



Das künstliche Blatt

Photosynthese wandelt CO₂ in Energie um. Ein geniales Prinzip der Natur. Forscher versuchen nun, es zu kopieren

TEXT: TIM SCHRÖDER

Blätter sind biologische Hightech-Fabriken. Denn sie können etwas, was der Mensch bislang nur mit großem technischen Aufwand zustande bringt: Blätter nutzen das Sonnenlicht, um aus Kohlendioxid eine wertvolle Substanz herzustellen – Zucker.

Wie man aus dem Biologie-Unterricht weiß, wird diese Wandlung als Photosynthese bezeichnet. Alle grünen Pflanzen betreiben Photosynthese, manche Pilze und sogar Bakterien. Die Photosynthese ist die Grundlage allen Lebens und so selbstverständlich, dass man kaum jemals einen Gedanken daran verschwendet. Doch sie hat es in sich. Sie ist ungeheuer komplex. Dutzende von Eiweißen und anderen Molekülen arbeiten im Inneren der Blätter wie an einem Fließband. Sie fangen Lichtteilchen, Photonen, ein, um mit deren Energie Elektronen aus Molekülen herauszuschlagen. Mithilfe der Elektronen werden dann andere energiereiche Moleküle hergestellt, die Biomachines im Inneren der Blätter antreiben, welche das Kohlendioxid (CO₂) zum Zucker verarbeiten.

Und noch etwas können die Blätter. Sie sind in der Lage, CO₂-Moleküle aus der Luft zu fischen, obwohl die Atmosphäre davon nur extrem wenig enthält. Die Luft besteht zu 78 Prozent aus Stickstoff, zu knapp 21 Prozent aus Sauerstoff und nur zu 0,04 Prozent aus Kohlendioxid. Um dieses wenige Kohlendioxid einfangen zu können, besitzen Blätter kleine Öffnungen, durch die Luft ins Blatt einströmt. Über spezielle Membranen wird das Kohlendioxid dann gezielt ins Blattinnere transportiert und schließlich in jenen Zellorganen abgeliefert,



Tim Schröder hat schon als Biologiestudent in Mainz Blätter unter dem Mikroskop untersucht und gestaunt, wie komplex sie aufgebaut sind.

P.M. & HEREON

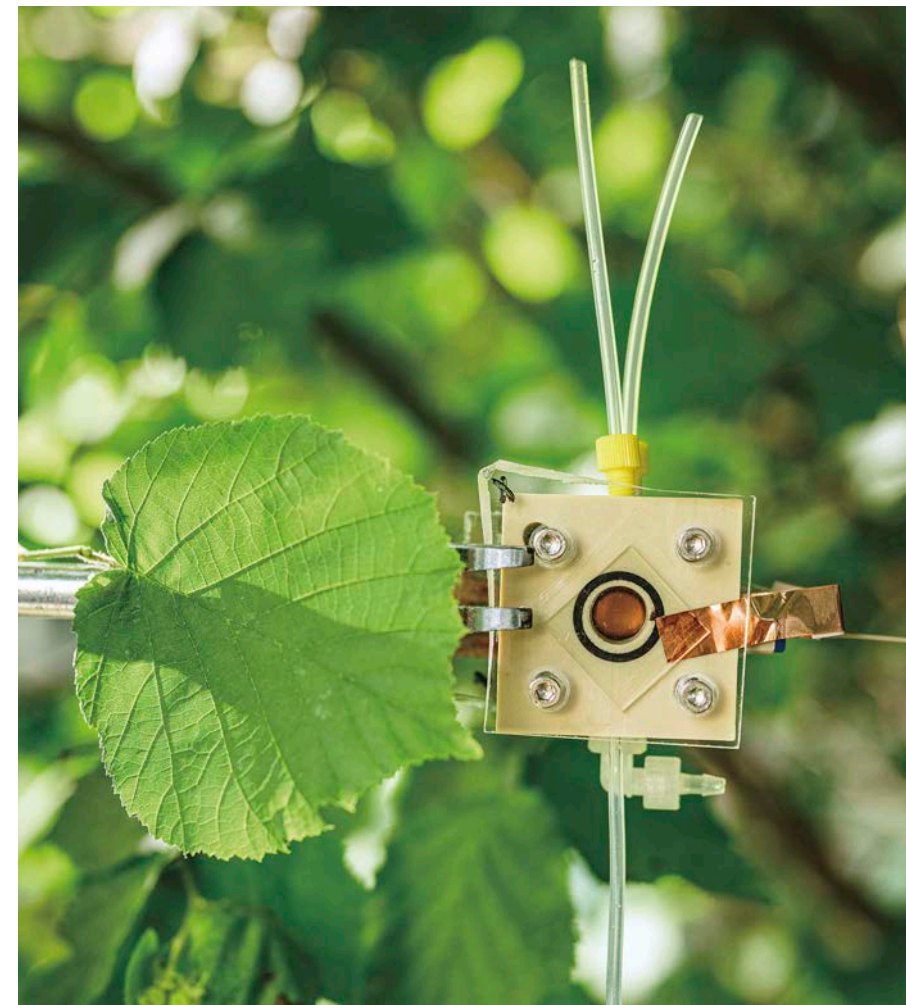
Das Helmholtz-Zentrum »Hereon« in Geesthacht betreibt Spitzenforschung auf Weltniveau. Jeden Monat berichtet P.M. exklusiv über die neuesten Projekte. Zum Nachhören auch in unserem Podcast »Hereon Academy«

in denen die Zuckerproduktion stattfindet – den Chloroplasten.

Ein grünes Blatt, ein paar Photonen, ein wenig CO₂, und fertig ist der Zucker. Die Natur zeigt der Menschheit, wie sich einfach, umweltfreundlich und auf kleinstem Raum hochwertige Chemikalien herstellen lassen. Schon länger versuchen Wissenschaftler, dieses Prinzip im Labor nachzuahmen. Doch der Aufwand ist immens. Man braucht Glasgefäße, Schläuche, Druckregler und Reaktionskammern, in die Kohlendioxid aus Glasflaschen eingeleitet wird, wo das Gas dann mit anderen Chemikalien zum gewünschten Produkt reagiert; vor allem zu Kohlenwasserstoffen, Zucker oder Ethanol und Propanol, die in großen Mengen in der chemischen Industrie benötigt werden.

Der Traum, Chemikalien fast umsonst aus Sonnenlicht herzustellen, scheitert bislang am technischen Aufwand. Die Chemikerin Francesca Toma vom Hereon will das ändern. Sie arbeitet daran, die Sonnenlicht-Chemie zu miniaturisieren – mit einer Art von künstlichem Blatt, das auf engstem Raum hochwertige Chemikalien herstellt. »Die Natur ist genial darin, in einem winzigen Blatt einen perfekt kontrollierten biochemischen Prozess ablaufen zu lassen«, sagt sie. »Das wollen wir auch schaffen: einen komplexen, chemischen Prozess zum Laufen kriegen, der effizient gewünschte Produkte liefert.« Beispielsweise den Kohlenwasserstoff Methanol, der sich als Treibstoff für Schiffe oder Lastwagen eignet.

Francesca Toma hat dafür eine Minifabrik entwickelt, ein etwa fingerdickes »Sandwich«, das aus



Über Schläuche werden Wasser und CO₂ zum künstlichen Blatt geleitet. Das CO₂ wird in Sauerstoff und verschiedene Substanzen umgewandelt, die für die chemische Industrie nützlich sein könnten

So könnte man etwa Kohlendioxid aus den Abgasen von Zementwerken filtern und für die Produktion von Chemikalien nutzen. »Carbon Capture and Utilization« wird dieses Prinzip genannt – »CO₂-Abscheidung und Nutzung«. Es verhindert, dass weiter Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangt und den Treibhauseffekt anheizt. Stattdessen wird es zu hochwertigen Produkten verarbeitet.

Francesca Toma denkt bereits über das CO₂ hinaus. Mit ihrem künstlichen Blatt ließen sich noch andere Substanzen verarbeiten – zum Beispiel Stickstoff aus Abwasser. Mithilfe des Sonnenlichts könnte er in Ammoniak umgewandelt werden, eine wichtige Zutat für Pflanzendünger. Noch aber muss Toma ihre sonnenbetriebene Minifabrik optimieren. Dazu gehört, die perfekte Mischung für metallorganischen Oberflächen zu finden. »Damit sie das Kohlendioxid noch besser binden«, so Toma.

Derzeit arbeitet sie mit kleinen Glasgefäßen in ihrem Labor. Darin lassen sich Temperatur, pH-Wert und andere Parameter präzise einstellen, damit ihr künstliches Blatt richtig arbeitet. In Zukunft aber könnte man vielleicht sogar Gegenstände mit dem Sandwichtaufbau beschichten – etwa in Form von Spezialfarben oder Folien.

Wer weiß, vielleicht wird künftig das Deck großer Schiffe mit »Künstlichem-Blatt-Lack« gestrichen. Dann könnten die Schiffe selbst Methanol erzeugen, während sie über die Meere kreuzen. ■

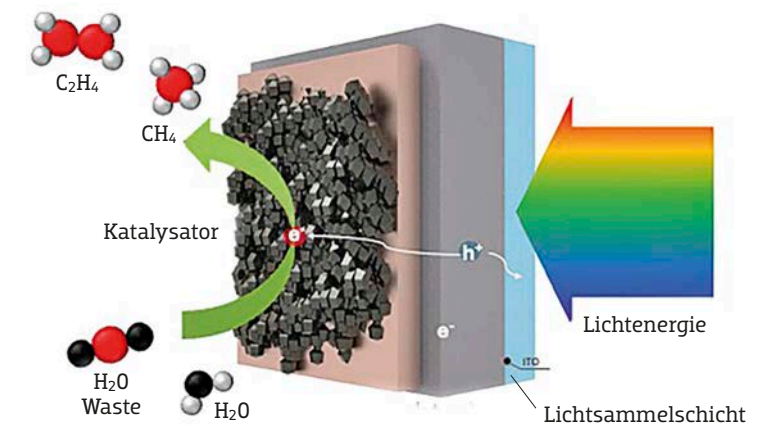
mehreren Schichten aufgebaut ist, in denen all jene Prozesse ablaufen, die auch im Blatt stattfinden – vom Einfangen der Photonen bis zum Verarbeiten des Kohlendioxids.

Die eine Seite des Sandwichs besteht aus einer lichtempfindlichen Schicht, die die Photonen einsammelt. Die Photonen werden genutzt, um aus der darunterliegenden Schicht Elektronen herauszuschlagen. Die Elektronen wandern durch den Sandwich bis zur anderen Seite, wo die eigentliche Verarbeitung des Kohlendioxids stattfindet.

»Die Herausforderung besteht unter anderem darin, das Kohlendioxid gezielt aus der Luft zu fischen. Wir müssen dafür eine Oberfläche schaffen, an die das Kohlendioxid leicht andockt«, erklärt Toma.

Tatsächlich scheint sie diese Oberfläche gefunden zu haben: eine hauchdünne Schicht aus Metall und Kunststoff. Als Metall kommt Kupfer zum Einsatz, welches das Kohlendioxid sehr gut binden kann. Der Kunststoff sorgt dafür, dass die Kupferatome gleichmäßig verteilt und fest auf der Oberfläche des Sandwichs verankert sind. Außerdem bildet der Kunststoff Poren und Hohlräume. So entsteht jede Menge Platz, damit möglichst viele CO₂-Moleküle andocken können – und zum Produkt (etwa Methanol) umgesetzt werden.

KÜNSTLICHE PHOTOSYNTHESE



Das künstliche Blatt ist wie ein Sandwich aus mehreren Schichten aufgebaut. Eine Seite absorbiert Lichtquanten, mit deren Energie Elektronen freigesetzt werden. Sie durchwandern die Schichten und treiben die chemische Reaktion von Kohlendioxid (CO₂) mit anderen Substanzen wie etwa Wasser (H₂O) an. So entstehen chemische Produkte wie Ethen (C₂H₄) oder Methan (CH₄).