

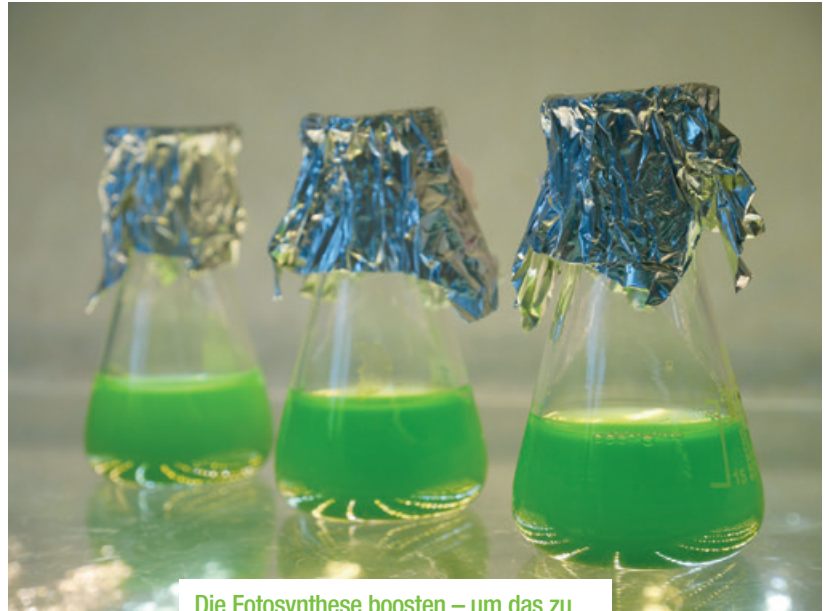
**PROF. DR. TOBIAS ERB: MIT SYNTHETISCHER BIOLOGIE MEHR CO<sub>2</sub> ABBAUEN**

# TURBOLADER FÜR DIE FOTOSYNTHESE



Kann man ein Milliarden Jahre altes biologisches System verbessern? Daran glaubt Prof. Dr. Tobias Erb vom Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg, er erforscht die Fotosynthese.

**Die Internationale Energieagentur bezifferte den weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch Energieerzeugung im Jahr 2017 auf 32,5 Gigatonnen. Für Pflanzen ist das Kohlendioxid überlebensnotwendig, denn sie wandeln das ansonsten schädliche Treibhausgas seit jeher in für viele Organismen lebensnotwendigen Sauerstoff um. Doch nicht in solchem Maße, dass sie den anthropogenen verursachten Mehrausstoß kompensieren. Noch nicht. Prof. Dr. Tobias Erb arbeitet an einem Max-Planck-Institut daran, die Fotosynthese zu verbessern.**

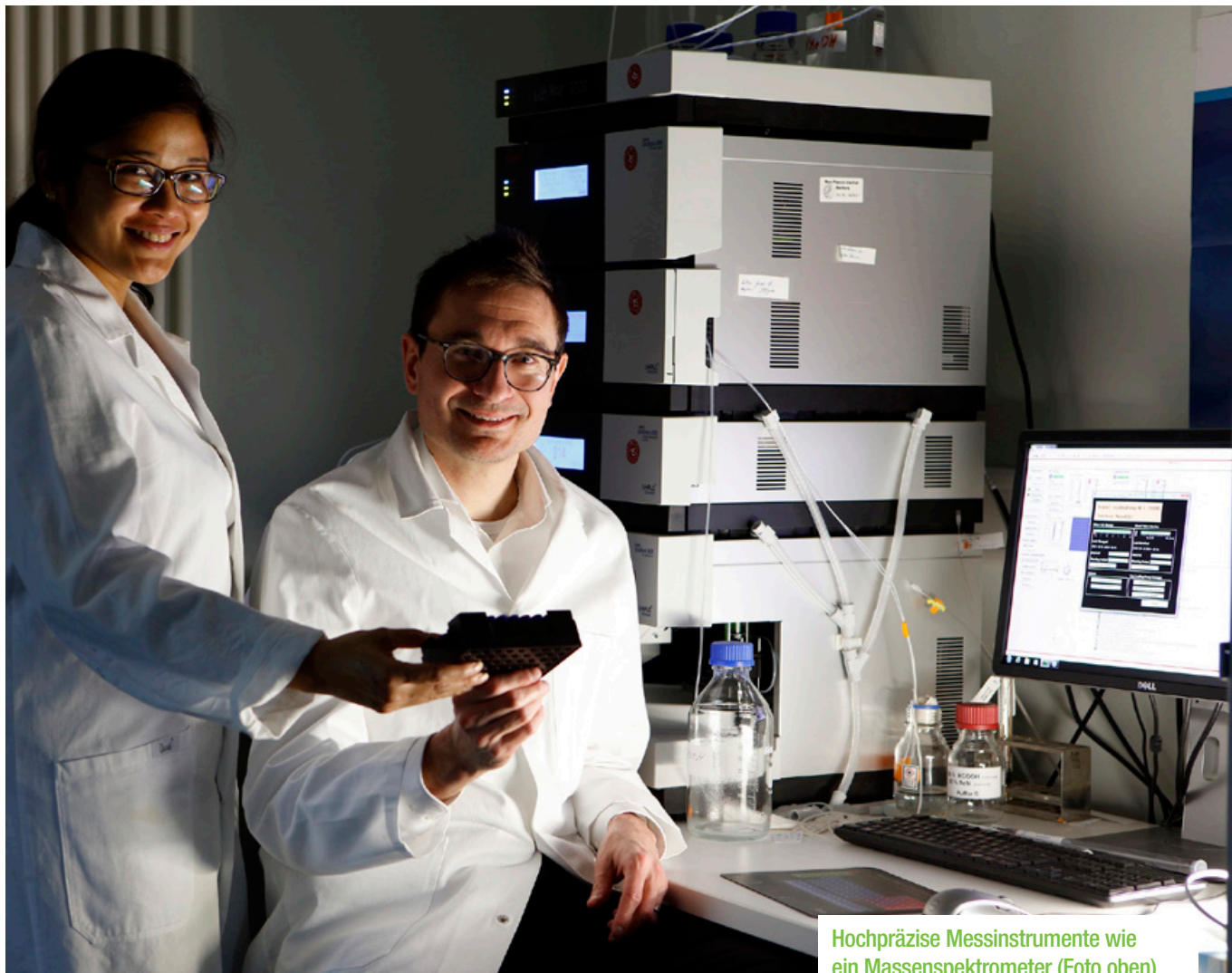


Die Fotosynthese boosten – um das zu schaffen, arbeiten die Forscher auch mit Cyanobakterien und Algen.

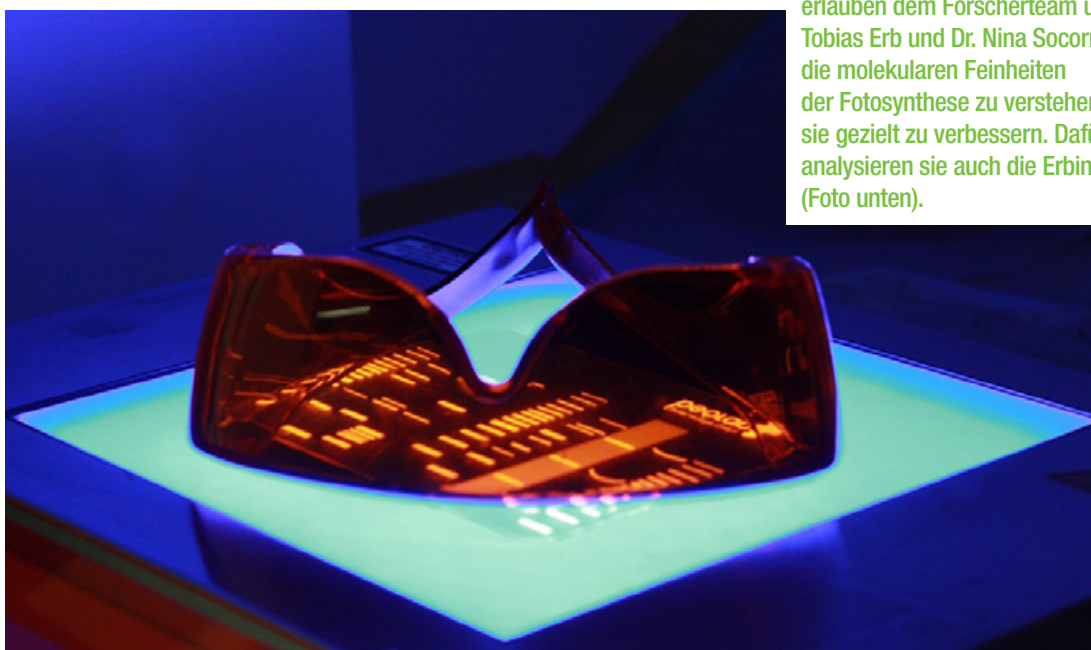
Drei Milliarden Jahre Evolution lassen sich in drei Jahren intensiver Laborarbeit technisch optimieren. Das ermöglicht die synthetische Biologie. Prof. Dr. Tobias Erb, Direktor und Gruppenleiter am Max-Planck-Institut (MPI) für terrestrische Mikrobiologie in Marburg, und sein Team haben es geschafft, einen künstlichen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-fixierenden Zyklus zu erschaffen. Dieser ist effektiver, als die natürliche Fotosynthesereaktion der Pflanzen. „Pflanzenblätter sind voll mit dem Enzym RuBisCO, das CO<sub>2</sub> bindet und in Sauerstoff umwandelt. Allerdings arbeitet das Enzym sehr langsam und ist auch fehleranfällig: Manchmal nimmt es anstelle von Kohlenstoffdioxid Sauerstoff-Moleküle und erzeugt ein für die Pflanze toxisches Produkt“, erklärt Erb. Die Entgiftung kostet die Pflanze wertvolle Energie.

Dieser „Fehler“ in der Natur inspirierte ihn und sein Team, eine effizientere Lösung für den Abbau von CO<sub>2</sub> zu finden. Damit knüpfen sie an ein globales Thema an, das viele Umwelt- und Klimaschützer bewegt: Wie binden und wandeln Mikroorganismen das Treibhausgas CO<sub>2</sub> um – und wie kann der Mensch von diesem Mechanismus profitieren?





Hochpräzise Messinstrumente wie ein Massenspektrometer (Foto oben) erlauben dem Forscherteam um Prof. Tobias Erb und Dr. Nina Socorro Cortina, die molekularen Feinheiten der Photosynthese zu verstehen und sie gezielt zu verbessern. Dafür analysieren sie auch die Erbinformation (Foto unten).







**Wir müssen die Natur nicht exakt nachbauen. Der Mensch hat sich das Fliegen bei Vögeln abgeschaut und schließlich etwas Neues entwickelt: Flugzeuge.“**

**Dr. Tobias Erb**

Die Strategie der Forschungsgruppe: natürliche Prozesse imitieren – und ihre Form dabei verbessern. „Um einen funktionierenden künstlichen Stoffwechsel zu bauen, brauchen wir die richtigen Bausteine“, sagt Erb. Diese sucht der Forscher überall: Gewünschte Eigenschaften können sich in Tiefsee-Organismen verstecken, in Pflanzen, in hitzeresistenten Bakterien oder in solchen, die tiefste Temperaturen überleben. Bei der Suche nutzt Erb öffentlich zugängliche Datenbanken. In Frage kommen mehr als 100 Millionen sequenzierte Gene und über 50.000 charakterisierte Enzyme als mögliche Biokatalysatoren. „Welches Biomolekül wir für künstliche biologische Prozesse nutzen, ist wie die Suche nach dem besten Nachwuchsstürmer für ein Fußballteam“, vergleicht Erb.

### **Vom theoretischen Design bis zur biologischen Realität**

Die Lösung für die optimierte CO<sub>2</sub>-Fixierung erschien auf dem Papier ganz einfach: Schon nach zwei Wochen stand das theoretische Design. Danach ging die Forschung erst richtig los: Drei Jahre arbeiteten Erb und sein Team – darunter Biochemiker, Genetiker und Analytiker – an der Realisierung des CETCH-Zyklus (Crotonyl-CoA/Ethylmalonyl-CoA/Hydroxybutyryl-CoA-Zyklus), wie sie die künstliche Fotosynthese nennen. Das Motto des Teams: „Der Anwendung muss die Erkenntnis vorausgehen.“ Im Labor bedeutet das: Wer versteht, wie ein Enzym ein Substrat umschließt, kann ihm beibringen, stattdessen andere Moleküle zu binden: „Am Ende muss das Enzym machen, was wir wollen.“ Um das zu erreichen, hieß es: hinschauen – verstehen – gezielt verändern.

Kristallografen bestimmten zunächst die dreidimensionale Struktur des passenden Enzyms. Dem folgt die experimentelle Arbeit. Alle Bausteine müssen so kombinierbar sein, dass sie effizient miteinander arbeiten. „Ist das nicht der Fall, ersetzen wir Bausteine noch mal, oder müssen sie gezielt verändern – das nennen wir Enzyme Engineering“, sagt Erb. „Wir tauschen zum Beispiel kleine Teile der Aminosäuren – in der Mitte des Enzyms – mit gentechnischen Methoden aus.“ Dann testen die Forscher, ob die neuen Varianten neue

Reaktionen katalysieren. In einem kleinen Reagenzglas haben sie diesen Meilenstein bereits erreicht: Unter Zugabe von chemischer Energie können die Forscher CO<sub>2</sub> fixieren. Dafür setzen sie auf eine Kombination von Enzymen, die effizienter als die natürliche Fotosynthese ist. Lassen sich so Klimaprobleme beheben?

„Wir haben bereits reale Lösungansätze gefunden und den ersten Durchbruch geschafft. Noch befindet sich der künstliche Stoffwechsel aber isoliert außerhalb einer Zelle“, erklärt Dr. Erb. „Der nächste Schritt besteht darin, ihn in lebende Zellen einzusetzen.“ Sein Ziel ist nicht die Fotosynthese zu ersetzen, sondern sie zu „boosten“. Eine Alternative besteht für Erb darin, eine technische Lösung zu finden – also beispielsweise eine künstliche Zelle zu schaffen. Er ist überzeugt: „Wir müssen die Natur nicht exakt nachbauen. Der Mensch hat sich das Fliegen bei Vögeln abgeschaut und schließlich etwas Neues entwickelt: Flugzeuge.“

### **Biologie, Umwelt & Gentechnik – Forscher aus Überzeugung**

Erb war schon immer umweltpolitisch engagiert. Zu Schulzeiten dachte er dabei noch nicht an synthetische Biologie, doch er ist stolz, auf diese Weise heute Lösungen für die Umwelt zu entwickeln: „Ich bin mir treu geblieben und habe festgestellt, dass diese neuen Methoden extrem vielversprechend sind.“ Gesellschaftliche

Skepsis hält er für angebracht – doch könne sie auch Innovationen hemmen. „Wir brauchen Möglichkeiten zum Ausprobieren.“

Zu behaupten, der Mensch sei besser als die Natur, hält Erb für vermessen: „Die Natur funktioniert nach einem Zufallsprinzip: Sie ist gut darin, Prozesse zusammenzuschustern – sie ist aber kein Ingenieur. Die Natur passt biologische Prozesse über lange Zeit an. Sie schafft aber nur selten fundamental Neues.“ Die perfekte Vision für ihn besteht darin, CO<sub>2</sub> nicht in Biomasse, sondern direkt in ein wertvolles Produkt umzuwandeln – etwa Biotreibstoff oder Antibiotika. Konkrete Lösungen entwickeln er und sein ehrgeiziges Team in Kooperation mit Partnern aus der Industrie weiter.

### **Erbs Credo: Mindestens eine neue Frage am Tag**

Eigentlich hatte Erb nie davon geträumt, Professor zu werden. Er suchte Antworten auf biologische und chemische Fragestellungen. Die Arbeit am MPI empfindet er als Privileg: „Jeden Tag stelle ich mir mindestens eine neue Frage – und jede Antwort wirft zehn neue Fragen auf. Das motiviert mich, weiter zu forschen“, sagt er. Auch in seiner Freizeit bleibt er den Pflanzen treu: Er geht gerne in den Wald – mit der Familie, dem Mountainbike oder zum Langlaufen – dorthin wo die Fotosynthese ihn umgibt. 