



Künstliche Photosynthese zur Gewinnung von Brennstoffen

Seit einer halben Milliarde Jahre erzeugen Pflanzen ihre eigene Solarenergie. Jetzt holt die Menschheit bei der Nachbildung photosynthetischer Prozesse auf.

Die Künstliche Photosynthese ist ein vielversprechender Ansatz für die nachhaltige, CO₂-neutrale Produktion von Brenn- und Wertstoffen. Ihr Vorbild ist die biologische Photosynthese, über die Pflanzen aus Licht, Luft und Wasser die meisten Bausteine für den Energie- und Stoffkreislauf des Lebens gewinnen.

Weltweit arbeiten heute Forscherinnen und Forscher an der Entwicklung von Verfahren, bei denen die Energie des Sonnenlichts für die Produktion von Brennstoffen wie Wasserstoff und Methanol oder für die Synthese von Kunststoffen genutzt wird.



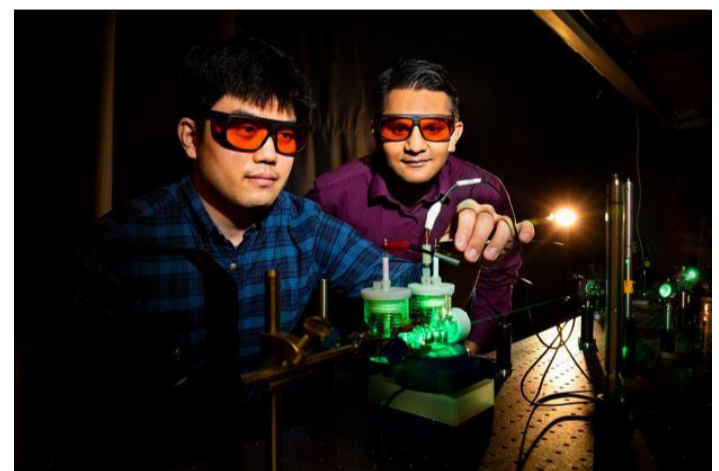
Forschende zeigen uns wie es richtig geht: Künstliche Photosynthese an der University of Illinois

Verfasst von Lennart Strohm

Chemikern der University of Illinois ist es gelungen, den Prozess der Photosynthese im Labor künstlich nachzubilden. Ihre Forschung hat es ermöglicht, aus der Kombination von Wasser, Licht und Kohlendioxid flüssigen Kraftstoff, wie etwa Propan, herzustellen. Die Forscher beabsichtigen, die Pflanzenwelt noch weiter nachzuahmen: Sie wollen eine Substanz produzieren, die es ermöglicht, Sonnenenergie effizient zu speichern – ähnlich wie bei Pflanzen.

Pflanzen nutzen Sonnenlicht, um die chemische Reaktion zwischen Wasser und Kohlendioxid, den anderen Primärressourcen der Flora, voranzutreiben. Diese Reaktion führt letztendlich zu energiereicher Glukose, mit der die Pflanze ihre verschiedenen Funktionen erfüllt und wachsen kann.

Der Chemieprofessor Prashant Jain, wollte diesen Prozess mithilfe der modernen Wissenschaft reproduzieren. Ziel seines Teams war es, den gleichen Grünlichtbereich des sichtbaren Lichtspektrums zur Synthese von Wasser und Kohlendioxid zu nutzen und flüssige Kohlenwasserstoffe (b.z.w. Kraftstoff) herzustellen. Jain sagt: *„Ziel ist es, komplexe, verflüssigbare Kohlenwasserstoffe aus überschüssigem CO₂ und anderen erneuerbaren Ressourcen wie Sonnenlicht zu erzeugen. Flüssige Brennstoffe sind ideal, weil sie einfacher, sicherer und wirtschaftlicher zu transportieren sind als Gas und weil sie aus langkettigen Molekülen bestehen und mehr Verbindungen aufweisen, was bedeutet dass sie Energie konzentrierter bündeln.“*



Mit Hilfe von Gold zum verwertbaren Flüssigkraftstoff

Um dies zu erreichen, mussten Jain und sein Kollege Sungju Yu (siehe das Bild oben) auch die Elemente reproduzieren, die die Photosynthese innerhalb der Pflanzenwelt ermöglichen.

Insbesondere musste ein Ersatz für Chlorophyll – das natürliche Pigment, das das Sonnenlicht aufnimmt – gefunden werden. Das Team der University of Illinois entschied sich hierbei für elektronenreiche Goldnanopartikel: Das Metall wirkt als Katalysator, der das Sonnenlicht absorbiert und die chemische Reaktion erleichtert. Gold erwies sich als besonders wirkungsvoll, da es Sonnenlicht gut absorbiert, sich nicht im Laufe der Zeit abbaut und mit Kohlenstoffmolekülen positiv reagiert. Das Ergebnis des Ganzen war ein verwertbarer Flüssigkraftstoff. Die neuen Erkenntnisse wurden in der Zeitschrift „Nature Communications“ veröffentlicht.



Die Photosynthese ist ein physiologischer Prozess zur Erzeugung von energiereichen Biomolekülen aus energieärmeren Stoffen mithilfe von Lichtenergie. Sie wird von Pflanzen, Algen und manchen Bakterien betrieben.

Wie können uns diese spannenden Erkenntnisse helfen?

So spannend die Entwicklung dieses CO₂-Kraftstoffs für die grüne Energietechnologie auch sein mag, wir (genauso wie die Forscher) müssen erkennen, dass Jains künstlicher Photosyntheseprozess bei weitem nicht so effizient ist wie der in den Pflanzen auf unserem Planeten.

Es könnte in jedem Fall noch eine Weile dauern, bis wir künstliche Bäume an den Straßen sehen und Kohlendioxid in grüne Energie umwandeln. Obwohl das Team der Uni Illinois nachgewiesen hat, dass der Prozess funktioniert, ist er derzeit viel zu ineffizient, um sofort in der Praxis eingesetzt zu werden.

Wir sind also auf einem guten Weg, die künstliche Photosynthese bald so richtig als Energiegewinnung einsetzen zu können.

Aber wie sind wir Menschen eigentlich darauf gekommen die Photosynthese von unseren Pflanzenfreunden einfach abzugucken?

Das Konzept der künstlichen Photosynthese ist zurückzuführen auf das Jahr 1912. Es wirklich in die Tat umzusetzen, versucht man allerdings erst seit 1972. Japanische Forscher haben sich damals überlegt, wie ein solcher Apparat aussehen könnte, der Wasser mit Hilfe von Sonnenlicht in Sauerstoff und Wasserstoff aufspaltet. Bahnbrechende Fortschritte ließen allerdings auf sich lange warten.



Erst 1998 gelang einem Forscher namens John Turner ein wichtiger Vorstoß. Mit einem System, das zwölf Prozent der eingestrahnten Sonnenenergie in Kraftstoff umwandelt. Echte Blätter speichern dagegen nur ein Prozent der Energie in Form von Biomasse. Doch der von ihm entwickelte Apparat war viel zu teuer, um eine Chance auf dem Markt zu haben: Er überstieg das Kostenlimit um das 25-Fache. Und die Leistung fiel bereits nach 20 Betriebsstunden ab. Die Evolution der Künstlichen Photosynthese ist also noch sehr jung, vorallem ist sie jedoch noch nicht am Ende

Chemische Energie aus dem Sonnenlicht zu gewinnen, könnte die aktuellen Energie- und Umweltprobleme überwinden.

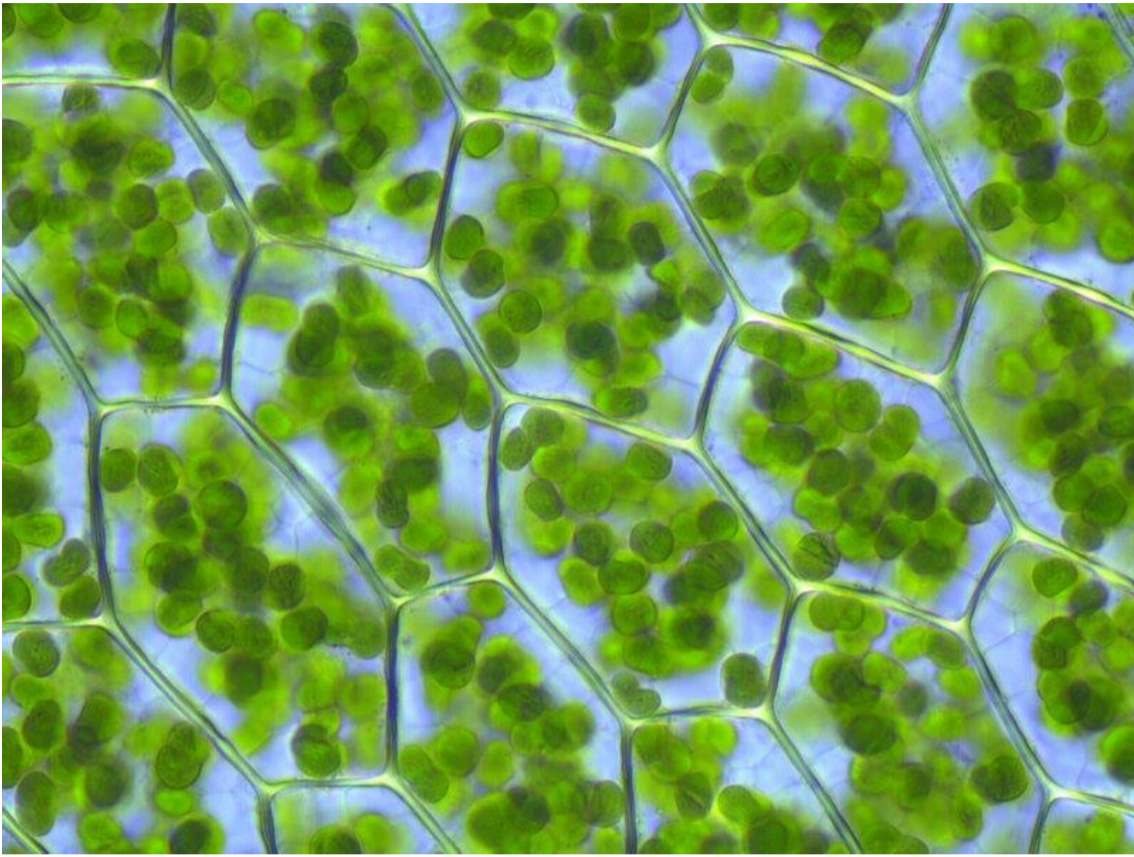
Wie und wo kann ich mehr über dieses Thema erfahren ?

In dem Buch mit dem Titel "Künstliche Photosynthese – besser als die Natur", diskutieren die drei Wissenschaftler Holger Dau, Philipp Kurz und Marc-Denis Weitze darüber, welches Potenzial die künstliche Photosynthese hat.



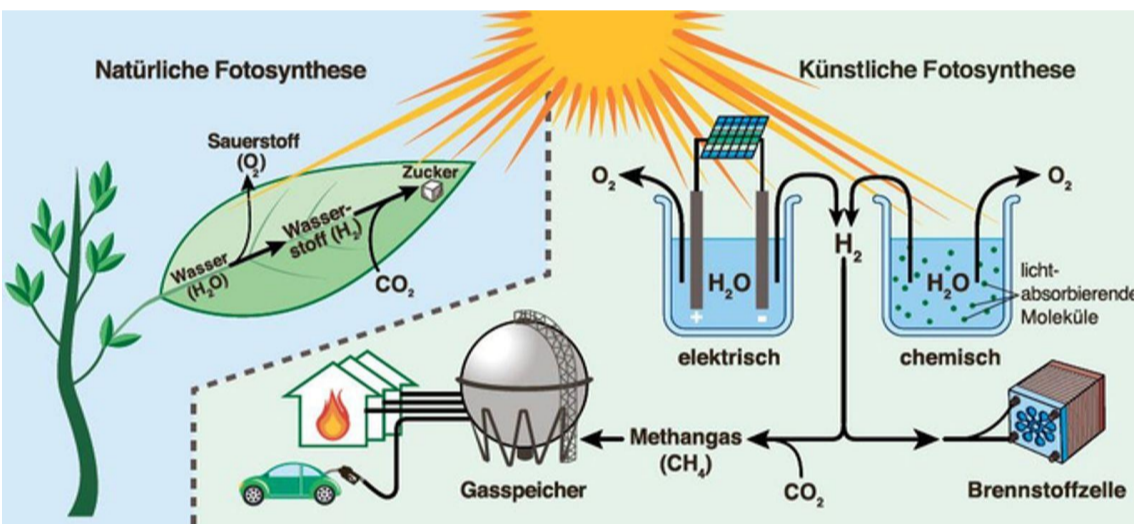
Das Buch beschreibt Motivationen, Grundlagen und Visionen zur Künstlichen Photosynthese in Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft. Aktuelle Forschungsthemen. Es stellt Pilotprojekte und mögliche Hürden für die Umsetzung im Kontext der Energiewende vor und bewertet und bewertet sie aus einer wissenschaftlichen Perspektive

Auf der ganzen Welt arbeiten heute Forscherinnen und Forscher an der Entwicklung von Verfahren, bei denen die Energie des Sonnenlichts für die Produktion von Brennstoffen wie Wasserstoff und Methanol oder für die Synthese von Kunststoffen genutzt wird. In der Künstlichen Photosynthese wird Solarenergie mithilfe von katalytischen Prozessen in Energie umgewandelt und zur Erzeugung von Brenn- und Wertstoffen eingesetzt.



Wie funktioniert künstliche Photosynthese eigentlich?

Solaranlagen, die Strom und warmes Wasser liefern, kennt heute jeder. Doch sie sind nur der erste Schritt zur Lösung der Energieprobleme. Ganze drei Viertel des globalen Energieverbrauchs werden produziert von Brennstoffen wie Erdöl, Kohle und Erdgas, mit denen wir unsere Häuser heizen, Auto fahren und in den Urlaub fliegen. Bei der Verbrennung entsteht CO₂, das die Klimaerwärmung vorantreibt. Nun wollen Wissenschaftler mithilfe von Sonnenenergie auch für diese wichtigen Kraftstoffe einen sauberen Ersatz bereitstellen. Aber wie kann das funktionieren?



SO GEHT'S !

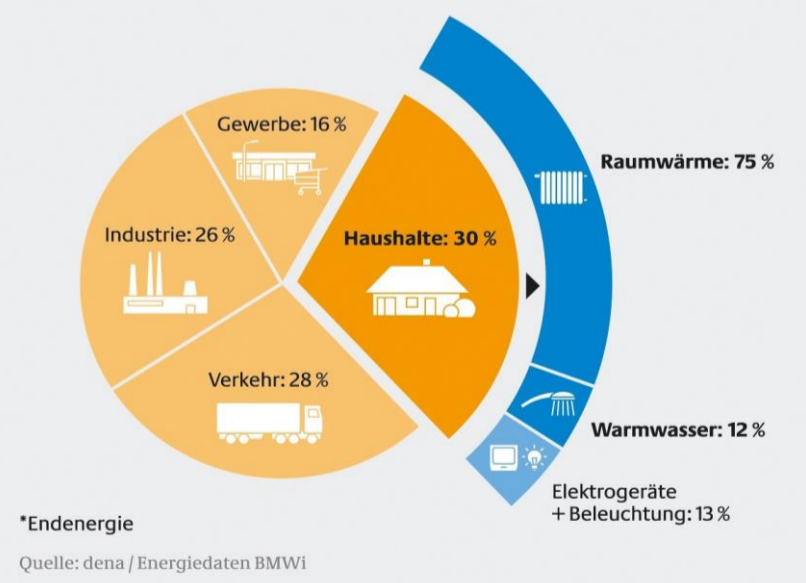
Pflanzen wandeln Sonnenlicht in speicherbare Energie (Zucker) um (links). Ähnlich der künstliche Prozess (rechts): Aus Wasser entsteht Wasserstoff, der in Brennstoffzellen z.B. Autos antreibt. Oder er wird weiterverarbeitet zu Methangas, das in bestehende Netze eingespeist werden kann.

WOZU EIGENTLICH TREIBSTOFFE? VON FYNN

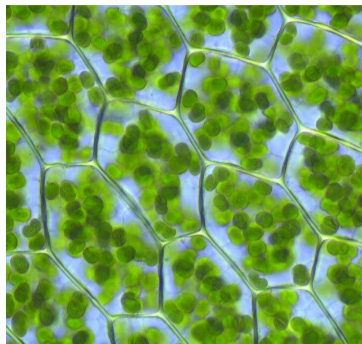
Wenn wir heute über eine Energiewende reden, denken viele direkt an Ökostrom. Gerade bei der Stromerzeugung gibt es bereits verschiedene Möglichkeiten nachhaltig Energie zu erzeugen – durch Solar-, Wind- oder Wasserkraftwerke oder Biomasse. Während in privaten Haushalten die meisten Geräte mit Strom betrieben werden können und auch ein Umstieg auf Elektromobilität denkbar ist, ist gerade Heizen mit Elektrizität häufig nicht sehr effizient, weshalb die meisten Heizungen mit Gas oder Öl betrieben werden. Auch in der Industrie viele Prozesse, die mit heutiger Technik noch nicht elektrisch betrieben werden können. Das ist besonders problematisch, da in Deutschland nur knapp ein Drittel des Endenergiebedarfs von privaten Haushalten kommt.

Ein weiteres großes Problem von Elektrizität ist die Energiespeicherung. Akkus und Batterien brauchen viele Ressourcen und Platz, andere Formen der Speicherung wie z.B. Pumpkraftspeicher verlieren nicht Energie bei den Umwandlungsprozessen verschiedener Energieformen sondern sind auch stark an geographische Gegebenheiten gebunden. Hier bietet künstliche Photosynthese einen vielversprechenden Lösungsansatz: die Produktion eines nachhaltigen Brennstoffes, der, je nach Verfahren, kein CO₂ freisetzt beziehungsweise nur so viel CO₂ freisetzt wie bei der Gewinnung zugeführt wurde. Damit wird, anders als bei fossilen Brennstoffen, kein CO₂ frei das vorher unter der Erde gebunden war.

Wer verbraucht in Deutschland die meiste Energie*?
Energieverbrauch der Heizung oftmals unterschätzt



RISIKEN UND MÖGLICHKEITEN DER NEUEN TECHNIKEN DER KÜNSTLICHEN PHOTOSYNTHESE



Photosynthese wird vom in Blättern vorhandenen Chlorophyll betrieben

Ein Einblick in den Stand der Forschung

GESCHRIEBEN VON FRANCESCO CERIO

Die schmale Grenze zwischen Erfolg und Misserfolg
Dieser Artikel ist eine Einladung, um einmal kräftig über die Technologie der Photosynthese nachzudenken. Wenn eine neue Technologie entwickelt wird, muss man vieles analysieren und eines vor allem: Entscheidungen treffen. Welcher Treibstoff soll es werden bzw. sind diese Treibstoffe vorhanden? Wie teuer darf das sein? oder wie "Grün" ist es? Kommt das Material aus einem Kriegsgebiet? Jede Entscheidung, die getroffen wird, trägt Folgen mit sich, die entscheidend für den Erfolg sein können. Deswegen ist es immer wichtig, eine Vorstellung von den möglichen wirtschaftlichen politischen und sozialen



Was das Blatt kann, können wir schon lange! Was können wir noch lernen von unseren grünen Verwandten?

Wie weit sind wir nun eigentlich?

Konsequenzen zu haben. Der Erfolg ist nicht nur an die Technologie selbst geknüpft, sondern auch an Konzepte wie "Umwelt", "Lebensqualität" und "Freiheit". Die Ersetzung von fossilen Brennstoffen durch erneuerbare Energiequellen ist seit Jahren zentrales Thema und der Ausbau neuer Ressourcen rücken immer mehr in den Blickwinkel der Forschung. Auf der einen Seite steht die Umwelt, die vielen Katastrophen die durch fossile Brennstoffe in den letzten Jahren ausgelöst worden sind, und die Umweltverschmutzung die durch die Anwendung solcher Brennstoffe entsteht. Auf der anderen Seite wiederum steht die lebensnotwendige soziale und politische Abhängigkeit des Umgangs und der „gerechten“ Verteilung der Ressourcen. Bei der Forschung für Ersatzprodukte unserer Ressourcen wird in verschiedene Richtungen geforscht, eine davon ist z.B. die Atome, die Wassermoleküle (H₂O) in Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂) zu spalten, dieses letzte Produkt soll nämlich

das Endprodukt sein, unsere Kraftquelle. Der Wasserstoff hat den enormen Vorteil sehr saubere Energie herstellen zu können, aber es ist bekanntlich nicht alles Gold was glänzt, denn tatsächlich gibt es schon verschiedene Verfahren, die heutzutage verwendet werden um Wasserstoff aus Wasser herzustellen. Vor allem ist dafür viel Strom nötig, Ström der oft selbst nicht aus erneuerbaren Energien kommt.

Eine besonders auf der Hand liegende Alternative ist die Verwendung unserer stärksten Energiequelle: dem Sonnenlicht, und zwar durch den Prozess der Photosynthese. Die aktuelle Forschung in diesem Thema nimmt sich ihre Inspiration von der biologischen Photosynthese, ohne zu versuchen diese genau zu reproduzieren. Vorallem handelt es sich um chemische Reaktionen die gezielt Energie in Form von Wasserstoff produzieren ohne dabei, wie im Falle der biologische Photosynthese, unnötige Nebenprodukte herstellen zu müssen (Ballaststoffe, Proteinen, Nukleinsäure etc.).



Diese bei der biologischen Photosynthese entstehenden Nebenprodukte, die bei der künstlichen Photosynthese vermeiden werden sollen, wollen Forscher minimieren, es wird sie jedoch zwangsläufig in irgendeiner Form geben.

Die Herstellung von diesen Nebenprodukten sind jedoch in ihrer Produktion für verhältnismäßig viele Nebenkosten verantwortlich für die es leider keinen Gewinn am Ende gibt: den Sauerstoff.

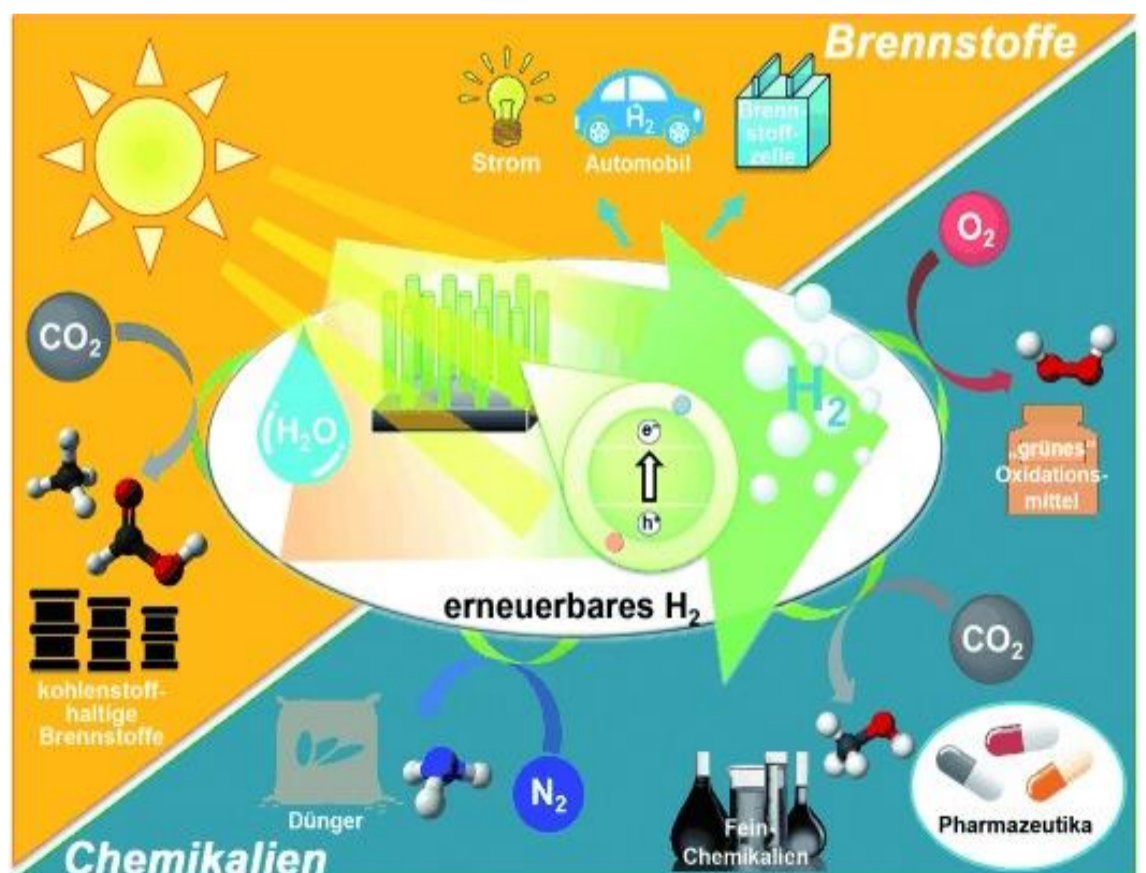
Von der Spaltung eines Wasserstoff Moleküls entstehen 2g Wasserstoff und 16g Sauerstoff, d.h. der größte Anteil ist ein "Abfallprodukt". Eine weitere Herausforderung findet sich in der Problematik eine für den Photosynthese-Kraftstoff angemessene Infrastrukturen zu kreieren mit der der Wasserstoff transportiert und/oder gelagert werden kann.

Der größte Schwachpunkt der künstlichen Photosynthese liegt also in ihrer niedrigen Konkurrenzfähigkeit. Ein erster Lösungsansatz, um diese neue Technik attraktiver zu machen läge darin, zum Beispiel den Sauerstoff (O₂) für die Herstellung anderer Produkte zu gewinnen. In der Tat kann, als Beispiel, aus Sauerstoff und Wasser schon Wasserstoffperoxid geschafft werden, aber auch hier sind die Produktionskosten und Gewinnrate nicht wirklich kompetitiv und somit auch noch keine hohe Nachfrage vorhanden

Dies sind nur einige Herausforderungen, die diese Technologie überwinden muss. Dieser Artikel soll nicht als Demotivation verstanden werden, sondern als ein Teil des Förderungsprozesses. Der Artikel soll dabei helfen um eine möglichst breite Perspektive schaffen zu können, um vorhandene Barrieren brechen zu können. Dabei darf nicht vergessen werden, dass jede große Technologie bei ihrer Geburt, viele Prozesse von Misserfolg durchgehen muss, bevor sie Schritt für Schritt Erfolg generieren kann.

Was ist "grüne" Chemie? – von Jona Reher

Was kann man sich unter "grüner" Chemie vorstellen? Den meisten werden die Stichwörter Umweltschutz oder Nachhaltigkeit im Kopf aufblitzen. Welche man auch als Keywörter für diese Art der Chemie bezeichnen kann. Wichtig sind die Ziele, welche die "grüne" Chemie anstrebt, um sich ein Bild der Forschungsfelder vorstellen zu können. Ganz vorne steht die Eindämmung der Umweltverschmutzung und die Einsparung von Energie, um so möglichst umweltverträglich zu produzieren. Von der Herstellung bis zur Anwendung des Produktes sollen keine Gefahren ausgehen für Umwelt





und Mensch. Damit dies in der Forschung gewährleistet werden kann, wurden im Jahre 1998 zwölf Prinzipien für eine „green chemistry“ nach Anastas und Warner verabschiedet. Dies sollte auch der Chemiebranche zum Ausdruck bringen, dass nachhaltige Forschung ein präsent Thema ist. Die zwölf Leitkriterien der IVU-Richtlinie (96/61/EG):

1. Einsatz abfallarmer Technik,
2. Einsatz weniger gefährlicher Stoffe,
3. Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle,
4. vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im industriellen Maßstab erprobt wurden,
5. Fortschritte in der Technik und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen,
6. Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen,
7. Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen,
8. für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit,
9. Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz,
10. die Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern,
11. die Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für die Umwelt zu verringern,
12. die von der Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 oder von

internationalen Organisationen veröffentlichten Informationen.

Künstliche Photosynthese

Damit die künstliche Photosynthese in der oben genannten „grünen“ Chemie Verwendung finden kann muss ein Ansatz gefunden werden, der die 12 Leitkriterien einhält. Für einen erfolgreichen Ansatz müssen zwei Anforderungen erfüllt sein: eine effiziente Nutzung der Sonnenenergie sowie eine verbesserte katalytische Umsetzung von Wasser und Kohlendioxid in Kraftstoffe und chemische Produkte. Die gewonnene Energie durch die Sonne und eine ausgereifte Technik können zu einem erfolgreichen Ansatz führen, sodass wir Rohstoffe wie Wasser und CO₂ in nützliche Produkte wie H₂, CO und Kohlenwasserstoffe umwandeln können. Wenn diese 2 Anforderungen in naher Zukunft gemeistert werden, kann die künstliche Photosynthese praktische Anwendung in der nachhaltigen Forschung finden. Eine praktische Anwendung der künstlichen Photosynthese würde viele Methoden ablösen können und hätte zum Vorteil, dass keine umweltschädlichen Nebenprodukte entstehen. Wasserstoff ist ein sehr guter Energieträger, dessen Energie sich leicht in elektrische Leistung umwandeln lässt. Die unten gezeigte Abbildung weißt sehr grob auf die unterschiedliche Anwendungsfelder, der künstlichen Photosynthese, hin.



Quellen:

Text:

Forschende zeigen uns wie es richtig geht: Künstliche Photosynthese *an der* University of Illinois :

Reset.org – Mark Newton

Was ist “grüne” Chemie?: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ange.201409116>,

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-management/nachhaltige-chemie#was-ist-nachhaltige-chemie>

Bilder von Oben nach Unter, von Links nach Rechts:

1. Cerio Francesco – Pteris.211

2. Cerio Francesco

3. Reset.org – Mark Newton

4. Cerio Francesco

5. Holger Dau, Philipp Kurz und Marc-Denis

6. Reset.org – Mark Newton

7. Reset.org – Mark Newton

8.

9 . Reset.org – Mark Newton

10.Cerio Francesco

11. Cerio Francesco

12.

13. Wikipedia.org

14. Cerio Francesco