

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

# RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

*Schwerpunkt Metropolen*

## WIE HACKER GANZE STÄDTE LAHMLEGEN

METROPOLE RUHR: WAS SCHILDER  
ÜBER DIE MENSCHEN VERRATEN

MYTHOS NEW YORK: WIE TRAUM  
UND WIRKLICHKEIT ENTSTEHEN



UA RUHR

# 27  
Jahrgang

Nr. 2 | 2017

# EIGENSCHAFTEN VON MATERIALIEN VORHERSAGEN

*Selbst wenn es darum geht, ein großes Blech zu einem Autodach zu formen, spielen Prozesse auf der Ebene weniger Mikrometer eine Rolle.*

**S**tahlbleche werden in den seltensten Fällen in Form einer flachen Platte benötigt. Praktisch ist ja gerade die Tatsache, dass sie biegsam sind. Daher wird das Material in der Industrie zu allen möglichen Formen weiterverarbeitet. Was dabei auf der Größenskala von weniger als einem Millimeter passiert, interessiert die Ingenieure des Materials-Chain-Verbundes in der Universitätsallianz Ruhr (UA Ruhr). Genauer gesagt entwickeln die Forscher Modelle, die basierend auf der Mikrostruktur eines Materials dessen Verhalten beim Umformprozess voraussagen können. Wird das Material besonders biegsam sein? Wie genau verformt sich der Werkstoff? Verformt er sich gleichmäßig oder an manchen Stellen mehr, an anderen weniger?

Das skalenübergreifende Arbeiten ist eine Spezialität des UA-Ruhr-Verbundes Materials Chain. Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus Bochum, Dortmund und Duisburg-Essen erforschen den gesamten Prozess von der Entwicklung neuer Werkstoffe auf der Nanoskala bis hin zur Fertigungstechnik und Anwendung. Dabei kombinieren sie experimentelle Methoden mit Computersimulationen.

Prof. Dr. Alexander Hartmaier vom Bochumer Interdisciplinary Center for Advanced Materials Simulation (ICAMS), Prof. Dr. Jörg Schröder vom Duisburg-Essener Institut für Mechanik der Bauwissenschaft und Prof. Dr. Dr. Erman Tekkaya vom Dortmunder Institut für Umformtechnik und Leichtbau kooperieren für das Projekt zur Umformung. In bislang existierenden Modellen, die die Prozesse beim Umformen von Materialien beschreiben, wird die Mikrostruktur eines Werkstoffs nicht beachtet. „Dabei beeinflusst sie die makroskopischen Eigenschaften eines Materials“, sagt der Bochumer Ingenieur Dr. Napat Vajragupta von ICAMS.

## **Vorhersage funktioniert in zwei Richtungen**

Mit der Mikrostruktur ist die Zusammensetzung eines Werkstoffs auf der Mikrometerebene gemeint. Stahl zum Beispiel, wie er in der Autoindustrie zum Einsatz kommt, ist nicht gleichförmig aufgebaut. Schaut man sich einen Ausschnitt von 100 mal 100 Mikrometern unter dem Mikroskop an, so erkennt man eine körnige Struktur, wobei die Größe der Körner variieren kann. Je nach Material kann es auch mehrere Arten von Körnern geben: Sie unterscheiden sich in der Kristallstruktur, also in der Art, wie die einzelnen Atome im

Raum angeordnet sind. Charakteristisch für den Werkstoff ist dann auch, in welchem Mengenverhältnis die verschiedenen Körner enthalten sind und wie sie sich verteilen.

Warum aber ist es wichtig, diese Mikrostruktur zu kennen? Was ist der Vorteil zu bereits existierenden Modellen, die das Verhalten eines Materials bei Verformung voraussagen? Modelle, die die Mikrostruktur außen vor lassen, müssen für jeden neuen Werkstoff aufwendig mit Parametern gefüttert werden. Das soll mit den neuen Modellen, die das Materials-Chain-Team entwickelt, anders sein. Ziel des Projekts ist es außerdem, dass das Verfahren in zwei Richtungen funktioniert. Zum einen wollen die Forscher basierend auf der Mikrostruktur die makroskopischen Eigenschaften eines Werkstoffs voraussagen, also sein Verhalten bei der Umformung. Zum anderen wollen sie aber auch ausgehend von einer Anwendung den passenden Werkstoff maßschneidern können. „Wenn man weiß, welche Eigenschaften ein Material haben soll, sollen unsere Modelle vorhersagen, wie die Mikrostruktur dafür beschaffen sein muss“, erklärt Vajragupta.

## **Mikrostruktur charakterisieren**

Die Entwicklung eines solchen Modells beginnt mit experimentellen Tests, in denen die Forscher die Mikrostruktur eines bestimmten Materials charakterisieren, zum Beispiel von Dualphasen-Stahl. Er enthält zwei verschiedene Kornarten mit unterschiedlichen Kristallstrukturen. Die Ingenieure erfassen das Mengenverhältnis und die Verteilung der beiden Kornarten und wie viele Körner welcher Größe enthalten sind. Außerdem testen sie, wie der Stahl auf äußeren Druck reagiert. Mit einer winzigen Spitze drücken sie die Oberfläche ein und beobachten, wie sich das Kristallgitter dabei verformt – und zwar abhängig davon, von welcher Seite sie auf die Kristallstruktur drücken.

Anhand all dieser Informationen erstellen sie dann eine virtuelle Repräsentation der Mikrostruktur im Computer. „Das geht inzwischen mit einem Klick“, erzählt Napat Vajragupta. „Natürlich laufen dahinter komplizierte Algorithmen ab, aber wir haben das Verfahren so konzipiert, dass es für den Anwender einfach zu bedienen ist.“ Die Plattform, mit der die Ingenieure die Repräsentation der Mikrostruktur erstellen, optimieren sie kontinuierlich weiter, sodass die virtuellen Modelle die reale Mikrostruktur immer besser abbilden. ▶



Basierend auf experimentellen Daten erstellt Napat Vajragupta virtuelle Repräsentationen der Mikrostruktur.



Alexander Hartmaier bereitet eine Probe für die Elektronenrückstreubeugung vor. Mit dieser Methode können die Ingenieure die Mikrostruktur einer Probe bestimmen.

## Intelligentes Bauen verbindet Menschen.

Bauen mit Herz und Verstand. Jedes Projekt ist anders und muss individuell geplant und ausgeführt werden. Das Können und der Einsatz jedes Einzelnen entscheiden hier über den Erfolg. Seit mehr als 145 Jahren steht die PORR für höchste Kompetenz in allen Bereichen des Bauwesens – denn Fachwissen, Engagement und Teamgeist machen sich immer bezahlt. [porr-deutschland.de](http://porr-deutschland.de)

powered by

**PORR**



# TEAMS WORK.

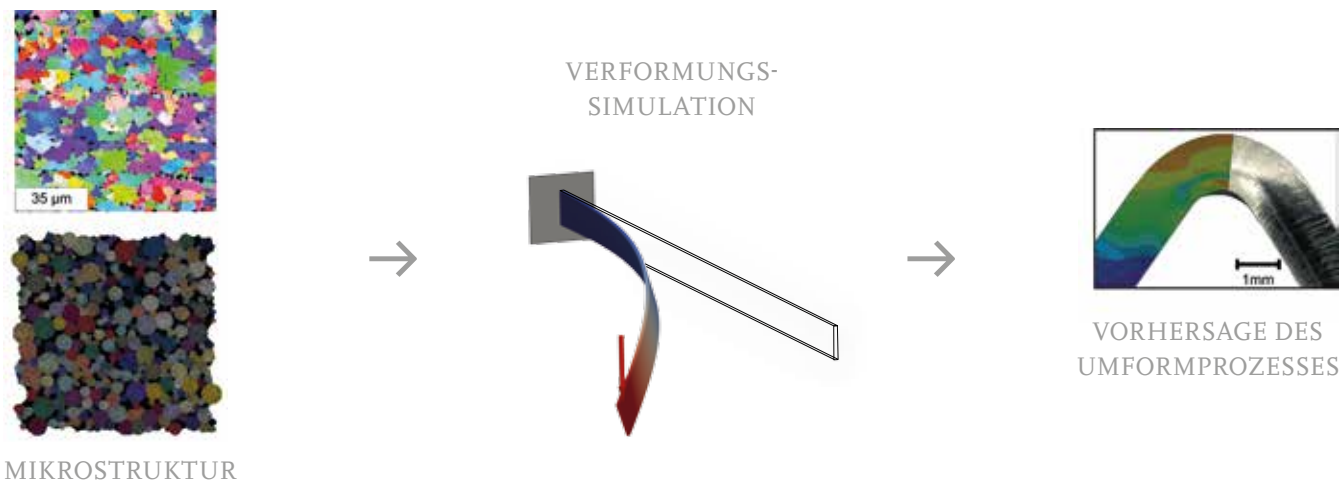
### Weil Erfolg nur im Miteinander entstehen kann.

Die STRABAG-Gruppe, mit ihren stärksten Marken STRABAG und ZÜBLIN, ist mit einer Leistung von rund 14 Mrd. € und jährlich mehr als 15.000 Projekten einer der führenden europäischen Technologiekonzerne für Baudienstleistungen. Ohne Teamarbeit – über geografische Grenzen und Fachgebiete hinweg – wäre dies nicht möglich. Ergreifen Sie die Initiative und steigen Sie bei uns ein: über unser Traineeprogramm, ein Praktikum oder direkt im gewünschten Job. Werden Sie Teil unseres Teams. Wenn wir gemeinsam an einem Strang ziehen, dann sind die Möglichkeiten grenzenlos – auch hinsichtlich Ihres persönlichen Karrierewegs.



**ZÜBLIN STRABAG**  
TEAMS WORK.





Oben links ist die Mikrostruktur eines Werkstoffs basierend auf einer mikroskopischen Aufnahme zu sehen; Körner unterschiedlicher Kristallorientierung sind in verschiedenen Farben gezeigt. Darunter ist das zugehörige Mikrostrukturmodell abgebildet. Mithilfe von Verformungssimulationen (Mitte) können die Forscher vorhersagen, wie sich ein Werkstoff mit dieser Mikrostruktur in dem Prozess verhalten wird (rechts). (Grafik: Napat Vajragupta, Sascha Maassen, Dominik Brands, Johannes Gebhard, Florian Gutknecht, Till Clausmeyer)

Ist die Mikrostrukturrepräsentation erstellt, lassen die Forscher das Material einen virtuellen Test durchlaufen: Sie simulieren, wie sich der Werkstoff mit dieser Struktur verhalten würde, wenn verschiedene äußere Kräfte auf ihn wirken. Zum Beispiel wenn er zusammengedrückt oder auseinandergezogen wird oder wenn Scherkräfte auf ihn wirken. Dieses Wissen kann nützlich sein, um herauszufinden, ob ein Material für eine bestimmte Anwendung geeignet wäre – etwa um in ein Autodach umgeformt zu werden. Anhand des Modells wollen die Wissenschaftler künftig aber auch besser verstehen, wie die Mikrostruktur die Eigenschaften eines Materials bestimmt.

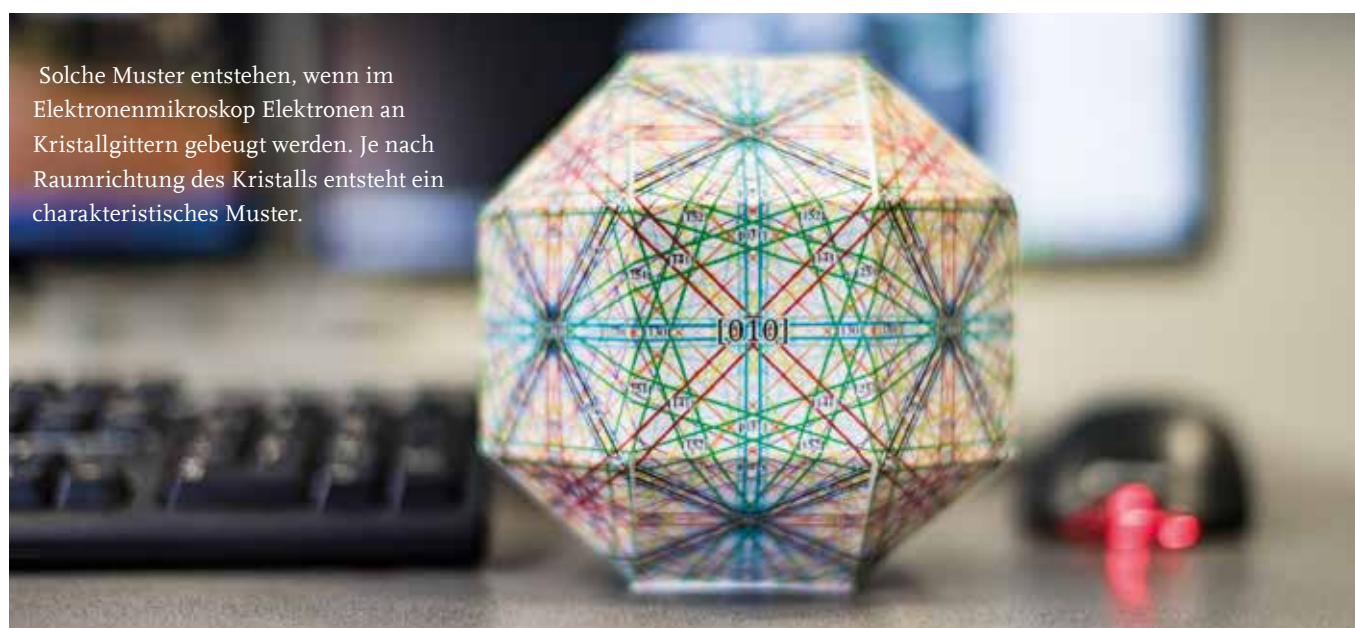
### Komplexe Belastungen simulieren

Beim Simulieren des Umformprozesses legen die Ingenieure besonderes Augenmerk darauf, wie sich das Material in verschiedene Raumrichtungen verformt und wo es zur Rück-

federung kommt. Auch das hängt mit der Mikrostruktur zusammen. Denn je nachdem von welcher Seite man auf die Kristallstruktur drückt, kann sich das Material unterschiedlich stark verformen.

Das Vorhersagemodell funktioniert bereits gut für einfache Belastungsszenarien, etwa wenn man annimmt, dass der Werkstoff nur Scherkräften ausgesetzt ist. Wird aber in der Industrie ein Stahlblech umgeformt, ist die Belastung viel komplexer: Es wirken nicht einfach nur Scherkräfte; oft wird das Material gleichzeitig auch auseinandergezogen oder gestaucht – und die Belastung ändert sich ständig. Die Teams an den Universitäten Dortmund und Duisburg-Essen arbeiten an Modellen und Verfahren, die solche komplexen Belastungsszenarien sowohl im Experiment als auch in computergestützten Simulationen abbilden können.

*Text: jwe, Fotos: dg*



Solche Muster entstehen, wenn im Elektronenmikroskop Elektronen an Kristallgittern gebeugt werden. Je nach Raumrichtung des Kristalls entsteht ein charakteristisches Muster.

# REDAKTIONSSCHLUSS

Die Rubin-Redaktion kümmert sich nicht nur um das Wissenschaftsmagazin, sondern hat in den vergangenen Monaten gemeinsam mit verschiedenen Forschern der RUB auch einen Kalender für das Jahr 2018 auf die Beine gestellt – mit Fotos von Exkursionen in entlegene Ecken der Welt. Metropolen stehen dabei zwar nicht im Vordergrund. Aber diese Nachtaufnahme von André Baumeister aus Kapstadt hat es in die Auswahl geschafft. Der Kalender ist erhältlich im Unishop der RUB, im Blue Square Store in der Bochumer Innenstadt sowie in verschiedenen Bochumer Buchhandlungen.

➔ [www.news.rub.de/mitgereist](http://www.news.rub.de/mitgereist)



## IMPRESSUM

**HERAUSGEBER:** Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum

**WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT:** Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Reinhold Gleis (Philologie), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Michael Hübner (Elektrotechnik/Informationstechnik), Prof. Dr. Wolfgang Linke (Medizin), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizin), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Andreas Ostendorf (Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuchs), Prof. Dr. Michael Roos (Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Tom Schanz (Bau- und Umweltingenieurwissenschaften), Prof. Dr. Michael Wala (Geschichtswissenschaft)

**REDAKTIONSANSCHRIFT:** Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, Fax: 0234/32-14136, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

**REDAKTION:** Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Raffaella Römer (rr)

**FOTOGRAFIE:** Damian Gorczany (dg), Hofsteder Str. 66, 44809 Bochum, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

**COVERFOTO:** Roberto Schirdewahn

**BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS:** Teaserfotos für die Seiten 16, 54, 58: Damian Gorczany; Teaserfoto für die Seite 20: NASA JPL-Caltech; Teaserfotos für die Seiten 38 und 44: Roberto Schirdewahn

**GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ:** Agentur der RUB, [www.rub.de/agentur](http://www.rub.de/agentur)

**DRUCK:** VMK Druckerei GmbH, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-110, [www.vmk-druckerei.de](http://www.vmk-druckerei.de)

**AUFLAGE:** 7.000

**ANZEIGENVERWALTUNG UND -HERSTELLUNG:** VMK GmbH & Co. KG, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-0, [www.vmk-verlag.de](http://www.vmk-verlag.de)

**BEZUG:** RUBIN erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter [rubin.rub.de/abonnement](http://rubin.rub.de/abonnement).

**ISSN:** 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren