

# Auf dem Weg zur künstlichen Photosynthese

**Die Photosynthese grüner Pflanzen wandelt Sonnenlicht direkt in chemische Energie um. Der Chemiker Roger Alberto versucht im Rahmen eines Forschungsschwerpunktes der Universität Zürich diesen hochkomplexen Prozess im Labor künstlich nachzustellen.**

«Sonnenlicht in chemisch verfügbare Energie umzuwandeln, ist eine der grössten wissenschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts», sagt Roger Alberto, Professor für Anorganische Chemie an der Universität Zürich. Gelingt dies, würde das die zukünftige Energieversorgung revolutionieren und das Klimaproblem entschärfen. Alberto ist Experte für metallhaltige Verbindungen und forscht unter anderem mit seiner Arbeitsgruppe seit rund sieben Jahren an der künstlichen Photosynthese.

Der Chemieprofessor leitet den 2013 lancierten Universitären Forschungsschwerpunkt UFSP «LightChEC» (Solar Light to Chemical Energy Con-

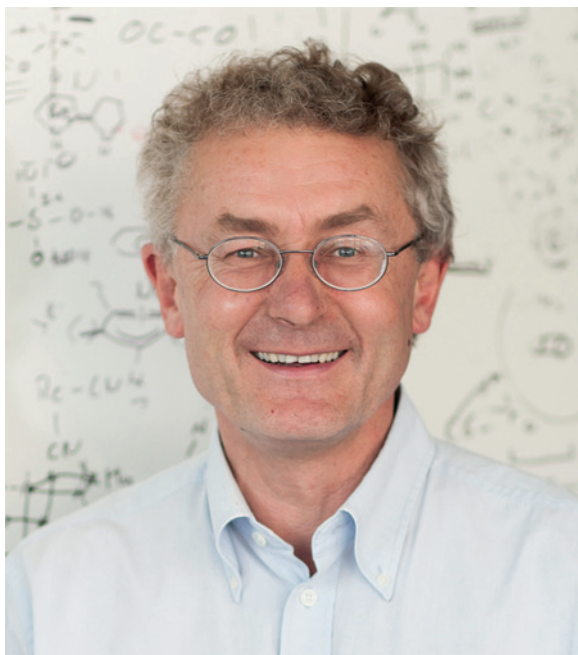
version, «Von Sonnenlicht zu chemischer Energie»). In «LightChEC» arbeiten Spezialisten und Spezialistinnen aus verschiedenen Bereichen der Chemie, Physik und Materialwissenschaften der Universität Zürich mit Forschern der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in Dübendorf zusammen. Rund 60 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus acht verschiedenen Teams arbeiten inzwischen in diesem Verbund zusammen und nutzen die Synergien.

## Natur als Vorbild

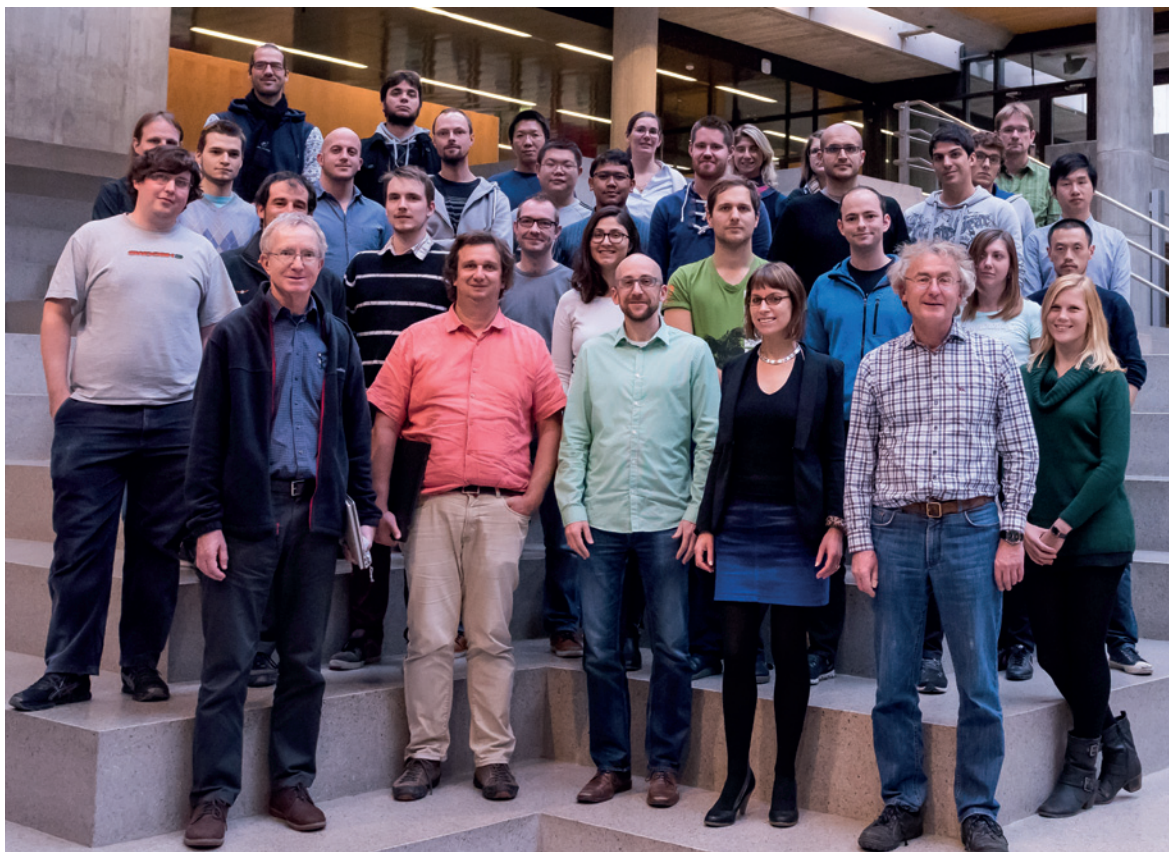
Im Laufe der Evolution haben Pflanzen die Photosynthese entwickelt, mit der sie mit Hilfe von Sonnenlicht aus Wasser und Kohlendioxid Kohlenhydrate aufbauen, die sie sowohl als Energieträger als auch als Baustoff nutzen. Als Nebenprodukt entsteht der Sauerstoff, den wir atmen. Doch was den Pflanzen mühelos gelingt, ist ein extrem komplexer Vorgang. «Bei der künstlichen Photosynthese soll deshalb nicht einfach die natürliche Photosynthese nachgebaut werden, das wäre viel zu schwierig», erklärt Roger Alberto. Der komplexe biologische Prozess soll so vereinfacht werden, dass er im Labor mit einfachen Molekülen und leicht verfügbaren Materialien nachgestellt werden kann.

Kopiert wird also lediglich das Konzept. Konkret bedeutet das, dass Wasser mit Hilfe von Sonnenlicht in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten werden soll. Wasserstoff – allerdings ein etwas ungemütlicher Energieträger, wie Alberto anmerkt – kann einerseits direkt in Brennstoffzellen genutzt werden oder zum Beispiel mit Kohlendioxid zu Methan im Sabatier Prozess weiterverarbeitet werden. Methan hat den Vorteil, dass man es schon heute in das bestehende Gasnetz einspeist oder in Tanks lagern kann.

«Die Reaktion, die wir im Labor ausführen ist übrigens die umgekehrte Reaktion der Knallgasreaktion», erläutert Roger Alberto. Letztere haben die meisten Schüler und Schülerinnen vom Chemieunterricht her in eindrucklicher Erinnerung und spätestens jetzt wird klar, was Alberto mit «ungemütlichem» Energieträger gemeint hat.



Die Energiegewinnung der Pflanzen möchte Roger Alberto im Labor nachstellen.



Ein Teil des Teams des Universitären Forschungsschwerpunktes «LightChEC» mit dem Leiter Roger Alberto, Professor für Anorganische Chemie an der Universität Zürich (vorderste Reihe ganz rechts).

Wasser zu spalten ist jedoch ein sehr schwieriges Unterfangen, da dieses Molekül eine der stabilsten chemischen Verbindungen ist. «Für die Spaltung von Wasser braucht es einerseits spezielle Farbstoffe, die ähnlich dem Chlorophyll der Pflanzen das Sonnenlicht «einfangen» können, und andererseits braucht es geeignete chemische Katalysatoren, die dafür sorgen, dass die Reaktion überhaupt in Gang kommt», fasst der Chemieprofessor zusammen.

### Intuition und genaues Beobachten

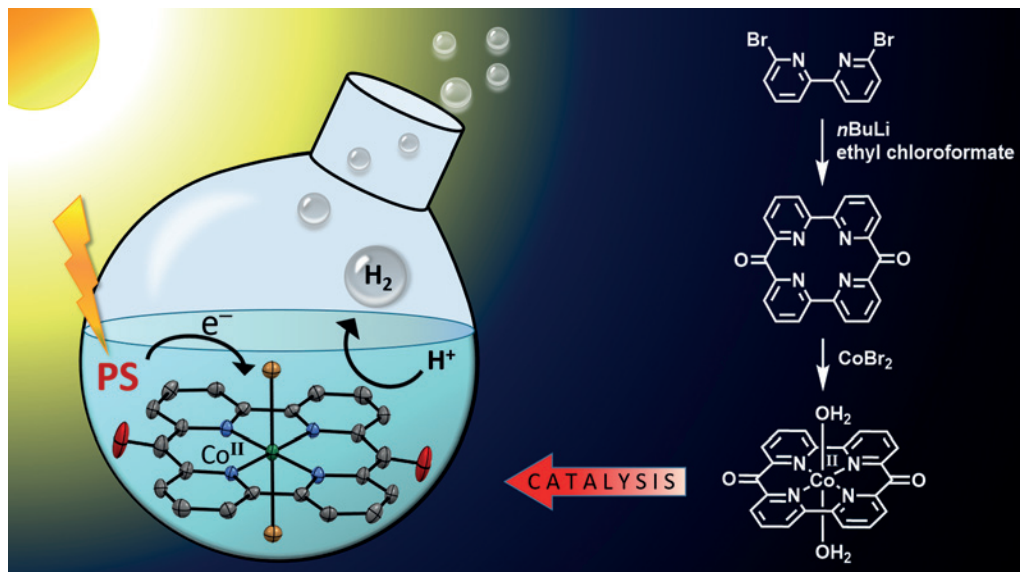
Bei diesen Substanzen orientieren sich die Forscher und Forscherinnen einerseits am natürlichen Farbstoff Chlorophyll. Andererseits suchen sie auch nach ganz anderen Strukturen für mögliche Liganden. Für den 59-jährigen ist Intuition bis heute ein wichtiges Instrument, um in der Chemie weiterzukommen. «Theoretische Berechnungen und analytische Instrumente sind das eine – aber plötzlich hat man ein Gefühl, was man ändern muss», erzählt er. Zudem muss für ihn ein guter Experimentator nicht nur genau arbeiten können und fundierte Versuche

durchführen, sondern er muss auch genau hinschauen können, was passiert – oder eben nicht passiert.

### Fehlende Reparatursysteme

Bei der künstlichen Photosynthese kämpfen die Forscher und Forscherinnen beispielsweise mit dem Problem, dass die Farbstoffe, welche die Photonen einfangen, rasch ausbleichen und nach kurzer Zeit nicht mehr zu gebrauchen sind. Während die Natur ein riesiges Reparaturpotenzial hat, fehlt dieses bei der künstlichen Photosynthese leider komplett. Zudem besteht der wichtigste Bestandteil, der das Licht einfangen soll, meistens aus Rhenium- oder Rutheniumverbindungen, beides sind seltene und teure Metalle.

Ähnliche Probleme stellen sich auch bei den Katalysatoren. Roger Alberto, der die Produktion von Wasserstoff erforscht, und seine Kollegin, die Chemieprofessorin Greta Patze, die die Oxydation von Wasser zu Sauerstoff studiert, testen im Labor eine Vielzahl an Farbstoffen und Katalysatoren mit teuren und günstigen Metallen. Wird eine Komponente



So genannte „makrozyklische Kobalt Diketo-Porphyrin- Einheiten“ sind effiziente und stabile Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion .

geändert, hat das Auswirkungen auf das ganze System. Wann immer möglich, versuchen die Chemiker keine seltenen Metalle zu verwenden. Kobalt-, Mangan-, Kupfer- oder Eisen-Komplexe wären für eine spätere Kommerzialisierung ideal.

### Getrennt und doch zusammen

Inzwischen beherrschen Roger Alberto und Greta Patzke die Teilreaktionen einzeln recht gut. Nun müssen die beiden Prozesse noch in einer geeigneten Weise miteinander zu einem funktionalen System verbunden werden. Das Problem ist allerdings, dass Wasserstoff und Sauerstoff zusammen das explosionsfähige Knallgas bilden.

Deshalb ist eine sorgfältige Trennung der beiden Prozesse nötig, dennoch müssen Reduktions- und Oxidationsprozess im gleichen System ablaufen und sich die Elektronen frei bewegen können. Dies kann zum Beispiel mit geeigneten Membranen im System erreicht werden. Bei der natürlichen Photosynthese ist diese Problematik durch die Kompartimentierung in den Chloroplasten elegant gelöst.

Die weltweite Konkurrenz bei der Erforschung der künstlichen Photosynthese ist enorm und die Zürcher Gruppen «mischen» im Gegensatz zu anderen erst seit wenigen Jahren mit. Roger Alberto ist trotzdem optimistisch, dass sie es ganz weit nach vorne schaffen könnten. «Eine der grossen

Chancen von «LightChEC» ist, dass wir hier in Zürich beide Teilreaktionen untersuchen und beim Entwickeln im Hinblick auf das Zusammenbringen des Oxidations- und Reduktionsprozesses eng zusammenarbeiten», sagt er.

Dass die Gruppen im Forschungsschwerpunkt untereinander tiefe Einblicke in die Experimente der anderen haben und man sich mit Fachleuten aus den verschiedensten Disziplinen rasch und unbürokratisch austauschen könne, sei in «LightChEC» ein absoluter Glücksfall.

Die Hoffnung, mit der künstlichen Photosynthese dereinst eine nachhaltige Technologie zu entwickeln, die eine Abkehr von fossilen Brennstoffen ermöglichen könnte, motiviert Roger Alberto und das «LightChEC»-Team ungemein. Schliesslich sind Erdöl, Gas und Kohle endlich und bei ihrer Verbrennung wird Kohlendioxid freigesetzt, das die Klimaproblematik verschärft. Sonnenlicht ist die einzige unerschöpfliche Energiequelle. Und wer bei diesem Topthema an der Spitze mitforscht und die künstliche Photosynthese zu hoher Effizienz bringt, ist auch ein Anwärter auf akademische Ehren.

Susanne Haller-Brem

Die Autorin ist Biologin und arbeitet als Wissenschaftsjournalistin.