

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN



Schwerpunkt

UNTER DER ERDE

KLIMA: WELCHE GEFAHR UNTER DEM WALD LAUERT
U-BAHN: WIE MAN DEN BESTEN FLUCHTWEG FINDET
BIBEL: WAS UNS IN DER HÖLLE ERWARTET

28
Jahrgang

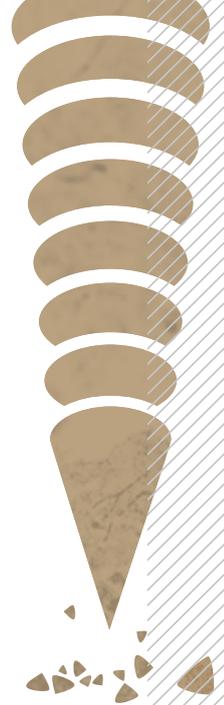
Nr. 2 | 2018





Tunnelbau

GEGEN FURCHEN, RISSE UND MATERIAL- BRUCH



Wer den Verschleiß unterirdischer Tunnelbaufabriken besser versteht, kann ihn hinauszögern und den Tunnelbau effizienter gestalten.

Wenn ein neuer Tunnel gebaut werden soll, stehen die Bauherren vor einem Dilemma: Damit der Bau kostengünstig ist, sollte er möglichst schnell gehen. Je schneller sich aber eine Tunnelbaumaschine durch die Erde bohrt, desto mehr werden die Werkzeuge belastet und verschleifen verstärkt. Das Optimum zwischen schnellem Bau und schonender Bauweise zu finden, helfen Ingenieure der RUB, die im Sonderforschungsbereich 837 an vielen verschiedenen Aspekten des Tunnelbaus forschen.

Arne Röttger vom Institut für Werkstoffe hat dabei besonders die Werkzeuge im Blick, die an der sogenannten Ortsbrust arbeiten. „Man muss sich vorstellen, dass sich beim Tunnelbau eine fahrende Fabrik durch das Erdreich arbeitet“, beschreibt er. An der Ortsbrust wird der anstehende Boden abgebaut. Das Schneidrad ist dabei das vordere Ende einer mitunter bis zu 200 Meter langen und bis zu 17 Meter hohen Tunnelbaumaschine. Schälmesser und Schneiddisken sind je nach Bodenbeschaffenheit auf einem Schneidrad montiert. Die einen schaufeln lockere Erdschichten weg, die anderen verursachen Risse in festem Gestein und bewirken so den Bodenabbau.

Unterschiedlich schneller Verschleiß

Der Abraum wird abtransportiert, der entstehende Hohlraum direkt mit gewölbten Betonteilen, sogenannten Tübbing, ausgekleidet und der Spalt zwischen Erdreich und Betonbefestigung wird mit Spritzbeton verfüllt. „Gerade der Bodenabtransport und die entgegengesetzten Materialströme der benötigten Materialien zum Tunnelausbau in Richtung der Ortsbrust sind eine logistische Meisterleistung“, sagt Arne Röttger. „Je nachdem, wie das Erdreich beschaffen ist, ver- ▶

Arne Röttger baut eine Werkstoffprobe in ein Rasterelektronenmikroskop ein.

schleifen die Werkzeuge an der Ortsbrust unterschiedlich schnell und in unterschiedlicher Art und Weise“, erklärt er. Weichere Metallteile zum Beispiel werden von harten Bodenbestandteilen geritzt oder gepflügt. In harten Werkstoffen bilden sich Risse, die sich bei anhaltender Belastung ausbreiten und zum sogenannten katastrophalen Versagen führen können: zum Bruch des ganzen Werkstücks. Um solch einen Bruch zu vermeiden, ist es auch wichtig zu wissen, ob und wo sich Findlinge im Boden befinden. Diese großen Steine können die Abbauwerkzeuge durch schlagende Beanspruchung zerstören. Um sie vorab zu finden, erkunden die Ingenieure und Geowissenschaftler den Baugrund, bevor sie mit dem Tunnelbau beginnen.

Verschleiß der Werkstoffe besser verstehen

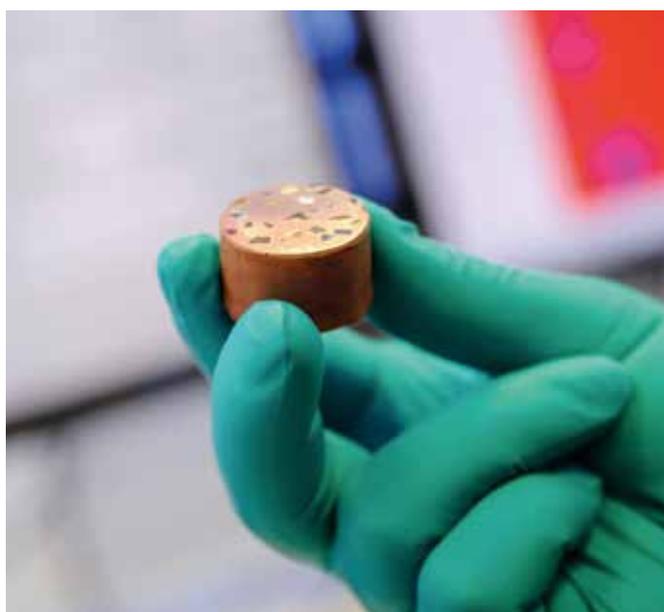
Müssen Werkzeuge an der Tunnelbaumaschine ausgetauscht werden, ist das mit viel Aufwand und daher mit hohen Kosten verbunden: Die Vortriebsmaschine muss zurückgefahren werden, Techniker müssen in den unfertigen Tunnel vor der Ortsbrust und unter gefährlichen Bedingungen teils

bei Überdruck arbeiten. „Wir versuchen deswegen, den Verschleiß solcher Werkstoffe besser zu verstehen“, sagt Arne Röttger. Das ermöglicht eine bessere Prognose des Verschleißes. „Man sieht ja nicht, in welchem Zustand die Werkzeuge sind“, erklärt der Bochumer Forscher. „Wir wollen gerne dahin kommen, sagen zu können, nach wie vielen Kilometern die Abbauwerkzeuge jeweils gewechselt werden müssen, damit sie nicht prophylaktisch zu früh, aber auch nicht erst bei Leistungsverlust der Maschine ausgetauscht werden.“ Darüber hinaus entwickeln die Ingenieure optimierte Werkstoffe für unterschiedliche Beanspruchungen.

Grundlegend dafür ist die Vorstellung, dass nicht nur die Vortriebsmaschine auf die Erde einwirkt, sondern dass die Erde auch zurückwirkt, und weitere Faktoren Einfluss auf das Ganze nehmen, zum Beispiel die Geschwindigkeit des Tunnelvortriebs, die Eigenschaften des Bodens oder zusätzliche Stoffe, die als sogenannte Konditionierungsmedien in den Boden eingebracht werden, um ihn günstig zu beeinflussen. Dieses Zusammenspiel bezeichnen die Forscher als tribologisches System. Arne Röttger und seine Kolleginnen und

So lang kann eine Tunnelbaumaschine sein.

2000 Meter



In ein elektrisch leitfähiges Phenolharz sind mehrere Proben eingebettet. So können sie metallkundlich mittels Elektronenmikroskopie untersucht werden.

Kollegen erarbeiten maßgeschneiderte Werkstoffe für verschiedenste Beanspruchungen. Dabei geht es zum Beispiel darum, die Zusammensetzung der Werkstoffe, aber auch deren Geometrie besser anzupassen, um sowohl den Abbauprozess zu optimieren als auch den Werkzeugverschleiß zu mindern. „Die meisten Werkzeuge für Lockergestein sind Werkstoffverbunde“, erklärt Arne Röttger. „Das Substrat ist ein hochfester Stahl. Aufgeschweißt oder eingelötet werden lokale Panzerungen, die solche Stellen verstärken, an denen die Belastung besonders groß ist.“ Für einen zusätzlichen Verschleißschutz werden sogenannte Hartlegierungen, Hartverbundwerkstoffe oder Hartmetalle mit teils keramikähnlichen Eigenschaften eingearbeitet.

Werkstoffe gezielt designen

Wichtig ist dabei das richtige Gleichgewicht: Je härter ein Material, desto spröder, also anfälliger für Risse ist es. Weichere Materialien sind zwar nicht so widerstandsfähig gegen das Ritzen durch hartes Gestein, dafür aber zäher und brechen nicht so leicht. Die Beschaffenheit der Werkstoffe lässt sich außerdem durch das Herstellungsverfahren und durch eine Wärmebehandlung beeinflussen. „Speziell durch die Wär-



Alles im Blick: Die Monitore erlauben es, die Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop zu überwachen und zeigen die Ergebnisse.

mebehandlung können wir die Mikrostruktur des Materials und die damit verbundenen Eigenschaften wie Materialhärte und Zähigkeit gezielt einstellen“, beschreibt Röttger. Um verschiedene Werkstoffe experimentell zu prüfen, haben die Forscherinnen und Forscher im Labor einen Versuchsaufbau, bei dem ein Diamantindenter die zu prüfende Materialoberfläche ritzt. „Unter dem Elektronenmikroskop kann man deutlich erkennen, dass der Diamantindenter das weichere Metall ritzt, hingegen durch die harten, keramikähnlichen Gefügebestandteile aus dem Verbundgefüge herausgehoben wird“, so Arne Röttger. Je nachdem, welche Eigenschaften der Boden hat, durch den die Maschine fahren soll, wählt man den entsprechenden Werkstoff aus, der sich ihm möglichst lange entgegensetzen kann. „So kann man den Werkstoff an den jeweils dominierenden Schädigungsmechanismus anpassen, also gezielt designen“, erklärt Arne Röttger.

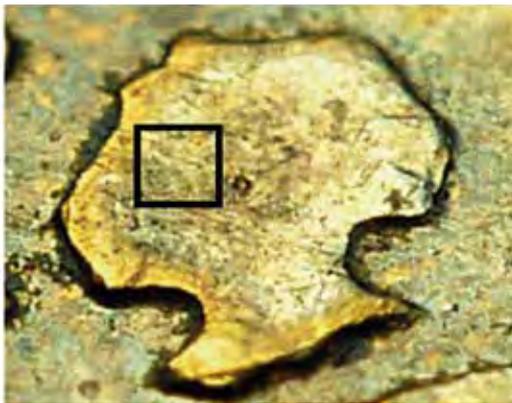
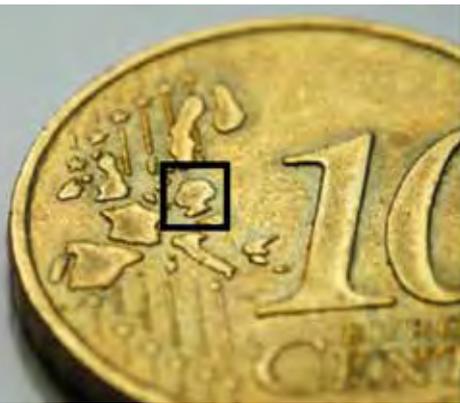
Text: md, Fotos: rs

SONDERFORSCHUNGS- BEREICH 837



Am Sonderforschungsbereich 837 „Interaktionsmodelle für den maschinellen Tunnelbau“ sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Fakultäten für Bau- und Umweltingenieurwissenschaft, Maschinenbau und den Geowissenschaften beteiligt. Sie erforschen neben der Interaktion zwischen Boden und Werkstoff unter anderem auch, wie sich die Beschaffenheit des Bodens vorab erkunden lässt, wie sich der anstehende Boden auch unter kontinuierlichem Bodenabbau zuverlässig stützen lässt, wie man mögliche Schäden durch den Bau eines Tunnels an der Oberfläche vorhersagen und vermeiden kann und wie die Befestigung von Tunneln optimiert werden kann. Der Sonderforschungsbereich wird seit 2010 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der RUB gefördert und ist inzwischen in der dritten Förderperiode.

REDAKTIONSSCHLUSS



Dieses Zehn-Cent-Stück, das auf den ersten Blick ganz gewöhnlich aussieht, ist etwas Besonderes. Mitten in Deutschland beherbergt es den wohl kleinsten Förderturm der Welt, der mit gerade einmal 25 Mikrometern Breite dünner ist als ein menschliches Haar. Das Team vom Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik hat ihn mit der Zwei-Photonen-Polymerisation – einer Art Mikro-3D-Druck – auf die Münze aufgebracht. Bei dem Verfahren belichtet ein Laserstrahl einen Tropfen Fotolack an genau den Stellen, die durch ein dreidimensionales Computermodell vorgegeben werden. Überall dort, wo belichtet wird, härtet der Fotolack aus.

Den Förderturm haben die Lasertechniker nur zu Anschauungszwecken hergestellt. Im Laboralltag produzieren sie mit der Methode allerhand mikroskopisch kleine Bauteile. Mithilfe einer sogenannten optischen Pinzette können diese dann zum Beispiel zu einem funktionellen System zusammgebaut und bewegt werden. Die Zukunftsvision des Lehrstuhls ist dabei die Entwicklung eines Mikroroboters.

➔ news.rub.de/optische-pinzette



© RUB, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik

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. Constantin Goshler (Geschichtswissenschaft), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Michael Hübner (Elektrotechnik/Informationstechnik), 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 Nachwuch), Prof. Dr. Michael Roos (Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Martin Werding (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

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)

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

COVER: Roberto Schirdewahn

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 12, 18 und 34: Damian Gorczany; Teaserfotos für die Seiten 22, 46 und 54: Roberto Schirdewahn

GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur der RUB, www.rub.de/agentur

DRUCK: VMK Druckerei GmbH, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-110, www.vmk-druckerei.de

AUFLAGE: 4.700

ANZEIGENVERWALTUNG UND -HERSTELLUNG: VMK GmbH & Co. KG, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-0, 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. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren