

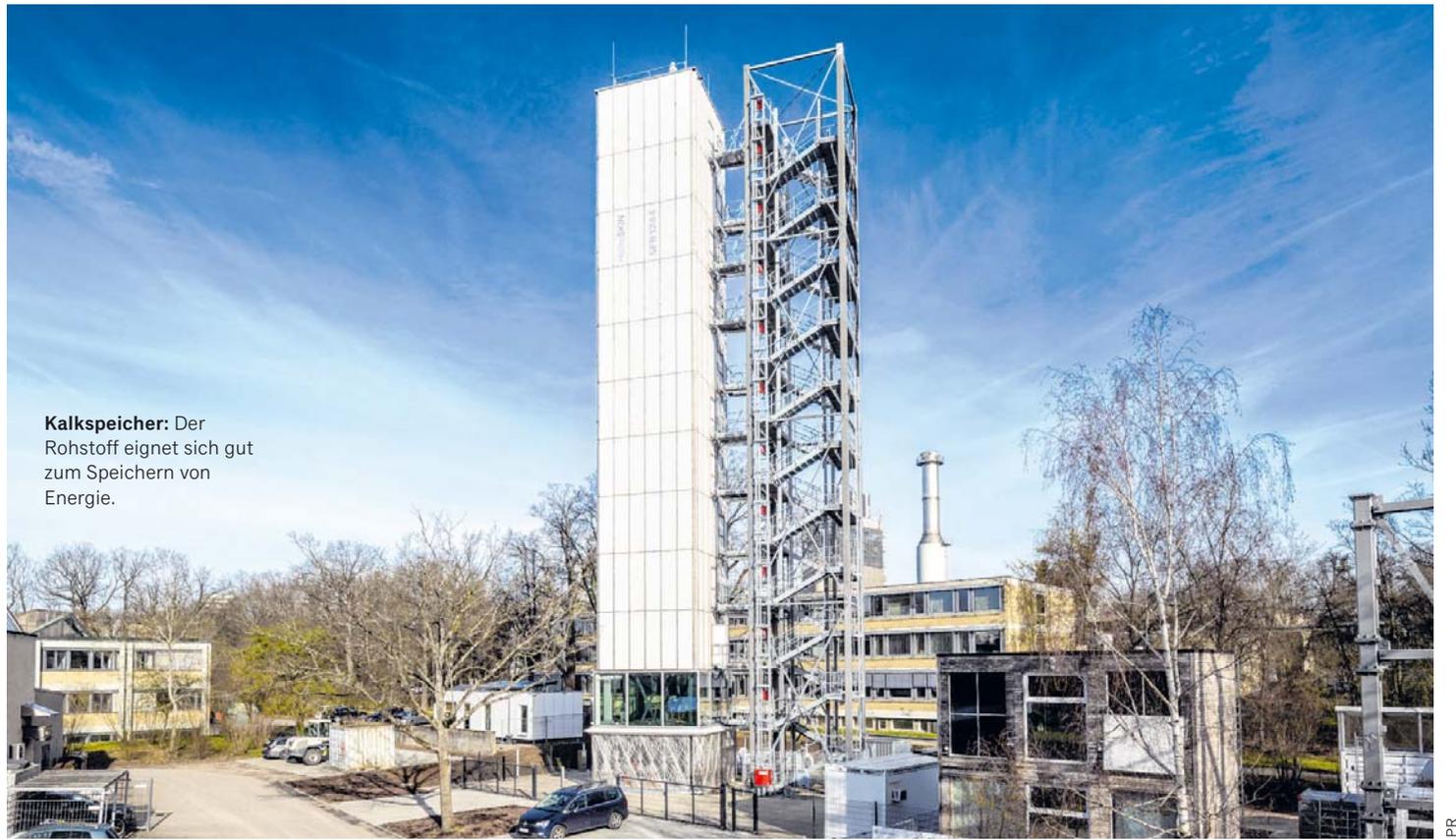
Clara Thier Düsseldorf, Köln

Das Pulver sieht aus wie Mehl. Aber ist es ein Energiespeicher. Zumindest, wenn es nach Umweltingenieur Matthias Schmidt geht. Was der Forscher in dem Glasbehälter in seiner Hand hin- und herschüttelt, ist Kalk. Wenn Schmidts Pläne aufgehen, lagern Haushalte im Keller künftig mehrere Kubikmeter Kalk, statt eine Gasheizung zu haben.

Denn in Kalk lässt sich klimaneutral Energie speichern. Am Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) forscht Schmidt seit mehr als zehn Jahren an der Idee. „Ich kann den Kalk bei Raumtemperatur einfach liegen lassen, über Monate hinweg“, sagt er. Im Sommer, wenn Strom aus erneuerbaren Energien im Überfluss vorhanden ist, könnte sich der Kalkspeicher aufladen – und die Energie dann im Winter in Form von Heizwärme wieder abgeben.

Die Frage, mit welchen Technologien sich Energie langfristig speichern lässt, ist elementar für den Erfolg der Energiewende. Im vergangenen Jahr kam mehr als ein Fünftel der gesamten verbrauchten Energie in Deutschland aus Erneuerbaren, so viel wie nie zuvor. Trotzdem gibt es einen Haken: Erneuerbare produzieren nur Energie, wenn der Wind weht und die Sonne scheint. Strom wird aber auch gebraucht, wenn das nicht der Fall ist.

Noch springen als Ersatz Kohle- und Gaskraftwerke ein. In Zukunft sollen Industrie und Haushalte aber auf Strom aus Speichern zugreifen, um die sogenannten Dunkelflauten zu überbrücken. Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung hat dazu berechnet, dass Deutschland bis 2045 Speicherkapazitäten von bis zu 71 Terawattstunden benötigen wird – das



Kalkspeicher: Der Rohstoff eignet sich gut zum Speichern von Energie.

Grüne Energie

Eisen statt Kohle – So lässt sich in Zukunft Energie speichern

Für die Energiewende braucht es große Speicher. Batterien und Wasserstoff stehen im Fokus, können aber nicht alle Probleme lösen. Forscher setzen deshalb auf ungewöhnliche Alternativen.



Brennender Eisenstaub: Wenn Eisen verbrennt, setzt es Wärme frei – ganz ohne CO₂.

entspreche 15 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs.

Als marktbeherrschende Speichertechnologie gelten aktuell Lithium-Ionen-Batterien, die auch in Smartphones, Laptops und Elektroautos zum Einsatz kommen. Doch sie eignen sich am besten für die kurzfristige Stromspeicherung über wenige Stunden. Burak Atakan, Chemiker und Professor für Thermodynamik an der Universität Duisburg Essen, sagt: „Es gibt momentan nicht die eine, perfekte Speichertechnologie.“ In Zukunft brauche es verschiedene Speicherlösungen, je nach Anwendungsfall.

„Um erneuerbare Energie langfristig speichern zu können, brauchen wir chemische Speicher“, ergänzt Katharina Kohse-Höinghaus, Seniorprofessorin für Physikalische Chemie an der Universität Bielefeld. Denn Materialien, die Energie in Form von chemischen Ver-

bindungen speichern, können diese beliebig lange lagern – ohne Energieverluste.

Unter den chemischen Speichern sind aktuell Wasserstoff und E-Fuels nachgefragt, aber sie haben auch Nachteile. Herstellung und Transport sind aufwendig und kostspielig. Deswegen untersuchen Wissenschaftler an Instituten in Deutschland und weltweit, welche anderen Energieträger sich noch anbieten.

Klimaneutral heizen mit Kalk

Im Fokus stehen dabei Metalle wie Eisen, aber auch Chemikalien wie Schwefel und Gesteine wie Kalk. Die Materialien sind günstig und altbewährt, die chemischen Reaktionen teils seit Jahrzehnten bekannt – eine großtechnische Umsetzung ist jedoch unerprobt.

Die Kalkheizung, zu der Matthias Schmidt am DLR forscht, ist genau ge-

nommen kein chemischer, sondern ein thermochemischer Speicher. Am Anfang des Kreislaufs stehe Kalziumoxid, auch Branntkalk genannt, erklärt Schmidt. Gibt man Wasser dazu, wird daraus Löschkalk, Kalziumhydroxid. Dabei entsteht Wärme von bis zu 100 Grad Celsius – genug, um ein Haus zu heizen.

Im Löschkalk lässt sich erneut Energie einspeichern, indem grüner Strom den Kalk elektrisch erhitzt und dabei Wasser entweicht. Aus dem Löschkalk wird so wieder Branntkalk, bei optimalen Bedingungen hat der Prozess einen Wirkungsgrad von 90 Prozent.

Fügt man am Anfang statt Wasser Wasserdampf hinzu, dann können sogar Temperaturen von bis zu 500 Grad Celsius entstehen. So könnte auch die Industrie potenziell Prozesswärme beziehen.

Kalk ist günstig und verfügbar, der Prozess beliebig oft umkehrbar. Außerdem würde der Strom zum Aufladen fast nichts kosten, nimmt Schmidt an, denn der Speicher könne dann aufgeladen werden, wenn es gerade überschüssigen Strom gibt. Das macht den Wärmespeicher Kalk attraktiv. Immer wieder landen Nachrichten in Schmidts E-Mail-Postfach, in denen Interessierte fragen: „Wie kann ich die Kalkheizung in mein Haus einbauen?“

Kalk zu brennen ist zwar ein lang erforschter Prozess. Doch es gibt Gründe, warum in deutschen Wohngebäuden aktuell noch keine Kalkheizungen stehen. Zum Beispiel müsste ein Einfamilienhaus sechs Kubikmeter Kalk einlagern, um den Wärmebedarf in einem Wintermonat zu decken. Das entspricht etwa einer 2,4 Quadratme-

ter großen Abstellkammer, die bis oben mit Kalk gefüllt ist. „Der Platzbedarf ist ein Nachteil“, gibt Schmidt zu.

Bis zur Marktreife dauert es noch. Aber die Forschungsgruppe will ihre Demonstrationsanlage noch in diesem Jahr in einem normalen Gebäude installieren und mit dem Heizungssystem verknüpfen.

Energiespeicher-Experte Michael Sterner, Professor an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg, hält den Vorschlag für interessant. „Da es sich aber um eine komplett neue Heiztechnik handelt, bleiben viele praktische Fragen.“ Es brauche eine neue Brennkammer, einen Kalkspeicher, einen Wasserspeicher und ein ausgeklügeltes Dosierungssystem für den Kalk, so Sterner.

Chemikerin Katharina Kohse-Höinghaus ist überzeugt: „Wenn ich schnell eine große Veränderung in der Klimawende will, dann muss ich auch bestehende Infrastruktur nutzen.“ Deswegen haben Forscher der Technischen Universität Darmstadt überlegt, welche bestehende fossile Infrastruktur sich in Zukunft umrüsten ließe – und sind bei alten Kohlewerken gelandet. Dort wollen sie aus Eisen Strom machen.

Der Ingenieur Marius Schmidt sagt: „Eisen hat das Potenzial, Kohle als Energieträger zu ersetzen.“ Er ist Geschäftsführer des Clusterprojekts „Clean Circles“, an dem außer der TU Darmstadt noch sechs weitere Forschungseinrichtungen arbeiten, darunter auch das Karlsruher Institut für Technologie.

Die Idee der Forscher: Wenn Eisenpulver angezündet wird, verbrennt es. Bei der Oxidation wird Energie in



Greentech

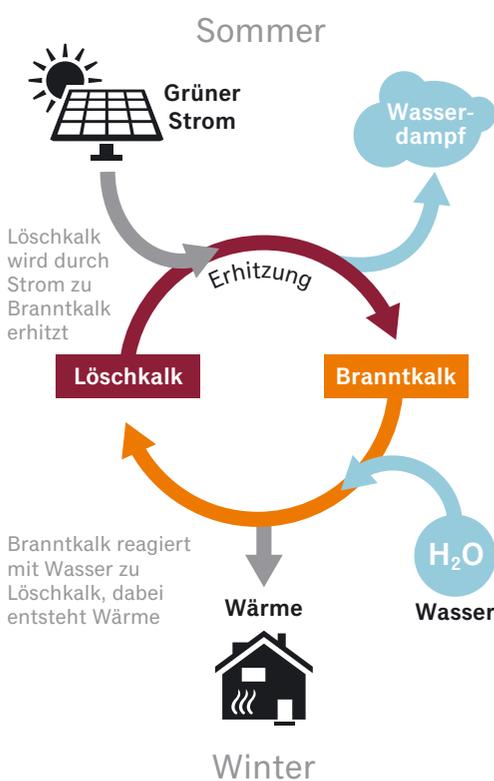
Serie

„Diese grünen Ideen könnten die Welt verändern“:

Von Wellenkraftwerken, CO₂-freiem Zement und Solaranlagen im Weltraum bis zu energiespendenden Algenarten. Wir stellen einige der interessantesten Innovationen vor. Wissenschaftlich begleitet wird die Serie von dem unabhängigen Thinktank Future Cleantech Architects.

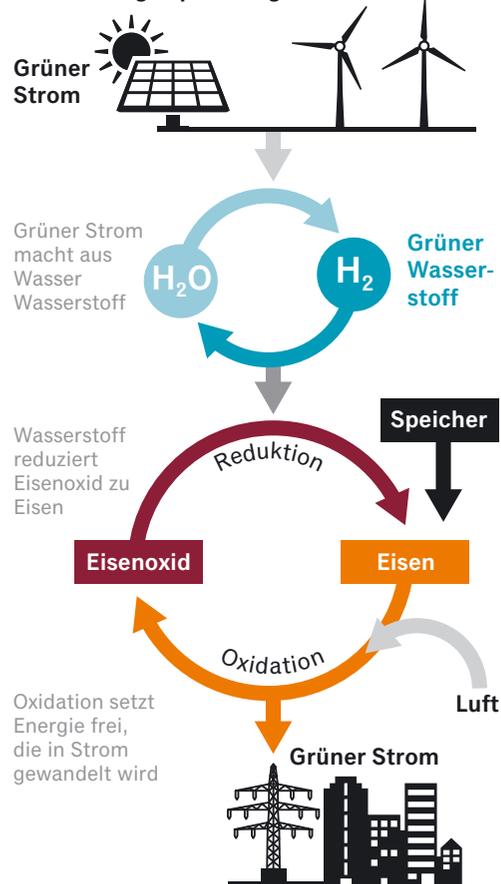
Ideen mit Kalk und Eisen

So könnte Kalk in Zukunft eine Gasheizung ersetzen



HANDELSBLATT • Quellen: DLR, TU Darmstadt

So könnte Eisen als zyklischer Energiespeicher genutzt werden



Form von Wärme frei. Diese kann mittels einer Dampfturbine zu grünem Strom umgewandelt werden. Die Verbrennung von Eisen könnte in alten Kohlekraftwerken stattfinden, da diese bereits über die nötige Infrastruktur verfügen. Das entstandene Eisenoxid kann danach mit Wasserstoff aus grünem Strom reduziert werden. Das entstandene Eisen dient erneut als Energiespeicher. Der Prozess kann theoretisch unendlich oft wiederholt werden. Zudem verfügt Eisen über eine hohe Energiedichte.

„Der Wirkungsgrad liegt bei circa 30 Prozent und ist vergleichbar mit dem von grünem Wasserstoff“, sagt Marius Schmidt. Noch dieses Jahr soll der Prozess in einer Pilotanlage getestet werden. Eine Hürde ist aktuell noch die Optimierung des Verbrennungsprozesses.

Eine andere Möglichkeit wäre es, aus dem Eisenspeicher keinen Strom zu gewinnen, sondern Wasserstoff. Dabei reagiert Eisen mit Wasser und es entstehen Eisenoxid, Wasserstoff und Wärme. Mit diesem Verfahren plant das Start-up Ambartec bereits nächstes Jahr, Kunden mit Wasserstoff aus Eisenpellets zu versorgen.

Die Forscher rechnen damit, dass schon Anfang der 2030er-Jahre Strom so gespeichert werden könnte. Je günstiger der Strom und je höher der CO₂-Preis, desto eher lohnt sich der Eisenspeicher wirtschaftlich. Bei einem sehr günstigen Strompreis von ei-

nem Cent die Kilowattstunde und einem CO₂-Preis von 100 Euro sei der Eisenspeicher günstiger als Kohleverbrennung. Derzeit liegt der Preis im Europäischen Emissionshandel bei 73 Euro je Tonne CO₂.

Ingenieur Sterner hält das Projekt für vielversprechend, merkt jedoch an: „Wir bauen gerade eine Wasserstoffwirtschaft auf.“ Ob Eisen in Zukunft günstiger als Wasserstoff und Wasserstoffderivate sein werde, sei ungewiss. Momentan liegt der Preis für eine Megawattstunde grünen Wasserstoff je nach Berechnung zwischen 80 bis 250 Euro. Wenn für den Eisenzyklus günstige grüne Energien und moderne Wasserstoffelektrolyse im großen Maßstab verwendet werden, könnte sich künftig ein Preis von 130 bis 185 Euro pro Megawattstunde etablieren.

„Bei der Suche nach Energiespeichern spielt nicht nur die Effizienz eine Frage“, sagt Chemiker Atakan. Vorhandenes Know-how und Weiterverwertung von Stoffen seien ebenso wichtig – und die Gesellschaft müsse die Lösung auch akzeptieren.

„Wir sehen Eisen, und allgemein Metalle, nicht als Wettbewerber zum Wasserstoff, sondern als Ergänzung“, sagt Marius Schmidt von der TU Darmstadt. In der Forschung ist bisher noch unklar, welche Energieträger sich durchsetzen werden. Laut Schmidt entstehen weltweit derzeit alle paar Wochen neue Forschungsprojekte zu Metallen als Energiespeicher.