

# RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN



## ALLES NUR GEKLAUT?

Stibitzt: Nährstoffklau unter Bakterien

Abgesaugt: Sterne mopsen Materie

Umgedeutet: Narrative und Macht



Anna Ngo vermehrt genetisch veränderte Bakterien, um ihnen später die Enzyme zu entnehmen, die sie braucht.

Biotechnologie

# ELEKTRONEN- KLAU FÜR EINEN GUTEN ZWECK

*Ramineh Rad und Anna Ngo vereinen das Beste aus Elektro- und Biokatalyse. So wollen sie nachhaltig und preisgünstig an begehrte Chemikalien kommen.*

Ein unscheinbarer grauer Knopf in einem transparenten Tütchen ist der Ort, an dem alles geschieht, was zu einer nachhaltigeren und preisgünstigeren Erzeugung von Wertstoffen für die chemische Industrie führen soll. Der Knopf besteht aus Nickelschaum, und auf seiner Oberfläche hat Anna Ngo bestimmte Enzyme befestigt. Sie stammen aus genetisch veränderten *E. coli*-Bakterien, die Anna Ngo im Labor vermehrt. „Die Enzyme kann ich gezielt aus den Zellen extrahieren“, erläutert die Biochemikerin, die in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dirk Tischler an der Ruhr-Universität Bochum als Postdoktorandin arbeitet. Auf der chemisch vorbehandelten Oberfläche des Nickelschaums haften sie dann von selbst an.

## Kaskade in drei Schritten

Der so präparierte Knopf wird in eine elektrokatalytische Zelle eingebaut und dient darin als Anode. „Wir entwickeln eine kombinierte Bio-Elektrokatalyse als modulare Kaskade zur Kopplung elektrochemischer Prozesse mit biokatalytischen Reaktionen“, erklärt Ramineh Rad als Doktorandin aus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Ulf-Peter Apfel in der Fakultät für Chemie und Biochemie der Ruhr-Universität. Dabei konzentrieren sich die beiden Forscherinnen auf die Anode – die Kathode bleibt zunächst außen vor. Die Elektrokatalytische Zelle wird mit einer Pufferlösung gefüllt. Je nachdem, welche Enzyme sich auf dem Nickelschaum befinden und welchen Ausgangsstoff man hinzufügt, laufen an der Anode dann verschiedene Reaktionen gleichzeitig ab.

„Wir fangen in unserer Arbeit mit dem letzten von drei möglichen Schritten an zu testen“, sagt Anna Ngo. Das Enzym auf der Anode heißt in diesem Fall Format-Dehydrogenase. ▶

Dieser Knopf besteht aus Nickelschaum. An seiner Oberfläche sind Enzyme befestigt.

Fügt man Format hinzu, klagt sich das Enzym davon Elektronen. Es bleibt  $\text{CO}_2$  übrig. Als Cosubstrat benötigt das Enzym  $\text{NAD}^+$ , das die geklauten Elektronen aufnimmt und so zu  $\text{NADH}$  wird. An diesem Punkt kommt die Elektrokatalyse ins Spiel: Setzt man die Anode unter Spannung, regeneriert sich das Cosubstrat und steht für erneute Reaktionen wieder zur Verfügung.

Richtig interessant wird das System, wenn zwei oder drei Enzyme an der Anode aktiv sind. „Unsere geplante Kaskade sieht so aus“, erklärt Anna Ngo, „dass wir auch die beiden Enzyme Alkohol-Dehydrogenase und Formaldehyd-Dehydrogenase auf der Anode befestigen. Wenn wir dann Methanol hinzugeben – einen billigen Abfallstoff der Industrie – entsteht daraus Formaldehyd. Es ist ein Ausgangsstoff für bestimmte Kunststoffe. Nebenher wird aus  $\text{NAD}^+$  durch Elektronenübertragung  $\text{NADH}$ , das durch die Elektrokatalyse regeneriert wird. Im nächsten Schritt wird aus Formaldehyd durch das entsprechende Enzym Format. Daraus kann man zum Beispiel Aromen herstellen.“ Je nachdem, welche Enzyme man nutzt, lässt sich bestimmen, welches Produkt man erhält.

### Teure Cofaktoren herstellen

Und auch an den Cofaktoren beziehungsweise Cosubstraten haben die Forscherinnen ein großes Interesse. Denn während  $\text{NAD}^+$  mit um die 20 US-Dollar pro Gramm schon recht teuer ist, ist  $\text{NADH}$  rund das Doppelte wert. „Wenn man den Strom abschaltet, kann man den teureren Cofaktor erzeugen und entnehmen“, erläutert Ramineh Rad.

In einem weiteren Arbeitsschritt wollen die Forscherinnen die Enzyme so beeinflussen, dass sie verschiedene Cosubstrate akzeptieren können. Neben  $\text{NADH}$  käme dann auch  $\text{NADP}^+$  infrage – mit rund 49 US-Dollar pro Gramm noch teurer. Nach der Enzymreaktion entsteht daraus allerdings  $\text{NADPH}$ , für das immerhin rund 275 US-Dollar pro Gramm verlangt werden.

Alle diese Reaktionsschritte lassen sich auch mittels Elektrochemie allein bewerkstelligen. Aber: Dafür sind umweltschädliche Stoffe und energieintensive Temperaturen nötig. Das spart man sich dank der biologischen Komponenten. „Um sie stabil ans Arbeiten zu bringen, haben wir Temperatur, pH-Wert, elektrische Spannung und andere Rahmenbedingungen für sie optimiert“, sagt Anna Ngo.

„Unsere Enzymkaskade erlaubt es, auf nachhaltige Weise aus Abfall wertvolle Stoffe zu gewinnen“, sagt Ramineh Rad. „Und dabei ist sie modular betreibbar, also flexibel.“ Da sich die Cofaktoren immer wieder regenerieren, können die Reaktionen über lange Zeit stabil ablaufen. „Wir haben unseren Aufbau schon über Nacht betrieben“, erzählt Anna Ngo. „Dabei sinkt die Effektivität mit der Zeit ein wenig ab, aber das System funktioniert stabil. Befüllt man die Zelle neu mit Puffer, Cofaktoren und Ausgangsstoffen, kann man dieselbe Anode wiederverwenden. „Zwei Zyklen haben wir schon erfolgreich getestet, wir planen mit bis zu zehn Zyklen“, so Ramineh Rad.




Anna Ngo (links) und Ramineh Rad arbeiten gemeinsam an dem Projekt an der Grenze zwischen Chemie und Biologie.

„  
UNSERE  
ENZYMKASKADE  
ERLAUBT ES, AUF  
NACHHALTIGE  
WEISE AUS  
ABFALL WERT-  
VOLLE STOFFE  
ZU GEWINNEN.

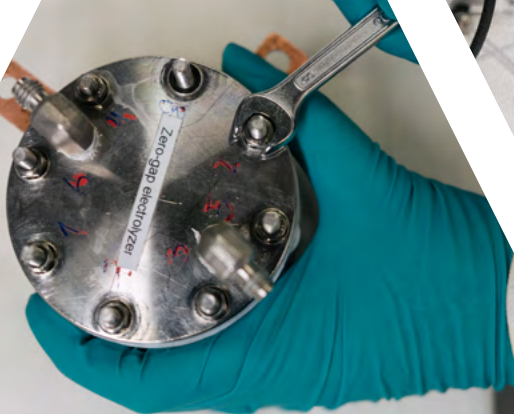


Ramineh Rad

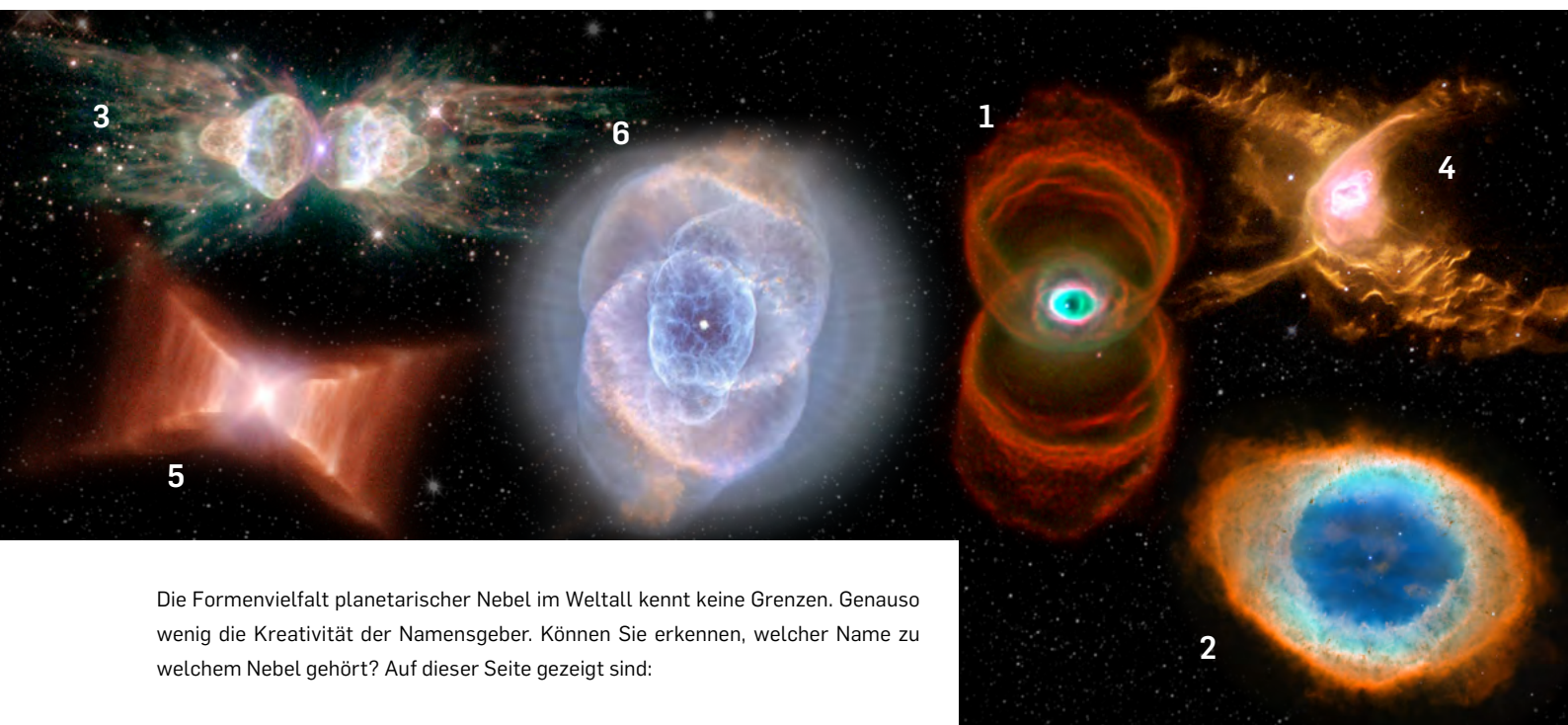


Ramineh  
Rad bestückt  
eine elektro-  
katalytische Zelle.

In solch  
einer Zelle  
laufen die  
Reaktionen  
ab.



# REDAKTIONSSCHLUSS



Die Formenvielfalt planetarischer Nebel im Weltall kennt keine Grenzen. Genauso wenig die Kreativität der Namensgeber. Können Sie erkennen, welcher Name zu welchem Nebel gehört? Auf dieser Seite gezeigt sind:

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| a) Katzenaugen-Nebel | d) Stundenglas-Nebel    |
| b) Ameisen-Nebel     | e) Ring-Nebel           |
| c) Rote-Spinne-Nebel | f) Rotes-Rechteck-Nebel |

Die Formen der Nebel sind übrigens keine reinen Zufallsprodukte. Aus manchen Strukturen können Forschende Rückschlüsse auf Vorgänge ziehen, die zur Entstehung der Nebel geführt haben. Mehr dazu auf Seite 48.

Lösungen unten auf dieser Seite.

#### Aufnahmen:

- 1) Raghvendra Sahai and John Trauger (JPL), the WFPC2 science team, and NASA/ESA
- 2) NASA, ESA, and C. Robert O'Dell (Vanderbilt University)
- 3) NASA, ESA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA); Acknowledgment: R. Sahai (Jet Propulsion Lab) and B. Balick (University of Washington)
- 4) ESA & Garrelt Mellema (Leiden University, the Netherlands)
- 5) NASA/ESA, Hans Van Winckel (Catholic University of Leuven, Belgium) and Martin Cohen (University of California, USA)
- 6) NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

#### IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum (Hubert Hundt, vi.S.d.P.)

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Birgit Aпитzsch (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Thomas Bauer (Fakultät für Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Christoph Bühnen (Sportwissenschaft), Prof. Dr. Elena Enax-Krumova (Medizin), Prof. Dr. Anna Franckowiak (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Constantin Goschler (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Kristina Liefke (Philosophie und Erziehungswissenschaft) Prof. Dr. Günther Meschke (Prorektor für Forschung und Transfer), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Ines Mulder (Geowissenschaft), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Nils Pohl (Elektro- und Informationstechnik), Prof. Dr. Tatjana Scheffler (Philologie), Prof. Dr. Sabine Seehagen (Psychologie), Prof. Dr. Roland Span (Maschinenbau), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Dr. Lisa Bischoff (lb); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Schiefersburger Weg 105, 50739 Köln, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Tim Kramer (tk) und Katja Marquard (km), Agentur für Markenkommunikation, Ruhr-Universität Bochum

COVER: Adobe Stock, irinakuz9

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfoto für Seite 12: Adobe Stock, Kara; Seite 34: Hermann Kohlstedt; Seite 56, 62: RUB, Tim Kramer

#### GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ:

Agentur für Markenkommunikation, Ruhr-Universität Bochum, www.einrichtungen.rub.de/de/agentur-fuer-markenkommunikation. Bei der Bearbeitung einzelner Motive kam generative KI (Adobe Firefly) zum Einsatz.

DRUCK: Kern GmbH, In der Kolling 120, 66450 Bexbach, kerndruck.de, info@kerndruck.de

ANZEIGEN: Dr. Julia Weiler, Dezernat Hochschulkommunikation, Redaktion Rubin, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, rubin@rub.de

AUFLAGE: 3.700

BEZUG: Rubin erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter news.rub.de/rubin/abo. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren

Die nächste Ausgabe von RUBIN erscheint am 1. Dezember 2026.