

Forschungsschwerpunkte – Dr. Christoph Kirchlechner

Wie macht man ein Material hart wie Stahl oder weich wie Knete? Welche atomaren Vorgänge sind notwendig, um Materialien bleibend zu verformen, ohne dass sie in Tausende Einzelteile zerfallen? Diese Fragen stehen im Fokus der Forschung von Christoph Kirchlechner und seiner Arbeitsgruppe „Nano- und Mikromechanik“ am Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf. Doch was versteht man unter experimenteller Nanomechanik und wofür braucht man das Ganze?

Die experimentelle Nano- und Mikromechanik studiert das Verformungsverhalten von Materialien. Im Gegensatz zur klassischen Werkstoffprüfung sind die Proben der Mikromechanik sehr klein. Sie haben einen typischen Durchmesser von 100 nm (Nanometer) bis maximal 10 µm (Mikrometer). Das heißt, ein Blatt Schreibmaschinenpapier ist 10-mal dicker als die größte je von Kirchlechner getestete Probe! Damit sind die Proben meist auch zu klein, um mit einem lichtoptischen Mikroskop abgebildet werden zu können – man braucht dafür sogenannte Elektronenmikroskope. Auch die Herstellung der kleinen Proben ist nicht trivial: Hierfür wird ein fokussierter Ionenstrahl verwendet. Im Anschluss werden die Proben im Rasterelektronenmikroskop verformt. Die Verformungsapparatur kann dabei Verschiebungen im Sub-Nanometer-Bereich aufbringen und gleichzeitig die dafür notwendigen Kräfte messen. Diese sind im Bereich von wenigen 50 µN bis zu 3 mN (Mikro- bzw. Millinewton), was in etwa der Schwerkraft einer einzelnen Daunenfeder beziehungsweise einem Zehntel eines Gummibärchens entspricht.

Der Schwerpunkt von Christoph Kirchlechner ist die sogenannte In-situ-Mikromechanik, bei der die Verformungsvorgänge „live“ studiert werden und damit eine Korrelation der strukturellen Eigenschaften (und deren Entwicklung) mit dem mechanischen Verhalten ermöglicht wird. Beispielsweise wird die Formänderung während der plastischen Verformung im Rasterelektronenmikroskop verfolgt und dadurch unter anderem die Entstehung eines Risses beobachtet. Noch exotischer ist die synchrotronbasierte mikro-Laue-Beugung: Dabei werden die kleinen Proben mit einem hochenergetischen Röntgenstrahl beleuchtet, wodurch atomare Defekte – sogenannte Versetzungen – abgebildet werden können. Durch diese einzigartige Methode erhält Kirchlechner Einblicke in das Verhalten weniger Versetzungen. Genauer gesagt kann er beobachten, wie diese miteinander wechselwirken, welche Kräfte notwendig sind, um Versetzungen durch das Kristallgitter zu schieben, und welchen Einfluss Korn- und

Phasengrenzen bei der Wanderung der Versetzungen haben. Zahlreiche theoretische Vorhersagen der vergangenen 70 Jahre können auf diese Weise experimentell überprüft werden, wodurch ein sehr tiefes Verständnis der grundlegenden Verformungsvorgänge in Werkstoffen gewonnen werden kann. Im Bereich der synchrotronbasierten mikro-Laue-Beugung gelten Christoph Kirchlechner und seine Arbeitsgruppe als Pioniere und weltweite Vorreiter.

Doch was bringt das alles unserer Gesellschaft? In Wahrheit ist es überhaupt nicht schwierig, einen Werkstoff hart wie Stahl zu machen. Es ist auch ein Kinderspiel, einen Werkstoff butterweich und verformbar zu machen. Die Kombination allerdings, also ein harter Werkstoff, der gleichzeitig verformbar ist, ist derzeit unmöglich. Nur ein grundlegendes Verständnis der Verformungsvorgänge auf atomarer Ebene erlaubt gezielte Legierungs- und Strukturkonzepte für derartige schadenstolerante Werkstoffe. Hierdurch können in Zukunft Bauteile unseres täglichen Lebens – etwa Teile des Automobils oder in Flugzeugen – sicherer und umweltfreundlicher werden.