

DAS KÜNSTLICHE BLATT

PHOTOSYNTHESE IM LABOR, DIE FORSCHUNG KOMMT LANGSAM VORAN



Quelle: Thomas Isenburg

Bild 1: Für künstliche Blätter ist die Natur das Vorbild. Die Photosynthese ist die Quelle für die Biomasseproduktion.

Grüne Blätter übernehmen in ihren Zellen die Funktionen von chemischen Fabriken. Ein wirkungsvoller Prozess ist die Photosynthese im Chlorophyll ihrer Blätter. Dort wandelt die Natur Kohlenstoffdioxid und Wasser zu Kohlenhydraten und Sauerstoff um. Hierzu wird die Energie der Sonnenstrahlen verwendet. Diese Energie wird in chemischer Form in den Produkten der Photosynthese gespeichert. Die Photosynthese treibt direkt oder indirekt alle biogeochemischen Kreisläufe in allen Ökosystemen der Erde an und ist die Basis für das Pflanzenwachstum. In Zeiten, die auf eine Reduktion der Treibhausgase in der Atmosphäre mit großem Nachdruck drängen, kann das Imitieren der Natur der Schlüssel zur Vermeidung der Klimakatastrophe sein. Daher beschäftigen sich einige der besten Chemiker der Welt mit diesem Thema und wollen den Prozess technisch mit ausgeklügelten chemischen Systemen nutzen und so einen künstlichen Kohlenstoffkreislauf schaffen.

Wasserelektrolyse spaltet Wasser

Die ersten vielversprechenden Versuche führte die Arbeitsgruppe um Daniel G. Nocera durch. Der amerikanische Spitzenforscher der Harvard-Universität lieferte wichtige Grundlagen zur künstlichen Photosynthese. Hintergrund ist, dass Wasser ausgewählte Stoffe mit ausgeprägten katalytischen Eigenschaften in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff spaltet wodurch Sonnenenergie in Form von Wasserstoff gespeichert werden kann. Sogenannte künstliche Blätter vereinen die Eigenschaften von Photovoltaikmodulen und Elektrolysezellen auf kleinstem Raum in Form von Platten. Unter der Einwirkung einer starken Lichtquelle entstehen auf der einen Seite Wasserstoffbläschen und der anderen sprudelt der Sauerstoff.

Ein Thema, mit dem sich auch Physiker Professor Thomas Klassen am Institut für Photoelektrochemie des Helmholtz-Zentrums Hereon in Geestacht bei Hamburg beschäftigt. Dort befassen sich einige

Arbeitsgruppen mit den Herausforderungen auf dem Weg zu einer Wasserstoffwirtschaft. Forschungsgegenstände sind Wasserstoffantriebe für Schiffe, Metallhydride zur Wasserstoffspeicherung sowie Membranen zur Wasserstoffabtrennung aus einem Gasgemisch. Die Zeit drängt, denn Wasserstoff soll ein „Gamechanger“ im Rahmen des Green Deals der EU beim Weg zum ersten klimaneutralen Kontinent werden. Hierzu Klassen: „Bis 2030 müssen Technologien implementiert werden, die das CO₂ aus der Atmosphäre entfernen.“

Vielfältige Photoelektrochemie

Beim künstlichen Blatt befindet man sich noch im Bereich der Grundlagenforschung meint Klassen. Dieses belegt ein Laborbesuch. Unter einem schwarzen Vorhang strahlt eine die Sonne simulierende Lichtquelle auf eine Glasapparatur ein. Im einfachsten Fall eines photoelektrochemischen Systems produzieren die Lichtstrahlen eine Ladungstrennung



Quelle: Thomas Isenburg

Bild 2: Professor Thomas Klassen am Institut für Photoelektrochemie des Helmholtz-Zentrums Hereon in Geestacht bei Hamburg ist einer der Forschungstreiber zu künstlichen Blättern in Hamburg.

auf der photoaktiven Fläche einer Platte. In der wissenschaftlichen Vorstellung werden dort Elektronen auf ein höheres Niveau gehoben, aus dem sie in Richtung der Elektrode auf der anderen Seite abfließen können. Zurück bleiben „Löcher“, die dem Wasser seine Bindungsenergie entziehen. Es bilden sich Sauerstoffmoleküle und positive Wasserstoffionen, sogenannte Protonen. Der reine Sauerstoff

steigt unter der Wirkung der Lichtstrahlen in Form von Sauerstoffblasen auf.

Auf der anderen Seite des photoelektrochemischen Systems entsteht mit den überschüssigen negativ geladenen Elektronen aus dem durch Lichtstrahlen verursachten Ladungstrennungsprozesse und den positive geladenen Wasserstoffionen, das Gas in reiner Form.

Ein weiterer Forschungsaspekt ist der Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung von der Strahlungsenergie der Sonne in die chemische Energie des Wasserstoffs. Hier ist Klassen, der auch Professor an der Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr ist, skeptisch, denn viele Materialien seien auf ihre Eigenschaften bei der Energieumwandlung noch nicht getestet. Ein zusätzlicher Forschungsschwerpunkt liegt bei den Beschichtungstechniken für die lichtsensiblen Photokatalysatoren. Zudem zielen die Entwicklungen auf eine rasche Vergrößerung der künstlichen Blätter ab. Sie sind bereits mit der Fläche eines viertel Quadratmeters möglich. Auch ein Quadratmeter könnte problemlos hergestellt werden, allerdings welken die künstlichen grünen Blätter noch rasch. Das heißt sie können ihrer Aufgabe nur wenige Tage nachkommen. Dabei sind sie bei der Energieumwandlung von Strahlungsenergie in chemische Energie effizienter als die natürlichen Blätter. Jedoch ist die Fläche für die natürliche Photosynthese in der Natur immens. Die grünen Blätter unseres Planeten binden jährlich 440 Milliarden Tonnen CO_2 , davon werden 220 Milliarden Tonnen durch pflanzliche Atmung wieder in die Atmosphäre freigesetzt, der Rest wird als Biomasse gebunden oder in den Erdboden eingetragen.

Substitution von Erdgas

Mit künstlichen Blättern beschäftigt sich auch die berühmte Cambridge-Universität im Vereinigten Königreich. Hier forscht und lehrt der österreichische Chemieprofessor Erwin Reisner zu dem Thema. Auch der Professor für grüne Chemie entwickelt die Fähigkeiten der künstlichen Blätter weiter. Seine Blätter produzieren allerdings aus einem mit CO_2 gesättigtem Wasser ein Synthesegas. Dieses ist ein in der chemischen Großindustrie weit verbreitete Gasgemisch, aus dem sich zahlreiche Ausgangsprodukte für hochwertige Chemikalien herstellen lassen. Aktuell erfolgt die Produktion noch aus Erdgas. Durch die Verwendung von CO_2 anstelle des Erdgasbestandteils Methan als Kohlenstoffquelle kann zukünftig die CO_2 -Konzentration in unserer Atmosphäre reduziert werden. Reisner ist von der Systemrelevanz seiner Entwicklungen überzeugt und äußert: „Ich glaube daran, dass die künstliche Photosynthese in den nächsten zwei Jahrzehnten ein Teil unseres Energieportfolios sein wird.“ Inzwischen kann die Forschergruppe um den Chemiker auf diesem Weg auch Ameisensäure herstellen. Die Dynamik seiner Entwicklungen zeigen auch, dass seine künstlichen Blätter inzwischen in der Lage sind Biomasse und Abfälle in den Wasserstoff umzuwandeln. Aus seiner Arbeitsgruppe heraus soll in Kürze ein Startup zur Kommerzialisierung der Grundlagenforschung gegründet werden.

Fazit

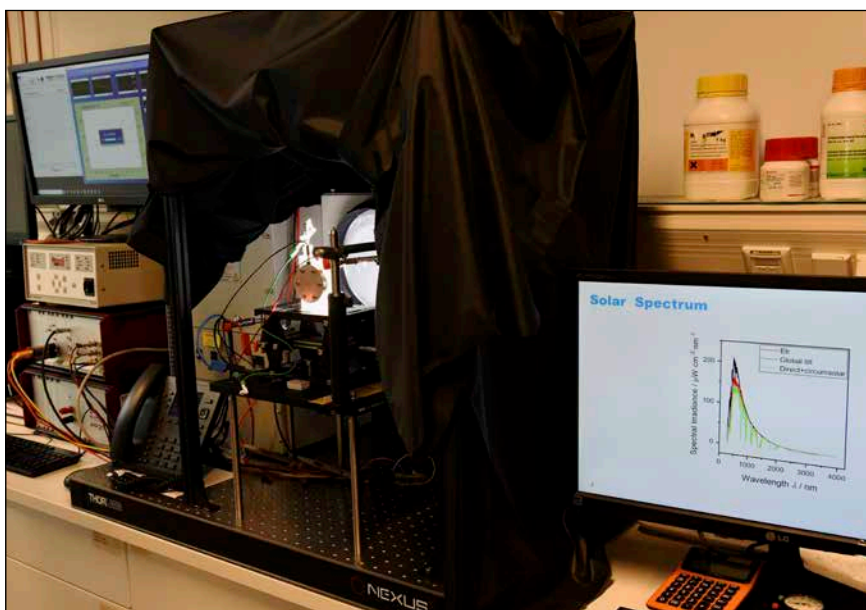
Die weltweit erschienenen Meldungen deuten auf einen Forschungswettbewerb auf dem Weg zu effizienteren und haltbareren künstlichen Blättern hin. Das US-Energieministerium fordert deswegen eine Effizienzsteigerung der Energieumwandlung künstlicher Blätter auf 5 bis 10 Prozent. Zur Forschungsfinanzierung hat die Regierung von Joe Biden einen Betrag von 100 Millionen Euro über 5 Jahre angekündigt. Die Ergebnisse aus Deutschland, Österreich und dem Vereinigten Königreich sind ebenfalls vielversprechend.

ZUM AUTOR:

► **Dr. Thomas Isenburg**

Wissenschaftsjournalist

www.thomas-isenburg.de



Quelle: Thomas Isenburg

Bild 3: Im Labor simulieren künstliche Lichtquellen das Sonnenlicht. Für praktische Anwendung muss sich die Effizienz der Energieumwandlung noch deutlich steigern.