

Niederweningen Neutronen machen Materialeigenschaften sichtbar

Der Schuss ins Innerste

Albert Furrer will genau wissen, was er nie zu sehen bekommen wird: Er erforscht das Verhalten von Materialien in ihrem Innersten. Dafür beschiesst er sie mit Neutronen.

Sandra Zrinski

«Ich habe etwas Besseres für Sie», bekam Albert Furrer von seinem Professor zu hören, als er als ETH-Student seine Diplomarbeit über die Gewinnung von Strom aus Wärme schreiben wollte. Das Bessere, das ihm sein Professor angekündigt hatte, hat Furrer bis heute nie zu Gesicht bekommen. Arbeit hatte er damit aber dennoch mehr als genug. Neutronen sind es, mit denen Furrer weit in das Innere von Materialien wie Blei, Kupfer oder Mangan hineinschauen kann, und mit welchen er Erfolg hatte als Professor der ETH und Leiter des Laboratoriums für Neutronenstreuung am Paul Scherrer Institut bei Villigen AG. Letztes Jahr wurde er pensioniert. Weiterhin leitet er jedoch eine Anzahl von Projekten.

Teilchen oder Welle

Die Neutronen können als Teilchen, aber auch als Wellen beschrieben werden. Diese doppelte Eigenschaft macht sie für die Wissenschaft äusserst wertvoll. Kann doch je nach Experiment die eine oder andere Eigenschaft genützt werden. Als Teilchen hat das Neutron eine messbare Geschwindigkeit, und es funktioniert wie ein winziger Stabmagnet. Es kann als neutrales Teilchen in eine Materie eindringen, ohne diese zu zerstören.

Das Neutron kann sich jedoch auch wie eine Welle verhalten. Wird es auf ein Objekt geschossen, kehren die Wellen wie beim Wasser zurück. Je nachdem, wie das Objekt beschaffen ist, ergeben sich verschiedenartige Wellenbilder, aufgrund welcher auf die Beschaffenheit der Materie geschlossen werden kann.

Leiten ohne Widerstand

In seiner Dissertation hat Furrer das Material Blei untersucht. «Ziel war es, herauszufinden, unter welchen Bedingungen Strom ohne Verluste durch Blei fliesst. In welcher Form das Material

also zu einem so genannten Supraleiter wird», erklärt Furrer. Dafür wurden Bleikristalle verwendet, weil die Anordnung der Atome in diesem Zustand regelmässig ist. Nur so können die zurückkommenden Wellen richtig interpretiert werden. «Durch Experimente konnte ich bestätigen, dass Abstand und Bewegungen der Atome eine wesentliche Rolle spielen für die Leitfähigkeit. Bei minus 267 Grad Celsius wird Blei zum Supraleiter.»

«Abdampfende» Neutronen

Wie jedoch werden die Neutronen gewonnen? Schliesslich kommen sie frei herumschwirrend in der Natur nur in geringer Anzahl vor. «Eine Möglichkeit ist die Kernspaltung bei Material wie Uran und Plutonium. So wie es in einem Kernreaktor geschieht», sagt Furrer. Die Kernspaltung birgt jedoch die wohl bekannten Gefahren. «Ich wurde deshalb beauftragt, bei der Realisierung einer anderen Neutronenquelle mitzuwirken.»

20 Jahre bedurfte es, um die Quelle zu entwickeln, ihren Bau zu planen und diese Pläne umzusetzen. In einer gut 40 auf 100 Meter grossen Halle steht ein Betonturm, in dem ein Bleitarget mit Protonen beschossen wird. Die Protonen sind leichter zu gewinnen und kommen aus einem Teilchenbeschleuniger. Sie treffen auf das Target, wodurch die Bleikerne stark angeregt werden. «Die Energie wird abgeleitet, indem die Neutronen «abdampfen.» Die entstehende Strahlung wird durch den dicken Betongürtel abgehalten. Damit können die Forschenden gefahrenlos in der Halle arbeiten. «Die abgedampften Neutronen flitzen mit rund 70 Mio. Kilometer pro Stunde weg, was eine viel zu hohe Geschwindigkeit ist, um damit Experimente machen zu können», erklärt Furrer. Sie werden deshalb durch ein so genanntes Moderatormaterial auf 90000 Kilometer pro Stunde abgebremst. Durch Kühlung lassen sich die bereits gebremsten Neutronen auf 7000 Kilometer pro Stunde verlangsamen.

Verspiegelte Kanäle

Durch verspiegelte Kanäle werden die Neutronen in einem Vakuum zu rund 15 Experimentalstationen geleitet, die in der gleichen Halle sind. «Nicht nur die ETH kann hier ihre Tests machen. Wir haben viele Gäste aus dem Ausland. Unsere Neutronenquelle ist weltweit eine der Besten.» Unterdessen bauen die Amerikaner und Japaner je-

doch noch leis-
tungsstär-
kere Quellen,
die auf demsel-
ben Prinzip beruhen.

Nach der Einrichtung der Neutronenquelle konnte sich Furrer an die Erforschung weiterer Materialien machen. Er und ein Kollege suchten nach einer neuen Möglichkeit, Daten zu speichern. Heute wird mit einem dualen magnetischen System gearbeitet. Ein Stabmagnet kann nach oben oder nach unten zeigen. Mit diesen zwei «Zeichen», 0 und 1, können Daten abgespeichert werden.

«Wir brauchten ein magnetisches Molekül, das nicht nur zwei Speichersysteme hat.» Beim Mangan wurden sie fündig. Moleküle bestehend aus zwölf Manganatomen bei minus 240 Grad Celsius weisen 10 Momente auf. «Dies macht die Speicherung von viel mehr Daten auf weniger Raum möglich.» Von der praktischen Nutzung dieser Entdeckung ist man jedoch noch gut zehn Jahre entfernt. «Das Beschreiben des Moleküls mit Informationen ist relativ einfach. Das Ablesen konnte bisher aber nicht bewerkstelligt werden.»

Elektronen paaren sich

Ein ganz anderes Forschungsprojekt führte Furrer weg vom Mangan und hin

konnten ihn jedoch nicht experimentell belegen.

Dieser Effekt trifft auch

bei einer Kupferverbindung ein, wenn man sie auf minus 270 Grad Celsius abkühlt und ein Magnetfeld mit der Stärke von sechs Tesla anlegt. Dabei wird das Kupfer magnetisch, und drei verschiedene Energiezustände können durch die Anregung mit Neutronen nachgewiesen werden. Der Impuls durch die Neutronen und die Energie verhalten sich jeweils in einem bestimmten Verhältnis. Für einen dieser Energiezustände verhalten sich Impuls und Energie linear zueinander, was charakteristisch ist für die Bose-Einstein-Kondensation. Dieser Zustand zeichnet sich durch eine ausserordentlich starke Wärmeleitfähigkeit aus, welche man als Superwärmeleitfähigkeit bezeichnen kann.

Um zu erfahren, ob das Kupfer im beschriebenen Zustand auch supraleitend ist, muss man keine Leitungsmessung machen. «Mit den Neutronen kann ich in die Kupferverbindungen hineinschauen.»

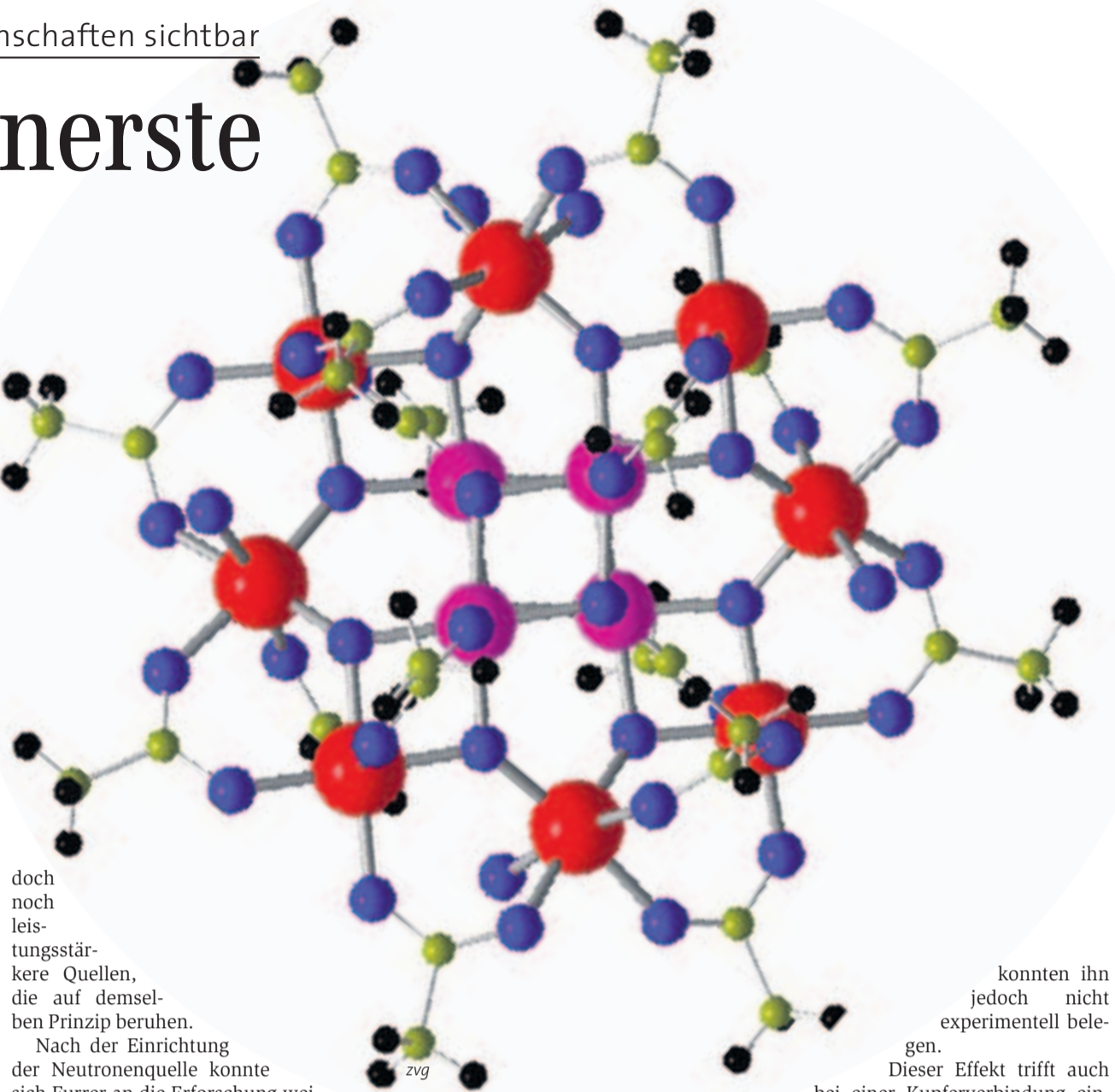
Damit das Wasser schneller kocht

Was bringt nun aber diese Erkenntnis dem normalen Strom- und Wärmeverbraucher? Schliesslich will und kann man die Leitungen zu Hause nicht auf minus 200 Grad Celsius hinunterkühlen. «Wie bei der Entdeckung der Speicherfähigkeit von Mangan, kann das Wissen über die Kupfereigenschaften des täglichen Lebens sein», so Furrer. «Heute geht beispielsweise beim Aufwärmen des Teewassers über die Herdplatte und die Pfanne unheimlich viel Wärme und damit Energie verloren, weil die Leitfähigkeit nicht besonders gut ist.»

Irgendwann in der Zukunft wird dies möglicherweise nicht mehr so sein, wenn man die Leitfähigkeit von Stoffen bei Zimmertemperatur verbessern kann. Bis dahin wird Furrer seinen Diplomandinnen und Diplomanden viele Forschungsthemen übergeben, die vielleicht besser sind als andere.



Albert Furrer leitet verschiedene Neutronen-Experimente im Laboratorium für Neutronenstreuung am Paul Scherrer Institut. Strukturen und Eigenschaften von Materialien wie Mangan (oben) lassen sich durch Neutronenbeschuss genau bestimmen. (Herbert Zimmermann)



WISSENSCHAFT

Unterländer Forschende



In den kommenden Wochen werden in mehreren Folgen Unterländer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den verschiedensten Bereichen vorgestellt. Am 17. Dezember ist eine Seite zum Thema Sinologie erschienen.