenkrankheit** verursacht. Die Maispflanze wehrt sich gegen den Eindringling mit einem **Cocktail von Abwehrmolekülen**. Aber wie überkommt der Pilz die pflanzliche Abwehr? Unter anderem benutzt er dazu spezielle Eiweiße, die er an seiner Oberfläche exponiert und die die Abwehrmoleküle abfangen. Dieses Wissen kann helfen, **neue Ansätze im Pflanzenschutz zu entwickeln**.



Es liegt was in der Luft! Designerzellen schlucken das Klimagas CO₂

Mikroorganismen sind die besten Chemiker der Welt. Ihre Raffinesse können wir uns gezielt zunutze machen. Aus siebzehn verschiedenen mikrobiellen Biokatalysatoren entstand in unseren Laboren eine **künstliche Fotosynthese**; zuerst am Reißbrett, dann im Reagenzglas. Die artifizielle Fotosynthese ist **effizienter ist als die natürliche** in Pflanzen. Verpackt in künstliche Zellhüllen entsteht daraus eine **Minifabrik zur nachhaltigen Umwandlung von Kohlendioxid.**



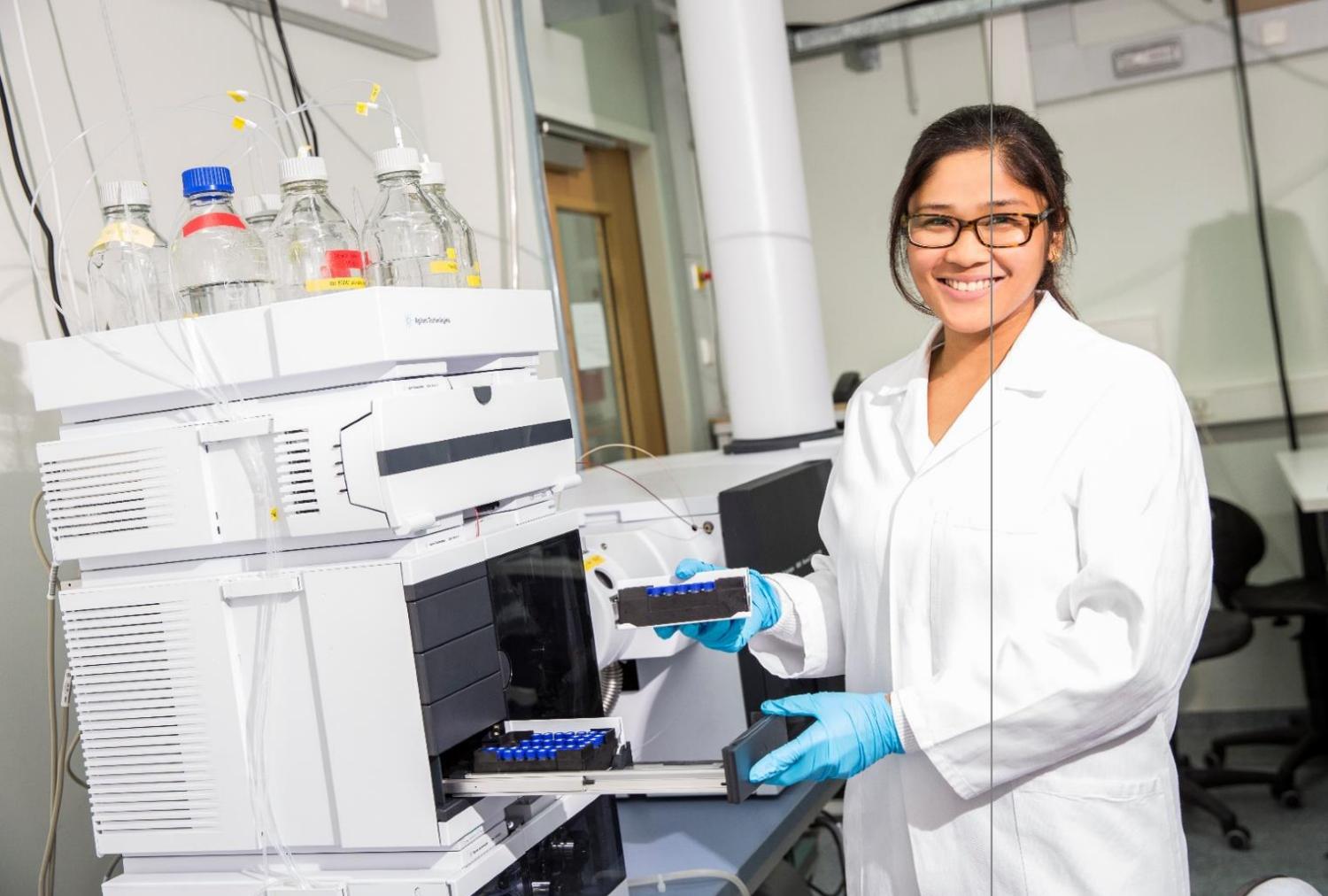
Wie Mikroorganismen Entscheidungen treffen

Mikroorganismen reagieren auf ihre Umgebung und können dabei erstaunlich komplexe Entscheidungen treffen. Dafür benutzen sie **sensorische Netzwerke**, die Reize wahrnehmen und entsprechende Reaktionen auslösen. Diese Systeme funktionieren wie **analoge Rechner**, bei denen Input-Signale vorprogrammierte Outputs hervorrufen. Um die Regeln dieser mikrobiellen „Gehirne“ zu verstehen, benutzen wir biologische, chemische, physikalische und mathematische Methoden. Auf deren Basis bauen wir dann unter anderem **mobile Mikrobote**, die vorbestimmte Ziele finden und dort mikroskopische Ladungen entlassen können.



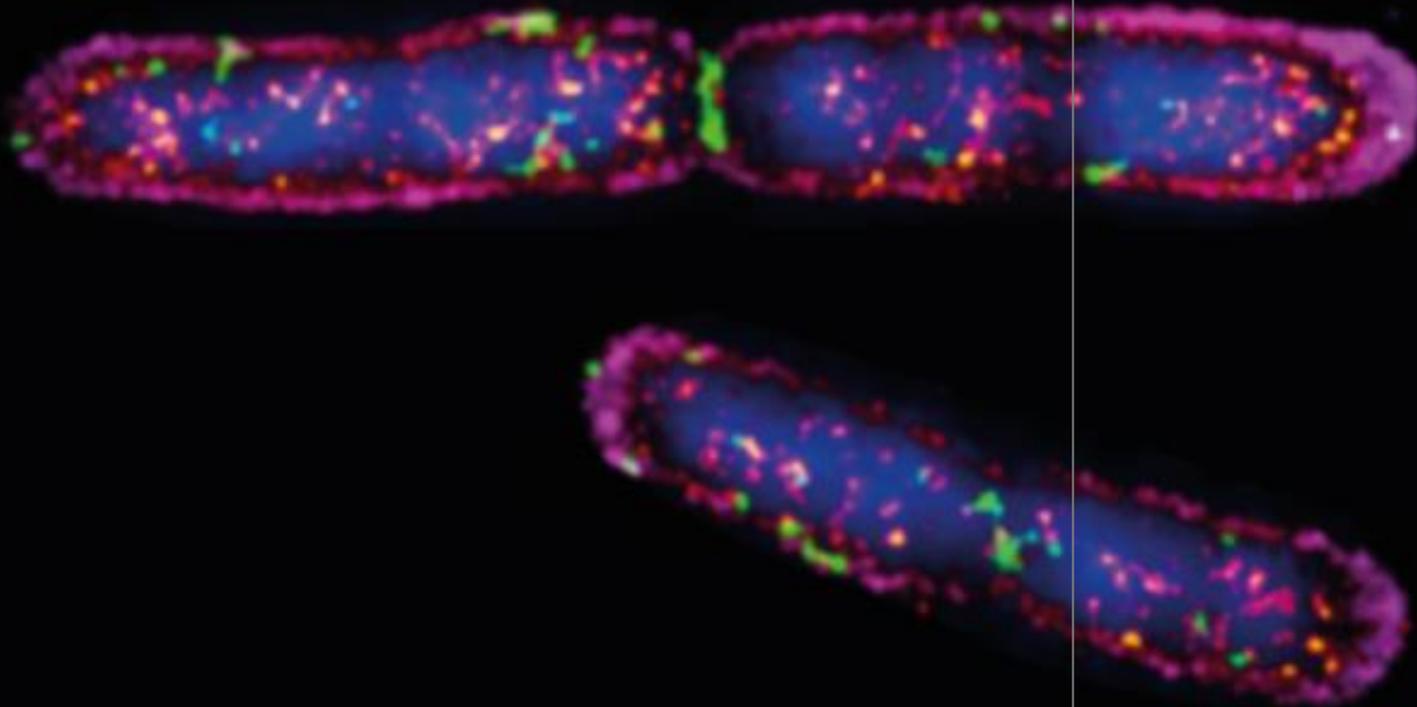
Wie forschen wir?

Ziel unserer Forschung ist es zu verstehen, **wie Mikroorganismen funktionieren**. Zu diesem Zweck arbeiten unsere Wissenschaftler **auf allen Ebenen mikrobiologischer Forschung**, von der Protein-Strukturbestimmung, der Physiologie, dem Metabolismus, molekularer und zellulärer Mikrobiologie bis hin zu Wirt-Mikroben-Interaktionen und mikrobiellen Gemeinschaften. Wir setzen eine Reihe **modernster Technologien** ein. Computermodellierung sowie die synthetische Biologie gehören dazu.



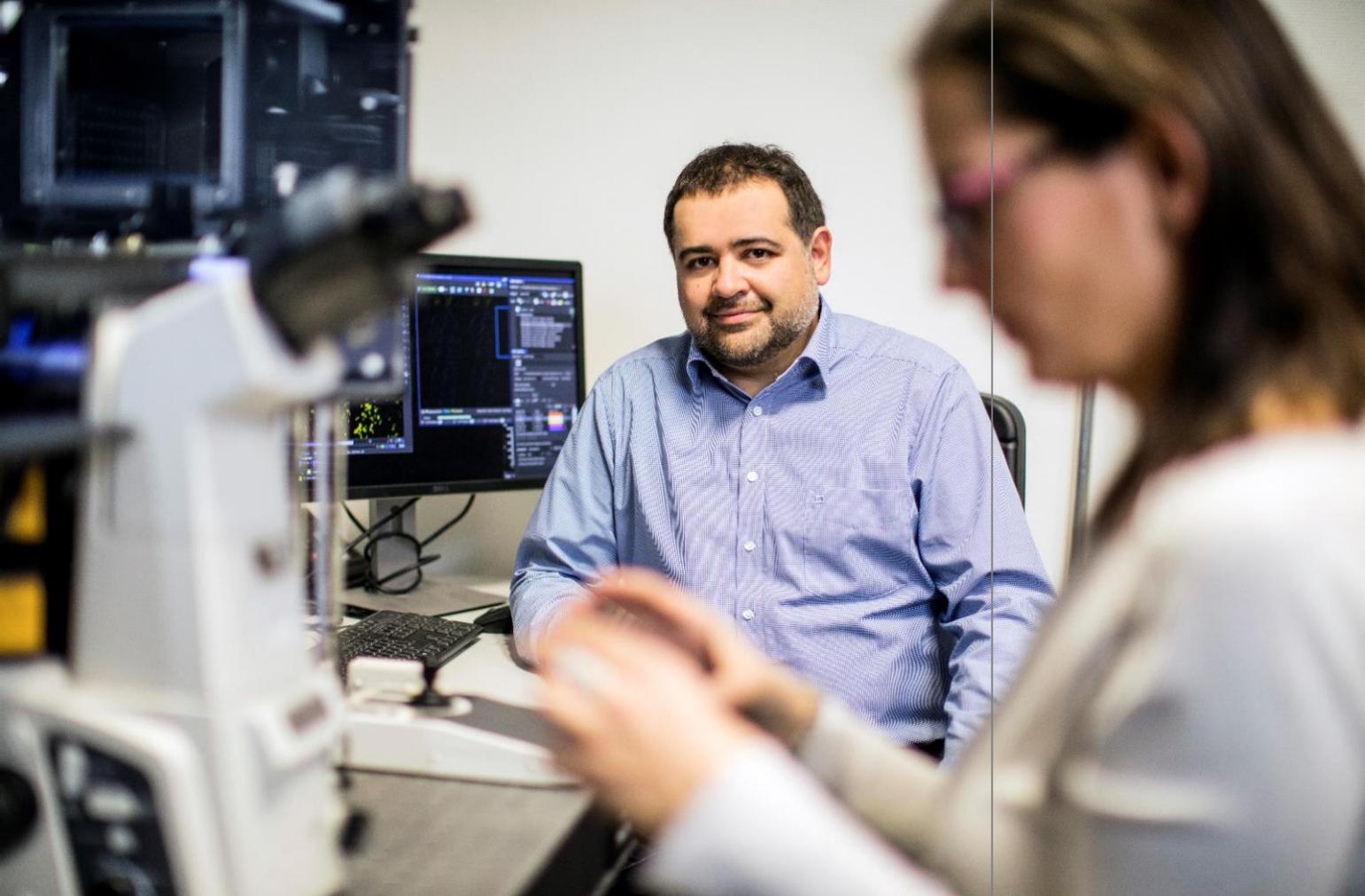
Atomare Waage

Zur **Grundausrüstung der Zelle** gehören Eiweiße und Stoffwechselprodukte. Aber wie viele davon gibt es und wie verändern sie sich in ihrer Zusammensetzung über die Zeit? Um dies zu verstehen, entwickeln und verwenden wir **hochauflösende Massenspektrometrie**. Damit können wir die einzelnen Eiweiße und Stoffwechselprodukte auftrennen und **bis zur atomaren Genauigkeit wiegen**. Genauer geht es nicht.



Super-Zoom

Mikrobielle Zellen sind nur **wenige Tausendstel Millimeter groß**. Um sie zu studieren, brauchen wir Mikroskope. Aber normale Mikroskope reichen uns bei weitem nicht aus. Mit Hilfe **hochauflösender Mikroskopie** gewinnen wir Einblicke in die **Feinstrukturen der Zelle** und entschlüsseln ihr molekulares Gerüst. Dazu setzen wir fluoreszierende Moleküle ein, die wir selbst entwickeln. Am Computer entsteht das Bild, das uns zeigt, **wo sich das einzelne Molekül in der Zelle befindet**. Ein molekulares GPS-System!

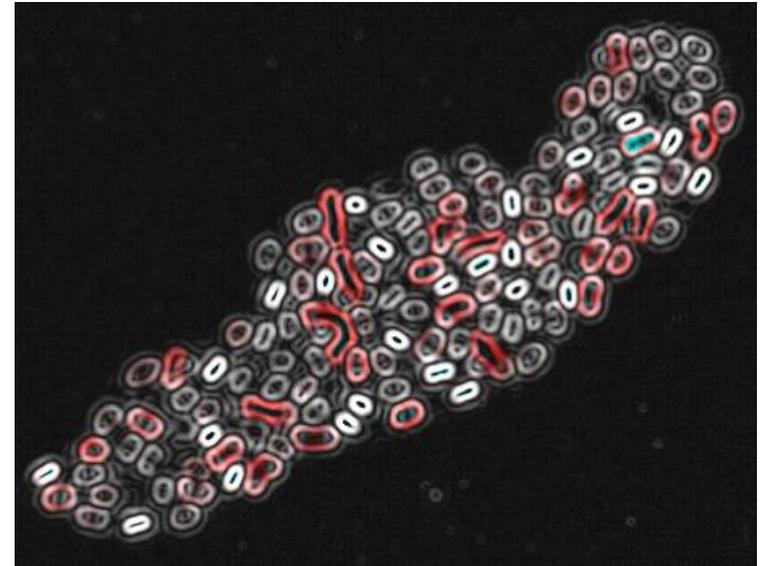
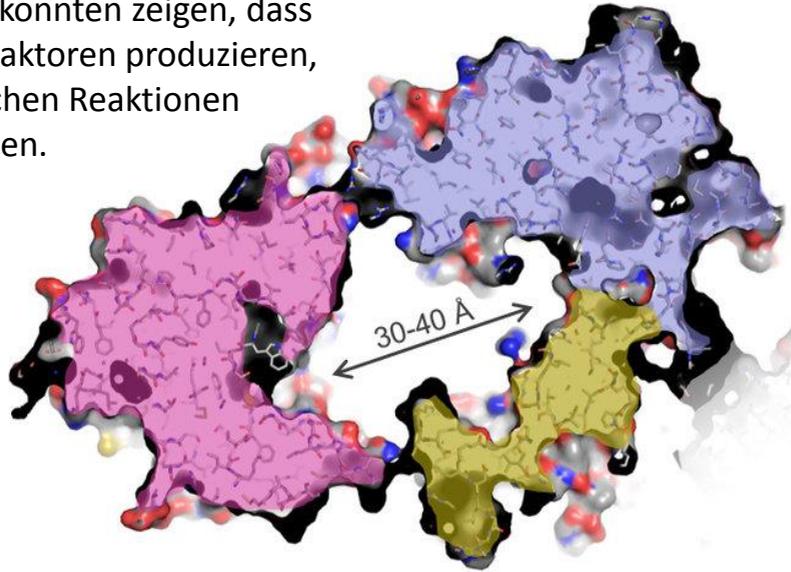


Gut sortiert!

Bakterielle Zellen sind **individuell**. Für unsere Versuche müssen wir oft diejenigen herausfinden, die eine **spezielle Eigenschaft** haben. Dazu markieren wir die Zellen, die uns interessieren, mit einem Farbstoff. Dann werden in einem **Zellsortierer** diejenigen aussortiert, welche die entsprechende Farbe und damit diese Eigenschaft aufweisen. **Die guten ins Töpfchen, die schlechten ins Kröpfchen!**

Der kleinste chemische Reaktor der Welt

In einer Zelle laufen tausende verschiedene chemische Reaktionen ab. Viele davon produzieren Verbindungen, die schädlich oder sogar tödlich sein können. Wie schützen sich Bakterien dagegen? Wir konnten zeigen, dass Bakterienzellen Nano-Reaktoren produzieren, in denen sie die gefährlichen Reaktionen kontrolliert ablaufen lassen.

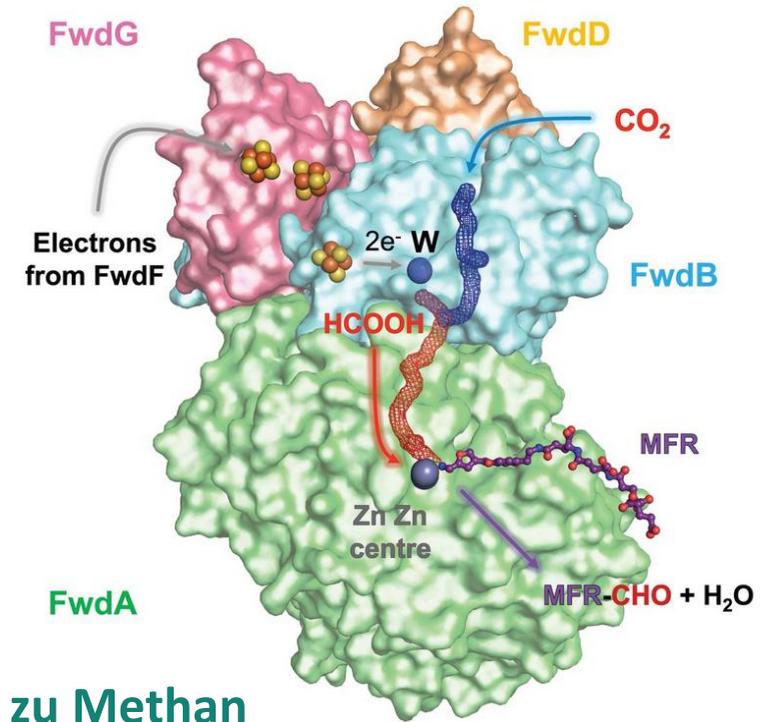


Haben Bakterien ein Gedächtnis?

Wenn es hart auf hart kommt, bilden einige Bakterien Sporen zur Überdauerung. Diese Sporen haben scheinbar ein Gedächtnis. Diejenigen, die zuerst gebildet wurden, konnten früher aktiviert werden. Grund dafür ist die Anhäufung von speziellen Eiweißen in der Spore.

Was schneidet die Genschere?

Die Genschere CRISPR/Cas wird die Medizin, Landwirtschaft und Biotechnologie revolutionieren. Wir konnten eine neue Variante der Genschere entdecken und die molekulare Struktur aufklären.

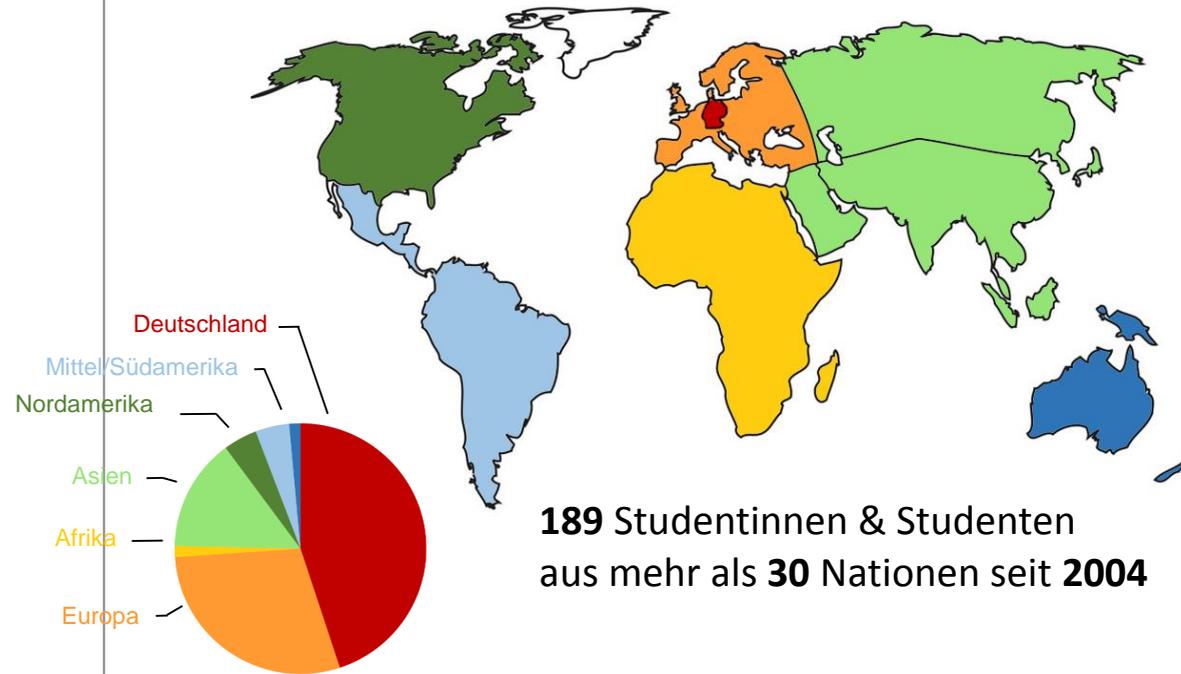


Wasserstoff zu Methan

Methanogene Archaeen wandeln CO₂ in Methan um. Dazu verwenden sie Wasserstoff. Die Kristallstruktur eines der Schlüsselenzyme zeigt, wie die Energie des Wasserstoffs über atomare "Drähte" in das Zentrum des Biokatalysators gelangt.

International & exzellent

Unsere Forschung zieht die **besten Talente aus aller Welt** an. Aus über 400 Bewerberinnen und Bewerbern wählen wir eine Handvoll für unsere **Internationale Max Planck Research School (IMPRS)** aus. Zusammen mit der Philipps-Universität Marburg bilden wir die nächste Generation Mikrobiologinnen und Mikrobiologen aus.



Ein **Promotions-Komitee** begleitet die Doktorandinnen und Doktoranden während der Promotion. Die Promotion dauert drei Jahre, folgt klaren Regeln und einem Curriculum, das nicht nur das **Fachliche**, sondern auch die **Persönlichkeit** bildet.

Eine wissenschaftliche Entdeckung ist nie die Arbeit von nur einer Person. Louis Pasteur

272 Personen

Auf allen Ebenen: Forschung, Verwaltung, Haustechnik und Werkstatt. Genauso wichtig wie die Forschenden sind die Menschen, die sie unterstützen.

15 Fachrichtungen

Unsere Forschenden sind Spezialisten in ihren Disziplinen, die über Fachgrenzen hinweg zusammen arbeiten. Von der Chemie über die Biologie bis zur Physik. Vom Computermodell zum Experiment. Vom Atom bis zum Maisfeld und zurück.

38 Nationen

Menschen aus aller Welt arbeiten an unserem Institut zusammen. Mehr als die Hälfte davon stammt aus dem Ausland. Wissenschaft kennt keine Grenzen!

14150 m²

Labore, Büros, Werkstätten, Gewächshäuser, haustechnische Anlagen und Lagerhallen stehen uns für unsere Forschung zur Verfügung



- **1991 Gründung des Instituts mit zwei Abteilungen**
 ● **Biochemie (Rudolf K. Thauer)**
 ● **Biogeochemie (Ralf Conrad)**
- **1996 Umzug in das heutige Gebäude**
- **2000 Besetzung der dritten Abteilung**
 Organismische Interaktionen (Regine Kahmann)
- **2004 Neubesetzung erste Abteilung**
 Ökophysiologie (Lotte Sjøgaard-Andersen)
- **2007 Emeritierung von Rudolf K. Thauer
 und Schließung der Abteilung Biochemie**
- **2010 Gründung des LOEWE-Zentrums für Synthetische Mikrobiologie
 zusammen mit der Philipps-Universität Marburg**
- **2013 Einrichtung einer vierten Abteilung**
 System- & synthetische Mikrobiologie (Victor Sourjik)
- **2016 Emeritierung von Ralf Conrad
 und Schließung der Abteilung Biogeochemie**
- **2017 Neubesetzung zweite Abteilung**
 Biochemie & Synthetischer Metabolismus (Tobias Erb)

Karrieren ehemaliger Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Sonja-Verena Albers, Professor Universität **Freiburg**
 Erhard Bremer, Professor Philipps-Universität **Marburg**
 Armin Djamei, Gruppenleiter Gregor Mendel Institut **Wien**
 Marc Dumont, Lecturer University of **Southampton**
 Gunther Döhlemann, Professor Universität **Köln**
 Chris van der Does, Gruppenleiter Universität **Freiburg**
 Peter Dunfield, Professor University of **Calgary**
 Michael Feldbrügge, Professor Universität **Düsseldorf**
 Reinhard Fischer, Professor Universität **Karlsruhe**
 Philipp Franken, Abteilungsleitung Leibniz-Institut **Großbeeren**
 Michael Friedrich, Professor Universität **Bremen**
 Penelope Higgs, Professor Wayne State University, **Detroit**
 Dieter Jahn, Professor Universität **Braunschweig**
 Jörg Kämper, Professor Universität **Karlsruhe**
 Georgi Muskelishvili, Professor Jacobs-University **Bremen**
 Barbara Reinhold-Hurek, Professor Universität **Bremen**
 Sylvia Schnell, Professor Universität **Gießen**
 Jan Schirawski, Professor RWTH **Aachen**
 Gero Steinberg, Professor University of **Exeter**
 Eva Stukenbrock, Professor Universität **Kiel** & MPI Plön
 Martin Thanbichler, Professor Philipps-Universität **Marburg**
 Kai Thormann, Professor Universität **Gießen**
 Matthias Ullrich, Professor Jacobs-University **Bremen**
 Helle Ulrich, Professor Universität **Mainz**
 Julia Vorholt, Professor ETH **Zürich**
 Uwe Völker, Professor Universität **Greifswald**
 Alga Zuccaro, Professor Universität **Köln**



Impressum:
Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie
Karl-von-Frisch-Straße 10
35043 Marburg, Germany

© 2019