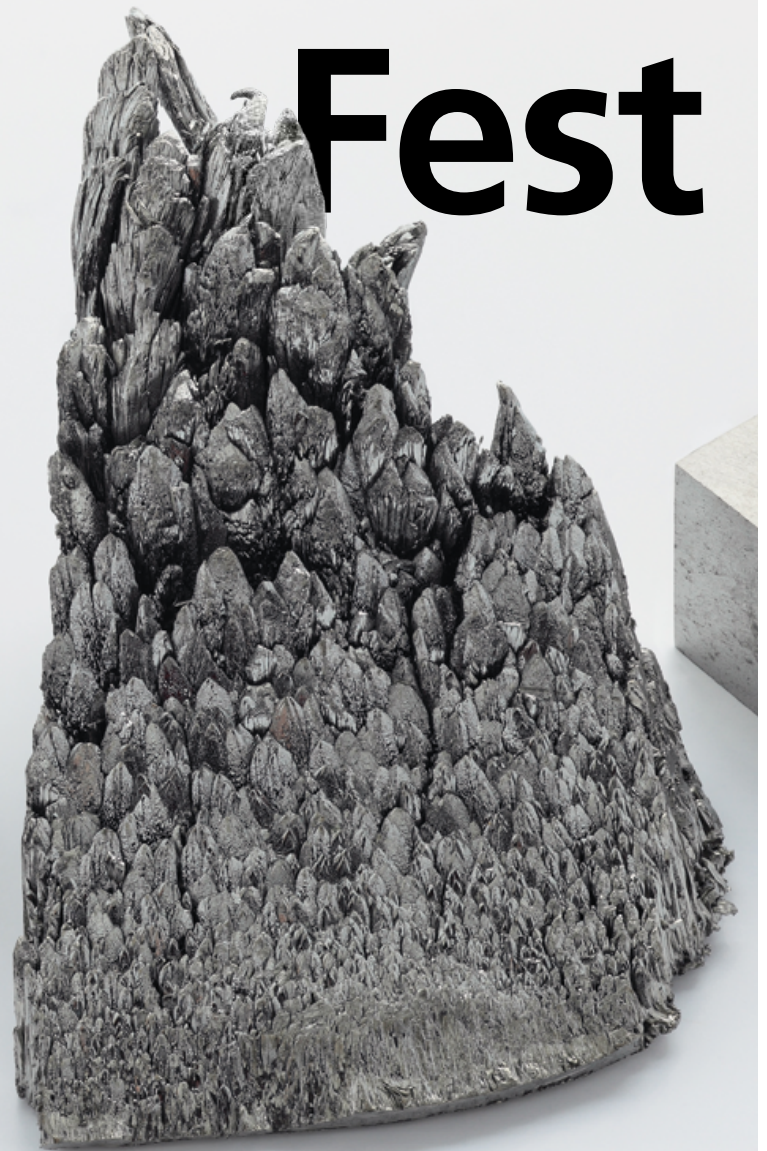


Fest



Einige Metalle wie Yttrium (linke Seite) können bis zu drei Wasserstoffatome pro Metallatom in den Lücken ihres Metallgitters aufnehmen. Professorin Astrid Pundt und ihr Team forschen an leichten Metallen wie Magnesium (rechte Seite), die als Wasserstoffspeicher dienen könnten

Some metals like yttrium (left page) can absorb up to three hydrogen atoms per metal atom in the space between the metal lattice. Professor Astrid Pundt and her team are doing research into light metals like magnesium (right page) which could be used for hydrogen storage

Wasserstoff gilt als Energieträger der Zukunft. Zu den grundlegenden Herausforderungen auf dem Weg dorthin gehört die Speicherung des energiereichen Elements. Professorin Astrid Pundt, stellvertretende Leiterin des Direktoriums des Instituts für Angewandte Materialien (IAM) des KIT, beschäftigt sich mit der Speicherung von Wasserstoff in nanoskaligen Materialien, sogenannten Material-Wasserstoff-Systemen.

Die Materialien, die Astrid Pundt mit ihrem Team für die Speicherung von Wasserstoff un-

tersucht, sind Metalle und Metalllegierungen. Metallatome sind in einem regelmäßigen Gitter angeordnet. In die Lücken zwischen den kugelförmigen Metallatomen können sich die sehr kleinen Wasserstoffatome setzen. Ist in der Umgebung von Metallen Wasserstoff vorhanden, gelangt er in das Metall – sofern das keine Barrieren wie Oxide oder Nitride an der Metalloberfläche verhindern. Die Wasserstoff-Aufnahmefähigkeit der verschiedenen Metalle ist sehr unterschiedlich. Einige können bis zu drei Wasserstoffatome pro Metallatom in den Lücken des Metallgitters aufnehmen. Ein Beispiel dafür ist Yttrium. Andere, wie Stähle,

nehmen kaum messbare Mengen Wasserstoff auf. Die Thermodynamik bestimmt die Aufnahmefähigkeit, das heißt das Gleichgewicht zwischen dem äußeren Partialdruck des Wasserstoffs und der Wasserstoffkonzentration im Metall. So lässt sich Wasserstoff in Metallen speichern. „Metall-Wasserstoff-Systeme haben ein enormes Anwendungspotenzial als Energiespeicher der Zukunft“, erklärt Pundt.

Vor- und Nachteile der Speichersysteme

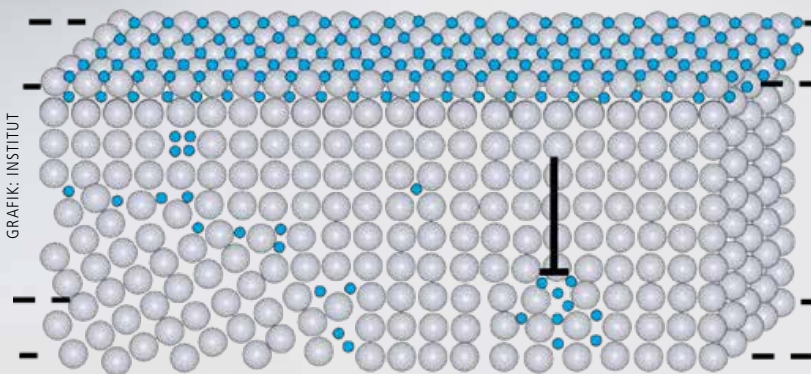
Der Vorteil dieser Art der Speicherung: Im Metall sind die Wasserstoffatome dichter angeordnet als in komprimiertem Gas oder in tief-



gehalten

SPEICHERUNG VON WASSERSTOFF IN NANOSKALIGEN METALLEN

VON CORNELIA MROSK



In den aufgeweiteten Gebieten des Metallgitters (grau), die durch Defekte wie Oberflächen, Korngrenzen, Versetzungen oder Leerstellen entstehen, können sich Wasserstoffatome (blau) einlagern (nach A. Pundt, R. Kirchheim, Annual Review of Materials Research 36 (2006) 555)

Hydrogen atoms (blue) can settle in areas of the metal lattice (gray) widened by defects, such as surfaces, grain boundaries, dislocations, or vacancies (A. Pundt, R. Kirchheim, Annual Review of Materials Research 36 (2006) 555)

kaltem flüssigem Wasserstoff. So lassen sich große Speicherdichten erzeugen. Der Nachteil ist das hohe Gewicht des Speichermaterials, des Metallgitters. Daher ist die gravimetrische Speicherdichte gering. Aktuelle Speichermetalllegierungen, wie Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren (Ni-MeH-Akkus), haben Speicherdichten von nur rund zwei Gewichtsprozent. Für größere Speicherdichten werden leichte Materialien als Speichermedium benötigt. Für die Anwendung als Wasserstoffspeicher sollten sie außerdem in möglichst großen Mengen verfügbar sein. Astrid Pundt erläutert: „Unsere Forschung konzentriert sich aktuell

auf leichte Metalle wie Magnesium, Lithium, Bor oder Natrium. Ziel ist es, Wasserstoff unter moderaten Bedingungen wieder aus dem System entladen zu können.“ Ein wichtiges Kriterium für den Einsatz von Metallen als Speichermedium ist die Art der Bindung, die der Wasserstoff mit dem Material eingeht. In einigen Metallen und deren Legierungen sind die Bindungen der Wasserstoffatome in Metallgittern reversibel. Das heißt, Wasserstoff kann wieder freigesetzt werden. Für das Entladen sind bei technologisch interessanten Metalllegierungen nur moderate Temperaturen und Drücke notwendig. Andere Legierungen brauchen hö-

here Temperaturen oder sehr niedrige Drücke, um entladen zu werden. Einige leichte Metalle gehen mit dem Wasserstoff so feste chemische Bindungen ein, dass die Prozesse technologisch irreversibel sind. Dann kommen sie nicht als Speichermedium infrage.

Sicherheitstechnisch bietet die Speicherung in Metallen Vorteile: Der Wasserstoff kann nicht schlagartig entweichen, sondern muss durch das Metallgitter an die Metalloberfläche diffundieren und rekombiniert dort mit Sauerstoff aus der Luft zu Wasser. Interessant ist die Speicherung in Metall-Wasserstoff-Systemen



FOTO: LYDIA ALBRECHT



FOTO: AMADEUS BRAMSIEPE

Lithium ist ein weiteres leichtes Metall, auf das sich die Forschung von Professorin Astrid Pundt, Direktorin am Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) des KIT, konzentriert

Lithium is another light material studied by Professor Astrid Pundt, Director at the KIT's Institute for Applied Materials – Materials Science and Engineering (IAM-WK)

vor allem bei stationären Anwendungen oder im Schwerlast-, Zug- und Schiffsverkehr, wo das zusätzliche Gewicht der Speichermaterialien keine entscheidende Rolle spielt. Darüber hinaus eignen sich diese Speicher als Langzeitenergiespeicher.

Blick in die Zukunft

Astrid Pundt erläutert: „Schon seit 1997 forschen wir an nanoskaligen Partikeln, Clustern, dünnen Schichten und defektreichen Metallen als Material-Wasserstoff-Systeme. Ziel war es, einzelne Defekte wie Oberflächen, Korngrenzen, Versetzungen, Leerstellen oder auch mechanische Spannungen in einem einfachen Modellmaterial dominieren zu lassen, um den Einfluss auf das Materialverhalten zu ergründen. Unsere Forschung bewegt sich jetzt von den idealen Systemen hin zu anwendungsnäheren Systemen. Zukünftig werden wir diverse defektreiche Stähle in die Untersuchungen einbeziehen und deren Versprödungs- und Ermüdungsverhalten untersuchen.“ Das Institut für Angewandte Materialien – Werkstoffkunde (IAM-WK) ist im Innovationspool-Projekt Pure & Compressed Solar Hydrogen des Helmholtz-Programms Materials and Technologies for the Energy Transition an der Forschung an Brennstoffzellen beteiligt sowie an der Materialuntersuchung im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten ApplHy!-Projekt, das den Einsatz von flüssigem Wasserstoff thematisiert. ■

Captured

Storing Hydrogen in Nanoscale Metals

TRANSLATION: BENNO STOPPE

One of the challenges for the use of hydrogen as an energy carrier is storing it. Professor Astrid Pundt, Director at the KIT Institute for Applied Materials (IAM), researches hydrogen storage in nanoscale materials called material-hydrogen systems. Their principle: Metal atoms are arranged in a regular lattice and in the spaces between them, hydrogen atoms can settle due to their small size. Some metals can absorb up to three hydrogen atoms per metal atom in the space between the metal lattice. “Metal-hydrogen systems have huge application potential as future energy storage,” Pundt explains.

The main advantage: In metals, hydrogen atoms are more condensed than in compressed gas or in cryogenic liquid hydrogen. The high weight of the metal lattice as a storage material remains a disadvantage. Current metal alloys used as storage, such as nickel-metal hydride (Ni-MH batteries), have storage densities of around two percent by weight. For higher percentages, lightweight materials are needed. “Our research at the moment is concentrated on light metals, such as magnesium, lithium, boron, or sodium,” says Pundt. Storage in metals comes with safety benefits; hydrogen cannot escape abruptly, it can only slowly diffuse out of the metal lattice. As energy storage, metal-hydrogen systems are especially relevant to stationary applications, heavy loads, and freight train or ship traffic, where the additional weight of material storage is less significant. Another possible use case is long-term energy storage.

The Institute for Applied Materials – Materials Science and Engineering (IAM-WK) is involved in the Innovation Pool Project “Solar Hydrogen – Pure & Compressed” of the Helmholtz Programme “Materials and Technologies for the Energy Transition,” researching fuel cells and exploring materials as part of the ApplHy! project funded by the Federal Ministry of Education and Research, a project that focuses on the application of liquid hydrogen. ■