

UNBEKANNNTES ELEMENT

Ein Team um den Chemiker Thomas Lörting beschäftigt sich mit einem Material, das der Wissenschaft noch immer Rätsel aufgibt: Wasser.

Wasser gilt landläufig als normale Flüssigkeit, dabei überrascht es Wissenschaftler in Bezug auf seine Eigenschaften und Struktur immer wieder. „Derzeit kennen wir 65 Eigenschaften von Wasser, die es von fast allen anderen Flüssigkeiten unterscheidet. Zum Beispiel erreicht Wasser das Dichtemaximum bei vier Grad Celsius“, erklärt Doz. Thomas Lörting vom Institut für Physikalische Chemie.

GLEICH & DOCH VERSCHIEDEN
Bereits in den 90er Jahren entwickelten amerikanische Forscher die Theorie, dass Wasser aus zwei Flüssigkeiten bestehen könnte. Den Innsbrucker Forschern um Thomas Lörting gelang es nun bei ihren vom European Research Council und vom

„Derzeit kennen wir 65 Eigenschaften von Wasser, die es von fast allen anderen Flüssigkeiten unterscheidet.“

Thomas Lörting

FWF geförderten Forschungen, diese Flüssigkeiten zu identifizieren und mithilfe eines experimentellen Verfahrens namens Hyperquenchen zu trennen. „Dabei werden Wassertröpfchen so schnell abgekühlt, dass sie keine Zeit haben, Eis zu bilden und die Moleküle im gefrorenen Zustand in derselben Position bleiben, in der sie auch im flüssigen Zustand waren“, erklärt der Chemiker. Auf diese Weise entsteht ein Festkörper, der Glas genannt wird.

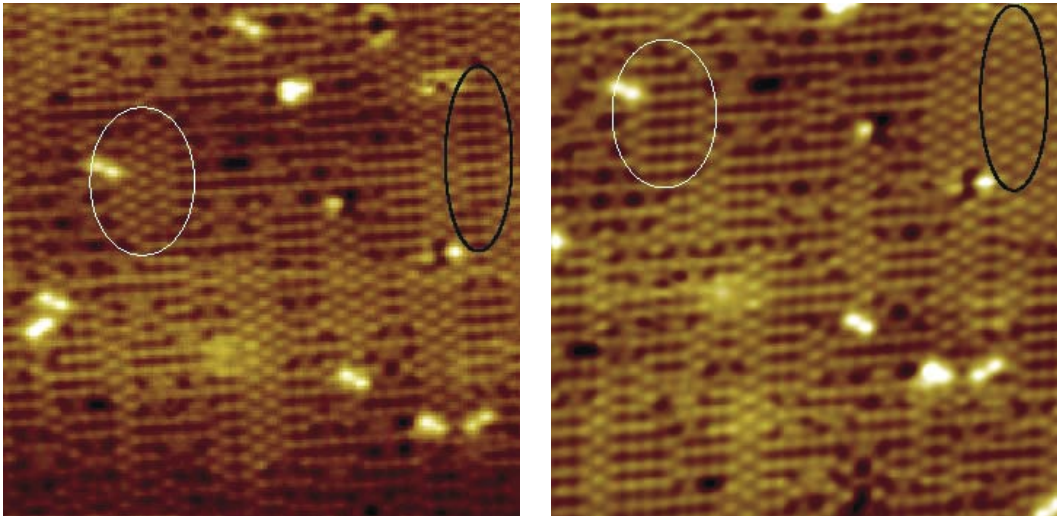
Da sich die Flüssigkeiten in diesem ultrakalten Glaszustand viel langsamer mischen, war es den Forschern möglich, sie zu trennen. „Im Anschluss lag die Herausforderung für uns darin, die getrennten Gläser wieder zu verflüssigen, aber auch das ist uns mittlerweile gelungen“, freut sich Lörting. Das erste Glas erreichte den Zustand einer zähen Flüssigkeit, die „tief unterkühltes Wasser“ genannt wird, bei minus 137 Grad Celsius, das zweite bei minus 147 Grad Celsius. „Beide Flüssigkeiten haben die gleiche Zusammensetzung – es handelt sich bei beiden um H_2O – nur die Anordnung ihrer Moleküle und ihre physikalischen Eigenschaften unterscheiden sich“, zeigt sich der Chemiker fasziniert. Nun wollen die Forscher ihre Erkenntnisse anhand weiterer Experimente auf eine solide Basis stellen.

EIN SAUBERER SCHNITT

In Kooperation mit der Firma Waltl Wasserstrahlschneidtechnik arbeiten Doz. Thomas Lörting und Prof. Ercinald Bertel derzeit an der Entwicklung eines Prototyps für ihre ICE-CUT-Methode. „Im Rahmen unserer Forschungen mit Wasser waren wir stets darum bemüht, die Eisbildung zu vermeiden. Dabei haben wir viel über diesen Zustand gelernt, was wir uns bei der Entwicklung des ICE-CUT zunutze machen konnten“, erklärt Lörting. Da die Kraft des Wassers bei Wasserschnidern bisher oft nicht ausreicht, wird dem Wasserstrahl Sand zugesetzt. Vor allem in der Lebensmittelindustrie, beim Zahnersatz oder auch in der Weltraumtechnik stellt dieser Zusatz durch die mögliche Verschmutzung aber ein Problem dar. Bei der ICE-CUT-Methode soll der Sand deshalb durch Eis ersetzt werden. Dazu wird ein Gas im Wasser gelöst. Durch die Druckveränderung beim Verlassen der Düse perlt dieses Gas aus und entzieht der Flüssigkeit dabei so viel Wärme, dass sich die gewünschten Eiskristalle bilden und die Schneidwirkung des Wasserstrahls verstärken.

sr 

Foto: ffrdalla



STRUKTURWANDEL

Zwei aufeinanderfolgende Schnappschüsse einer fluktuierenden Oberflächenphase (aufgenommen bei einer Temperatur von -223 °C): In dem mit einem weißen Oval gekennzeichneten Gebiet hat sich die Kristallstruktur von einer „Schachbrettphase“ in eine „Zeilenphase“ umgewandelt, in dem schwarzen Oval hat der umgekehrte Prozess stattgefunden.

ZU NEUEN EIGENSCHAFTEN

Innsbrucker Chemiker untersuchen an eindimensionalen Nanostrukturen neue Materialeigenschaften und Phänomene, die der Supraleitung zugrundeliegen.

Begonnen hat alles mit der Suche nach neuen Oberflächenmaterialien, die für die Katalyse verwendbar sind“, erzählt Prof. Erminald Bertel, der Leiter des Instituts für Physikalische Chemie. Die chemische Industrie nutzt gezielt hergestellte Nanostrukturen auf Oberflächen, um die chemische Reaktion zwischen Molekülen, die von sich aus keine Bindung eingehen wollen, in Gang zu bringen. „Die Oberflächen spielen dabei quasi die Rolle des Heiratsvermittlers“, sagt Bertel schmunzelnd. Vor einigen Jahren entdeckte sein Team, dass sich auf metallischen Oberflächen auch eindimensionale Nanostrukturen, sogenannte Quantendrähte, herstellen lassen.

Diese Strukturen sind nur ein bis zwei Atomdurchmesser breit und haben ganz ungewohnte Eigenschaften. Während sich die Elektronen in Metallen in alle drei Raumrichtungen ausbreiten können, sind sie in eindimensionalen Strukturen auf eine Bewegungsrichtung eingeschränkt und deshalb stark voneinander abhängig. „Das ist wie auf einer Straße mit nur einer Fahrspur. Während Hindernisse auf einer zehnspurigen Autobahn den Verkehr kaum beeinflussen, führt auf einer einspurigen Straße schon das kleinste Bremsmanöver zum Stau“, sagt Erminald Bertel.

DER SUPRALEITUNG AUF DER SPUR

Die Wissenschaftler interessieren sich in diesen Strukturen besonders für sogenannte Phasenübergänge, an denen das Material seine Kris-

tallisationsform ändert. „In der Nähe solcher Übergänge kann sich das Material nicht recht entscheiden, welche Form es annehmen soll, und es entstehen kritische Fluktuationen“, erklärt Bertel. Diese Fluktuationen treten zwar generell in vielen Materialien auf, aber nur bei einem genau definierten Druck und einer bestimmten Temperatur (der sogenannten kritischen Temperatur). „Bei ein- und zweidimensionalen Strukturen hingegen bleiben die kritischen Fluktuationen über einen großen Temperaturbereich erhalten, daher können sie zur Erzeugung neuer Materialeigenschaften eingesetzt werden.“ Das macht die Nanostrukturen für Forschung und Entwicklung besonders interessant.

Da die Strukturen an Oberflächen aufgebracht werden, können die Innsbrucker Chemiker mit Hilfe eines Rastertunnelmikroskops und anderen hochempfindlichen Messgeräten einen sehr genauen Blick auf Phänomene wie die kritischen Fluktuationen richten. „Wir können an unseren Nanostrukturen die Vorgänge Atom für Atom untersuchen und uns so ein Bild vom Einfluss der fluktuationsbedingten Wechselwirkungen machen“, ist Bertel stolz und verweist auf die weitreichende Bedeutung dieser Untersuchungen. So gibt es zum Beispiel die Vermutung, dass kritische Fluktuationen für das Zustandekommen der verlustfreien Stromleitung in Hochtemperatursupraleitern eine wesentliche Rolle spielen. Die technologische Beherrschung dieses überraschenden Phänomens könnte so manches Energieproblem der Zukunft lösen. *cf*