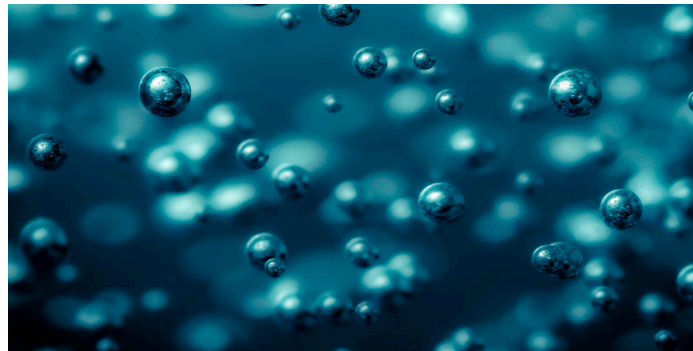




Wasserstoff: So lässt sich die Effizienz der Elektrolyse steigern

Neue Studie enthüllt, warum Elektrolyse so energieintensiv ist – und zeigt Wege auf, wie Wasserstoff künftig effizienter erzeugt werden kann.



Die Herstellung von grünem Wasserstoff ist noch sehr teuer, Forschende auf der ganzen Welt arbeiten

daher an effizienteren Elektrolyse-Verfahren.

Foto: PantherMedia / remotevfx

Angesichts des globalen Bedarfs an klimafreundlichen Energieträgern rückt Wasserstoff immer mehr in den Fokus. Besonders die Elektrolyse, bei der Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird, gilt als zentrale Technologie. Doch bisher ist sie alles andere als effizient. Nun liefert eine neue Studie der Northwestern University einen wichtigen Erklärungsansatz für dieses Problem – und mögliche Wege zur Verbesserung.

Inhaltsverzeichnis

- [Wasserstoff per Elektrolyse: ein Verfahren mit Energiehunger](#)
- [Ein überraschender Mechanismus: Wassermoleküle rotieren](#)
- [Neue Methode erlaubt exakte Beobachtung](#)

Der pH-Wert macht den Unterschied

- Wege zur Effizienzsteigerung der Elektrolyse
 - 1. Auswahl des geeigneten Elektrolyseverfahrens
 - 2. Einsatz effizienterer Katalysatoren
 - 3. Verbesserung der Zellmaterialien und des Designs
 - 4. Integration von Abwärme
 - 5. Optimierte Nutzung von Stromquellen
 - 6. Systemische Optimierung durch Digitalisierung



Wasserstoff per Elektrolyse: ein Verfahren mit Energiehunger

Bei der Elektrolyse wird Wasser durch elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dabei laufen zwei Teilreaktionen ab. Die eine erzeugt Wasserstoff, die andere Sauerstoff. Gerade diese sogenannte Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER) erweist sich als besonders schwierig. Theoretisch reichen 1,23 Volt aus, um Wasser aufzuspalten. Praktisch benötigt man oft 1,5 bis 1,6 Volt. Diese Differenz kostet Energie – und Geld.

Franz Geiger, Chemiker an der Northwestern University, erklärt: „Letztendlich wird mehr Energie benötigt als theoretisch berechnet. [...] Wir sind der Meinung, dass die Energie, die zum Umwandeln des Wassers benötigt wird, einen wesentlichen Beitrag zu diesem zusätzlichen Energiebedarf leistet.“

STELLENANGEBOTE IM BEREICH ENERGIE & UMWELT

ENERGIE & UMWELT JOBS



Projektsteuerer*in (m/w/d) für Projekte in Energie, Anlagenbau und prozesstechnischer...

THOST Projektmanagement GmbH

📍 verschiedene Standorte

[Zum Job →](#)

Ein überraschender Mechanismus: Wassermoleküle rotieren

Das Forschungsteam fand heraus, dass sich Wassermoleküle vor der Sauerstofffreisetzung umdrehen. Diese Umdrehung ist nötig, weil die Moleküle ihre positiv geladenen Wasserstoffatome zur negativ geladenen Elektrode ausrichten. In dieser Position kann kein Elektronentransfer vom Sauerstoff stattfinden. Erst wenn sich die Moleküle umdrehen, zeigen die Sauerstoffatome zur Elektrode, was den Transfer ermöglicht.

Diese Rotation erfordert jedoch zusätzliche Energie. Das Team konnte erstmals quantifizieren, wie hoch dieser Energieaufwand ist. Er entspricht fast exakt der Energie, die die Moleküle im flüssigen Wasser zusammenhält.



Neue Methode erlaubt exakte Beobachtung

Um diesen Prozess sichtbar zu machen, setzten die Forschenden eine spezielle Lasertechnik ein: die phasenaufgelöste zweite harmonische Generation (PR-SHG). Damit konnten sie beobachten, wie sich die Wassermoleküle auf der Oberfläche einer Hämatit-Elektrode verhalten. Hämatit ist ein günstiges Eisenoxid, das sich als Elektrode für die OER eignet, bisher jedoch unter Ineffizienz leidet.

Der Versuchsaufbau erlaubte es, in Echtzeit zu verfolgen, wann und wie viele Moleküle sich umdrehen. Diese Daten sind entscheidend, um die Energiebarriere besser zu verstehen und neue Katalysatoren gezielt zu entwickeln.

Der pH-Wert macht den Unterschied

Ein weiteres zentrales Ergebnis der Studie betrifft den pH-Wert des Wassers. Das Team stellte fest: Je basischer das Wasser ist, desto weniger Energie ist für die Rotation der Moleküle nötig. Unterhalb eines pH-Werts von 9 ist der Energiebedarf so hoch, dass kaum noch eine elektrochemische Reaktion stattfindet. Bei höherem pH-Wert sinkt die Energiebarriere – die Effizienz steigt.

Diese Erkenntnis könnte künftige Elektrolyseverfahren deutlich verbessern. Vor allem in Kombination mit geeigneten Katalysatoren und Zellmaterialien bieten sich neue Ansätze.

[Hier geht es zur Originalpublikation](#)

AUCH INTERESSANT:



ENERGIEWENDE

Wie wird Wasserstoff hergestellt? Methoden, Technologien & Potenziale



SAUBERE ENERGIE

Palladium statt Platin: Günstiger Wasserstoff-Katalysator entdeckt



ERNEUERBARE ENERGIE

Katalysatoren und Membranen für effizientere Wasserstoffproduktion



Wege zur Effizienzsteigerung der Elektrolyse

Neben molekularen Erkenntnissen wie der Rotation von Wassermolekülen sind auch technologische Fortschritte entscheidend, um die Effizienz der Wasserstoffgewinnung zu verbessern. Forschende weltweit arbeiten an verschiedenen Stellschrauben, die sich gezielt beeinflussen lassen:

1. Auswahl des geeigneten Elektrolyseverfahrens

Elektrolyse ist nicht gleich Elektrolyse. Je nach Verfahren unterscheiden sich Wirkungsgrad, Flexibilität und Einsatzmöglichkeiten erheblich:

- **Alkalische Elektrolyse (AEL):** Dieses Verfahren ist technologisch ausgereift und kostengünstig. Es arbeitet mit einer alkalischen Lösung als Elektrolyt, etwa Kaliumhydroxid. Der Nachteil: Die Stromdichte ist vergleichsweise niedrig, und das System reagiert träger auf schwankende Stromzufuhr.
- **PEM-Elektrolyse (Proton Exchange Membrane):** Diese Technologie nutzt eine feste Membran, die Protonen durchlässt. PEM-Systeme erreichen höhere Wirkungsgrade, reagieren schnell auf Änderungen der Stromzufuhr und sind kompakter gebaut. Sie eignen sich besonders gut für die Kombination mit Solar- oder Windkraft.
- **Hochtemperatur-Elektrolyse (SOEC):** Bei diesem Verfahren wird Wasserdampf anstelle von flüssigem Wasser verwendet. Es arbeitet bei Temperaturen zwischen 700 und 850 °C und nutzt industrielle Abwärme. Der Energiebedarf aus Strom sinkt dadurch deutlich. Das macht SOEC

besonders interessant für die Kopplung mit energieintensiven Prozessen in der Industrie.

2. Einsatz effizienterer Katalysatoren

Die elektrochemische Reaktion wird durch Katalysatoren ermöglicht, die die Aktivierungsenergie senken. Bisher werden häufig Edelmetalle wie Platin oder Iridium eingesetzt. Diese sind jedoch teuer und nur begrenzt verfügbar. Deshalb suchen Forschende nach Alternativen:

- **Nickel, Eisen oder Kobalt** gelten als vielversprechend, da sie kostengünstiger und auf der Erde weit verbreitet sind.
- **Nanostrukturierte Materialien** mit erhöhter Oberfläche bieten mehr aktive Reaktionszentren, was die Katalyse beschleunigt.
- **Kombinationen mehrerer Metalle** oder metallorganische Netzwerke (MOFs) könnten zusätzlich neue Reaktionswege ermöglichen.



3. Verbesserung der Zellmaterialien und des Designs

Die Effizienz der Elektrolysezelle selbst lässt sich durch gezielte Materialwahl und optimiertes Design erhöhen:

- **Membranen** mit hoher Protonenleitfähigkeit und chemischer Beständigkeit sind Schlüsselkomponenten in PEM-Systemen. Neue Polymermaterialien oder Keramiken könnten hier Fortschritte bringen.
- **Poröse oder strukturierte Elektroden** vergrößern die aktive Reaktionsfläche, was den Stoffaustausch beschleunigt.
- **Gezielte Zellgeometrien** reduzieren den elektrischen Widerstand (sogenannte ohmsche Verluste) und verbessern die Wärmeverteilung.

4. Integration von Abwärme

Bei der Hochtemperatur-Elektrolyse spielt Abwärme eine zentrale Rolle. Sie kann nicht nur zur Erhitzung des Wassers genutzt werden, sondern auch die Gesamtbilanz der Anlage verbessern:

- **Industrielle Prozesse** wie in Stahlwerken oder Glasfabriken erzeugen kontinuierlich Abwärme, die bisher oft ungenutzt bleibt.
- **Die Kopplung von Elektrolyseanlagen mit solchen Prozessen** könnte einen entscheidenden Beitrag zur Energieeffizienz leisten.

5. Optimierte Nutzung von Stromquellen

Da grüner Wasserstoff idealerweise mit Ökostrom erzeugt wird, muss die Elektrolyse auf schwankende Stromverfügbarkeit reagieren:

- **Direkte Anbindung an Photovoltaik- oder Windanlagen** spart Netzverluste und reduziert Kosten.
- **Pulsierende Stromzufuhr** kann die Gasblasenbildung an Elektroden verringern und die Gasfreisetzung verbessern.
- **Intelligente Stromregelung** durch Software erlaubt eine bedarfsgerechte Anpassung und Ausnutzung von Stromspitzen.



6. Systemische Optimierung durch Digitalisierung

Nicht nur einzelne Komponenten, auch das Gesamtsystem bietet Verbesserungspotenzial:

- **Echtzeitdaten und Sensorik** ermöglichen eine kontinuierliche Überwachung von Wirkungsgrad, Temperatur und Gasentwicklung.
- **KI-gestützte Regelalgorithmen** können auf Basis dieser Daten automatisch nachsteuern und Ineffizienzen vermeiden.
- **Modulare Systeme** erlauben es, Elektrolysekapazitäten flexibel zu erweitern oder an verschiedene Anwendungen anzupassen.

EIN BEITRAG VON:

Dominik Hochwarth



Redakteur beim VDI Verlag. Nach dem Studium absolvierte er eine Ausbildung zum Online-Redakteur, es folgten ein Volontariat und jeweils 10 Jahre als Webtexter für eine Internetagentur und einen Onlineshop. Seit September 2022 schreibt er für ingenieur.de.

THEMEN IM ARTIKEL



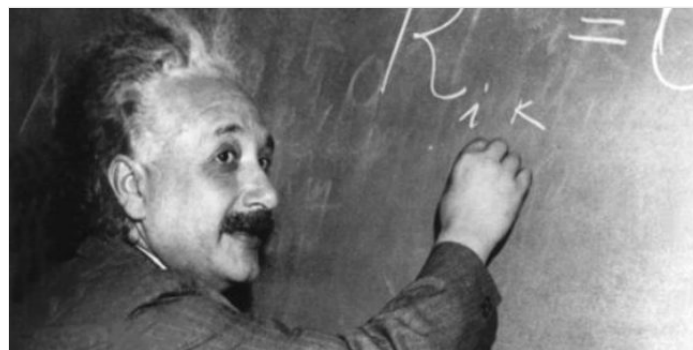
Wasserstoff

EMPFEHLUNG DER REDAKTION



DIE ENERGIEWENDE

Alternative Energiequellen



GROSSE ERFINDER

Diese Erfindungen wären ohne Albert Einstein undenkbar



RANKING: BATTERIESPEICHER

Die größten Batterien der Welt



RANKING

Die 10 größten Städte der Welt



RANKING

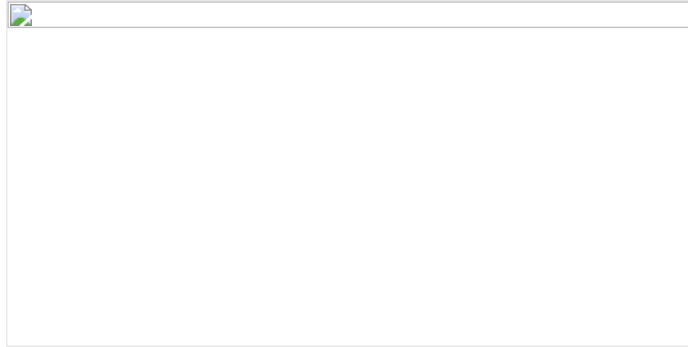
Das sind die 9 größten Windradhersteller der Welt



RATGEBER

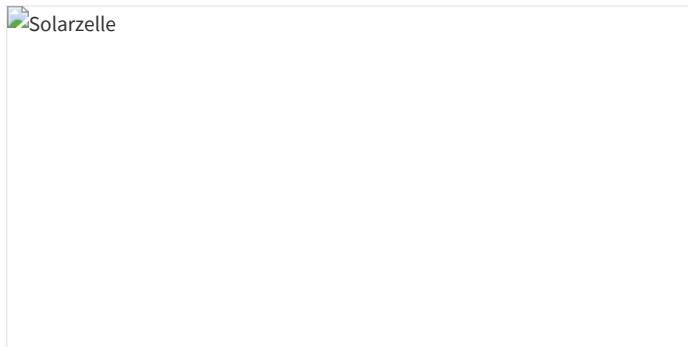
Energie sparen: Die besten Tipps für den Alltag

ÄHNLICHE ARTIKEL



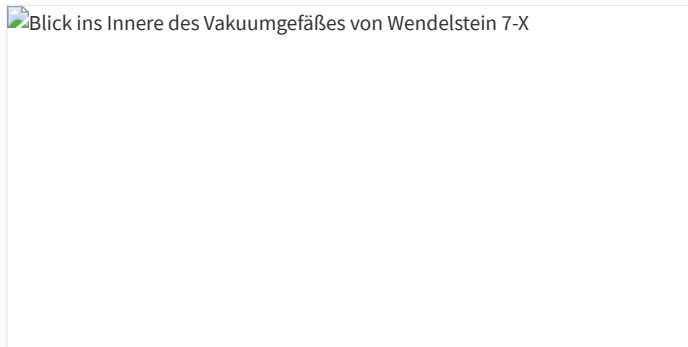
STADTWERKEBÜNDNIS TRIANEL SIEHT DAUERHAFT HOHEN GASPREIS - MIT AUSWIRKUNGEN AUF DEN STROMPREIS

Trianel sieht Wasserstoff in Gefahr



ELEKTROLYSE WAR GESTERN

Achtmal mehr Wasserstoff: Neue Solarzelle nutzt Doppelschicht



KERNFUSIONSFORSCHUNG

Kernfusion: Wendelstein 7-X erreicht Weltrekord bei langen Plasmaentladungen

 Grüner Wasserstoff aus Afrika

DEUTLICH TEURER ALS ERWARTET

Hohe Finanzierungskosten bremsen Wasserstoffpläne in Afrika



ZU UNSEREN **NEWSLETTERN** ANMELDEN

Das Wichtigste immer im Blick: Mit unseren beiden Newslettern verpassen Sie keine News mehr aus der schönen neuen Technikwelt und erhalten Karrieretipps rund um Jobsuche & Bewerbung. Sie begeistert ein Thema mehr als das andere? Dann wählen Sie einfach Ihren kostenfreien Favoriten.

JETZT ANMELDEN

VDI Verlag GmbH

[Impressum](#) [Barrierefreiheitserklärung](#) [Datenschutzerklärung](#)
[Redaktion](#) [Über uns](#) [Presse](#) [Mediadaten](#) [RSS](#)