



MIT DER KRAFT DER NATUR

Wie von Zauberhand produzieren Pflanzen Energie aus Sonnenlicht und CO₂. Forschende versuchen, das Prinzip der Fotosynthese für die Energiewende zu nutzen – und die Natur dabei noch zu übertreffen

TEXT: ALEXANDER STIRN

Blätter sind Meisterwerke der Evolution. Was in ihrem Inneren abläuft, übertrumpft menschliche Technologie. Nun soll ihr Geheimnis entschlüsselt werden



Man nehme: etwas Wasser, einen Hauch Kohlendioxid, sehr viel Sonnenlicht – schon entsteht Treibstoff im Überfluss.

Ein unseriöses Versprechen? Keineswegs! Die Natur betreibt das seit Urzeiten höchst erfolgreich: Winzige Kraftwerke in den grünen Blättern der Pflanzen, in den Zellen von Algen und sogar in manchen Bakterien wandeln unentwegt Kohlendioxid aus der Atmosphäre in Zucker um. So decken sie ihren Energiebedarf – und den aller Lebewesen, die sich von ihnen ernähren. Die Methode heißt Fotosynthese und gehört zu den großen Erfolgsgeschichten der Natur.

Können wir die Idee nicht kopieren? Lassen sich künstliche Blätter entwickeln, die genau das Gleiche tun und eventuell noch effizienter funktionieren? Falls ja, könnten wir Apparate entwickeln, die aus Licht nicht nur Strom erzeugen – wie Solarzellen es bereits seit Langem tun –, sondern die Sonnenlicht ohne Umwege in Brenn- und Treibstoffe verwandeln: günstig, unerschöpflich, klimaneutral.

Die Forschungsteams, die sich diesen Fragen widmen, haben bereits vielversprechende Ergebnisse erzielt. Sie haben erste künstliche Blätter entwickelt: komplexe mehrlagige Strukturen, die Licht in energiereiche chemische Verbindungen umwandeln, aus denen sich zum Beispiel Treibstoff herstellen ließe. Solcher ist notwendig, um zukünftig Flugzeuge und manche Schiffe klimafreundlich anzutreiben. Er ließe sich aber auch, anders als Strom, problemlos aufbewahren; etwa für jene Zeiten, in denen andere erneuerbare Stromquellen ausfallen, weil die Sonne nicht scheint, der Wind nicht weht. »Wir steuern zunehmend auf ein Speicherproblem zu, das – technisch gesehen – zum Kernproblem der Energiewende werden könnte«, sagt Holger Dau, Biophysiker an der Freien Universität Berlin.

Noch handelt es sich bei den künstlichen Blättern allerdings um Prototypen, um wenige Quadrat-

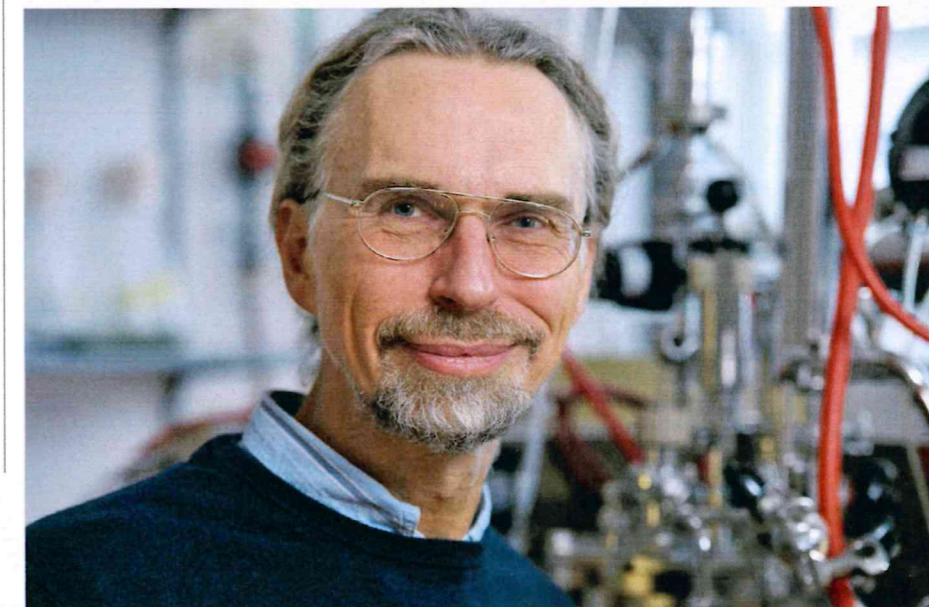
zentimeter große Forschungsobjekte. Die Apparate funktionieren lediglich in einem Wasserbad, in das Kohlendioxid gepumpt wird. Sie sind weit entfernt von einem wirtschaftlichen Dauerbetrieb, sind teuer und instabil. Doch all das soll sich nun ändern.

»Über Milliarden Jahre hinweg hat die Natur einen ausgeklügelten Mechanismus entwickelt, um die Strahlung der Sonne chemisch zu binden«, sagt Thomas Hannappel, Physikprofessor an der Technischen Universität Ilmenau. Die Natur einfach nachzuahmen wäre dennoch keine gute Idee. Die Blätter gehen äußerst verschwenderisch mit der Sonnenenergie um, wie der Wirkungsgrad belegt: Von dem Licht, das im Laufe eines Jahres auf einen Acker fällt, verwandeln die Pflanzen weniger als ein Prozent in Biomasse und damit in chemische Energie.

Pflanzen müssen wachsen, müssen sich fortpflanzen, müssen in der Lage sein, ihre Blätter sowie die darin arbeitenden Kraftwerke zu reparieren und ständig zu erneuern. Ist dafür ausreichend Energie vorhanden, erfüllt ihre Methode die Anforderungen der Evolution, unabhängig vom Wirkungsgrad. »Biologische Systeme eignen sich sehr gut für die Zwecke der Biologie«, sagt Dau, der das deutschsprachige Standardwerk über künstliche Fotosynthese verfasst hat. »Sie sind aber nicht dazu gemacht, uns Treibstoffe zu liefern.«

Wollte Deutschland seinen gesamten Primärenergiebedarf mit Pflanzen decken, zum Beispiel mit Raps für Biodiesel oder Mais für Biogasanlagen, müsste es mindestens das Doppelte seiner Landesfläche damit bepflanzen, rechnet Dau vor. ▶

Biophysiker Holger Dau forscht an der Freien Universität Berlin zu Katalysatoren, einem entscheidenden Baustein für künstliche Fotosynthese



Dichtes Blattwerk lässt nur wenige Sonnenstrahlen hindurch – es fängt Licht effektiv auf, um Energie für die Bäume zu gewinnen

Wie sein natürliches Vorbild betreibt dieses künstliche Blatt chemische Prozesse ohne äußere Stromzufuhr, nur mit der Kraft des Lichts

FOTOS: ALAMY (2), DOMINICK REUTER, DAVID AUSSERHOFER/TU BERLIN



Eine Frage des Gewichts

Kraftstoff wird auch in Zukunft nötig sein für Flugzeuge und bestimmte Schiffe, denn es vereint viel Energie auf wenig Raum und Masse. Anderswo ist es besser, Strom zu nutzen, denn bei der Verbrennung von Kraftstoff geht viel wertvolle Energie als Wärme ungenutzt verloren

Unmöglich. Bei künstlichen Blättern mit einem Wirkungsgrad von etwa zehn Prozent, den heutige Prototypen locker erreichen, wäre es nur noch ein Zehntel der Landesfläche. Entsprechende Paneele könnten die Landschaft bedecken, so wie es heute Solaranlagen tun. »Ein Zehntel ist noch immer sehr, sehr viel«, sagt Dau, »aber es ist vielleicht nicht mehr ganz so illusorisch.«

Der Traum vom künstlichen Blatt ist alt. Bereits vor mehr als 100 Jahren ermunterte der Chemiker Giacomo Ciamician die Kollegenschaft im Fachblatt »Science«, das »gut gehütete Geheimnis der Pflanzen« zu lüften und nach dem Vorbild der Biologie Brennstoffe zu erzeugen. Es sollte allerdings bis zum Jahr 1998 dauern, bis Physiker im Labor das erste künstliche Blatt entwickelten. Teure Materialien wie Platin, aber auch das krebserregende Galliumarsenid waren dafür nötig. Das Blatt begann zudem innerhalb weniger Stunden zu »welken«; seine Energieausbeute brach zusammen.

Schon damals zeigte sich: Es ist nicht einfach, die Natur nachzuahmen. Die lebenden Kraftwerke in den grünen Blättern folgen einem ausgefeilten Plan. Ihr grüner Farbstoff Chlorophyll nutzt das Sonnenlicht, um Wasser mithilfe negativer Ladungsträger, der Elektronen, in seine Bestandteile zu zerlegen: in Sauerstoff und Wasserstoff. Außerdem entstehen die energiereichen Moleküle ATP und NADPH, die den zweiten Teil des Prozesses an-

treiben: Aus dem gewonnenen Wasserstoff sowie Kohlendioxid aus der Luft baut die Pflanze Glukose auf, auch Traubenzucker genannt.

All die Schritte muss ein künstliches Blatt nachahmen, ohne sie exakt zu kopieren. Die Aufgabe des Chlorophylls übernimmt eine Solarzelle. Sie setzt mithilfe des Sonnenlichts Elektronen frei und bugsiert sie in eine wässrige Lösung. Dort treiben die geladenen Teilchen jene chemischen Reaktionen an, an deren Ende Treibstoff steht – wie Glukose ein Produkt aus Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff.

Doch um reaktionsfreudige Elektronen zu erzeugen, sind hohe Spannungen nötig – zu hoch für heutige Standard-Solarzellen. Es braucht Sonderanfertigungen in Tandemstruktur: Gleich zwei Halbleiterschichten fangen das Licht auf und wandeln es in Strom um. Halbleiter sind chemische Strukturen, die so präpariert werden können, dass sie gezielt Elektronen freisetzen und dadurch leitend werden.

Die Schichten des Tandems sind übereinander aufgebracht und sollen die Sonnenstrahlung optimal ausbeuten. Die erste Schicht verwertet den bläulichen Teil des Lichts, in dem höhere Energien stecken. Die darunterliegende Schicht zielt auf rote und infrarote Strahlung mit etwas niedrigerer Energie. Die Spannungen der beiden Solarzellen addieren sich – wie bei Batterien, die hintereinander in eine Fernbedienung gelegt werden.

Das Besondere: Wie hoch die Spannung ausfällt, können Forschende durch geschickte Wahl und Anordnung der genutzten chemischen Elemente festlegen. Schließlich bringt es nichts, zu viel Spannung zu erzeugen. Oder, wie es Thomas Hannappel formuliert: »Diese Halbleiter verhalten sich wie ein sehr gutes Pferd: Das soll auch nur so hoch springen, dass es gerade über ein Hindernis kommt.«

Die Spannung allein reicht aber noch nicht, um die gewünschten Reaktionen ablaufen zu lassen, jedenfalls nicht in annehmbarer Zeit. Forschungsteams setzen daher auf Katalysatoren, um den Vorgang zu beschleunigen. Durch ihre bloße Gegenwart verringern diese die Energie, die nötig ist, um eine Reaktion anzustoßen, sodass solche Prozesse deutlich bereitwilliger und schneller ablaufen.

Als Standardkatalysatoren zur Aufspaltung von Wasser dienen heutzutage Platin und Iridium. Beide Metalle sind teuer und rar, Iridium zählt sogar zu den seltensten natürlich vorkommenden

►

Die Zellen eines Blattes besitzen jeweils mehrere Chloroplasten (kleine Bällchen). In deren Innerem betreibt der Stoff Chlorophyll die Fotosynthese – und sorgt nebenbei für die grüne Farbe

Echtes Blatt

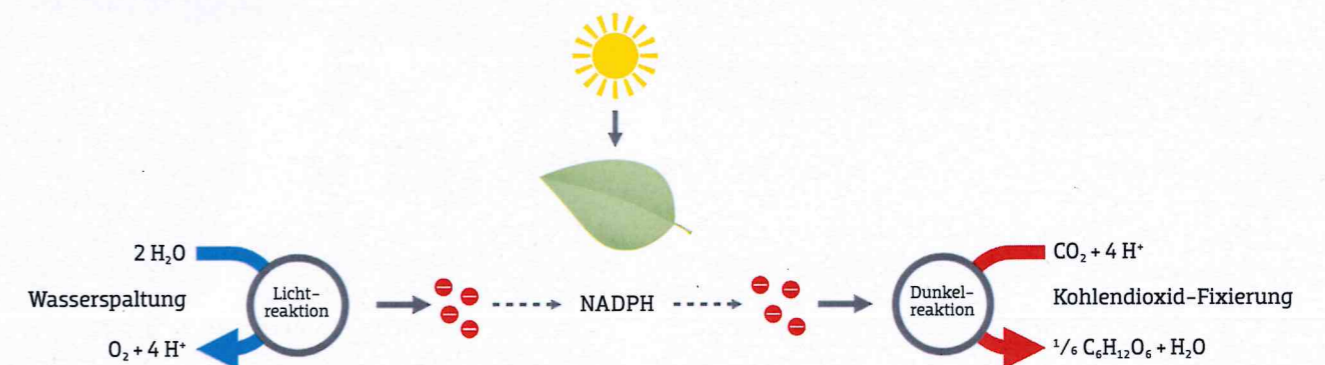
Bei der Fotosynthese wandeln Pflanzen Kohlendioxid mit Sonnenenergie in Zucker um

- 1 Der grüne Blattfarbstoff Chlorophyll fängt Sonnenlicht ein und nutzt die absorbierte Energie, um elektrische Ladungen im Blatt zu trennen: Auf der einen Seite sammeln sich die negativ geladenen Elektronen; auf der anderen Seite entstehen positiv geladene »Löcher«: Orte, an denen Elektronen fehlen. Zwischen Elektronen und Löchern besteht eine elektrische Spannung.
- 2 Das Blatt nutzt die Spannung, um Wassermolekülen (H_2O) Elektronen zu entziehen. Das Wasser wird dadurch gespalten,

Sauerstoff (O_2) und positiv geladener Wasserstoff (Protonen, H^+) entstehen. Der Sauerstoff entweicht in die Luft.

3 Die Elektronen sammeln sich in einem Koenzym namens NADPH, dessen Moleküle als Zwischenspeicher dienen.

4 Die Elektronen werden an Kohlendioxid (CO_2) abgegeben, das der Luft entzogen wird. Das Kohlendioxid und der zuvor gewonnene Wasserstoff werden in einer komplexen Reaktion, Calvin-Zyklus genannt, in Glukose ($C_6H_{12}O_6$) verwandelt.



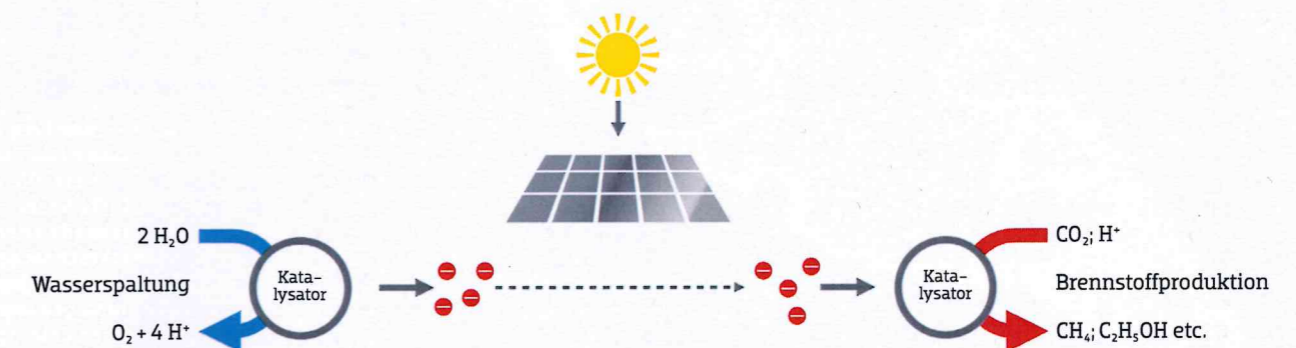
Künstliches Blatt

Solarzellen und Katalysatoren spalten Wasser und wandeln Kohlendioxid in Brennstoffe um

- 1 Solarzellen fangen Sonnenlicht ein und nutzen, ähnlich dem Chlorophyll, die Energie, um positive und negative Ladungen voneinander zu trennen.
- 2 Die so entstehende Spannung reicht allerdings nicht aus, um dem Wasser genügend Elektronen zu entziehen und es zu spalten. Dazu bedarf es der Mithilfe eines Reaktionsbeschleunigers, Katalysator genannt. Er erleichtert und beschleunigt die Wasserspaltung.

3 Die frei gewordenen Elektronen sowie der positiv geladene Wasserstoff wandern auf verschiedenen Wegen zu einer Elektrode, an der Kohlendioxid platziert ist.

4 Um diese Zutaten zu Brennstoff wie Methan (CH_4) oder Ethanol (C_2H_5OH) zu verwandeln, ist abermals ein Katalysator nötig. Doch die meisten Katalysatoren erzeugen viele unterschiedliche Reaktionsprodukte. Eine zentrale Herausforderung ist daher, spezifischere Katalysatoren zu entwickeln.

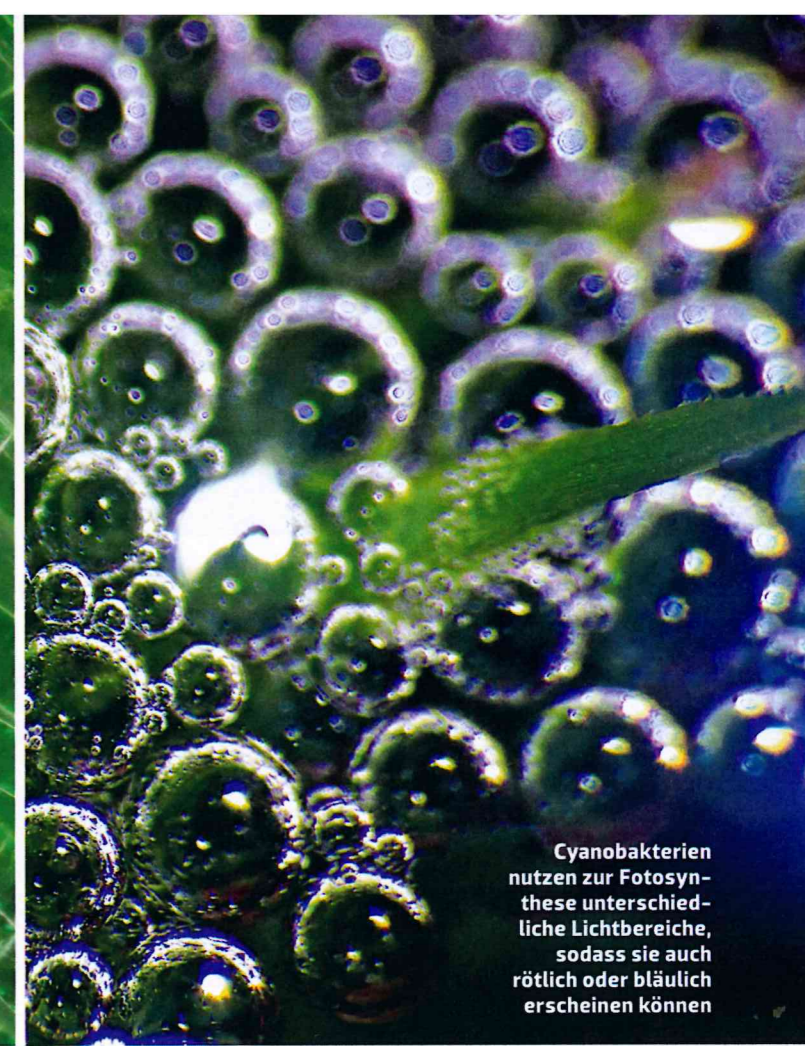


FOTOS: IMAGO, SCIENCE PHOTO LIBRARY, ALAMY; INFOGRAFIK: TIM WEHRMANN



Nicht nur Blätter betreiben Fotosynthese: Die vor der Küste Nordamerikas lebende atlantische Nacktschnecke *Elysia chlorotica* frisst Meeresalgen und lagert deren Chloroplasten unter ihrer Haut. Dadurch erscheint das rund drei Zentimeter kleine Tier grünlich

Der Begriff »Algen« umfasst verschiedene, teils nicht verwandte Lebewesen, die im Wasser Fotosynthese betreiben



Cyanobakterien nutzen zur Fotosynthese unterschiedliche Lichtbereiche, sodass sie auch rötlich oder bläulich erscheinen können

Elementen der Erde. »Solange wir davon, wie bislang, nur kleine Mengen benötigen, ist Iridium gerade noch erschwinglich«, sagt Holger Dau. Sollten aber eines Tages künstliche Blätter voller Iridium große Landflächen bedecken, würden die Preise ins Unermessliche steigen. Günstige, aber ebenso effektive Alternativen müssen gefunden werden.

Diese fortwährende Suche nach passenden Materialien und geschickt angeordneten Strukturen macht die Konstruktion eines künstlichen Blattes zu einer komplizierten Sache. Aus Aluminium, Arsen, Gallium, Indium und Phosphor setzen sich zum Beispiel die Halbleiterschichten eines Blattes zusammen, das Thomas Hannappel Mitte 2018 gemeinsam mit einem Team um den US-Ingenieur Harry Atwater vom California Institute of Technology vorgestellt hat. Die Elemente erzeugen – in unterschiedlichen Kombinationen – die nötige Spannung in der Tandemstruktur. Als Katalysator produziert Ruthenium den Sauerstoff. Das Element Rhenium wiederum sorgt in Form winziger, nur 70 millionstel Millimeter großer Kügelchen für die Entstehung elementaren Wasserstoffs. Eine Schicht aus Titan-dioxid, wie es auch in Sonnencremes benutzt wird, versiegelt schließlich die Konstruktion.

3,4

Milliarden Jahre reichen die ältesten Hinweise auf Fotosynthese zurück. Vor 2,4 Milliarden Jahren begannen dann Cyanobakterien, massenhaft Sauerstoff in die Atmosphäre zu entlassen

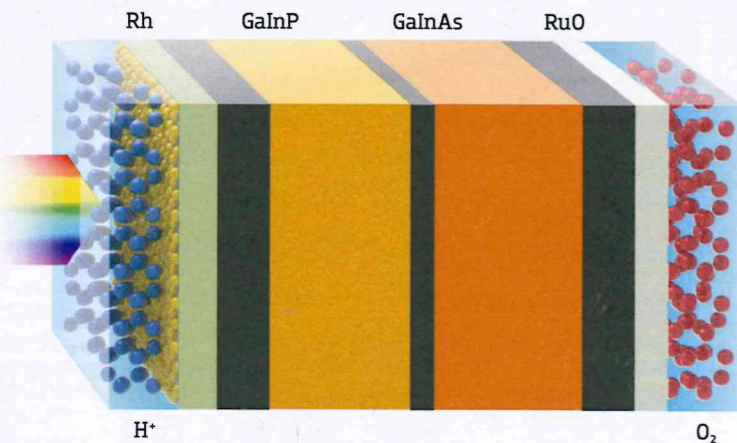
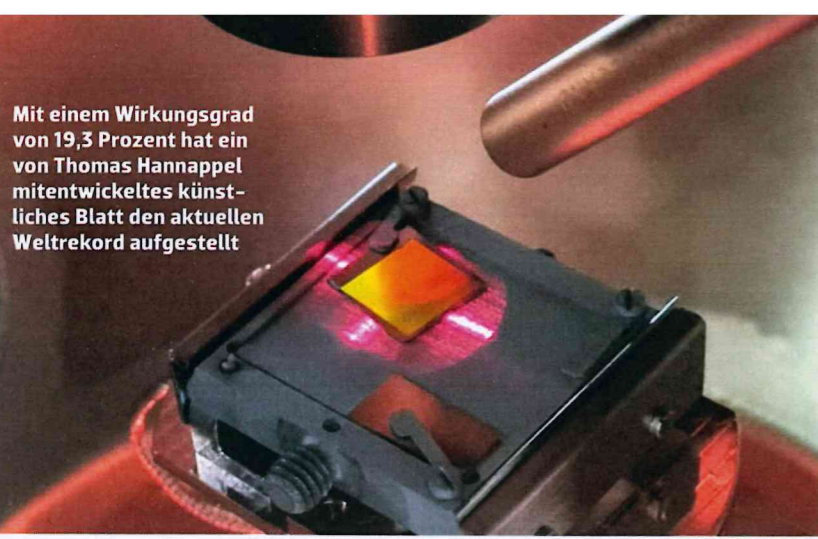
Von exotischen und entsprechend kostspieligen Materialien will Hannappel dennoch nicht sprechen. »Wir reden hier nicht über Gold, Silber oder Iridium«, sagt der Physiker. Teuer werde das Ganze nur, weil es bislang noch keine etablierten Prozesse gebe, um die neuartigen Strukturen herzustellen.

Am Ende dieser Prozesse steht immerhin ein effizientes Sandwich: 19,3 Prozent Wirkungsgrad haben Hannappel und Atwater im Labor gemessen; ein Weltrekord für künstliche Blätter. Helles Licht und ein Wasserbad genügen, schon fängt das Sandwich an zu blubbern, ganz ohne Kabel und Schläuche. Die Blasen, das Licht, die Ladungsströme – die ganze Dynamik ist allerdings eines der großen Probleme der Struktur. »Da ist ziemlich was los«, räumt Hannappel ein. Löcher können entstehen, Material löst sich ab, Korrosion droht.

Entsprechend gering ist die Haltbarkeit des Blattes: Beim Rekordversuch in einer sauren Lösung brach die Spannung bereits nach drei Stunden zusammen. In einer neutralen und somit nicht ganz so aggressiven Umgebung, bei einem Wirkungsgrad von immerhin noch 18,5 Prozent, hielt das Blatt mehr als 20 Stunden durch. Nicht schlecht für ein ►

FOTOS: DPA PICTURE-ALLIANCE, DDP IMAGES, SCIENCE PHOTO LIBRARY

Mit einem Wirkungsgrad von 19,3 Prozent hat ein von Thomas Hannappel mitentwickeltes künstliches Blatt den aktuellen Weltrekord aufgestellt



Hannappels Blatt besitzt zwei übereinander angebrachte Solarzellen aus Galliumindiumarsenid und Galliumindiumphosphid (Mitte). Sie wandeln einfallendes Licht in elektrische Spannung. Die Energie ermöglicht, Wasser zu spalten: Am Katalysator aus Rhenium bildet sich Wasserstoff (links); der Katalysator aus Rutheniumoxid (rechts) lässt Sauerstoff aufsteigen

Laborexperiment, aber viel zu wenig für den Praxis-einsatz. »Eine Haltbarkeit von weniger als fünf Jahren ist ein absolutes Ausschlusskriterium«, sagt Holger Dau. »Zehn Jahre sollten es schon sein, auch wenn das derzeit noch eine große Hürde darstellt.«

Die zweite große Hürde: Das Blatt von Hannappel und Atwater produziert bislang nur Wasserstoff, keine Biotreibstoffe. Zwar wird auch Wasserstoff dringend für die Energiewende benötigt (zum Beispiel in Stahlwerken), das Gas ist jedoch reaktionsfreudig, muss stark komprimiert werden und ist dadurch entsprechend schwer zu transportieren oder zu lagern, insbesondere im Vergleich mit Biodiesel und Co. Zudem können Industrieanlagen schon heute Wasserstoff mit recht gutem Wirkungsgrad aus Solarstrom erzeugen.

Nächster Schritt muss daher ein künstliches Blatt sein, das Sonnenlicht direkt in Kraftstoffe verwandelt. Umgerechnet fast 90 Millionen Euro hat das US-amerikanische Energieministerium Mitte 2020 für entsprechende Forschungsarbeiten bereitgestellt. Mehr als die Hälfte davon soll an Atwater und sein Team gehen. Auch Deutschland leistet sich ein Forschungsprojekt, dotiert mit knapp 2,4 Millionen Euro. Hannappel koordiniert es.

Um nun auch das Kohlendioxid in den Prozess einzubinden, braucht es neue Materialien, neue

Reaktionen, neue Ideen. »Insbesondere bei der benötigten Energie liegt die Messlatte noch ein bisschen höher«, sagt Thomas Hannappel. Verbesserte Katalysatoren sollen helfen, aber auch andere Solarzellen: Um aus dem Sonnenlicht die verlangte höhere Spannung zu gewinnen, sind nun drei Tandemschichten nötig.

Das allein führt aber noch nicht zum Ziel. Im Gegensatz zu Pflanzen verwandeln künstliche Blätter das Kohlendioxid aus der Luft nicht in eine bestimmte Kohlenstoffverbindung. Letztere produzieren vielmehr ein buntes Gemisch, bestehend aus bis zu einem Dutzend verschiedener Substanzen. Erste Prototypen, die in Atwaters Labor vor sich hin blubbern, erzeugen zum Beispiel Ethanol – einen guten Biotreibstoff –, aber auch Ethylen und Wasserstoff, die sich allenfalls industriell nutzen lassen. »Die Kunst besteht darin, durch Wahl des geeigneten Katalysators nur ein Produkt zu erzeugen – und zwar möglichst das, was wir auch haben wollen«, sagt Holger Dau. Noch läuft die Suche nach solchen Katalysatoren.

Ein weiteres Problem: Die künstlichen Blätter funktionieren bislang nur in einem Wasserbad, in das Forschende kräftig Kohlendioxid pumpen müssen, aber nicht in freier Natur. Dort, in der Atmosphäre, ist der Anteil des Kohlendioxids mit etwa 0,04 Prozent viel zu gering, um effizient künstliche Fotosynthese zu betreiben. Ein Team der Universität Illinois schlägt daher vor, Blätter in ein wassergefülltes Kästchen zu stecken, dessen Hülle durchlässig ist für Gase. Verdunstet Wasser im Sonnenlicht, wird im Gegenzug Kohlendioxid durch eine selektiv durchlässige Membran ins Innere gesaugt. Die Konzentration steigt – und damit die Effizienz.

Vielleicht führt aber auch ein anderer Weg hin zu den Biotreibstoffen. Statt auf anorganische Katalysatoren setzt eine Forschungsgruppe aus Harvard auf Bakterien. Die Mikroorganismen, geschickt genetisch manipuliert, sollen aus Kohlendioxid und dem Wasserstoff eines künstlichen Blattes gezielt die gewünschten Kohlenstoffverbindungen produzieren, bislang ist das vor allem der Treibstoff Isobutanol. »Bionisches Blatt« nennt das Team seine Erfindung.

Im Labor, unter kontrollierten Bedingungen, funktioniert das bereits. Ob es auch im industriellen Maßstab klappen wird, ist offen. Bakterien gelten als ausgesprochen empfindlich. Die falsche Temperatur, der falsche Säuregrad, schon stellen die

Statt in einem Blatt lässt Erb die künstliche Fotosynthese in einer Flüssigkeit ablaufen

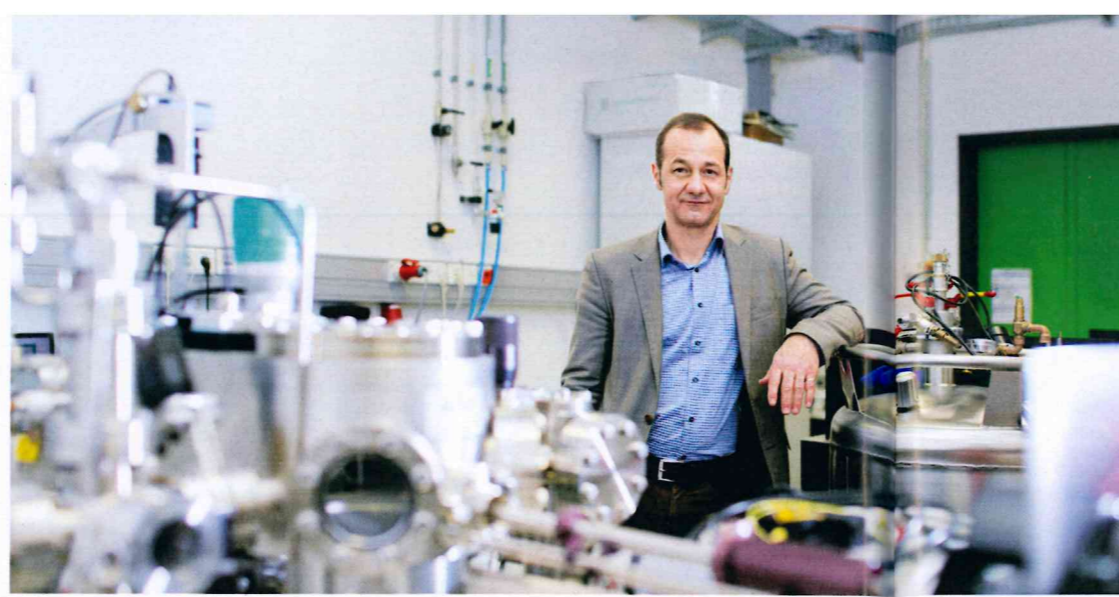


Der Biologe Tobias Erb forscht am Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg

Fotosynthese im Tropfen

ZELLKOPIE Warum Blätter aufwendig mit Fotovoltaik neu erfinden, wenn sich deren Zellen auch direkt nachbauen lassen? Das ist die Idee eines Forschungsteams um Tobias Erb. Er arbeitet dazu an künstlichen Chloroplasten, den Lichtkraftwerken der Blätter. Wie ihre natürlichen Vorbilder sollen auch die Imitate Kohlendioxid mithilfe von Licht in nützliche Stoffe verwandeln. Die Forschenden setzen dabei auf Wassertröpfchen, die in einem Ölbad schwimmen. In die Tropfen packen sie den Fotosynthese-Apparat, den sie aus einer Spinatpflanze isoliert haben, und mischen ihn mit einem künstlichen Stoffwechselformel. Im Reagenzglas funktioniert das Ganze schon.

INFOGRAFIK: TIM WEHRMANN; FOTOS: TU ILMENAU, THEKLA EHLING/AGENTUR FOCUS (2)



Der Physiker Thomas Hannappel hat an der TU Ilmenau eine fotoelektrochemische Solarzelle entwickelt, die Wasser spaltet: Sobald Licht auf die Zelle fällt (rechts: schwarzer Kreis), blubbert von ihr Wasserstoff auf

Mikroorganismen die Arbeit ein. Sogar ein falscher Katalysator kann sie aus der Bahn werfen: Ursprünglich hatte das Harvard-Team einen Reaktionsbeschleuniger aus Nickel, Molybdän und Zink gewählt, um im bionischen Blatt Wasserstoff zu produzieren. Doch diese Kombination erzeugte auch reaktionsfreudige Stoffe, die dem Erbgut der Bakterien zusetzen. Umgehend starben die Mikroorganismen ab.

Derlei böse Überraschungen lauern überall, wo künstliche Blätter alltagstauglich gemacht werden sollen. Die Forschungsteams müssen noch viele grundlegende Probleme lösen. Zum Beispiel: Wie können sie die Gase trennen, die am blubbernden Blatt entstehen? Wie können sie insbesondere verhindern, dass Wasser- und Sauerstoff sich mischen und im schlimmsten Fall enden wie früher im Chemieunterricht: in einer Knallgasexplosion? Halbdurchlässige Membranen könnten die Lösung sein, aber auch hier gilt: Die Trennwände müssen sämtlichen Belastungen des Alltags standhalten, und sie dürfen nicht ins Geld gehen.

Langfristig müssen künstliche Blätter noch weitere Hürden meistern. Damit ihnen wirtschaftlicher Erfolg vergönnt ist, müssen sie robust und beständig sein, billig in der Herstellung, großtechnisch zu produzieren und ähnlich effizient wie die Konkurrenz der Fotovoltaik.

Diese ist in den vergangenen Jahren immer effizienter, robuster und billiger geworden. Auch sie er-

öffnet die Möglichkeit, großtechnisch synthetische Kraftstoffe zu produzieren: Mit dem durch Solarzellen gewonnenen Strom lässt sich mittels Elektrolyse Wasserstoff herstellen. In einem zweiten Schritt lässt er sich zu langen Kohlenwasserstoffen verketteten. Damit der entstehende Kraftstoff annähernd klimaneutral ist, muss der dazu benötigte Kohlenstoff mühsam der Atmosphäre entzogen werden.

»Diese Verfahren sind sicher ein bisschen ausgereifter als unsere Blätter, aber sie stellen natürlich einen Umweg dar«, sagt Thomas Hannappel im Videogespräch. Denn statt die Sonnenenergie direkt zu nutzen, wird sie zunächst in elektrische Energie umgewandelt.

Dass der Physiker die künstliche Fotosynthese bevorzugt, hat aber noch einen anderen, fast schon philosophischen Grund: »Es ist ein Traum der Menschheit, die Fotosynthese nachzubilden und

ein künstliches Blatt in der Hand zu haben.« Die Evolution nachzubilden, ja womöglich zu überflügeln – auch das macht die Faszination der Fotosynthese für Forschende aus.

Mehr als 17 Millionen Euro lässt sich das deutsche Forschungsministerium ein Projekt kosten, das offene Fragen zur Alltagstauglichkeit erforschen soll. Ziel ist ein wettbewerbsfähiger Demonstrator mit einer Blattgröße von 1300 Quadratzentimetern – etwa die Fläche von zwei DIN-A4-Seiten. Zum Vergleich: Hannappels Rekordzelle bringt es auf gerade einmal ein bis zwei Quadratzentimeter. Im Februar 2026 soll das Modul fertig sein, dann läuft das Forschungsprojekt aus. Thomas Hannappel schätzt allerdings, dass weitere zehn Jahre vergehen werden, bis aus solch einem Modul alltagstaugliche Bauelemente hervorgehen.

Viel Zeit. Zu viel? »In Anbetracht der Klimaproblematik sollten wir das Thema ›künstliches Blatt‹ keinesfalls auf die lange Bank schieben«, sagt FU-Forscher Holger Dau. Er sagt aber auch: »Bis wir das perfekte System haben – also einen Kasten, bei dem man oben Wasser hineinschüttet und bei dem unten Biotreibstoff herauskommt –, werden wohl noch 20 Jahre vergehen.«

Ein Widerspruch? Nicht unbedingt. Denn vielleicht, meint Dau, muss das Blatt – zumindest im ersten Schritt – noch gar nicht perfekt sein. Die Fotosynthese in der Natur ist es schließlich auch nicht. ■



PM Wissen

Stockender Atem
Die Fotosynthese erschafft unseren Sauerstoff zum Atmen. Wie viele Pflanzen sind nötig, damit ein Mensch überlebt? Den Selbstversuch eines Forschers zeigt dieses Video: pm-wissen.com/sauerstofftest

PM KOMPAKT

- Pflanzen **speichern Energie** per Fotosynthese. Ähnlich ließe sich Treibstoff mittels Licht produzieren.
- Forschungsgruppen verfolgen verschiedene Ansätze, um die Natur zu kopieren: Sie bauen **künstliche Blätter**, nutzen Bakterien oder genmodifizierte Chloroplasten.
- Für die industrielle Anwendung müssen die Materialien noch **langlebiger**, präziser und billiger werden.



Beim Thema künstliche Fotosynthese dachte Autor **Alexander Stirn** zunächst an grüne Techno-Blätter, die an Stahlbäumen im Wind wehen. Weit gefehlt.

Im Brennpunkt

SOLARANLAGE Forschungsteams unter anderem der ETH Zürich haben in den vergangenen Jahren im Rahmen des EU-Projekts **Sun-to-Liquid** untersucht, wie sich Treibstoff direkt mit konzentriertem Sonnenlicht herstellen lässt. Im spanischen Móstoles lenkten bewegliche Spiegel die Strahlen auf einen Turm, in dessen Innerem ein kleiner Ofen mit Wasser und Kohlendioxid gefüllt war. Bei Temperaturen von 1500 Grad Celsius und mithilfe einer porösen Keramik aus Cer-Oxid setzten sich die Moleküle zu komplexen Zwischenprodukten zusammen, die im Anschluss in Kerosin für die Luftfahrt umgewandelt werden konnten. Als Nächstes soll eine Anlage entstehen, die mit derselben Technik **synthetisches Kerosin** in großtechnischem Maßstab herstellen soll.

FOTOS: SUNZLIQUID, TU ILMENAU



BÄUME SIND NICHT DIE LÖSUNG FÜR EIN SAUBERES KLIMA.
Aber ein smarterer Zeitjoker, damit die Energiewende gelingen kann.



Wir brauchen Bäume als CO₂-Speicher, die uns Zeit verschaffen, um gemeinsam mit Industrie und Wirtschaft das Klimaproblem zu lösen.

Mach mit und erfahre mehr unter:

