

# Mikroskope, die Spannung messen

**Materialwissenschaften.** Auch im Mikrometerbereich sind innere Spannungen wichtig: Heimische Forscher entwickeln Methoden, um diese zu bestimmen.

VON REINHARD KLEINDL

Innere Spannungen in Materialien sind ein wichtiges Thema in vielen Industriezweigen. Im Alltag kennt man die Problematik von Glas, das ohne Vorwarnung springen kann, aufgrund von Spannung, die beim Abkühlprozess entstanden ist. Ähnliche Probleme gibt es bei der Produktion von Eisenbahnschienen oder in der Luftfahrtindustrie. Manchmal sind innere Kräfte sogar gewünscht – sie können die Widerstandsfähigkeit erhöhen. Zur Messung der Spannungen in einem Material gibt es deshalb Standardmethoden. Im Mikrometerbereich, also bei Strukturen mit einer Größe

von etwa einem Tausendstel Millimeter, fehlte es aber bisher an geeigneten Messgeräten. Solche zu entwickeln war das Ziel eines EU-Projekts namens „iStress“.

## Kann in einem Computerchip passieren

Neben Forschungsinstituten aus Deutschland, der Schweiz, Italien und Großbritannien war auch die Montan-Universität Leoben beteiligt. Rostislav Daniel vom Department für Metallkunde und Werkstoffprüfung betont die Wichtigkeit einer Methode, die im Mikrometerbereich funktioniert: „Das typische Beispiel sind mikroelektronische Bauteile. Diese sind normalerweise sehr komplex, dabei werden viele unterschiedliche



Die Forscher nutzen das Synchrotron in Grenoble, das wie eine kleinere Version des LHC am Cern ist. [Reuters]

Materialien in Sandwichbauweise kombiniert. Bei Erhöhung der Temperatur verhalten sie sich unterschiedlich, weil sie verschiedene Ausdehnungskoeffizienten haben. Das kann etwa in einem Computerchip passieren, durch den hohe Ströme fließen. Wenn dieser warm wird, entstehen hohe Spannungen. Dabei können sich Risse bilden und die Bauteile versagen.“

## Die Oberfläche verzieht sich

Bisher gab es nur einige sehr spezielle Messmethoden für kleine Strukturen, etwa die Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen, die nur bei kristallinen Materialien funktioniert. „Die neue Methode, die wir entwickelt ha-

ben, hat den Vorteil, dass man wirklich alle Arten von Materialien untersuchen kann“, erklärt Daniel. Das Prinzip ist nicht schwer zu verstehen: Zuerst wird ein winziges Raster aus Punkten auf das Material aufgebracht. Danach trägt man um diesen Bereich Material ab. Durch die Veränderung der Festigkeit verzieht sich die Oberfläche und mit ihr das Raster.

Diese Verformung lässt sich abbilden, und so kann man die Spannung im Material bestimmen, auch im Inneren des Materials. Diese Eingriffe sind dabei klein genug, um die Funktion von Bauteilen nicht zu beeinträchtigen. Durchgeführt werden all diese Vorgänge mit einem Raster-Elektronenmikroskop.

Dieser Mikroskoptyp verfügt über einen sehr feinen Elektronenstrahl, der über die Probe bewegt werden kann, um sie so Punkt für Punkt abzubilden. Zusätzlich wird eine Ionenquelle benötigt, die schwere, geladene Atome mit hoher Geschwindigkeit abgibt, um damit Material abtragen zu können.

## Messung funktioniert auf Knopfdruck

„Diese Geräte haben sich in den vergangenen Jahren stark weiterentwickelt“, erzählt Daniel. „Sie sind nicht mehr so teuer und inzwischen in der Industrie üblich. Ein Ziel des Projekts war, den Prozess zu automatisieren, sodass die Messung der Spannung mittels Knopfdruck funktioniert. Wir haben ein automatisiertes Modul dafür entwickelt.“

Rostislav Daniel war im Rahmen des Projekts für Präzisionsmessungen zur Kalibrierung der neuen Messmethode zuständig. „Die Methode misst genau genommen nicht die Spannung selbst, sondern die Dehnung des Materials“, sagt der Materialwissenschaftler. „Die genaue Berechnung ist schwierig. Unsere Rolle war, dünne Schichten mit genau definiertem Spannungsprofil auf einem ausgewählten Substratmaterial

“

Mit der neuen Methode kann man wirklich alle Arten von Materialien untersuchen.



Rostislav Daniel, Montanuni Leoben

abzuscheiden. Damit haben wir Referenzproben für die Partner erzeugt, die damit die Methode kalibriert haben.“ Dabei stellt sich die Frage, wie Rostislav Daniel und seine Gruppe selbst die Spannungen in ihren Proben bestimmen konnten. „Wir haben Zugang zu einem Synchrotron in Grenoble“, sagt der Forscher.

## Stark fokussierte Röntgenstrahlung

Dabei handelt es sich um einen ringförmigen Teilchenbeschleuniger, im Prinzip eine kleinere Version des LHC am Cern. Derartige Beschleuniger erzeugen als Nebeneffekt stark fokussierte Röntgenstrahlung, die für Materialforschung wie diese essenziell ist. Damit wurden die Spannungen der Referenzproben bestimmt.

Die Forscher entschieden sich, ihre Methode so allgemein anwendbar wie möglich zu machen. „Wir haben sie so angepasst, dass sie unabhängig vom Gerät ist“, erklärt Daniel. „Sie ist mit jedem Raster-Elektronenmikroskop, das über einen geeigneten Ionenstrahl verfügt, verwendbar. Dafür mussten wir untersuchen, wie sich Ungenauigkeiten verschiedener Mikroskope auswirken.“

„Es handelte sich um ein sehr erfolgreiches Projekt mit hohem wissenschaftlichen Output“, sagt Rostislav Daniel. Zu Buche stehen insgesamt 47 wissenschaftliche Publikationen. In einem Folgeprojekt will man nun mit den neu entwickelten Methoden speziell spröde Materialien untersuchen und sich genauer ansehen, wie man die Zugfestigkeit erhöhen kann. [Foto: privat]

**Eric Kandel**  
Neurowissenschaftler

**Roshi Porkar**  
Modedesignerin

**Arnold Schwarzenegger**  
Politiker, Schauspieler

**Laura Rudas**  
Politikerin

**Jakob Pörtl**  
Basketballspieler

# Außendrin

Aus Österreich kommend, in aller Welt zuhause, schreiben sie morgen die Jubiläumsausgabe.

# morgen

Sie leiten große Hotels, sind international umworbene Köche, erfolgreiche Sportler, Schauspieler, Modeschöpfer, Künstler, Manager und Politiker, haben zum Teil gar keine Staatsbürgerschaft mehr, fühlen sich aber immer noch mit der alten Heimat verbunden. Für die „Presse am Sonntag“ setzen sie sich an die Tasten, um die diesjährige Jubiläumsausgabe zu verfassen.

**Die Presse am Sonntag**