

Zeitschrift: Energeia : Newsletter des Bundesamtes für Energie
Herausgeber: Bundesamt für Energie
Band: - (2012)
Heft: 3

Artikel: Treibstoff aus Wasser, CO und Sonne
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-639703>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Treibstoff aus Wasser, CO₂ und Sonne

INTERNET

Labor für Solartechnik am PSI:
<http://solar.web.psi.ch/>

Bild: Blick in den glühenden Solarreaktor nach einem Experiment.

Ein Forschungsteam am Paul Scherrer Institut (PSI) hat einen Solarreaktor-Prototyp entwickelt, der Zinkoxid mittels konzentrierter Sonnenenergie in Zink umwandeln kann. Die Realisierung dieses Prototyps ist ein wesentlicher Schritt in Richtung der industriellen Umwandlung von Wasser und CO₂ in solare Treibstoffe. Diesen Sommer werden die Forscherinnen und Forscher des PSI ihren weltweit einzigartigen Prototyp in Odeillo, in den französischen Pyrenäen, auf einem Solarofen testen, der die Sonneneinstrahlung bis zu 10 000-fach konzentrieren kann.

Es ist verblüffend: Die Sonne liefert jedes Jahr 20000-mal mehr Energie, als die Menschheit im selben Zeitraum verbraucht – bis dato decken wir aber nur einen Bruchteil unseres Energiebedarfs mittels Solarenergie: in der Schweiz beispielsweise weniger als 0,5 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs. «Die Schwierigkeit besteht darin, dass die auf die Erde treffende Sonneneinstrahlung stark verdünnt, nicht dauernd verfügbar sowie ungleichmäßig über die Erdoberfläche verteilt ist», erklärt Anton Meier, Stellvertretender Leiter des Labors für Solartechnik des Paul Scherrer Instituts (PSI).

Forscherinnen und Forscher aus der ganzen Welt arbeiten intensiv an einer besseren Nutzung der Sonnenenergie. Das Team des Labors für Solartechnik des PSI setzt – in enger Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Erneuerbare Energieträger der ETH Zürich – auf die Umwandlung von Solarenergie in chemische Energie. «Solar-chemische Treibstoffe, wie zum Beispiel Wasserstoff, können fossile Treibstoffe ersetzen. Sie können zur Wärmeerzeugung verbrannt und mittels einer Turbine oder direkt mit Brennstoffzellen in Elektrizität umgewandelt werden. Außerdem können sie leicht gespeichert und transportiert werden», führt Anton Meier weiter aus.

Die chemische Speicherung von Sonnenenergie bietet zahlreiche Vorteile. Die industrielle Produktion von solar-chemischen Treibstoffen ist allerdings heute ohne den Zusatz von fossilen Brennstoffen noch nicht realistisch. Der direkteste Weg ist die Thermolyse des Wassers, das heißt die Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff bei einer Temperatur über 2500 Grad Celsius. Das Konzept ist einfach, doch fehlt bislang eine praktikable Lösung zur Trennung der beiden Komponenten. Bei diesen sehr hohen Temperaturen ist die Mischung nämlich hochexplosiv.

Um diese Schwierigkeit zu umgehen, arbeitet das Forschungsteam des PSI an einem zweistufigen thermochemischen Kreisverfahren, das Metalloxide nutzt. «Der Zinkoxid-Zink-Kreislauf ist einer der vielversprechendsten thermochemischen Prozesse für die Speicherung von Solarenergie», präzisiert Anton Meier. In einem ersten Schritt wird Zinkoxid bei einer Temperatur von rund 1700 Grad in Zink und Sauerstoff umgewandelt. Im zweiten Schritt reagiert das solar produzierte Zink bei einer Temperatur von 400 Grad mit Wasserdampf, wobei molekularer Wasserstoff gebildet wird. Dabei verwandelt sich das Zink zurück in Zinkoxid und kann so für den ersten Schritt wiederverwendet werden:

Der Kreislauf ist geschlossen und kann von neuem beginnen.

Ein Schritt in Richtung synthetische Treibstoffe

«Da die zwei Prozessschritte in separaten chemischen Reaktoren ablaufen, werden Wasserstoff und Sauerstoff nicht gleichzeitig erzeugt und müssen somit nicht getrennt werden», erklärt Anton Meier. Im zweiten Schritt kann man das solar produzierte Zink auch mit Kohlendioxid – dem berühmten CO₂ – reagieren lassen, um Kohlenmonoxid (CO) zu erhalten. Die Gasmischung aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff, die auch Syngas genannt wird, kann mit dem sogenannten «Fischer-Tropsch-Verfahren» in synthetische Treibstoffe wie Methanol, Diesel oder Kerosin verwandelt werden. «Das ergibt schlussendlich einen flüssigen Treibstoff, der absolut vergleichbar ist mit den heute benutzten fossilen Treibstoffen. Man kann also dieselbe Infrastruktur nutzen», freut sich Anton Meier.

Dieses thermochemische Verfahren benötigt im ersten Schritt hohe Temperaturen von mehr als 1700 Grad, die allein mit Solarenergie erreicht werden müssen. Dafür werden sogenannte Solarkonzentratoren eingesetzt: Anlagen, die die Sonneneinstrahlung auf einen Punkt konzentrieren, ähnlich wie eine Lupe. So können Temperaturen von über 2000 Grad erreicht werden.

Einzigartiger Solarreaktor-Prototyp

Mit Unterstützung des Bundesamts für Energie haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des PSI einen weltweit einzigartigen Solarreaktor-Prototyp entwickelt, der für die Umwandlung von Zinkoxid in Zink bei derart hohen Temperaturen geeignet ist. Der aktuelle Prototyp ist bereits die vierte Generation und mit ihm werden diesen Sommer auf dem 1 MW-Solarofen von Odeillo in den französischen Pyrenäen weitere Messungen vorgenommen. «Unser Solarreaktor-Prototyp ist mit einer Leistung von 100 Kilowatt zehnmal leistungsfähiger als jener der dritten Generation. Wir können ihn deshalb nicht mehr im 40 kW-Solarofen des PSI testen», erklärt Anton Meier.

«Die Konzipierung eines solchen Solarreaktors ist angesichts der extrem hohen Temperaturen eine enorme Herausforderung», sagt der PSI-Wissenschaftler. Der Mantel besteht aus Metall, die Innenfläche hingegen musste mit einem isolierenden Keramik-Material auf Grundlage von Aluminiumoxid ausgekleidet werden. Ein Quarzenster ermöglicht der konzentrierten Sonnenstrahlung, ins Innere des



Der Solarofen im französischen Odeillo

Reaktors vorzudringen. «Dieses Fenster muss ständig sauber bleiben», erklärt der Forscher. «Damit das klappt, haben wir ein System entwickelt, bei dem die Partikel, die sich dort eventuell festsetzen könnten, mittels Gasströmen (Argon) ferngehalten werden.» Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, eine verfrühte Rückreaktion von Zink und Sauerstoff zum ursprünglichen Zinkoxid zu verhindern. «Wir nutzen kaltes Argon-Gas, um das Zink aus seinem gasförmigen Zustand im heißen Reaktor in einen festen Zustand überzuführen. Im Rahmen einer Doktorarbeit der ETH Zürich untersuchen wir, wie das Argon, ein teures Gas, im Rahmen dieses Verfahrens wiederverwertet werden kann.»

Extreme thermische und mechanische Belastung

Der 100 kW Solarreaktor wurde im Sommer 2011 erstmals im französischen Solarkonzentrator von Odeillo getestet. Dabei wurden sämtliche Systeme und Komponenten eingehend geprüft sowie wertvolle Betriebserfahrungen gesammelt, die schliesslich zu einem verbesserten Design des Reaktors beitragen. «Der Reaktor rotiert ständig, um eine gleichmässige Verteilung des Zinkoxids zu gewährleisten», erklärt der Forscher. «Dies führt, neben der extremen thermischen Belastung durch die konzentrierte Solarstrahlung, auch zu einer erheblichen mechanischen Beanspruchung der Auskleidung des Reaktors. Um die bei den ersten Versuchen festgestellten Mängel zu beseitigen, haben wir nun die Innenwand des Reaktors durch eine selbsttragende Struktur aus feuerfesten Keramiksteinen ersetzt.»

Die zweite Messkampagne in diesem Sommer in Frankreich hat unter anderem zum Ziel, die Machbarkeit des Konzepts zu prüfen, um mittelfristig einen ersten vorindustriellen Solarreaktor-Prototyp zu entwickeln. «Wir gehen davon aus, dass der modifizierte Reaktor zuverlässig funktionieren wird und wir für die Aufspaltung des Zinkoxids einen Wirkungsgrad von zehn Prozent erreichen können. Das wäre in diesem Massstab bereits ein Weltrekord», erklärt Anton Meier. Für die Zukunft hofft er, dass ein bedeutend höherer Wirkungsgrad erreicht wird. Der theoretische Wirkungsgrad der zweiphasigen energetischen Umwandlung liegt bei 40 Prozent. Diese hohe Effizienz macht das Verfahren extrem interessant.

Industrielle Solaranlage bis 2020

Im Rahmen des Forschungsprojektes werden die Wissenschaftler des PSI auch ein erstes Konzept für eine industrielle Solaranlage zur Herstellung von Zink entwickeln. «Ein einfaches Upscaling genügt nicht, weil der industrielle Reaktor eine Leistung in der Grössenordnung von 50 Megawatt haben müsste – das heisst 500-mal mehr als unser derzeitiger Prototyp. Wir werden stattdessen auf ein modulares Konzept setzen, das sich aus zahlreichen kleinen Reaktoren zusammensetzt.» Anton Meier schätzt, dass eine industrielle Solaranlage Anfang der 2020er Jahre in Betrieb genommen werden kann. Wir müssen uns daher noch ein bisschen gedulden, bevor wir Wasser, CO₂ und Sonne in synthetische Treibstoffe umwandeln können. Angesichts der Herausforderungen, vor denen wir stehen, lohnt sich der Einsatz allemal.

(bum)