



Neutronen auf Schatzsuche

Neue Methoden der Materialdurchleuchtung helfen der Industrie – und schlichten sogar einen Streit zweier Professoren

TEXT: TIM SCHRÖDER

Original oder Fälschung? Über diese Frage streiten seit Jahren zwei Professoren der Archäologie. Es geht um einen Goldschatz, der aus der Bronzezeit stammen soll. Ein Hobbyarchäologe hatte ihn bei Ausgrabungen bei Freising gefunden: ein Diadem, einen Gürtel, mehrere Anstecker und einen mit Gold umwickelten Holzstab.

Die beiden Professoren begutachteten die Kostbarkeiten und kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Der eine hält ihn für eine Fälschung, weil er aus sehr reinem Gold besteht, das sich nur mit modernen industriellen Verfahren herstellen lasse. Der andere beharrt darauf, dass der Schatz echt sei, und kontert, dass man bereits in der Bronzezeit vor mehr als 3000 Jahren mit speziellen Verfahren sehr reines Gold herstellen konnte.

Beide Wissenschaftler veröffentlichten Gutachten und Gegengutachten, um einander von ihrer Sichtweise zu überzeugen – vergeblich. Also holte man Verstärkung: Forscher vom Helmholtz-Zentrum Hereon. Ihr Werkzeug? Kein Pinsel, keine Pinzette, sondern: Neutronenstrahlung.

Denn Neutronen können, was Röntgenstrahlen kaum schaffen: Sie durchdringen selbst extrem dichte Materialien wie Gold. Röntgenstrahlung wird bei so schweren Metallen stark abgeschwächt – das Bild bleibt verschwommen. Neutronen dagegen lassen sich davon kaum beeindrucken. Sie durchleuchten sogar massive Goldobjekte – und das mit erstaunlich feinem Detailblick.

Während Röntgenstrahlen von den Elektronen der Atome gestreut werden, reagieren Neutronen mit den Atomkernen. Die Bilder liefern so besseren

P.M. & HEREON

Das Helmholtz-Zentrum »Hereon« in Geesthacht betreibt Spitzenforschung auf Weltniveau. Jeden Monat berichtet P.M. exklusiv über die neuesten Projekte. Zum Nachhören auch in unserem Podcast »Hereon Academy«



Tim Schröder würde mit Neutronen gerne mal seinen Dachboden durchleuchten, um den lärmenden Marder zu finden, der sich dort versteckt.

Kontrast, zeigen innere Spannungen, Bearbeitungsspuren, sogar winzige Unterschiede im Kristallgitter – also der atomaren Ordnung im Inneren.

Die Methode ist so präzise, dass sich aus der Ablenkung der Neutronen Rückschlüsse auf die Lage der Atome ziehen lassen. Genau das machten die Hereon-Forscher – gemeinsam mit der TU München am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum. Dort steht die Anlage, in der die Neutronen erzeugt werden – und mit der auch der Goldschatz ins Visier genommen wurde. Schicht für Schicht, Atom für Atom.

»In Metallen ordnen sich die Atome in kristallinen Strukturen an«, erklärt Hereon-Physiker Jean-François Moulin. »Auch in Gold. Um Gegenstände aus Gold herzustellen, wird das Gold bearbeitet – zum Beispiel mit Hämmern oder durch Walzen. Je nach Methode werden die Kristalle dabei unterschiedlich verformt.«

Diese charakteristische Verformung lässt sich mit Neutronen erkennen, sodass man feststellen kann, wie das Gold bearbeitet wurde. Und so konnte Jean-François Moulin das Rätsel um den Schatz lösen. Das Gold wurde mit Rundhämmern in Form gebracht, die es bereits in der Bronzezeit gab.

Mit Neutronen lässt sich natürlich nicht nur Gold durchleuchten, sondern jede Art von Materie. Entsprechend vielfältig ist die Arbeit an der Forschungsneutronen-Quelle in München. Die Wissenschaftler haben bereits lebende Pflanzen untersucht und beobachtet, wie Wasser hindurchfließt. Sie haben in versteinerte Dinosaurier-Eier geblickt, um herauszufinden, ob darin Embryonen liegen. Und für einen Autoher-



Das Innere eines Motors: Neutronen können massive Gegenstände durchdringen, sogar die Ventile werden sichtbar. Röntgenstrahlung würde nur einen schwarzen Klotz zeigen

Neutronenquelle weltweit gefragt. Viele Forscher, aber auch Firmen kommen nach Garching, um dort Gegenstände, Material oder neue Produkte untersuchen zu lassen.

Derzeit untersuchen Moulin und seine Kollegen neue Typen von Wasserstofftanks. Die Tanks werden mit speziellen Metallpulvern gefüllt, die große Mengen an Wasserstoff binden und auf kleinem Raum speichern können. Die Herausforderung: Bislang ist unklar, wie das Pulver beim Befüllen der Tanks zusammengepresst wird, was den Fluss des Wasserstoffs behindern könnte. Mit Neutronen lässt sich genau verfolgen, wie sich der Wasserstoff im Tank verteilt.

In einem anderen Projekt wirft das Forschungsteam einen Blick ins Innere von 3-D-gedruckten Metallteilen. Diese entstehen, indem Schicht für Schicht Metallpulver erhitzt, geschmolzen und wieder abgekühlt wird. Dabei könnte es im Material zu inneren Spannungen kommen – ein Problem, das später zu Rissen oder Brüchen führen kann. Auch hier helfen Neutronen weiter: Sie machen unsichtbare Spannungen im Kristallgitter sichtbar – ganz ähnlich wie bei der Analyse des Goldschatzes.

Um den ist der Streit übrigens trotz Neutronen-Analyse noch nicht ganz beigelegt. Zwar weiß man jetzt zweifelsfrei, dass das Gold mit der bronzezeitlichen Hammertechnik hergestellt wurde. Doch sei es denkbar, dass ein Fälscher diese Technik ebenfalls verwendet haben könnte, beharrt der Zweifler. Moulin zuckt die Schultern: »Das muss dann allerdings ein ziemlich guter Fälscher gewesen sein.« ■

steller haben sie einen laufenden Motor durchleuchtet und beobachtet, wie sich darin das Öl verteilt – um zu untersuchen, ob alle Teile perfekt geschmiert sind.

Aber wie entstehen die Neutronen? Dazu wird ein kleiner Reaktor benötigt, in dem durch Spaltung von Uran eine Kettenreaktion ausgelöst wird. Die Kettenreaktion beginnt, indem man Uranatome mit Neutronen beschießt. Durch den Beschuss zerfällt das Uran und setzt neue Neutronen frei. Ein Teil der Neutronen wird benötigt, um die Kettenreaktion in Gang zu halten. Die anderen Neutronen werden durch ein Rohr abgeleitet und für die Materialanalyse genutzt.

Das Faszinierende an Neutronen ist, dass sie mit den Atomen verschiedener chemischer Elemente unterschiedlich stark wechselwirken. Besonders stark reagieren sie auf Wasserstoff, der auch in Kohlenwasserstoffen wie Mineralöl enthalten ist. Deshalb ist es möglich, den Ölfluss in einem Motor zu beobachten. Vor einiger Zeit haben die Forscher sogar in eine Mokka-Maschine geblickt und das kochende Wasser durch die Schläuche rauschen sehen. Weil sie so viele Möglichkeiten bietet, ist die

An der Münchner Neutronenanlage wurde der Goldschatz untersucht. Nur das Innere des Metalls verriet, wie es bearbeitet wurde – und ob es aus der Bronzezeit stammt



FOTOS: MLZ GARCHING, W. GAN/HEREON