

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



MONTZ-Engineeringleistungen

Turnkey-Anlagen von der Idee bis zur Inbetriebnahme



Prozesstechnik & Anlagenbau

Anlagenengineering
Turnkey-Anlagen
Energie- & Prozessoptimierung
Kapazitätserweiterung

Strukturpackungen

Gewebepackung
Blechpackung
BSH-Packung
Hochleistungspackung

Kolonneneinbauten

Flüssigkeitsverteiler
Dampfverteiler
Flüssigkeitsfänger
Flash-Boxen

Stoffaustauschböden

THORMANN®-Boden
Tunnelboden
Kreuzstromboden Typ KSG
Weitere auf Anfrage

Kolonnen & Apparate

Trennwandtechnologie
Trennwandkolonnen
Miniplantkolonnen
Wärmetauscher

Service

Montagen
Supervision
Stillstandservice
Umrüstungen

AUS DER REDAKTION

Ein Ortsausgangsschild und dann lange nichts – das gibt es im Ruhrgebiet nicht. Zehn Minuten mit der Bahn in die eine Richtung, und die Nachbarstadt ist erreicht, eine Viertelstunde auf dem Fahrrad in die andere Richtung und man ist in der nächsten. Wie das in Metropolen so ist. Noch nicht in allen Belangen ist es den Städten des Ruhrgebiets gelungen, sich gemeinsam als Metropole zu verstehen und entsprechend zu agieren. Die Universitäten Bochum, Dortmund und Duisburg-Essen aber haben den Schritt zur Gemeinsamkeit vollzogen: Gemeinsame Forschungsprojekte, gemeinsame Förderprogramme, gemeinsame Professuren und Institutionen überbrücken die kleinen Distanzen zwischen den drei Standorten inzwischen seit zehn Jahren. Was würde da näher liegen, als sich auf ein gemeinsames Kompetenzfeld zu verständigen, auf dem jede der drei Hochschulen ihre Stärken voll ausspielen und die Allianz auch noch den eigenen Standort als Experimentierfeld nutzen kann? Die Metropolenforschung ist ein ausgewiesenes Steckenpferd der Universitätsallianz Ruhr, kurz UA Ruhr. Für diese der UA Ruhr gewidmete Ausgabe haben Forscherinnen und Forscher uns in ihre Kooperationsprojekte auf dem Gebiet der Metropolenforschung, aber auch auf anderen Gebieten Einblicke gewährt. Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Meike Drießen für das Redaktionsteam

Dortmund

Bochum

Essen

Duisburg

Foto: dg

RUBIN IM NETZ



Alle Rubin-Artikel im Newsportal der RUB:
news.rub.de/rubin

INHALT

- 03 Aus der Redaktion
- 06 Forschung in Bildern
- 10 Wissenshäppchen
- 12 *Radar*
Unsichtbares sichtbar machen
- 16 *Proteinforschung*
Leberkrebs richtig einschätzen
- 20 *Astrophysik*
Botschafter von den extremen Orten
des Universums
- 23 *Astrophysik · Im Gespräch*
„Selbst die Taschenlampe war zu hell“



- 24 *Schwerpunkt*
METROPOLEN
- 26 *Mehrsprachigkeit*
Ausgang – Exit – Sortie
- 30 *Wasserforschung*
Treibhausgase aus der Kläranlage
- 33 *Wasserforschung · Ausblick*
Kleinkläranlagen in der Stadt
- 34 *Energieforschung*
Strom speichern unter der Erde
- 38 *IT-Sicherheit*
Wie Hacker ganze Städte lahmlegen
- 44 *Amerika*
Städte im Wandel





47 *Fortschrittskolleg · Im Gespräch*
Was das Quartier zum Energiesparen beitragen kann

48 *Geografie*
Was Unternehmen für ihre Region tun

52 *Universitätsallianz Ruhr*
Kompetenzfeld Metropolenforschung

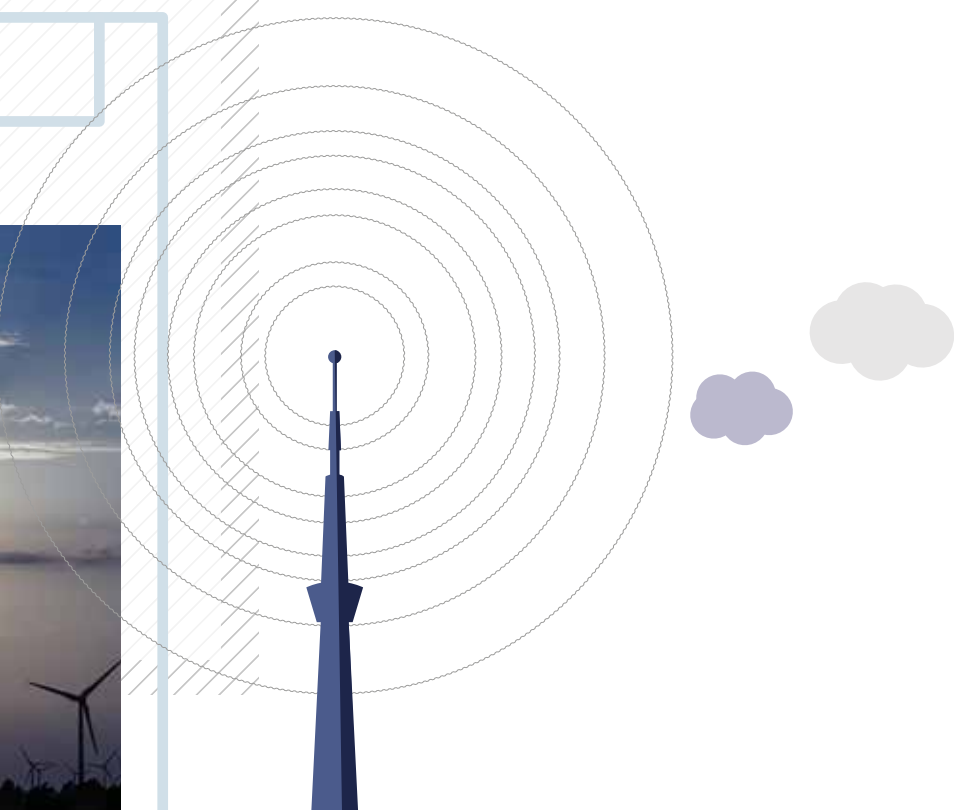
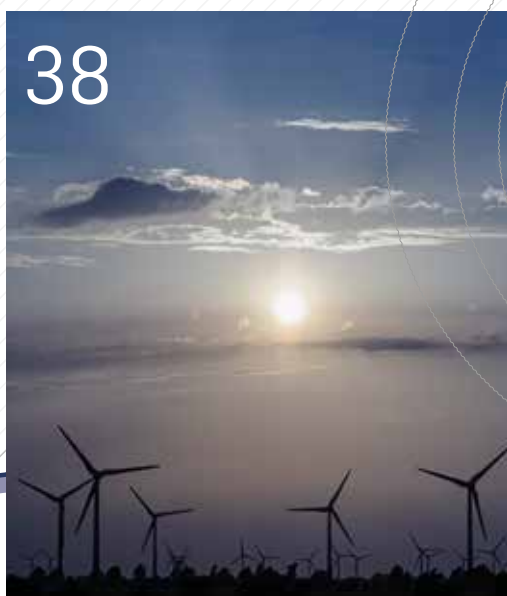


54 *Werkstoffe*
Eigenschaften von Materialien vorhersagen

58 *Lebende Zellen*
Chemie auf engem Raum

61 *Proteine*
Therapieansatz für Chorea Huntington

62 **Redaktionschluss**



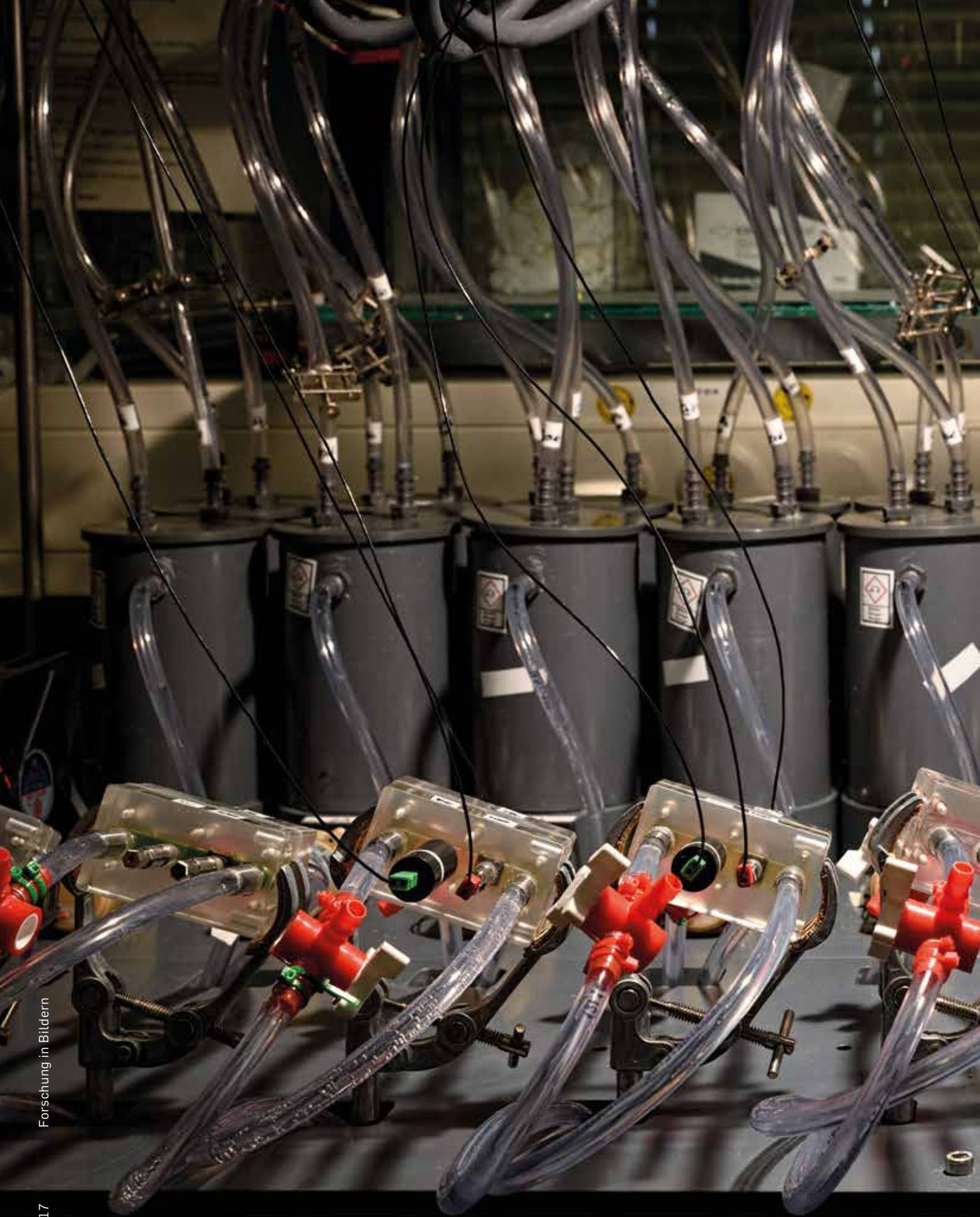
NATURVORLAGE

Die Natur ist öfter mal Inspirationsquelle für ingenieurtechnische Anwendungen. Forscher der Universitätsallianz Ruhr wollen zum Beispiel die Leichtbauprinzipien von Knochen nutzbar machen. Die Teams vom Bochumer Lehrstuhl für Produktentwicklung und vom Dortmunder Lehrstuhl für Mechanik, Statik und Dynamik haben bereits ein Modell entwickelt, das so funktioniert wie ein menschlicher Arm. Das Verblüffende: Obwohl äußere Lasten auf den Arm wirken, verbiegen sich die Knochen kaum. Der Trick ist, dass die bewegungsausführenden Muskeln, Beuger und Strecker, gleichzeitig aktiv sind. Durch ein abgestimmtes Zusammenspiel der Muskeln ist die Biegebelastung minimal. Aus dem Prinzip könnte eines Tages ein stabiler Roboterarm entstehen.

(Foto: rs)



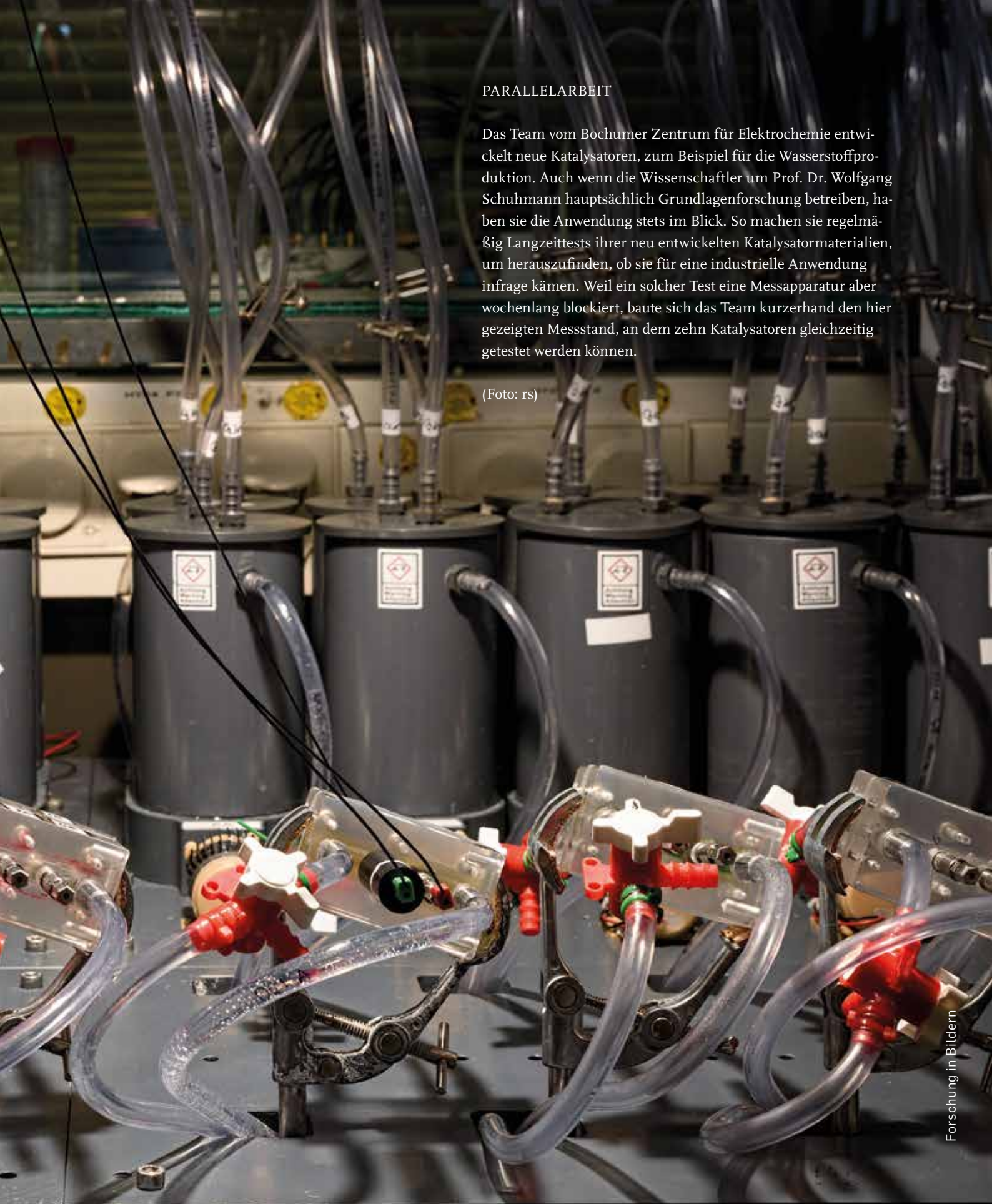




PARALLELARBEIT

Das Team vom Bochumer Zentrum für Elektrochemie entwickelt neue Katalysatoren, zum Beispiel für die Wasserstoffproduktion. Auch wenn die Wissenschaftler um Prof. Dr. Wolfgang Schuhmann hauptsächlich Grundlagenforschung betreiben, haben sie die Anwendung stets im Blick. So machen sie regelmäßig Langzeittests ihrer neu entwickelten Katalysatormaterialien, um herauszufinden, ob sie für eine industrielle Anwendung infrage kämen. Weil ein solcher Test eine Messapparatur aber wochenlang blockiert, baute sich das Team kurzerhand den hier gezeigten Messstand, an dem zehn Katalysatoren gleichzeitig getestet werden können.

(Foto: rs)



DIE GRÖSSTEN STÄDTE 2016

TOKIO

38 Millionen
Einwohner

SCHANGHAI

24,5
Millionen
Einwohner

DELHI 26,5
Millionen Einwohner

WAS IST DIE GRÖSSTE HERAUSFORDERUNG, DIE MEGASTÄDTE MIT SICH BRINGEN?

Aus Sicht eines Soziologen:

Megastädte existieren in verschiedenen Entwicklungsstufen und jede davon geht mit eigenen Herausforderungen einher. Ein Beispiel für die niedrige Entwicklungsstufe ist Dhaka in Bangladesch. Dort wächst die Bevölkerung so rasant, dass die grundlegende Infrastruktur kaum hinterherkommt und dass es schwer ist, die Stadt regierbar zu halten. Megastädte der mittleren Entwicklungsstufe wie Schanghai haben zwar eine ausgebaute Grundversorgung und Infrastruktur, aber kämpfen mit hohen Emissionen durch Verkehr, Industrie und private Haushalte. Auf der höchsten Entwicklungsstufe finden sich Städte wie New York mit einer alternden, nicht weiter wachsenden Bevölkerung – und einer alternden Infrastruktur. Herausforderungen bereiten hier die notwendige Modernisierung, ein steigendes Verkehrsaufkommen und ein anhaltender Wohnungsmangel. Eines der größten Probleme aber – und hierin sind Megastädte aller Entwicklungsstufen gleich – ist die soziale Ungleichheit. Ausgrenzung, Polarisierung, Gewalt und Kriminalität sind Folgen. Es gibt allerdings auch positive Aspekte: In den Megastädten konzentrieren sich Chancen, Talente und Investitionen.

Prof. Dr. Sören Petermann, Ruhr-Universität Bochum

Aus Sicht einer Raumplanerin:

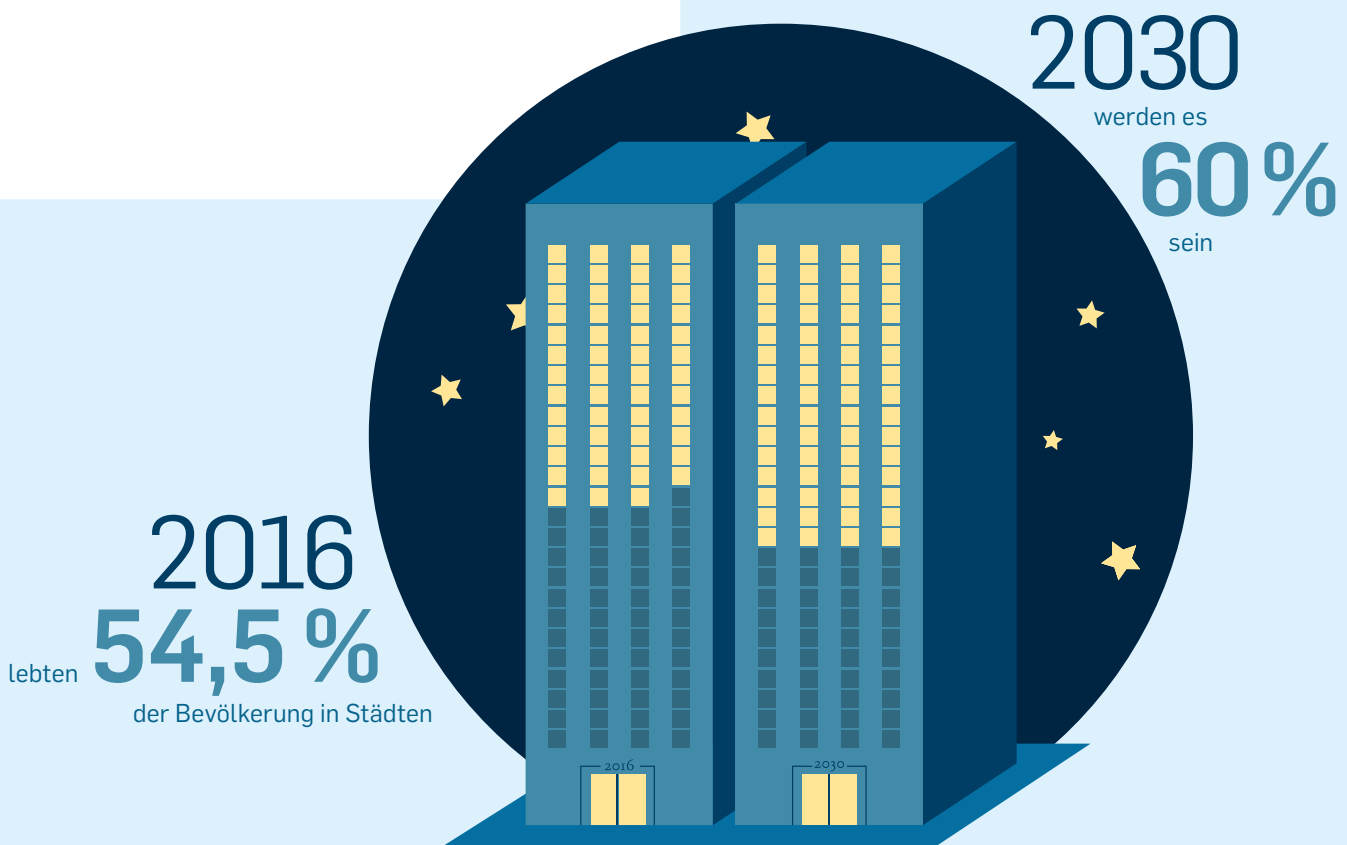
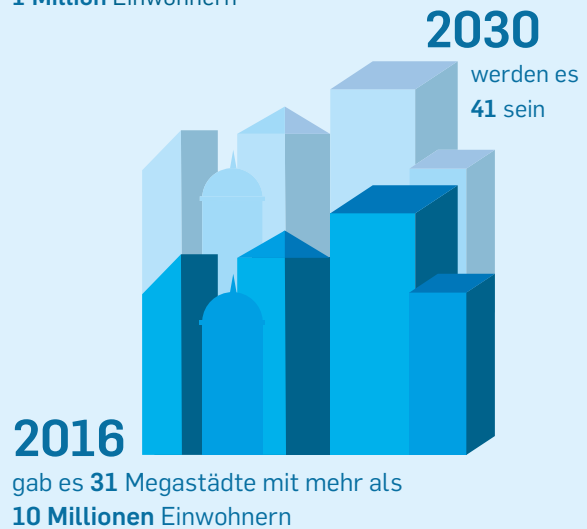
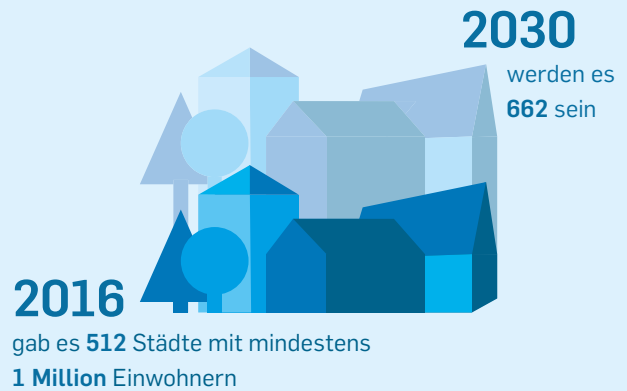
Um dynamisch wachsende Ballungsgebiete für die Bevölkerung lebenswert zu machen, müssen Grün- und Freiflächen sowie bezahlbarer Wohnraum vorhanden sein, und die Qualität der Umwelt muss gesichert sein. Eine große Herausforderung bringen die Verstärkerprozesse im globalen Süden mit sich, wo es nicht gelingt, entsprechende gesetzliche Regelungen zu implementieren. Deshalb müssen geeignete Planungsstrategien gesellschaftliche Teilhabe ermöglichen und die vorherrschende Informalität in den gesellschaftlichen Beziehungen aktiv aufnehmen; sie müssen zum Beispiel Lösungen dafür finden, dass Straßenhändler ungeregelt öffentlichen Raum in Anspruch nehmen oder dass ärmere Menschen Land nehmen und dort selbstorganisiert Häuser bauen. Stadtpolitik und räumliche Planung müssen langfristig funktionsfähige Siedlungs-, Freiraum- und Infrastrukturen in den Ballungsräumen schaffen, auch wenn die öffentlich-rechtlichen Ressourcen knapp sind und strukturell bedingt teilweise falsch verteilt werden.

Prof. Dr. Sabine Baumgart, Technische Universität Dortmund

Aus Sicht einer Epidemiologin:

Megastädte, die in den vergangenen zehn Jahren entstanden oder in dieser Zeit weiter rasant gewachsen sind, liegen in weniger entwickelten Ländern. Ein großes Problem liegt in der ungeplanten und nicht kontrollierbaren Entwicklung: Fehlende Planung und dadurch fehlende öffentliche Infrastrukturen führen dazu, dass Menschen sehr eingeschränkten Zugang zu zum Beispiel sanitären Einrichtungen, sauberem Wasser und guter Nahrung haben. Slumbildung und Marginalisierung, sehr hohe Staub-, Schadstoff- und Lärmemissionen, unzureichender Arbeitsschutz und vieles mehr beeinträchtigen eine gesunde und nachhaltige Entwicklung der Bevölkerung, insbesondere der Kinder. Herausforderungen aus gesundheitlicher Sicht bestehen darin, Infrastrukturen zu schaffen, gefährdete Bevölkerungsgruppen zu fördern und Teilhabe und Chancengleichheit auf den Weg zu bringen – für eine nachhaltige Entwicklung der Stadt, Regionen und der Länder.

Prof. Dr. Susanne Moebus, Universitätsklinikum Essen



Radar

UNSICHTBARES SICHTBAR MACHEN



In diesem abgeschirmten Raum können die Ingenieurinnen und Ingenieure ihre Systeme unter kontrollierten Bedingungen testen.



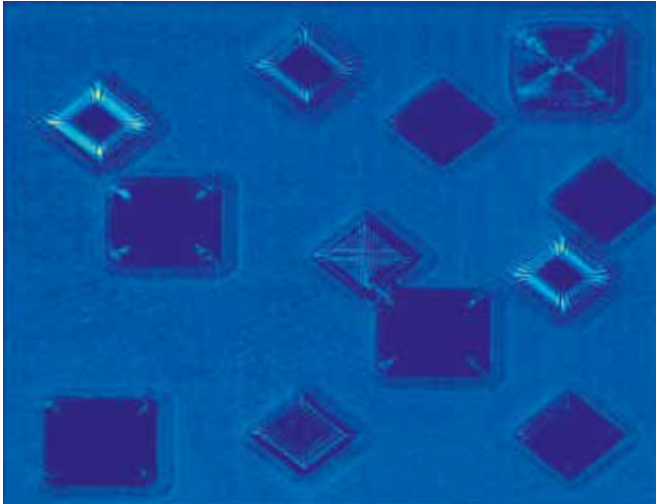
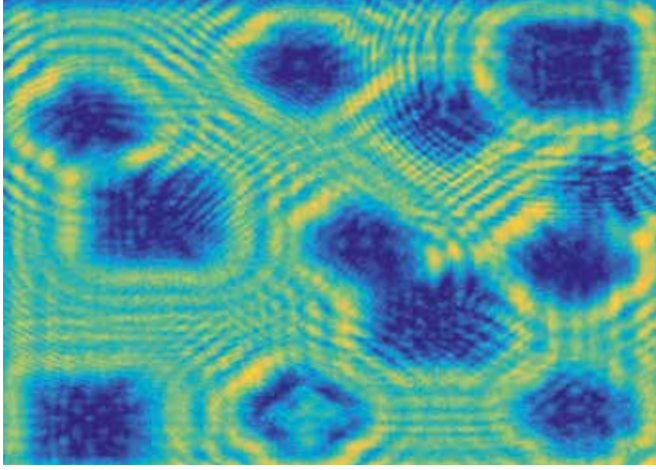
Ingenieure aus Bochum und Duisburg-Essen arbeiten an einer Technik, die man teils nur aus Filmen kennt.

Es klingt nach Science-Fiction, was die Forscherinnen und Forscher des neuen Sonderforschungsbereichs mit dem Kurztitel „Marie“ vorhaben: Sie wollen eine fliegende Plattform entwickeln, die selbstständig eine dreidimensionale Repräsentation des umgebenden Raums erzeugen kann. Film-Liebhabern könnte diese Technik aus dem Streifen „Prometheus“ bekannt vorkommen, in dem Roboter- kugeln durch Höhlengänge flitzen, autonom die Umgebung scannen und die Daten in Echtzeit an ein Raumschiff übertragen, wo sie als 3D-Karte angezeigt werden.

In Wirklichkeit soll das Ganze mittels Radar und Laser funktionieren. Nützlich könnte die Technik zum Beispiel sein, um bei einem Brand herauszufinden, was die Feuerwehrleute hinter den Rauchwolken in einem Gebäude erwartet. Das System soll nicht nur erkennen, wo in dem Raum etwas ist, sondern auch was es ist – zum Beispiel eine brennende Kiste oder ein Mensch, der am Boden liegt. „Das ist zumindest unsere Vision“, sagt Prof. Dr. Ilona Rolfes von der Ruhr-Universität Bochum, die Co-Sprecherin des Sonderforschungsbereich-Transregios (SFB/TRR) 196 ist. „Aber bis dahin ist es noch ein weiter Weg“, so die Forscherin weiter.

Damit das Unterfangen gelingen kann, müssen mehrere klassischerweise getrennte Bereiche der Hochfrequenztechnik zusammengeführt werden: die Materialcharakterisierung, die Radar-Bildgebung und die Radar-Ortung. Daran arbeitet das Team im 2017 angelaufenen Sonderforschungsbereich „Marie“, kurz für „Mobile Materialcharakterisierung und -ortung durch elektromagnetische Abtastung“. Die Bochumer Ingenieurinnen und Ingenieure kooperieren für das Vorhaben mit Wissenschaftlern der Universität Duisburg-Essen um SFB-Sprecher Prof. Dr. Thomas Kaiser.

Prinzipiell taugt das gleiche Messverfahren für die Materialcharakterisierung und die Ortung. Nur wird es derzeit noch nicht gleichzeitig für beides eingesetzt. Das Prinzip: Ein Radar strahlt elektromagnetische Wellen ab, die an Objekten reflektiert werden. Ein Empfänger nimmt die zurückkommenden Wellen auf. Die Radarquelle sendet aber nicht die ganze Zeit das gleiche Signal. Stattdessen erhöht sich die Frequenz der ausgesandten Wellen kontinuierlich über einen gewissen Zeitraum, zum Beispiel von 200 auf 250 Gigahertz in einigen Millisekunden. Dr. Jan Barowski vom Bochumer Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme erklärt: „Das vom Messobjekt reflektierte Signal hat eine bestimmte Laufzeit. Es dauert also etwas, bis die ersten Wellen mit 200 Gigahertz auf ein Objekt treffen und von diesem zurückgeworfen werden.“ Wenn das 200-Gigahertz-Signal gerade vom Objekt zurückgeworfen wird und beim Empfänger ankommt, beträgt die Frequenz der Quelle inzwischen zehn Kilohertz mehr. Denn sie erhöht die Sendefrequenz kontinuierlich. Je weiter ►



Das aufgezeichnete Radarbild vor der Korrektur der Systemfehler (oben) kommt zunächst unscharf daher. Nach der Korrektur mithilfe von Barowskis Algorithmen sind die Strukturen klar zu erkennen (unten). (Aufnahmen: Jan Barowski)

Anzeige

IHR PARTNER FÜR MOBILITÄT 2x IN BOCHUM.

Unser motiviertes Team ist immer zur Stelle, wenn es um kompetente Beratung, intelligenten Service oder fachmännische Werkstattarbeit geht. Überzeugen Sie sich selbst. Wir freuen uns auf Sie.

- BMW.** Begeisternde Automobile für 100% Fahrfreude.
- BMW i.** Wir sind exklusiver BMW i Agent.
- BMW Motorrad.** Bei uns an der Porschestraße.
- MINI.** Das Original, das längst wieder Kult ist.



AHAG Bochum GmbH
 Porschestr. 4
 44809 Bochum
 Tel. 0234 601406-0
www.ahag-bochum.de

Hattinger Str. 386 b
 44795 Bochum
 Tel. 0234 601400-0
 BMW Service, MINI Service

ein Objekt entfernt ist, desto länger brauchen die Wellen, um zum Objekt und dann zurück zum Empfänger zu gelangen. Je länger sie brauchen, desto größer ist die Differenz in der Frequenz des reflektierten Signals und des Signals, das die Quelle inzwischen aussendet. Aus der Differenz zwischen der Frequenz von ausgesandtem und zurückkommendem Signal können die Forscher daher auf die Entfernung des Objekts von der Quelle schließen. Eine große Frequenzdifferenz bedeutet also, dass die Signale lange zum Objekt und zurück gebraucht haben und somit weit entfernt sein müssen.

In den zurückkommenden Wellen steckt aber noch mehr Information. Die Stärke des reflektierten Signals hängt nämlich davon ab, wie groß ein Objekt ist, wie es geformt ist und aus welchem Material es besteht. Bestimmte Materialien reflektieren stärker als andere. Luft lässt elektromagnetische Wellen zum Beispiel vollständig durch. Auch Materialien mit vielen Lufteinschlüssen wie Styropor werfen kaum Strahlung zurück. Metall hingegen reflektiert sehr stark. Eine Materialkonstante, die sogenannte relative Permittivität, beschreibt, wie durchlässig eine Substanz für elektromagnetische Wellen ist; sie hängt von der Frequenz des eingestrahelten Signals ab. Aus der Stärke der reflektierten Signale bei unterschiedlichen Frequenzen können die Forscher daher auf die relative Permittivität schließen, und die wiederum verrät, um welches Material es sich handeln könnte.

Durch die Rigipsplatte schauen

„Der Knackpunkt ist, dass kein Messsystem ideal ist“, sagt Barowski. „Es entstehen Fehler bei der Messung, die wir korrigieren müssen.“ Ein Beispiel für eine von vielen Fehlerquellen: Auf der Strecke zwischen Radargerät und Objekt geht Signalleistung verloren – das muss bei der Analyse berücksichtigt werden. In seiner Doktorarbeit entwickelte Jan Barowski Algorithmen, um diese Signalverluste zu kompensieren und Fehler aus internen Quellen des Messsystems systematisch zu korrigieren.

Am Ende des Prozesses soll die „Marie“-Methode ein Bild des Raumes erzeugen, das auch Informationen über die Verteilung der Materialien enthält. Die Forscher müssen also die Materialcharakterisierung mit der Radar-Bildgebung kombinieren. Die Herausforderung: „Bislang wird die Materialcharakterisierung nur an definierten Stellen durchgeführt, wie wenn man mit einer Nadel auf ein Objekt sticht“, so Barowski. Ein Radarsignal in ein aussagekräftiges Bild umzuwandeln erfordert hohen Rechenaufwand. „Die Daten, die wir aufzeichnen, sind etwa so wie von einer Kamera, der die Linse zum Fokussieren fehlt“, vergleicht Barowski.

Eigentlich punktförmige Objekte erscheinen in den Rohdaten zunächst in Bananen- oder Kreisform. Die Fokussierung erfolgt nachträglich durch die Signalverarbeitung im Rechner. Auch dafür hat der Ingenieur Algorithmen konzipiert, die in Echtzeit Fehler aus den Bildern herausrechnen. „Als ich angefangen habe, hat eine solche Korrektur noch zehn Stunden gedauert“, erinnert er sich. Heute läuft die Auswertung über eine Laptop-Grafikkarte in Echtzeit. „Die Rechenarchitektur einer Grafikkarte ist für unsere Zwecke perfekt



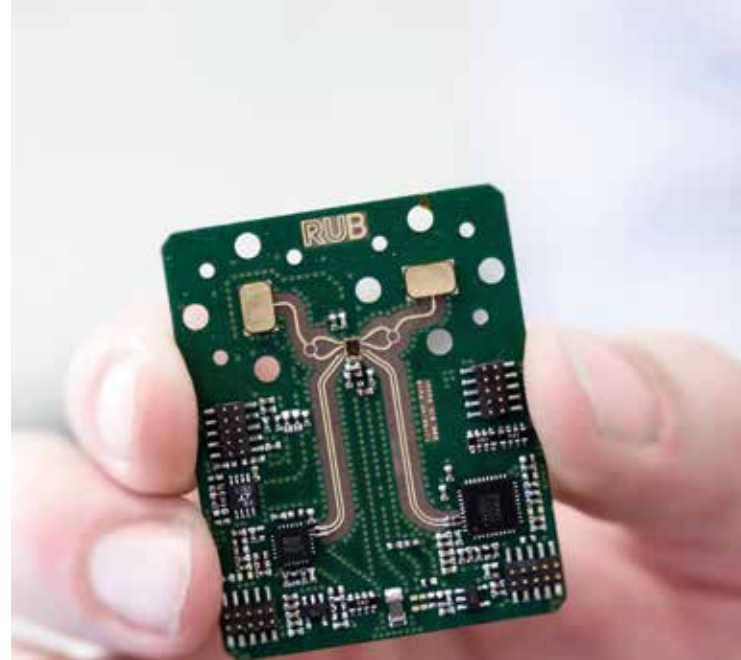
Jan Barowski und Ilona Rolfes entwickeln und optimieren mit ihren Kolleginnen und Kollegen Verfahren für die Ortung und Materialcharakterisierung mittels Radar.

geeignet“, sagt Barowski. Im Labor an der Ruhr-Universität kann man diese Technik schon in Aktion erleben und mittels Radarblick durch eine Rigipsplatte hindurchschauen. Zwei Radargeräte sind auf einer beweglichen Schiene montiert. Das eine misst die Position des Systems zu einem festen Bezugspunkt im Raum, das andere durchleuchtet den Bereich unter der Rigipsplatte und kann dort versteckte Objekte sichtbar machen. Fahren die Radargeräte an der Platte entlang, wird auf einem Laptop in Echtzeit ein Bild der darunterliegenden Objekte sichtbar.

Nicht nur die Algorithmen für die Signalverarbeitung stammen dabei aus dem eigenen Haus, sondern auch die Radargeräte. Erforscht werden die Radarsysteme für den SFB/TRR „Marie“ unter anderem an der RUB von Prof. Dr. Nils Pohl und Prof. Dr. Thomas Musch in enger Kooperation mit Dr. Werner Prost von der Universität Duisburg-Essen.

Jan Barowski zieht ein Zwischenfazit: „Wir können mit unserem jetzigen System schon ganz gut erkennen, wo ein Objekt ist – und auch, dass es aus einem anderen Material bestehen muss als zum Beispiel der Untergrund, auf dem es liegt“, sagt er. „Der nächste Schritt ist zu erkennen, was das Objekt ist.“ Die Permittivität von Kunststoffen können die Ingenieure bereits gut bestimmen. „Aber noch können wir nicht sagen, es ist dieser oder jener Kunststoff, da die Werte teilweise nah beieinander liegen“, so der Forscher weiter.

Nun will das SFB-Team sich Schritt für Schritt vom idealen System im Labor entfernen und an die Realität annähern, in der das Radarsystem zum Beispiel nicht vorab den Abstand zum Messobjekt kennen würde oder auch nicht wüsste, aus welchem Winkel es das Objekt betrachtet. Schließlich soll am Ende des Projekts eine mobile Plattform vorliegen. Ein solches Flugsystem könnte seine Lage im Raum millimetergenau bestimmen, zum Beispiel über das RFID-Verfahren (radio-frequency identification), das eine kontaktlose Positionsbestimmung mittels elektromagnetischer Wellen ermöglicht. An dieser Technik arbeiten die Projektpartner aus Duisburg-



So klein ist der Radarsensor, der am Bochumer Institut für Integrierte Systeme entwickelt wurde.

Essen bereits, in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme in Duisburg sowie der Technischen Universität Darmstadt.

Frequenzbereich erweitern

Des Weiteren werden in Kooperation mit Prof. Dr. Ulrich Pfeiffer von der Bergischen Universität Wuppertal elektronische Signalquellen erforscht, die besonders hohe Frequenzen erzeugen können – mit bis zu 1,5 Terahertz will das Team in der ersten Phase des SFB/TRR experimentieren. Parallel zu den elektronischen Quellen entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch photonische, also auf Lasern basierende, Messsysteme. In Bochum arbeiten daran Prof. Dr. Martin Hofmann und Dr. Carsten Brenner, in Duisburg befasst sich Prof. Dr. Andreas Stöhr damit. Die unterschiedlichen Ansätze – elektronisch und photonisch – sollen es ermöglichen, den Frequenzbereich in den späteren Projektphasen auf bis zu vier Terahertz zu erweitern. Unterschiedliche Frequenzen liefern dabei unterschiedliche Informationen über die untersuchten Objekte. In Duisburg baut das Team von Thomas Kaiser ein Testlabor auf, in dem die Messsysteme auf großen Roboterarmen frei durch den Raum bewegt werden können. „Dort können wir dann verschiedene Szenarien aufbauen und gezielt Störeinflüsse erzeugen, um unsere Systeme unter realistischen Bedingungen zu testen“, erklärt Ilona Rolfes. Ein Brandlabor, in dem Rauch und Flammen erzeugt werden können, gibt es bei den Projektpartnern Prof. Dr. Ingolf Willms und Dr. Thorsten Schultze bereits.

Text: jwe, Fotos: rs



Tumorgewebe auf einem
Objektträger

Proteinforschung

LEBERKREBS RICHTIG EINSCHÄTZEN

*Der Ursprung eines Tumors ist maßgeblich für die passende Behandlung.
Proteine führen auf die richtige Spur.*



Ein Tumor in der Leber – eine erschreckende Diagnose für betroffene Patientinnen und Patienten. Für Ärzte zunächst noch ein Fragezeichen, denn die Tragweite der Erkrankung ist allein durch die Entdeckung eines Tumors noch nicht feststellbar.

„Die meisten Tumore in der Leber bilden sich aus den Leberzellen, den sogenannten Hepatozyten“, erklärt Prof. Dr. Barbara Sitek, Leiterin der Arbeitsgruppe Clinical Proteomics am Medizinischen Proteom-Center der RUB. Manche entstehen auch in den Gallengängen in der Leber aus den Zellen, die diese Gänge auskleiden, sogenannten Gallengangsepithelzellen. Es kann außerdem vorkommen, dass in der Leber ein

Tumor gefunden wird, der gar nicht ursprünglich dort entstanden ist. Dann handelt es sich um eine Tochtergeschwulst, eine Metastase.

Behandlung hängt vom Ursprung des Tumors ab

Tumore, die aus den Gängen der Bauchspeicheldrüse entstanden sind, sind den Tumoren der Gallengänge der Leber sehr ähnlich und können in die Leber einwandern. „Für die Behandlung und die Prognose der betroffenen Patienten spielt es eine sehr wichtige Rolle, was ein in den Lebergängen gefundener Tumor für einen Ursprung hat“, erklärt Barbara Sitek. Hat sich der Krebs in der Leber gebildet, stehen die Chancen, die Krankheit noch lange zu überleben, wesentlich besser, als wenn er aus der Bauchspeicheldrüse stammt. Leberkrebs kann man operieren und mit Medikamenten behandeln. Tumore, die sich in der Bauchspeicheldrüse gebildet haben, sind dagegen häufig sehr aggressiv. Nur etwa fünf Prozent der Patienten überleben die fünf Jahre nach Diagnosestellung. „Die Behandlung zielt dann nicht auf eine Heilung ab, sondern darauf, die Lebensqualität für die Betroffenen möglichst lange gut zu halten“, so Barbara Sitek.

Weil die beiden Tumorarten sich aber morphologisch sehr ähnlich sind, konnten Pathologen bisher nur schwer beurteilen, um welchen Primärtumor es sich handelt. Barbara Sitek und ihr Mitarbeiter Dr. Thilo Bracht haben sich daher, gefördert vom Mercator Research Center Ruhr, gemeinsam mit dem Team von Prof. Dr. Hideo A. Baba vom Universitätsklinikum Essen auf die Suche nach neuen Proteinbiomarkern gemacht. Das sind Proteine, die charakteristischerweise verstärkt im Tumorgewebe vorkommen. Hat man solche Proteine identifiziert, die mit einer Tumorart assoziiert sind, kann man die verschiedenen Gewebe dadurch unterscheiden.

Da das Universitätsklinikum Essen auf Lebererkrankungen spezialisiert ist, konnten die Forscher viele frische Gewebeproben von Lebertumoren untersuchen. Um wirklich nur die Tumorzellen unter die Lupe zu nehmen, mussten sie die entsprechenden Zellen zuerst von umgebendem Gewebe isolieren. Dazu nutzten sie ein spezielles Mikroskop, das es ermöglicht, mit Laserstrahlen bestimmte zuvor markierte Bereiche aus zehn Mikrometer dünnen Gewebeschnitten auszuschneiden. Mittels eines Laserpulses werden die so ausgeschnittenen Zellen in ein Gefäß katapultiert.

Proteinausstattung der Tumorzellen

Im nächsten Schritt werden aus den Tumorzellen Proteine isoliert und anschließend durch Enzyme zu Peptiden zerkleinert. Dann können die Forscherinnen und Forscher mit einem Massenspektrometer die Proteine aus den verschiedenen Proben identifizieren und deren Menge in den untersuchten Proben miteinander vergleichen.

Auf diese Art untersuchten sie jeweils zehn Proben von Tumoren, die sich in der Leber gebildet hatten, und von solchen, die aus der Bauchspeicheldrüse dorthin eingewandert waren. Rund 2.000 Proteine konnten sie identifizieren und quantifizieren. Anschließend konnten sie vergleichen, welche Tumorart welche Proteine bildet. Dabei kam es vor allem ▶

darauf an, Proteine zu identifizieren, die in einer Tumorart im Vergleich zur anderen Tumorart gehäuft vorkommen.

Drei besonders aussichtsreiche Kandidaten aus der Familie der Annexin-Proteine, ANXA 1, ANXA 10 und ANXA 13, untersuchten die Forscher dann weiter. Mithilfe der Immunhistochemie wurden diese Proteine in den Gewebeproben aus beiden Tumorarten angefärbt. Dies ist mit spezifischen Antikörpern möglich, die mit den Proteinen im Gewebe reagieren und eine Färbung ergeben. Unter dem Mikroskop kann man dann erkennen, ob und welche Bereiche der Tumorprobe gefärbt erscheinen.

Drei Proteine als Marker im Rennen

So konnten die Forscher deutlich darstellen, dass ANXA 1 und ANXA 10 verstärkt in Lebertumoren nachweisbar sind, in Bauchspeicheldrüsentumoren deutlich weniger. Bei dem Protein ANXA 13 verhält es sich genau umgekehrt.

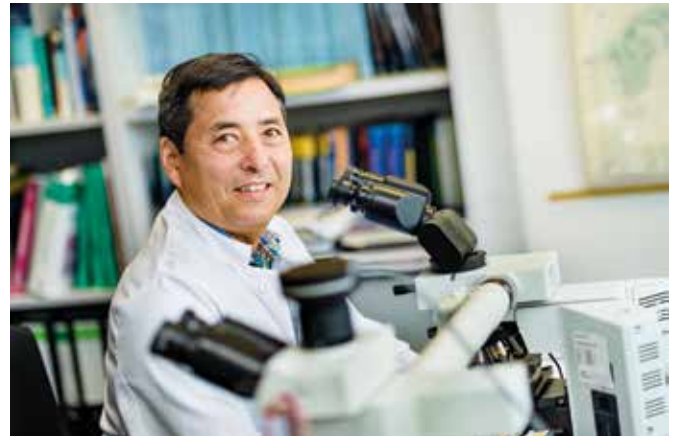
Wichtig für die diagnostische Unterscheidung zwischen den beiden Tumorarten ist, ob dieser Unterschied auch zwischen primären Lebertumoren und Metastasen von Bauchspeicheldrüsentumoren nachweisbar ist. „Die ersten Analysen haben wir jeweils an Primärtumoren beider Organe durchgeführt, weil die Metastasen nur als paraffiniertes Material vorlagen. Für die Proteomanalytik benötigen wir jedoch frisch gefrorenes Material“, erklärt Barbara Sitek. Bei einem Vergleich der drei Proteine von Lebertumoren und Metastasen von Bauchspeicheldrüsentumoren zeigte sich, dass nur bei ANXA 1 und ANXA 10 unterschiedliche Färbemuster nachweisbar waren. ANXA 13 war damit aus dem Rennen.

Die beiden verbleibenden Kandidaten wurden im nächsten Schritt daraufhin untersucht, wie sensitiv und wie spezifisch sie auf die eine oder andere Erkrankung hindeuten. Ihre Zuverlässigkeit lag jeweils um 80 Prozent. „Das ist ganz gut, aber es gibt immer noch rund 20 Prozent falsche Diagnosen“, erläutert Barbara Sitek. Daher kombinierte die Arbeitsgruppe die Proteine miteinander, was allerdings auch nicht zu einer höheren Treffsicherheit führte. Um dennoch zuverlässigere Aussagen treffen zu können, versuchten die Forscherinnen und Forscher dann, die gefundenen Biomarker mit weiteren elf Proteinen zu kombinieren, die in der Literatur von anderen Forschern aufgrund älterer Studien als mögliche Biomarker vorgeschlagen worden waren. So erreichten sie mit einer Kombination aus ANXA 10 und einem in der Literatur vorgeschlagenen Protein zusammen eine Treffsicherheit von 85 Prozent. „Das ist ein guter Wert, der die Differenzialdiagnostik bei Lebertumoren deutlich verbessert“, sagt der Pathologe Hideo Baba. „Von dieser Arbeit, die wir nur in Zusammenarbeit zwischen dem Bochumer Proteom-Center und der Essener Universitätsklinik durchführen konnten, profitieren die Patienten schon heute“, so der Forscher. Am Pathologischen Institut des Essener Universitätsklinikums werden diese Biomarker jetzt in der Routinediagnostik eingesetzt.

Die im Projekt erprobte Vorgehensweise zur Suche nach zuverlässigen Biomarkern nutzen die Bochumer und Essener Forscher auch für weitere Erkrankungen.



Barbara Sitek (links) und Kristin Rosowski diskutieren Ergebnisse im Labor.



Hideo Babas Team vom Institut für Pathologie der Universität Duisburg-Essen nutzt das neue Verfahren zur Unterscheidung verschiedener Tumorarten bereits.



Thilo Bracht (links) und Stephanie Tautges bereiten Proben für die Untersuchung vor.



WIR HABEN
BOCK AUF
BOCHUM

Astrophysik

BOTSCHAFTER VON DEN EXTREMEN ORTEN DES UNIVERSUMS

Die kosmische Strahlung entsteht unter den heftigsten Bedingungen, die das All zu bieten hat. Noch wissen Forscher sehr wenig über sie. Eine neue Teleskopanlage soll das ändern.

Unaufhörlich prasseln hochenergetische Teilchen aus dem All auf die Erde ein. Diese kosmische Strahlung entsteht bei gewaltigen Energieausbrüchen im Universum, wo Teilchen beschleunigt und durch das Weltall geschleudert werden. Sie transportieren Botschaften von den extremen Orten des Universums. Und obwohl sie allgegenwärtig sind, wissen Forscher bislang wenig über sie.

Wo entsteht die hochenergetische kosmische Strahlung? Was können wir von ihr über ihre Quellen lernen? Diesen und anderen Fragen widmet sich ein Forschungskonsortium mit über 1.000 Mitgliedern. Sie begleiten den Bau einer neuen Teleskopanlage, die auf La Palma und in Chile entstehen soll: das Cherenkov Telescope Array, kurz CTA. Zu dem Konsortium gehören auch die Teams um Prof. Dr. Julia Tjus von der Ruhr-Universität Bochum und Prof. Dr. Wolfgang Rhode von der Technischen Universität Dortmund. Die beiden Gruppen kooperieren im Ruhr Astroparticle and Plasma Physics Center und tragen zu den Vorarbeiten zum Bau der CTA-Teleskope bei. Die Anlage soll hochenergetische Gammastrahlung aus dem All auffangen.

Gammateilchen sind nichts anderes als Photonen, also Lichtteilchen. Ihre Energie ist aber zehn Billionen Mal größer als die von sichtbarem Licht. Wenn die Gammateilchen in der Erdatmosphäre wechselwirken, entsteht dabei ein sehr schwacher Lichtblitz, der gerade einmal eine Milliardstel Sekunde anhält und mit bloßem Auge nicht zu sehen ist. Dafür braucht es spezielle Detektoren – so wie das CTA sie haben wird. Das Array soll über 100 Teleskope auf der Nord- und Südhalbkugel umfassen, die die besonders hochenergetischen Gammateilchen wesentlich genauer als alle bisherigen Teleskope erfassen sollen. Von diesen erhoffen sich die Forscherinnen und Forscher unter anderem Einblicke in die Quellen der kosmischen Strahlung.

Hochenergetische Teilchen analysieren

Da Gammateilchen, anders als andere Bestandteile der kosmischen Strahlung, nicht geladen sind, werden sie auf ihrer Reise durch das All nicht von Magnetfeldern abgelenkt. Sie fliegen also mehr oder weniger auf einer geraden Bahn durchs Universum. Forscherinnen und Forscher können die Richtung bestimmen, aus der sie gekommen sind, und somit auch Einblicke in ihre Quellen gewinnen. Verschiedene Phänomene kommen als Absender der kosmischen Strahlung infrage, zum Beispiel Schwarze Löcher oder die Überreste von Sternexplosionen. Das CTA-Team will aber nicht nur herausfinden, wo die besonders hochenergetischen Teilchen herkommen, sondern auch mehr über die physikalischen Vorgänge in den Quellen lernen.

Damit die CTA-Teleskope ihre Arbeit möglichst effizient werden verrichten können, leistet das Konsortium seit mehr als zehn Jahren Vorarbeiten für den Bau der Anlage. Wenn alles

nach Plan läuft, können ab Sommer 2018 die ersten Teleskope errichtet werden. Im Betrieb werden sie riesige Datenmengen aufzeichnen, die teilweise noch vor Ort ausgewertet werden. An den Algorithmen für diese Realtime-Analyse arbeiten die Bochumer und Dortmunder Teams.

Die Analyse wird CTA ermöglichen, mit anderen Observatorien effizient zusammenzuarbeiten. Teleskope an verschiedenen Standorten weltweit sind auf Teilchen mit unterschiedlichen Energien spezialisiert und können so über dieselbe Quelle unterschiedliche Informationen zusammentragen. Dazu tauschen sich die Observatorien untereinander aus, wann und wo etwas Interessantes zu beobachten ist. „Gammaquellen können ihr Verhalten plötzlich und unerwartet ändern“, weiß Dr. Lenka Tomankova, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Bochumer Lehrstuhl Plasma-Astroteilchenphysik. Das kann innerhalb von Sekunden oder Minuten passieren. Um solche Veränderungen nicht zu verpassen, will das CTA-Team die aufgezeichneten Daten kontinuierlich in Echtzeit auswerten. „Natürlich nicht super präzise, sondern erst einmal möglichst schnell“, erklärt Lenka Tomankova. „Wenn wir feststellen, dass etwas Interessantes passiert, alarmieren wir andere Observatorien.“

Da CTA über eine etwa zehnmal höhere Sensitivität als die bisherigen Observatorien verfügen wird, wird es nicht nur einzigartig detaillierte Beobachtungen von bereits bekannten Quellen liefern, sondern auch neue Quellen orten können. „Es könnte sein, dass wir unsere Teleskope auf eine bekannte Gammaquelle gerichtet haben, durch die Realtime-Analyse ►

ASTROPHYSIK IM RUHRGEBIET



Im Ruhr Astroparticle and Plasma Physics Center arbeiten rund 100 Forscherinnen und Forscher der Universitätsallianz Ruhr an der Schnittstelle zwischen Astro-, Plasma- und Teilchenphysik. Das Center wurde im September 2016 eröffnet. Julia Tjus und Wolfgang Rhode gehören zu den Gründungsmitgliedern. Innerhalb des Centers gibt es vielfältige Kooperationen zwischen den verschiedenen Standorten. So arbeitet Wolfgang Rhode etwa mit dem Bochumer Forscher Prof. Dr. Ralf Jürgen Dettmar in der Radioastronomie zusammen, mit dem Ziel, Daten schneller und kompakter verarbeiten und speichern zu können. Die Untersuchung der Planetenentstehung, bei der die kosmische Strahlung eine wichtige Rolle spielt, ist ein Anknüpfungspunkt zum Duisburg-Essener Lehrstuhl von Prof. Dr. Gerhard Wurm.



Lenka Tomankova beteiligt sich an der Entwicklung der Real-time-Analyse für das Cherenkov Telescope Array. (Foto: dg)

aber auffällt, dass in unserem Blickfeld noch etwas anderes Spannendes passiert“, erzählt Tomankova. „Zum Beispiel, dass wir eine neue Quelle entdeckt haben oder ein Objekt im Flare-Zustand, also einen kurzfristigen massiven Energieausbruch, beobachten.“

Energiesparende Datenauswertung

In die Algorithmen, die Lenka Tomankova dafür entwickelt, fließt die jahrelange Erfahrung der Bochumer Astroteilchenphysiker bei der Modellierung von Gammaquellen ein – ein Spezialgebiet von Julia Tjus, das sie zusammen mit dem Bochumer Physiker Prof. Dr. Reinhard Schlickeiser bearbeitet hat. Für die Modelle entwickelten sie analytische und numerische Lösungen mathematischer Gleichungen, die die Bewegung der beschleunigten Teilchen von ihrem Entstehungsort durch die kosmischen Magnetfelder beschreiben. Indem man solche Modelle in die Realtime-Analyse einbezieht, kann man aus den gemessenen Signalen erste Rückschlüsse über die möglicherweise dahinter steckende Quelle ziehen und Änderungen in ihrem Verhalten gezielt identifizieren.

Die Arbeit der Dortmunder Projektpartner setzt noch einen Schritt vor der Bochumer Analyse an, nämlich auf dem Hardwarelevel und im Datenstrom selbst. Im Team von Wolfgang Rhode entwickelt Dr. Dominik Elsässer effiziente Algorithmen für die ressourcenschonende Datenauswertung. „Die Teleskope auf La Palma stehen 2.500 Meter über dem Meer“, erklärt er. „Dahin kann man keine dicken Stromkabel verlegen, und wir haben nur begrenzte Kühlmöglichkeiten.“ Deshalb darf der CTA-Betrieb nicht zu viel Energie verschlingen. Schon früh im Messprozess wollen die Forscher daher entscheiden, welche Daten relevant sind und welche sie aussortieren können. In Kooperation mit den Dortmunder Informatikern entwickeln die Astroteilchenphysiker intelligente Algorithmen, welche die Datenflut in Schach halten sollen. Das Team um Lehrstuhlleiter Wolfgang Rhode beschäftigt sich schon lange mit der Astronomie der Gammaquellen, hat zum Beispiel bei der Entwicklung neuartiger Detektoren mit-



Dominik Elsässer (links), Alina Esfahani (Mitte) und Alicia Fattorini (rechts) mit einem Technikmodell eines Gammastrahlen-Teleskops (Foto: Kai Brügge)

gewirkt und ist am Vorläuferteleskop MAGIC auf La Palma beteiligt. Außerdem machen die Dortmunder und Bochumer Gruppen beim „Ice Cube“-Projekt in der Antarktis mit, wo ein riesiger ins Eis eingelassener Detektor ebenfalls nach den Quellen der kosmischen Strahlung sucht.

„Wir konnten die potenziellen Quellen in den vergangenen Jahren schon eingrenzen“, sagt Dominik Elsässer. „Wenn ich werten müsste, was der Ursprung der extrem hochenergetischen Strahlung ist, würde ich sagen, es sind die aktiven Galaxienkerne.“ Dabei handelt es sich um supermassereiche Schwarze Löcher im Zentrum von Galaxien, die Materie verschlingen und dabei große Mengen Strahlung aussenden. Auch Supernovaüberreste, also die Überbleibsel von Sternexplosionen, scheinen Quellen der kosmischen Strahlung zu sein, aber sie können laut theoretischer Überlegungen nicht annähernd so hohe Energien erreichen wie die aktiven Galaxienkerne.

Das Cherenkov Telescope Array soll Gewissheit in das Rätsel zum Ursprung der kosmischen Strahlung bringen – und neue Einblicke in das hochenergetische Universum ermöglichen.

jwe

VERANSTALTUNGSREIHE



In der Veranstaltungsreihe „Neue Fenster zum Universum“ im Blue Square in der Bochumer Innenstadt berichtet das Team vom Ruhr Astroparticle and Plasma Physics Center über Dunkle Materie, kosmische Strahlung und Planetenentstehung in allgemein verständlichen Vorträgen. Sie finden bis Juli 2018 monatlich statt.

➔ news.rub.de/fenster-universum



Im Gespräch

„SELBST DIE TASCHENLAMPE WAR ZU HELL“

Die Teleskope für die Gammaastronomie sind extrem empfindlich. Astrophysikerin Julia Tjus weiß aus eigener Erfahrung darüber zu berichten.

Prof. Tjus, eigentlich sind Sie Theoretikerin. Aber Sie haben auch schon Praxiserfahrungen in der Gammaastronomie gesammelt.

2010 durfte ich zwei Wochen lang in Namibia am HESS-Teleskop bei der Schicht dabei sein. Es war toll, in der Steppe zu sein und diese Erfahrungen in der Praxis zu sammeln.

Was waren denn dort Ihre Aufgaben?

Ich hatte natürlich nicht die Verantwortung, sondern habe als normales Schichtmitglied teilgenommen. Wie bei anderen astronomischen Instrumenten hat man einen Kontrollraum mit Bildschirmen, auf denen man schauen kann, ob die Datenaufzeichnung reibungslos läuft. Wenn ein Alarm von einem anderen Observatorium reinkam, haben wir diskutiert, ob wir auch unser Teleskop auf diese Stelle ausrichten. Eine weitere Aufgabe war, die Teleskope zeitgerecht herunterzufahren und alles lichtdicht zu verschließen, damit bloß kein Licht in die Kamera fällt.

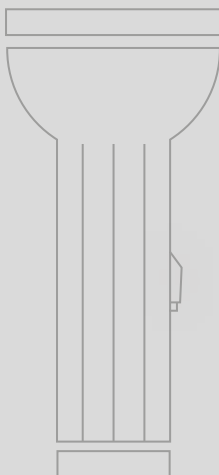
Warum ist das so wichtig?

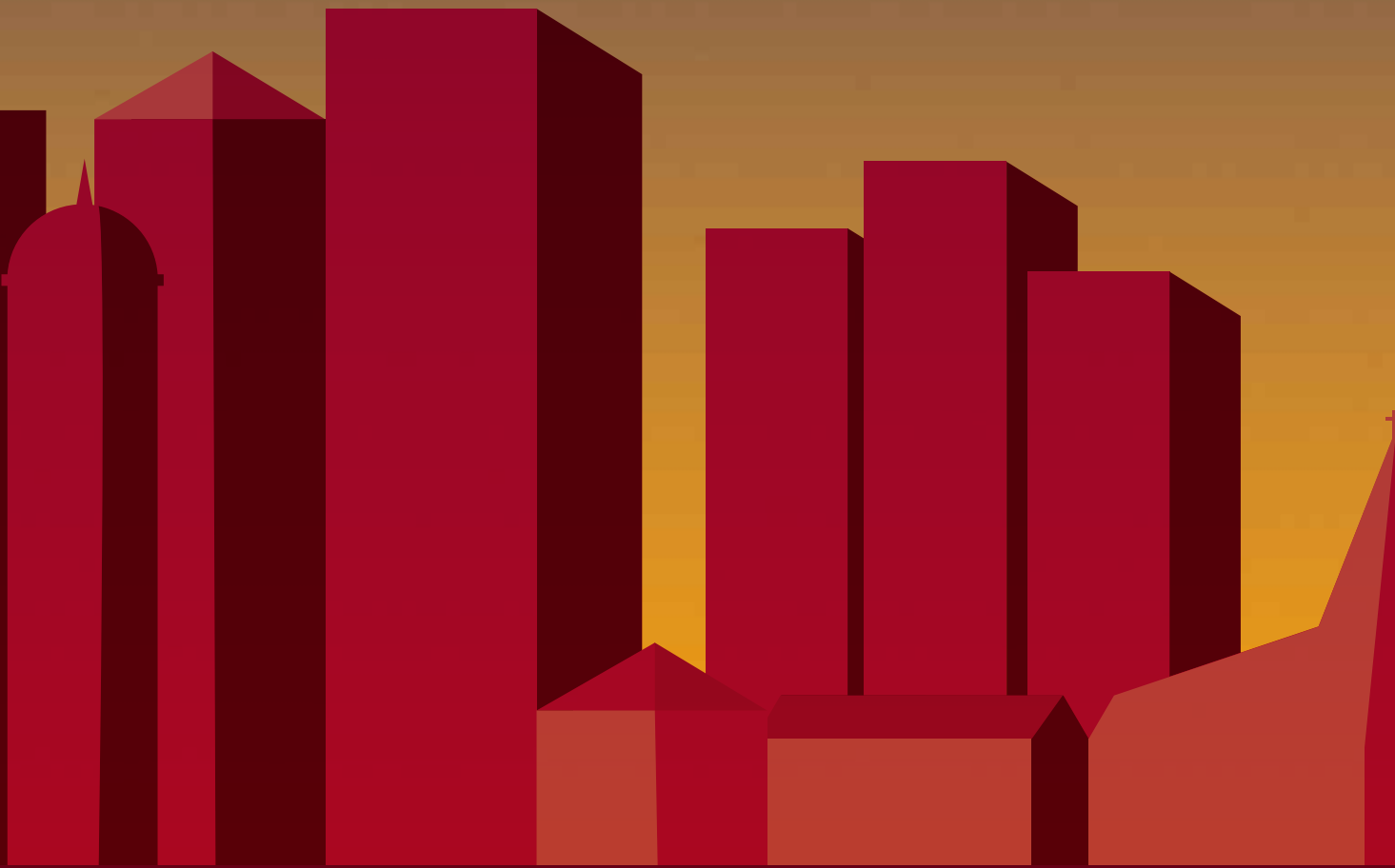
Die Gammastrahlung wird in Form von schwachen bläulichen Lichtblitzen sichtbar, die gerade einmal ein paar Nanosekunden anhalten. Mit dem bloßen Auge kann man sie nicht sehen. Deshalb mussten die Detektoren extrem empfindlich sein; zu viel Licht hätte sie übersättigt und zerstört. Ich erinnere mich noch, dass ich nur eine Taschenlampe mit rotem Licht benutzen durfte, wenn ich während der Beobachtungszeit zu den Schlafräumen gegangen bin. Selbst eine normale Taschenlampe war zu hell.

Das klingt nach komplizierten Beobachtungsbedingungen.

Früher war es tatsächlich so, dass man diese Teleskope nicht betreiben konnte, wenn der Mond am Himmel stand, weil selbst der zu viel Licht ausgestrahlt hat. Inzwischen gibt es andere Detektoren, die es sogar erlauben, bei Vollmond zu messen. Unser Dortmunder Kollege Wolfgang Rhode war an der Entwicklung beteiligt. Dadurch sind die Nächte in der Gammaastronomie deutlich länger geworden. Früher war das sehr entspannt, weil man teilweise nur eine Stunde in der Nacht Daten aufzeichnen konnte.

Text: jwe, Foto: dg





Schwerpunkt

Wie wandeln sich Städte im Lauf der Zeit? Welche Herausforderungen muss die Infrastruktur meistern? Auf welche Weise prägen die Menschen den urbanen Raum?

METROPOLLEN

Wenn eine neue Bevölkerungsgruppe in einen Stadtteil zieht, wird sie oft als erstes durch Restaurants und Geschäfte im öffentlichen Raum sichtbar.



Geschäftsleute mit ausländischen Wurzeln wollen oft nicht auf die deutsche Sprache bei Beschilderungen verzichten – denn schließlich wollen sie möglichst viele Kunden ansprechen.



AUSGANG – EXIT – SORTIE

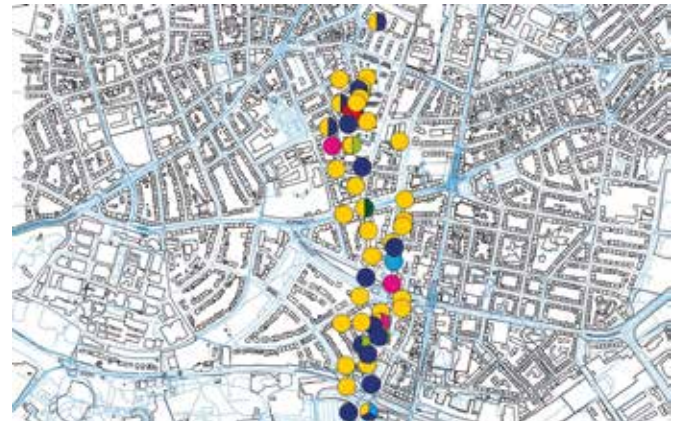
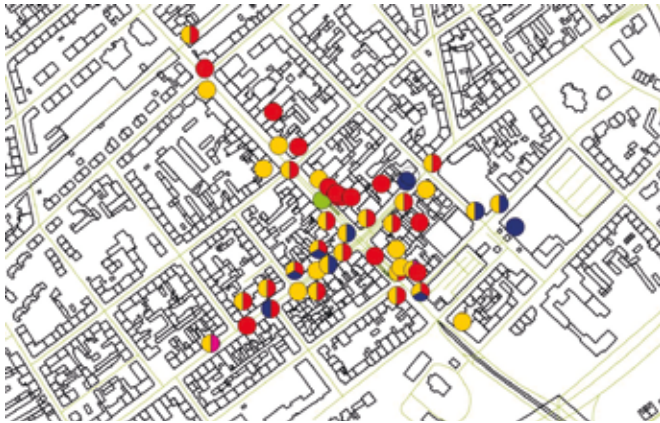
Was Schilder über die vor Ort lebenden Menschen verraten.

Auf offiziellen Schildern finden wir wichtige Informationen oft in verschiedenen Sprachen geschrieben, und das kann nützliche Orientierung bieten. Aber längst nicht alle öffentlichen Orte sind in Deutschland mehrsprachig beschildert, und wenn, sind sie natürlich auch nicht für Menschen aller Nationalitäten verständlich. Wonach sich die Auswahl der Schildersprachen richtet, hat ein Team der Universität-Duisburg Essen und der Ruhr-Universität Bochum in dem Projekt „Metropolenzeichen: Visuelle Mehrsprachigkeit in der Metropole Ruhr“ untersucht. Dabei ging es aber nicht nur um offizielle Schilder. Die Forscherinnen und Forscher interessierten sich vielmehr für jegliches schriftliche Material, das sie im öffentlichen Raum fanden, seien es Verbotsschilder, Ladenbeschriftungen, Plakate, Sticker, Graffiti oder Straßenschilder. Mehr als drei Jahre lang kartierten und analysierten sie die schriftsprachliche Landschaft im Ruhrgebiet und untersuchten, wie diese mit der Bevölkerungsstruktur und Migrationsgeschichte zusammenhängt.

Das Projektteam wählte acht Stadtteile in Duisburg, Essen, Bochum und Dortmund aus, jeweils einen nördlich der Autobahn 40 und einen südlich davon. Die Hauptverkehrsader des Ruhrgebiets gilt als eine Art Sozialäquator, der ärmere Viertel im Norden von wohlhabenderen im Süden trennt. In Bochum flossen Daten aus Hamme und Langendreer in die Analyse ein, in Essen aus Altendorf und Rüttenscheid, in Duisburg untersuchten die Forscher Marxloh und die Innenstadt und in Dortmund die Nordstadt und das Viertel Hörde. Die Bochumer Sozialwissenschaftler um Dr. David Gehne vom Zentrum für interdisziplinäre Regionalforschung, kurz Zefir, analysierten anhand von amtlichen Statistiken die Bevölkerungsstruktur der ausgewählten Viertel. Außerdem fotografierte das Team um die Duisburg-Essener Linguistin und Projektleiterin Prof. Dr. Evelyn Ziegler dort über 25.500 Schilder in Einkaufsstraßen, an Bahnhöfen, kulturellen Einrichtungen und Behörden. Alle Fotos wurden georeferenziert, konnten also einem genauen Standort zugeordnet und kartiert werden. Anhand der Bilder bestimmten die Sprachwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler an der Universität Duisburg-Essen, welche Sprachen in den verschiedenen Stadtteilen wie häufig sichtbar waren, in welcher Form sie vorkamen und für welche Zwecke sie verwendet wurden. Dafür wurden alle 25.500 Fotodaten in eine Datenbank importiert und nach Kategorien eingeteilt, zum Beispiel in kommerzielle, infrastrukturelle, regulatorische und commemorative Schildertypen wie etwa Gedenktafeln. ▶



Selbst wenn viele Polen in einem Stadtteil leben, sind polnische Beschriftungen eher selten anzutreffen.



In Duisburg-Marxloh (links) ballen sich Geschäfte aus der Hochzeitsbranche. Schilder finden sich hier vor allem auf Deutsch und Türkisch. Auf der Ausgeh- und Einkaufsstraße in Essen-Rüttenscheid (rechts) ist Deutsch die vorherrschende Sprache auf den Schildern, gefolgt von Englisch. (Grafiken: David Gehne)

Legende

Deutsch | Englisch | Französisch | Italienisch | Spanisch | Türkisch

Duisburg-Marxloh war der am stärksten migrationsgeprägte Stadtteil in der Analyse. „Bei einer solchen Bevölkerungszusammensetzung sprechen wir von einer sehr ausgeprägten Diversität“, erklärt Gehne. Nur 27 Prozent der Marxloher besitzen ausschließlich die deutsche Staatsangehörigkeit, fast die Hälfte sind Nicht-Deutsche, die Übrigen haben zwei Pässe. Auch die Dortmunder Nordstadt weist mit 43 Prozent einen hohen Anteil von Nicht-Deutschen auf. Essen-Rüttenscheid hingegen bringt es auf gerade einmal 8,7 Prozent. Dennoch haben alle untersuchten Stadtteile eins gemein: Deutsch ist die sichtbarste Sprache. Selbst in Marxloh waren 60 Prozent der fotografierten Schilder auf Deutsch verfasst, am zweithäufigsten kam Türkisch vor. Den Grund dafür sehen die Forscher auch in der Einzelhandelsstruktur.

Was die Kunden denken

„Eine Besonderheit in Marxloh ist die türkische Hochzeitsmeile, die auch Kundschaft aus dem benachbarten Ausland anzieht“, sagt Gehne. „Daher gibt es sehr viel sichtbares Türkisch, oft aber auch in Kombination mit Deutsch oder Englisch.“ Um herauszufinden, wie die Kunden mehrsprachige Schilder beurteilen, führten die Linguisten Vor-Ort-Interviews mit Passanten durch. Dabei zeigte sich, dass eine deutliche Mehrheit der Befragten ein mehrsprachiges Sprachenmanagement befürwortet. Dies gilt insbesondere für die Befragten, die einen Migrationshintergrund haben und nördlich der A40 leben. Demgegenüber fielen die Einstellungen der Befragten mit Migrationshintergrund, die in den südlich der A40 gelegenen Stadtteilen leben, zurückhaltender aus. Hier gleichen sich die Einstellungen der Befragten mit und ohne Migrationshintergrund an.

Die Linguisten führten auch Interviews mit Ladenbesitzern, um die Beweggründe herauszufinden, mit denen diese ein Schild in einer bestimmten Sprache verfasst hatten. Die Antworten ließen auf eine Mischung aus Sprachkompetenz, Identität und Funktionalität schließen. Welche Sprachen ausgewählt werden, hat also auch damit zu tun, welche Sprachen man beherrscht, mit welcher Sprache man identifiziert werden möchte und welche Kunden angesprochen werden sollen.



DAS PROJEKT



Das Projekt Metropolenzeichen wurde von 2013 bis 2017 vom Mercator Research Center Ruhr gefördert. Neben der Projektleiterin Prof. Dr. Evelyn Ziegler sind von der Universität Duisburg-Essen drei weitere Antragsteller beteiligt gewesen: Prof. Dr. Heinz Eickmans, Prof. Dr. Ulrich Schmitz und Prof. Dr. Haci-Halil Uslucan. Derzeit schreibt das Projektteam die Abschlusspublikation, die im Dezember 2017 in Form eines Buches im Universitätsverlag Rhein-Ruhr erscheinen soll.



David Gehne forscht am Zentrum für interdisziplinäre Regionalforschung der RUB.

Da diese Kunden nicht immer in dem Viertel wohnen, in dem sie einkaufen, findet sich nicht notwendigerweise ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit einer Sprache und der Größe einer bestimmten ethnischen Gruppe in einem Stadtteil. „Bezogen auf das Türkische funktioniert diese Je-mehrdesto-mehr-Logik ansatzweise“, fasst Gehne zusammen. Wo mehr Türken leben, finden sich in der Regel auch mehr türkische Beschriftungen im öffentlichen Raum. Auf andere Bevölkerungsgruppen, etwa Polen, trifft dieses Prinzip aber nicht zu. Oft sind sie die zweitgrößte Gruppe an Nicht-Deutschen in einem Viertel, dennoch finden sich wenig polnische Beschriftungen. Die Gründe dafür sehen die Wissenschaftler darin, dass diese Gruppe bereits stärker integriert ist und sich in ihren Einstellungen an den Werten der Mehrheitsgesellschaft orientiert. Darauf deuten die Interviews der Sprachwissenschaftler mit polnischstämmigen Besitzern von Geschäften hin, die sie in Essen-Altendorf führten.

Nur Deutsch in Bürgerbüros

Ein Zusammenhang zwischen sichtbarer Mehrsprachigkeit und Diversität in der Bevölkerungszusammensetzung liegt also nicht immer auf der Hand, sondern muss differenziert betrachtet werden. Englisch ist im Mittel über die acht untersuchten Stadtteile hinweg die zweithäufigste gefundene Sprache gewesen; sie war auf 19,6 Prozent aller untersuchten Schilder vertreten. Mit 4,4 Prozent lag Türkisch weit dahinter. „Das sagt natürlich nichts darüber, wie viele Angelsachsen im Ruhrgebiet leben“, erklärt David Gehne.

Als weithin verstandene Sprache wird Englisch auf offiziellen Beschilderungen gern verwendet. Allerdings gibt es keinen einheitlichen Umgang damit. An großen Bahnhöfen ist in der Regel mehrsprachig in Deutsch, Englisch und Französisch ausgeschildert, die Deutsche Bahn hat ein Regelwerk dafür. In Bürgerbüros im Ruhrgebiet hingegen finden sich ausschließlich deutsche Beschriftungen, obwohl nachweislich viele Nicht-Deutsche die Angebote in Anspruch nehmen. „Da spiegelt sich die Sprachpolitik der Städte wider: Jeder muss Deutsch können. Es dominiert die Ideologie der Ein-sprachigkeit“, sagt Gehne und verweist darauf, dass Mehrspra-

chigkeit in anderen Ländern oft mehr wertgeschätzt werde als in Deutschland. Unterhalb der offiziellen politischen Ebene wird jedoch durchaus pragmatisch gehandelt: Auch in Bürgerbüros gibt es etwa mehrsprachige Broschüren.

Vielfalt bietet Chancen

Solchen Pragmatismus beobachteten die Forscher auch bei regionalen Verkehrsbetrieben im Ruhrgebiet. „Sie handeln nach dem Motto: Wer Tickets verkaufen will, muss auch kommunizieren“, beschreibt Gehne. Das Fahrkartensystem wird in mehreren Sprachen, vorzugsweise auf Deutsch, Englisch und Türkisch erklärt. Der Verkehrsverbund Rhein-Ruhr hat eine Arbeitsgruppe, die sich mit dem Thema befasst. Sie setzt auf Informationen aus dem Alltag: Busfahrer und Kontrolleure melden zurück, welche Sprachen ihrer Meinung nach erforderlich sind. Das ändert sich ständig – und bringt die Forscher auf Ideen für weitere Studien.

Die Daten für das Metropolenzeichen-Projekt wurden im Jahr 2013 aufgenommen. Spannend fänden es die Linguisten und Sozialwissenschaftler aber auch, Veränderungen zu dokumentieren und zu analysieren. „Interessant wäre es, die Migrationsgeschichte noch stärker mit einzubeziehen“, meint David Gehne und hat ein Beispiel parat: Im Ruhrgebiet gibt es relativ große Gruppen von Menschen aus Bulgarien und Rumänien. Aber 2013 waren recht wenige bulgarische und rumänische Schilder zu finden. Der vermutete Grund: „Diese Gruppen waren noch nicht so lange vor Ort. Drei, vier Jahre dauert es, bis sie sichtbar werden“, so der Forscher.

Oft zeigten sich neue Nationalitäten, wenn sie Restaurants, Kioske und Geschäfte eröffnet hätten. Aber dafür müssen die Menschen erst einmal ein freies Ladenlokal finden und ein Gewerbe gründen. „Wir beobachten nicht, dass eine Gruppe einen Raum völlig dominiert, sondern in der Regel gibt es eine sehr individuelle, vielfältige Sprachlandschaft in Stadtteilen“, sagt Gehne. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen in Zukunft stärker dazu forschen, wie man in einer von Vielfalt geprägten Gesellschaft zusammenlebt – und auch, welche Chancen Vielfalt bietet.

Text: jwe, Fotos: rs



Wasserforschung

TREIBHAUSGASE AUS DER KLÄRANLAGE

Eine einfache neue Messmethode soll dazu beitragen, dass sauberes Wasser nicht auf Kosten des Klimas geht.

Wasserhahn auf, Waschmaschine an, ab unter die Dusche – jeder Deutsche verbraucht im Durchschnitt über 120 Liter Wasser am Tag. Wo es herkommt oder hinget, beschäftigt die meisten Menschen nicht. Für Ingenieurinnen und Ingenieure ist das aber ein wichtiges Thema, denn weltweit wachsen immer größere Städte, die mit hygienischem Trinkwasser versorgt und deren Abwasser gereinigt werden müssen. Und auch in Deutschland gibt

es noch offene Fragen. Mit einer von ihnen beschäftigt sich Pascal Kosse, Doktorand im NRW-Fortschrittskolleg Future Water am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik der Ruhr-Universität Bochum. Ausgangspunkt seiner Dissertation ist die Tatsache, dass bei der Reinigung von Abwässern klimaschädliche Gase entstehen.

„Was viele nicht wissen, ist, dass die Klärung von Abwasser nach einer mechanischen Reinigung vor allem von Bakteri-



In Kläranlagen werden Abwässer mechanisch und durch Bakterien gereinigt.

en erledigt wird“, erklärt er. Verschiedene Bakterienarten in hintereinanderliegenden Becken fressen organische Rückstände im Wasser auf und befreien es von Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen. Bei ihrem Stoffwechsel entsteht unter anderem Lachgas, wissenschaftlich Distickstoffmonoxid (N_2O). Gelangt es in die Atmosphäre, wirkt es 265-mal klimaschädlicher als das bekannte Treibhausgas CO_2 . Anders als das ebenfalls klimaschädliche Methan, das bei der Wasserreinigung gezielt als Energieträger produziert wird, kann man N_2O nicht als Brennstoff weiterverwenden – es ist buchstäblich Abfall.

Klärprozesse simulieren

„ N_2O wird von Bakterien als Nebenprodukt produziert, die für ihren Stoffwechsel Sauerstoff brauchen“, erklärt Pascal Kosse. Die Bakterien reinigen das Wasser nur bei ganz bestimmten Sauerstoffkonzentrationen. Sauerstoff muss man dem Klärbecken also ausreichend zuführen. Da die Versorgung eines Klärbeckens mit Sauerstoff allerdings Energie in Form von Strom verbraucht, bei dessen Erzeugung ebenfalls Treibhausgase als indirekte CO_2 -Emissionen entstehen, ist die optimale Steuerung einer Kläranlage eine Rechenaufgabe. Diese Auf-

gabe lässt sich mit einer Simulation des Klärprozesses lösen, in der man sämtliche Stellschrauben drehen und die jeweils entstehenden Mengen Klimagase vergleichen kann. Um eine solche zuverlässige Simulation entwickeln zu können, muss man zunächst genau wissen, wie viel Lachgas in einem Klärbecken unter den jeweiligen Betriebsbedingungen entsteht. „Diese Information ist notwendig, um die Simulation zu kalibrieren“, verdeutlicht Prof. Dr. Marc Wichern vom Bochumer Lehrstuhl Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik, der die Doktorarbeit zusammen mit Prof. Dr. Torsten Schmidt vom Lehrstuhl Instrumentelle Analytische Chemie der Universität Duisburg-Essen betreut.

Drei mikrobiologische Prozesse in Kläranlagen, bei denen N_2O entsteht, sind leidlich bekannt. Die Menge des dabei entstehenden Gases allerdings nicht, denn die bisher genutzten Messmethoden, die auf Infrarottechnik basieren, sind nicht nur sehr teuer, sie liefern auch nur Ergebnisse für das in der Umgebungsluft befindliche Treibhausgas. Ein Teil der Gase ist jedoch im Wasser gelöst.

Um auf günstigerem Weg genaue Ergebnisse bekommen zu können, entwickelte Pascal Kosse daher eine neue Messmethode. Sie basiert darauf, dass Salze die chemische Löslichkeit ▶



Pascal Kosse entnimmt eine Wasserprobe aus einem Klärbecken.



Im Labor lässt sich herausfinden, wie viel Lachgas im Wasser der Kläranlage gelöst war.

von Treibhausgasen im Wasser senken. Das zunächst im Wasser gelöste Gas muss nach der Zugabe von Salz das Wasser verlassen. Experten nennen diesen Prozess Ausstrippung. Dabei kann man es auffangen und seine Menge mit einem Gaschromatografen bestimmen.

Das optimale Salz finden

Welches Salz jedoch für diesen Prozess optimal geeignet ist, war offen. Pascal Kosse experimentierte daher mit neun verschiedenen Kandidaten, die bestimmten Kriterien genügen mussten. Sie mussten zum Beispiel ungiftig sein und durften keine chemischen Nebenreaktionen auslösen, die zur Bildung von N_2O führen. Auch mussten sie ausreichend gut löslich sein, und sie durften nicht die Temperatur des Wassers oder das Volumen des ausgestrippten Gases beeinflussen. Das Ziel war, das Salz zu finden, das möglichst 100 Prozent des gelösten N_2O aus dem Wasser her austreibt. Zum Sieger der Versuche konnte er schließlich Natriumbromid küren.

Mit der neuen Methode zum Bestimmen der Lachgasmenge stehen nun alle Informationen zur Verfügung, um den Klärprozess umfassend zu simulieren und die Treibhausgasproduktion von Kläranlagen unter verschiedenen Bedingungen realistisch einzuschätzen. Die so ermittelten Informationen über die Folgen der Wasseraufbereitung in Kläranlagen sind auch über die Steuerung einzelner Anlagen hinaus bedeutend. „Mit Blick auf Schwellen- und Entwicklungsländer, in denen immer mehr Menschen auf engem Raum sauberes Trinkwasser brauchen, die Kanalisation aber nicht so schnell wächst wie die Städte, überlegt man, die Abwasseraufbereitung in kleinerem Maßstab vor Ort zu erledigen“, erklärt Marc Wichern. Das könnte perspektivisch auch für Deutschland eine der technischen Optionen sein, denn etwa ein Viertel des Kanalnetzes ist älter als 50 Jahre, sodass sein Unterhalt immer teurer wird. Dazu ist es wichtig zu wissen, wie man die dezentralen Anlagen optimal steuert, um hygienische Risiken auszuschließen sowie Klima und Ressourcen zu schonen. „Beim Thema Wasseraufbereitung geht es letztlich um die Gestaltung urbaner Räume“, sagt Marc Wichern.

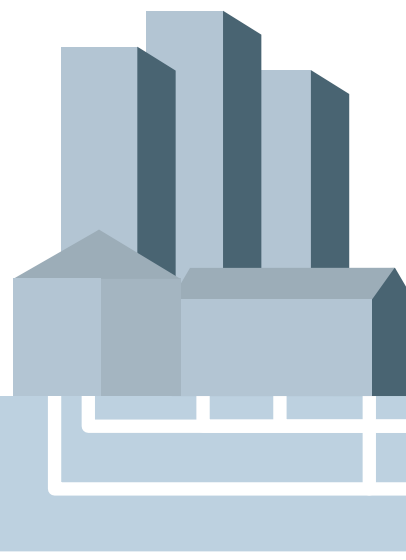
Text: md, Fotos: dg

FORTSCHRITTSKOLLEG FUTURE WATER



Im Fortschrittskolleg Future Water arbeiten seit 2014 zwölf Promovierende an ihren Dissertationen zum Thema globale Wasserforschung. Die Betreuung findet standortübergreifend statt, zusätzlich gibt es für jede Doktorarbeit einen Praxismentor, im Fall von Pascal Kosse ist das Dr. Ruben Laurids Lange von der Emschergenossenschaft. Alle drei Standorte der Universitätsallianz Ruhr sind am Fortschrittskolleg beteiligt, Sprecher ist Prof. Dr. Torsten Schmidt von der Universität Duisburg-Essen. Eine Verlängerung über die Förderdauer bis 2018 hinaus ist schon beantragt. Dann soll der Fokus auf dem Regenwassermanagement liegen. Das Fortschrittskolleg wird vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert.

➔ www.nrw-futurewater.de



”

Ein Ausblick von Marc Wichern

KLEINKLÄRANLAGEN IN DER STADT

Das Abwasser von Kommunen wird in der Regel durch Mikroorganismen unter künstlicher Belüftung gereinigt. Diese Reinigung findet überwiegend in zentralen Kläranlagen statt. Die nötigen Technologien sind seit Jahrzehnten erfolgreich im Einsatz. Ein Nachteil ist aber, dass die Abwasserreinigung und besonders der Transport des Abwassers viel Energie verbrauchen und außerdem eine komplexe Wasserinfrastruktur erfordern, zum Beispiel ein verzweigtes Kanalnetz.

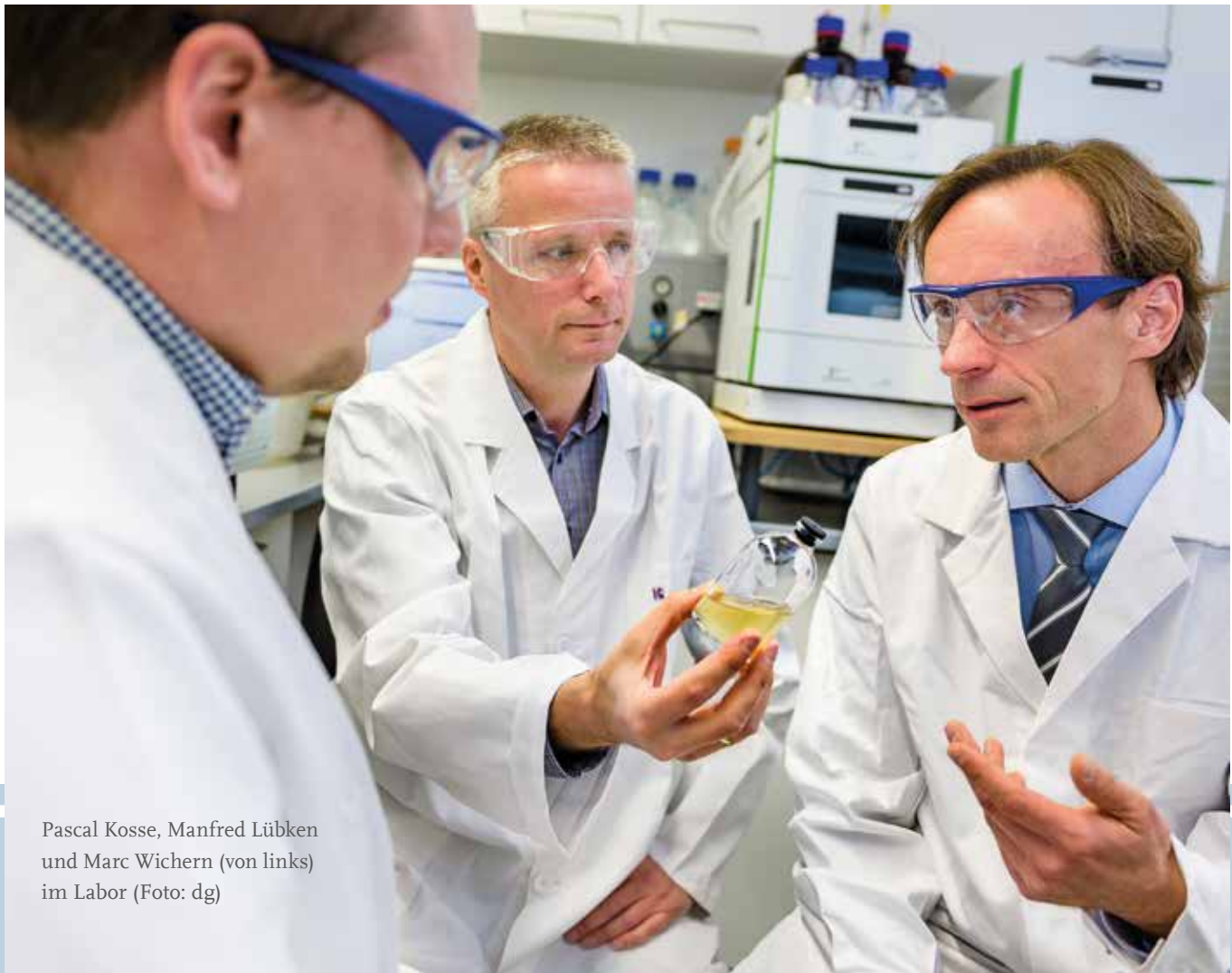
Daher denken Ingenieure für die Zukunft an eine Wasserreinigung in kleineren Kläranlagen, die an verschiedenen Standorten in Städten stattfindet – vor allem für die Planung neuer Wasserinfrastrukturen. Die Vorteile liegen in kurzen Transportwegen und darin, dass man den Betrieb und Erhalt komplexer Kanalnetze vermeiden kann. Des Weiteren beschäftigt die Forscher auch die Frage, ob und wie sich aus Abwasser und landwirtschaftlichen Abfallprodukten vor Ort Energie gewinnen lässt: Die in den Städten anfallende Biomasse wie etwa Rasenschnitt von Parkanlagen kann gemeinsam mit den Kohlenstoffanteilen des Abwassers fermentiert werden, um Biogas zu produzieren. Das Abwasser liefert die Mikroorganismen, die diesen Vorgang

katalysieren. Das Biogas wird aufgefangen und in einem Blockheizkraftwerk in Wärme und Strom umgewandelt.

Außerdem wollen die Forscher die Nährstoffe Stickstoff und besonders Phosphor aus dem Abwasser zurückgewinnen, indem sie sie zum Beispiel als Dünger für städtische Grünflächen oder urbane Landwirtschaft einsetzen. Auch geht es darum, geschlossene Kohlenstoffkreisläufe zu schaffen, um die Umwelt zu schonen und Ressourcen zu sparen.

Fragen, mit denen sich die Ingenieure befassen, betreffen unter anderem die Steuerung und Automatisierung dezentraler Abwasserreinigungssysteme. Es geht vor allem darum auszuschließen, dass die Bevölkerung gefährdet wird, weil schlecht betriebene Anlagen Hygieneprobleme erzeugen. Neben diesen technischen Fragen spielen auch juristische und gesellschaftliche Fragen eine Rolle, zum Beispiel zur Akzeptanz oder im Bereich der Ausbildung. Ergebnisse der Forschung werden heute schon bei der Planung der Wasserinfrastruktur in Schwellen- und Entwicklungsländern angewandt.

“



Pascal Kosse, Manfred Lübken und Marc Wichern (von links) im Labor (Foto: dg)

STROM SPEICHERN UNTER DER ERDE

*Städte brauchen Strom – aber nicht immer wenn Wind oder Sonne ihn erzeugen.
Ingenieure untersuchen, wie man Überkapazitäten sinnvoll speichern kann.*

Wenn es um den Strombedarf geht, denkt man zunächst angesichts knapper Ressourcen an ein Zuwenig. Tatsächlich gibt es aber auch ein Zuviel: Deutschland hat in den vergangenen Jahrzehnten mehr und mehr auf erneuerbare Energien gesetzt, genauer auf Strom aus Windkraft und Sonnenenergie. An so manchem Sommertag produzieren diese Anlagen so viel Elektrizität, dass sie den Bedarf übersteigt. Natürlich gibt es auch Jahres- und Tageszeiten oder Wetterlagen, in denen der Strombedarf nicht mit Wind- oder Solarstrom gedeckt werden kann. Gut wäre es daher, Überkapazitäten zu speichern und später zu nutzen. Das Problem: Es gibt so gut wie keinen Speicher.

„Wir haben dafür zurzeit nur zwei Möglichkeiten“, sagt Prof. Dr. Hermann-Josef Wagner, Inhaber des Lehrstuhls Energiesysteme und Energiewirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, „das sind Batterien und Pumpspeicherkraftwerke.“ Da Batterien teuer und ihre Lebensdauer und Speicherkapazität begrenzt sind, bleiben Pumpspeicherkraftwerke als leistungsfähige Speichermöglichkeit übrig. Normalerweise befinden sich solche Kraftwerke an Orten, die es erlauben, zwei Seen auf verschiedenen Höhen zu verbinden, zum Beispiel einen gestauten Fluss und einen künstlichen See auf einem Berg. Wird Strom erzeugt, der gerade nicht benötigt wird, treibt man damit Pumpen an, die das Wasser in den oberen See befördern. Bei Strombedarf lässt man das Wasser wieder herunterfließen, wobei es Turbinen antreibt, die wiederum Strom erzeugen.

Stillgelegte Zeche als Kraftwerk

Das Team von Hermann-Josef Wagner untersucht gemeinsam mit dem Team von Prof. Dr. André Niemann vom Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Duisburg-Essen die Machbarkeit eines unterirdischen Pumpspeicherkraftwerks am Standort der Zeche Prosper-Haniel in Bottrop. Es wäre das erste weltweit. Dabei befindet sich über Tage ein künstlicher See. Anstelle eines weiteren Sees liegt der untere Wasserspeicher tief unter der Erde.

„Der Reiz an Zechenstandorten liegt darin, dass man vorhandene Infrastrukturen nutzen könnte“, so Wagner. „Man könnte zum Beispiel einen vorhandenen Stollen als Wasserspeicher umfunktionieren.“ Der oberirdische See würde

auf dem Gelände der RAG-Aktiengesellschaft entstehen, das durch die bisherige Nutzung bereits so verändert ist, dass es keine Umweltschutzbedenken geben dürfte. Das würde ein Genehmigungsverfahren vereinfachen.

Die Zeche Prosper-Haniel ist noch bis Ende 2018 in Betrieb. Auch das hat Vorteile, denn nach der Schließung einer Zeche werden die vorhandenen Schächte schnell verfüllt, sodass sie nicht mehr nutzbar sind. Bereits stillgelegte Zechen kommen daher weniger als Standort infrage. Vorteilhaft ist auch, dass Prosper-Haniel nicht, wie viele andere Zechen, nur über senkrechte Schächte verfügt, sondern auch über einen schrägen Schacht mit etwa 40 Grad Neigung, über den Spezialfahrzeuge einfahren und Maschinen unter Tage bringen könnten. Denn auch die Turbinen des Kraftwerks würden in unterirdischen Kavernen installiert werden.

Als sie in der ersten Projektphase, die bis 2015 lief, diesen Charakteristika der Zeche auf den Zahn fühlten, mussten die Forscher zu ihrer eigenen Überraschung allerdings feststellen, dass es unter wirtschaftlichen Aspekten teilweise sinnvoller wäre, die vorhandenen Strukturen nicht zu nutzen, ►

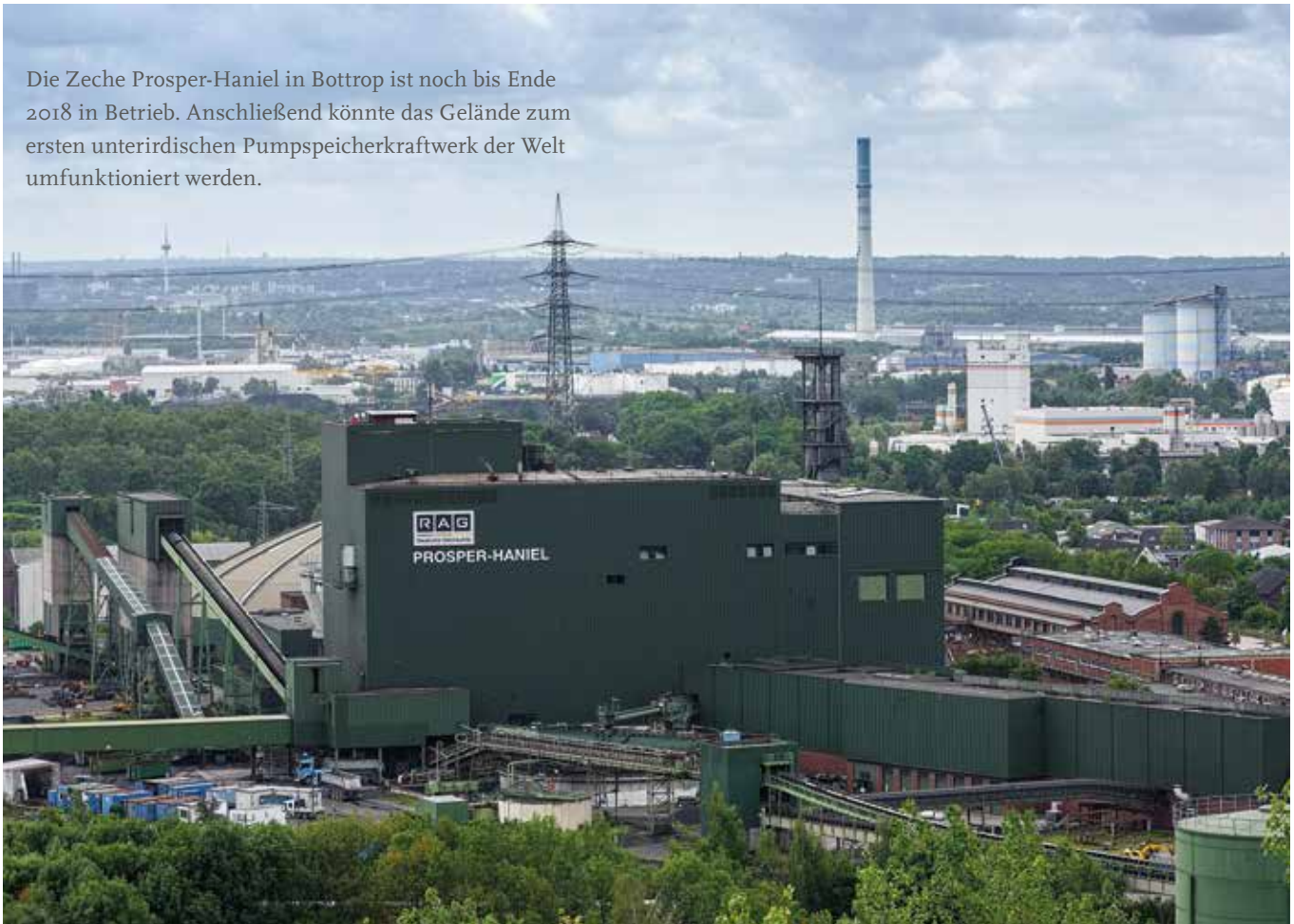
DAS PROJEKT



Beteiligt am Projekt „Machbarkeit eines untertägigen Pumpspeicherkraftwerks am Bergwerk Prosper-Haniel in Bottrop in der Bergbaufolge – Phase 2“ sind das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft sowie das Fachgebiet Geologie der Universität Duisburg-Essen, das Rhein-Ruhr-Institut für Sozialforschung und Politikberatung, der Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, die RAG-Aktiengesellschaft, die DMT-Unternehmensgruppe und das österreichische Ingenieurbüro ILF. Das Projekt wird vom Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen sowie vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bis Ende 2017 gefördert.



Das Pumpspeicherkraftwerk
am Standort der Zeche
Prosper-Haniel könnte eine
Riesenattraktion werden, meint
Hermann-Josef Wagner.



Die Zeche Prosper-Haniel in Bottrop ist noch bis Ende
2018 in Betrieb. Anschließend könnte das Gelände zum
ersten unterirdischen Pumpspeicherkraftwerk der Welt
umfunktioniert werden.

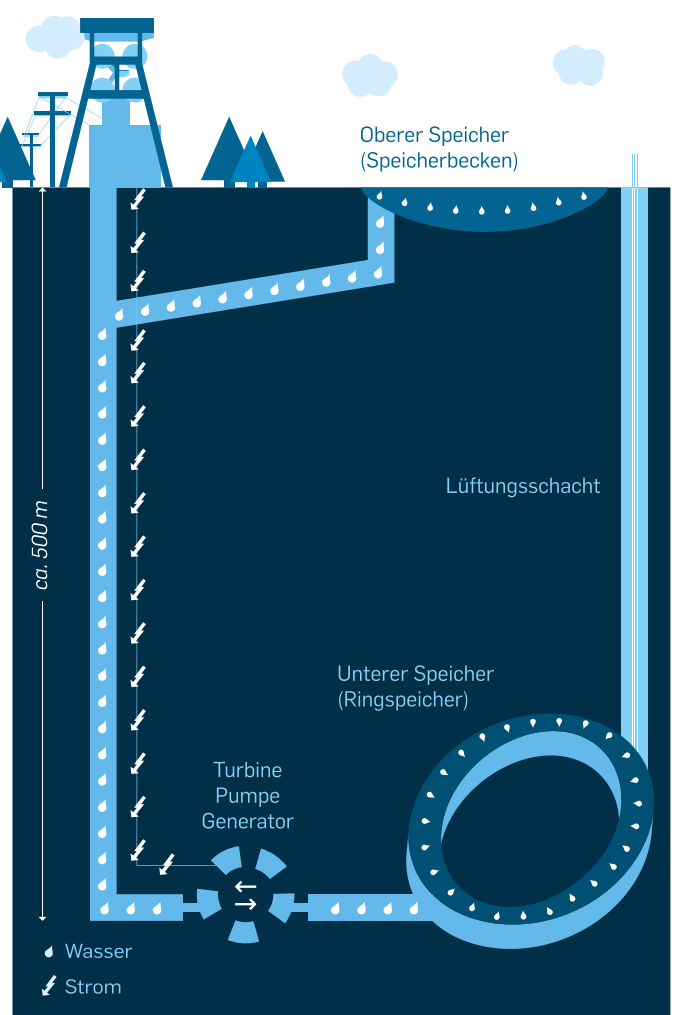
sondern neue zu bauen. „Es wäre zum Beispiel aufwendiger, wie ursprünglich geplant alte Stollen wasserdicht zu isolieren und als unterirdischen Wasserspeicher zu nutzen, als einen neuen Stollen anzulegen“, erklärt Hermann-Josef Wagner. Ob die Nutzung des vorhandenen Schrägschachts zum Transport der Maschinen wirtschaftlich sinnvoll ist, werden Berechnungen noch zeigen; möglicherweise wäre es auch hier günstiger, neu zu bauen. „Bei diesen Fragen verlassen wir uns auf die Expertise unserer österreichischen Projektpartner, die schon unterirdische Kraftwerke gebaut haben“, so der Bochumer Ingenieur.

Technische Details und die Meinung der Anwohner

Was die Tiefe des unterirdischen Wasserspeichers angeht, hat die Projektarbeit ergeben, dass rund 500 Meter optimal wären. Zunächst hatten die Forscher auch bis zu 1.000 Meter Tiefe in Betracht gezogen. Bergbaugelände müssen aber fortwährend und auch über das Ende des Bergbaus hinaus durch Pumpen vor eindringendem Grundwasser geschützt werden. Die RAG als Eignerin des Bergwerks Prosper-Haniel hält das Gebiet bis in 500 Meter Tiefe grundwasserfrei, und das Pumpspeicherkraftwerk sollte im Trockenem arbeiten und nicht in einer wasserfreien Blase wie bei 1.000 Meter.

Der oberirdische See, der den Berechnungen der Forscher zufolge mindestens 600.000 Kubikmeter Wasser fassen müsste, ist noch Gegenstand verschiedener Analysen: Welche Lebewesen würden sich ansiedeln? Wie tief sollte er sein? Kann man ihn im Schatten der Halde anlegen, sodass er in der Landschaft nicht zu sehr ins Auge fällt? Letzteres könnte die Akzeptanz des Pumpspeicherkraftwerks bei der Bevölkerung beeinflussen, die ebenfalls im Projekt untersucht wird. Erste Ergebnisse: 80 Prozent der Befragten im Umfeld von Prosper-Haniel befürworten den Einsatz erneuerbarer Energien, und ebenso viele wollen, dass das Zechengelände nach dem Ende des Bergbaus für Naherholung und Kultur genutzt wird. Industrie, Gewerbe oder Energieversorgung wollen 63,7 Prozent der Befragten gern dort sehen. Unterirdische Pumpspeicherkraftwerke sind allerdings nur knapp einem Drittel der Befragten überhaupt bekannt. In der aktuellen zweiten Projektphase wollen die Forscher weitere Interviews zum Beispiel mit Kommunalvertretern der Region führen, die die Meinungsbildung beeinflussen.

Die Ingenieure widmen sich derweil der Frage: Wie legen wir das Kraftwerk aus? Rund 40 Kubikmeter Wasser müssten pro Sekunde durch die Turbinen fließen, damit das Kraftwerk Strom zu einem konkurrenzfähigen Marktpreis erzeugen kann. Welche Art von Turbine ist am besten geeignet? Infrage kommen zum Beispiel sogenannte Francis-Turbinen, die sowohl Strom erzeugen, wenn das Wasser durch sie nach unten fließt, aber das Wasser auch nach oben befördern können. Eine andere Möglichkeit wären Turbinen, die nur der Stromerzeugung dienen, in Verbindung mit Pumpen, die separat eingebaut werden müssten. Eine Frage der Kosten, aber auch der Flexibilität. Francis-Turbinen brauchen ein wenig länger, um vom Aufwärts- in den Abwärts-Modus umzuschalten und umgekehrt.



So funktioniert ein unterirdisches Pumpspeicherkraftwerk: Bei Stromüberschuss wird Wasser aus einem unterirdischen Speicherring an die Oberfläche in einen künstlichen See gepumpt. Wird Strom benötigt, lässt man das Wasser wieder ab, wobei es auf dem Weg nach unten Turbinen antreibt, die Strom erzeugen. Die Turbinen liegen in einer unterirdischen Kaverne.

Da die Anforderungen an den Stromspeicher noch unklar sind, rechnet das Forscherteam mit verschiedensten möglichen Szenarien, damit die Entscheidung für oder gegen den Bau später auf einer soliden Grundlage getroffen werden kann. „Das Problem ist, dass zurzeit der Strom auf dem Markt so billig ist, dass niemand in Speichertechniken investiert“, erklärt Wagner. Das liegt unter anderem daran, dass noch viele ältere Kohlekraftwerke in Betrieb sind, die abgeschrieben sind und daher die Kilowattstunde Strom sehr günstig produzieren können. „Natürlich wird sich das ändern – in sechs oder sieben Jahren sieht die Lage ganz anders aus. Aber es kann niemand absehen, wie sich die Batterietechnik bis dahin weiterentwickelt, und daher auch nicht, ob man seine Investitionen wieder herausbekommt. Da ist die Politik gefragt.“ Ein wichtiges Vorhaben der laufenden zweiten Projektphase ist es daher auch, mögliche Betreiber für das Pumpspeicherkraftwerk zu finden und anzusprechen. Hermann-Josef Wagner hofft, dass das unterirdische Pumpspeicherkraftwerk auf dem Gelände der Zeche Prosper-Haniel gebaut wird. Schon alleine, weil es das erste weltweit wäre – „eine Riesenattraktion“, sagt er. Interessenbekundungen gibt es schon reichlich, unter anderem aus China.

Text: md, Fotos: rs



Im Gegensatz zu senkrechten Schächten sind schräge Schächte wie dieser nützlich, um Maschinen unter die Erde zu transportieren.

Anzeige

Auf uns ist Verlass. Jederzeit.



Der Steinkohlenbergbau hat das Ruhrgebiet Jahrhunderte lang geprägt. Wenn bis Ende 2018 die letzten noch aktiven Bergwerke die Kohlenförderung einstellen, endet ein Kapitel Industriegeschichte – nicht jedoch die Arbeit der RAG.

Bei all unseren Aktivitäten verfolgen wir ein klares Ziel: Wir wollen jederzeit ein verlässlicher Partner für die Menschen in den Bergbauregionen sein – und so die Zukunft an Ruhr und Saar aktiv mitgestalten.

RAG Aktiengesellschaft
Shamrockring 1
44623 Herne
info@rag.de
www.rag.de

WIE HACKER GANZE STÄDTE LAHMLEGEN

Gemeinsam mit Kollegen der Technischen Universität Dortmund und weiteren Projektpartnern wollen Wissenschaftler der RUB Windkraftanlagen und andere kritische Infrastrukturen vor Angriffen schützen.

Auf einmal ging nichts mehr. Kein Licht, kein Fernsehen, nichts, was mit Strom betrieben werden muss. Es war das Jahr 2015, kurz vor Weihnachten. Mehrere Stunden waren damals 700.000 Haushalte in der Ukraine von der Energieversorgung abgeschnitten. Und nicht nur sie, sondern auch industrielle Einrichtungen bekamen große Probleme. Beispielsweise konnte ein Hochofen nicht geregelt heruntergefahren werden; die dadurch entstandenen Schäden waren schwerwiegend. Das Perfide an der Situation: Sie war bewusst und von Menschenhand herbeigeführt worden. Ein Hackerangriff auf die Computersysteme der Energieversorger steckte dahinter.

Stromnetze gehören, ebenso wie die Wasserversorgung oder Transportsysteme, zu den sogenannten kritischen Infrastrukturen. Sie vor Angriffen zu schützen ist das Ziel des deutsch-französischen Forschungsprojektes Bercom, das seit September 2015 läuft und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt wird. Der Name steht für „Blaupause für eine pan-europäische Systemplattform für widerstandsfähige kritische Infrastrukturen“. Zwölf Projektpartner, darunter Wissenschaftler der Ruhr-Universität Bochum und der Technischen Universität Dortmund, arbeiten dafür zusammen. Gemeinsam wollen sie bis August 2018

zum Beispiel ein sicheres Mobilfunknetz entwickeln, das für Betreiber von kritischen Infrastrukturen reserviert sein soll und das in die bereits bestehende Kommunikationsinfrastruktur integriert werden kann.

Zum Bochumer Team gehört David Rupprecht, Doktorand am Horst-Görtz-Institut für IT-Sicherheit. Er erklärt, warum Mobilfunk für Netzbetreiber überhaupt eine so große Rolle spielt: „In Deutschland gibt es beispielsweise aufgrund der Energiewende immer mehr Windkraftparks. Die Windräder, die die Energie erzeugen, sind über große Flächen verstreut. Damit die Mitarbeiter sie von der Schaltzentrale aus steuern können, nutzen sie zumindest auf der letzten Strecke Mobilfunk.“

Eine zuverlässige Steuerung solcher Anlagen ist wichtig, beispielsweise um eine Kontrolle über die erzeugte Energiemenge zu haben. Ist sie viel höher als die abgenommene Energiemenge, wird das Stromnetz überlastet, und es kann zu Ausfällen kommen, was wiederum auch die Kommunikationssysteme lahmlegt. Angreifer können das System stören, indem sie eine überschüssige Stromproduktion zulassen und Sicherheitsmaßnahmen des Systems außer Kraft setzen. Ein Netzausfall wie in der Ukraine wäre die Folge. Beunruhigend sei, so David Rupprecht, dass momentan viele Betreiber von ►





kritischen Infrastrukturen veraltete und damit unsichere Kommunikationstechnologien einsetzen wie etwa Modems oder auch den veralteten Mobilfunkstandard GSM, kurz für Global System for Mobile Communications. Er ist im Privatbereich längst abgelöst worden von LTE – die Abkürzung steht für Long Term Evolution –, der übernächsten Generation von Mobilfunkstandards. Im Vergleich zu seinen Vorgängern ist er zwar gegen eine große Zahl bekannter Angriffe geschützt, doch auch LTE hat Sicherheitslücken.

Die Projektpartner von Bercom sind zuversichtlich, dass sie diese beheben können und LTE so zu einem sichereren Mobilfunkstandard für den Energiesektor machen können. Hat er sich dort etabliert, kann er für weitere kritische Infrastrukturen, auch in anderen Ländern als Deutschland und Frankreich, nützlich werden.

David Rupprecht hat in diesem Zusammenhang Tests entwickelt, mit denen er die Chipsätze, die in den Steuereinheiten von Windrädern zur Kommunikation verbaut sind, auf sicherheitsrelevante Punkte wie Verschlüsselung und Authentifizierung hin überprüfen kann. Verschlüsselung bedeutet, dass ein Angreifer Nachrichten nicht mitlesen kann und somit keine Information über das System erhält. Mit Authentifizierung ist gemeint, dass ein Angreifer sich nicht als ein echtes Mobilfunknetz ausgeben und somit keine gefälschten Befehle an die Steuereinheit senden kann. Ein entsprechender Schutz ist im LTE-Standard zwar bereits grundsätzlich enthalten, eine vollständig korrekte Umsetzung in den einzelnen Chipsätzen ist dadurch aber noch nicht garantiert. So können herstellungsbedingte Unterschiede in den Geräten einem Angreifer Zugriff gewähren, beispielsweise zum Versenden gefälschter Nachrichten.

Da solche Experimente nicht in realen kritischen Infrastrukturen durchgeführt werden sollten, hat David Rupprecht seine Tests stattdessen mithilfe von verschiedenen Mobiltelefonen gemacht, in denen die gleichen Chipsätze verbaut sind wie in den großen Anlagen. Für die Tests nutzte der Bochumer Doktorand sogenannte Software Defined Radios. Sie ermöglichen das Senden und Empfangen von LTE-Signalen. Der Vorteil von diesen Geräten ist, dass die Verarbeitung der Signale nicht, wie üblich, in der Hardware stattfindet, sondern Systeme gezielt durch Software definiert werden. Genau diese Eigenschaft erleichtert die flexible Entwicklung von Sicherheitstests. So konnte Rupprecht eine LTE-Basisstation nachbilden, mit der er auch nicht-standardkonforme Nachrichten an den getesteten Chipsatz schicken konnte. Auf diese Weise konnte er Angriffe auf den Chipsatz simulieren und Sicherheitslücken identifizieren.

Das Ergebnis der Tests: Von den zehn getesteten Mobiltelefonen warnte keines seinen Nutzer vor einem unverschlüsselten Datenaustausch. Bei der Authentifizierung fiel hingegen nur eins durch, die anderen neun erkannten gefälschte Nachrichten und ließen deren Empfang nicht zu. „In erster Linie war es jedoch mein Ziel zu zeigen, wie entsprechende Tests aussehen und wie sie entwickelt werden können“, erklärt Rupprecht, der seine Ergebnisse bereits veröffentlicht hat. So lassen sich nicht nur Sicherheitslücken aktueller Chipsätze ▶



David Rupprecht arbeitet am Bochumer Horst-Görtz-Institut für IT-Sicherheit in der Arbeitsgruppe Informationssicherheit.



Windräder stehen zwar oft abseits auf dem freien Feld. Aber unsere Städte hängen an ihnen – in Zeiten der Energiewende immer mehr.



Was wir wollen: Deine digitale Seite



Bundesamt
für Sicherheit in der
Informationstechnik

Weitere Informationen:
www.bsi.bund.de/karriere und
bewerbung@bsi.bund.de oder
unter Tel.: 0228 99 958 20

Master@BWI: Vorstellungsgespräch mal anders.

Sichere dir einen von 25 Plätzen am 5. und 6. Dezember für den Master-Recruiting-Day im Phantasialand Brühl! Jetzt auf bwi-karriere.de bewerben!

BWI
IT für Deutschland

Dein Herz schlägt digital?

Dann gestalte mit uns die IT für Deutschland!

Über 3.000 BWI-Mitarbeiter treiben die Digitalisierung des Bundes voran. Und das mit Herz. Vom Systemarchitekten bis hin zum Studenten im dualen Masterprogramm: Bei uns finden IT-Liebhaber den Job, in dem sie sich am wohlsten fühlen. Du jetzt auch? Entdecke die Vielseitigkeit eines der Top-IT-Service-Unternehmen unseres Landes und werde Teil des Teams. Auf dich warten starke Karrierechancen, spannende Projekte für Bund und Bundeswehr und vor allem: ein Job, in den du dich verlieben wirst.



We are ...

Socionext is a leading provider of next generation System-on-Chip (SoC) solutions. Born from the system LSI businesses of Fujitsu and Panasonic, Socionext was launched globally in March 2015.

Socionext Europe GmbH provides SoCs with focus on optical networking applications, image processing and custom SoC solutions for a variety of high-tech applications such as in the areas of communications, automotive and industrial.

socionext™
for better quality of experience

We are a dynamic high-tech enterprise, with 300 employees, which focuses on product development through the cooperation of several locations in Europe.

We are looking for ...



Field Application Engineer ISP (m/f)

Our "Milbeaut" image signal processors (ISP) are used in world leading still and video image solutions. We are currently looking for an experienced FAE to join our Socionext team in Germany (Langen or Munich). In this role, you will be the technical expert for our ISP products and you will work directly with our European customers and our development teams in Japan and Germany.

Detailed Tasks:

- Provide pre- & post-sales customer support, including product demonstrations, assistance on SW design, on-site optimization, troubleshooting and Q&A.
- Develop excellent understanding of customer's imaging products.
- Lead technical communication between customers & internal teams.
- Monitor and report on customer status.
- Provide technical inputs for future ISP products.
- May develop applications notes, articles, and technical presentations for customer trainings.

Skills:

- Qualified to at least degree level or equivalent in Electronics or related disciplines with knowledge of semiconductor industry.
- C/C++ programming on embedded systems.
- Good SW experience in Linux including kernel API.
- Knowledge of image sensors and the image signal processing (ISP) pipeline.
- Passion for imaging/photography preferred.
- Good people skills & an ability to work directly with customers.
- Ability to travel domestically and internationally.
- Ability to think strategically and act operationally without direction.
- Flexible attitude working in a leading edge environment with many unknowns.
- Good verbal and written communication skills (German and English required).

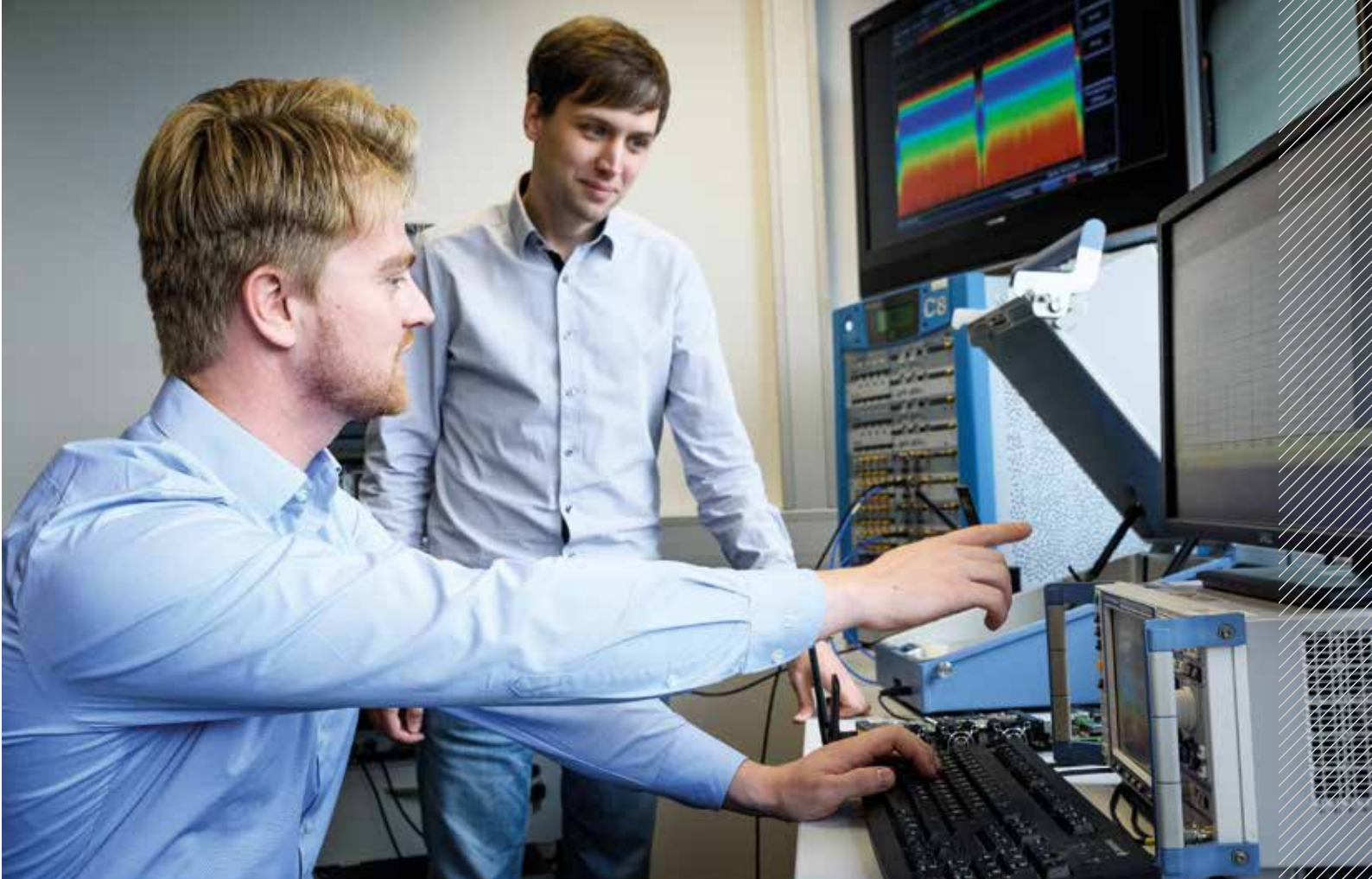
"We're working on the fastest communications systems with the latest Semiconductor processes – so if you like 'cutting edge' technology it doesn't get much better than this"

We offer ...

- Total compensation packages with attractive extended benefits
- The advantages of working at a midsize company with regards to flexibility and knowing your co-workers
- Opportunities, programmes and benefits similar to those offered by much larger corporate groups
- Freedom to develop your own creativity
- Training opportunities and structured development paths
- An employee friendly corporate culture



If you are interested in this new professional challenge, we are looking forward to receiving your application. Please send your complete application documents in English or German to hr_sneu@eu.socionext.com



Der Dortmunder Doktorand Stefan Monhof (rechts) und David Rupprecht (links) nutzen ein Software Defined Radio, um verschiedene Mobiltelefone und ihre Chipsätze auf Schwachstellen zu testen.



Das Spektrum eines Signals gibt Aufschluss über die Frequenzen, die ein Mobiltelefon zur Kommunikation mit der Basisstation verwendet. Die Forscher ermitteln es mit einem sogenannten Spectrum-Analyzer.

identifizieren, sondern auch die Entwicklung zukünftiger Geräte kann sicherer gestaltet werden. Für seine Tests nutzte Rupprecht unter anderem eine Basisstation, die die Dortmunder Forscher vom Lehrstuhl für Kommunikationsnetze unter der Leitung von Prof. Dr. Christian Wietfeld abgeschirmt im Labor betreiben, sodass durch die Experimente keine Störungen entstehen. „Wir stehen in engem Kontakt, telefonieren regelmäßig und tauschen uns bei Treffen aus“, beschreibt er die Zusammenarbeit. Inhaltlich beschäftigen sich die Dortmunder allerdings mit einer etwas anderen Frage als die Bochumer Wissenschaftler. Bei ihnen geht es darum, wie Daten zuverlässig, auch zeitkritisch, sprich in wenigen Millisekunden, zugestellt werden können. So kann jederzeit ein sicherer Betrieb der auf stabile Kommunikation angewiesenen Infrastrukturen gewährleistet werden. Neben herausfordernden Situationen wie Naturkatastrophen werden durch die Zusammenarbeit beider Universitäten insbesondere Angriffe auf beispielsweise eine Windkraftanlage durch rechtzeitige Gegenmaßnahmen handhabbar gemacht. Für David Rupprecht bietet das Bercom-Projekt auch in den kommenden Monaten genug Arbeit. So wird er weiter die Sicherheit von Komponenten im Mobilfunknetz analysieren und ermöglichen, dass aktuelle und zukünftige Mobilfunkstandards sicher in kritischen Infrastrukturen eingesetzt werden können.

Text: rr, Fotos: rs





Amerika

STÄDTE IM WANDEL

Nicht nur Gebäude, Straßen und Läden verändern sich im Lauf der Zeit, auch die Menschen, ihr Identitätsgefühl und ihre urbanen Vorstellungen und Träume.

New York. Die Stadt, die niemals schläft. Eine pulsierende Metropole mit schillernden Hochhausfassaden und scheinbar unbegrenzten Möglichkeiten, häufig Schmelztiegel der Nationen genannt, ein Sehnsuchtsort. Kaum ein Mensch, der kein Bild vor Augen hat, wenn er an Big Apple denkt. In New York zu leben oder zu arbeiten war und ist für viele ein Traum. Die Realität entspricht allerdings nicht immer dem, was in Vorstellungen und Fiktionen transportiert wird. Wie entwickeln sich imaginäre Bilder von Städten? Wie werden sie beeinflusst von dem immerwährenden Wandel der urbanen Räume? Und wie wirken Vorstellungen und Geschichten auf Stadtwandel und Stadtplanung zurück? Mit diesen Fragen beschäftigen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der drei Ruhrgebietsuniversitäten im 2010 gegründeten Ruhr Center of American Studies. Sie erforschen Transnationalität und Multiethnizität der US-amerikanischen Geschichte, Literatur und Kultur sowie deren globale Einbettung und Vernetzung. Das Center beinhaltet ein interdisziplinäres Graduiertenprogramm sowie ein Postdoc-Forum, und es fördert Forschungsk Kooperationen auf unterschiedlichen Ebenen.

Von 2012 bis 2015 lief das Projekt „Urban Transformations in the USA – Spaces, Communities, Representations“, gefördert vom Mercator Research Center Ruhr. Es beleuchtete den urbanen Wandel in US-amerikanischen Städten aus Sicht der Literatur- und Kulturwissenschaft, aus historischer Perspektive und eingebettet in den Kontext von sozialwissenschaftlichen Erkenntnissen. Die Ergebnisse sind nicht nur in einer Reihe von Dissertationen dokumentiert, sondern auch in einem Sammelband erschienen. Das Forscherteam um Prof. Dr. Walter Grünzweig und Dr. Julia Sattler, Technische Universität Dortmund, sowie Prof. Dr. Jens Gurr, Universität Duisburg-Essen, untersuchte, wie sich Veränderungsprozesse in US-amerikanischen Städten im 20. und frühen 21. Jahrhundert niederschlugen – in Stadtplänen oder in Vorschriften für die städtische Hygiene, in Zeitungsberichten, Rechtsurteilen und in Einwandererbriefen sowie in historischen Romanen. Selbst die Struktur von Museen und anderen Erinnerungsräumen analysierten sie. Als Quellen dienten private ebenso wie offizielle Dokumente; historische Überlieferungen betrachteten die Forscherinnen und Forscher ebenso wie zeitgenössische Texte.

Urbane Transformationsprozesse lassen sich zum Beispiel anhand von Chinatowns nachvollziehen, von denen sich die wohl bekanntesten in New York und San Francisco befinden. Aber auch in vielen anderen US-amerikanischen Städten existieren sie. In ihrer Doktorarbeit an der Ruhr-Universität Bochum analysierte Selma Siew Li Bidlingmaier, wie vielfältig und kontrovers diese Orte in der Literatur beschrieben werden. Im 19. Jahrhundert ka-

men Chinesen in großer Zahl nach Amerika, angezogen vom Goldrausch oder um beim Bau der „Central Pacific Railroad“ Geld zu verdienen. Historisch gesehen waren Chinatowns zunächst als Ausschlussraum gedacht, und genauso funktionierten sie auch. „Es waren typische Ghettos, mit denen sich das weiße städtische Amerika die eigentlich als Arbeitskräfte willkommenen Chinesen vom Hals geschafft hat“, erklärt die Bochumer Amerikanistin Prof. Dr. Kornelia Freitag, die die Dissertation betreute. Chinesen, die nach New York kamen, hatten praktisch keine andere Wahl, als in Chinatown zu leben, und nur dort konnten sie Geschäfte eröffnen. Es gab zwar keinen Grenzzaun zwischen Chinatown und dem Rest der Stadt, aber die Behörden und die Polizei schotteten den Bezirk ab. So wurde Chinatown kriminalisiert und als weniger beziehungsweise nicht zivilisierter Raum markiert. Nicht nur in Stadtplänen und Regularien, sondern auch in vielen literarischen Texten wurde die kulturelle Andersartigkeit dieser Bezirke betont. Das erzeugte gleichzeitig eine starke Anziehungskraft.

Ein verschollener Friedhof

Die weiße Literatur mystifizierte die Chinatowns als Orte der geheimen Gelüste, wo der exotische Orient mitten in den USA erlebbar wurde. So wurden die Bezirke zu Vergnügungsorten, die Leute von außerhalb anzogen. Obwohl sie als Ghettos gedacht waren, und zweifellos auch als solche funktionierten, wies Bidlingmaier nach, dass sich in Chinatowns eine Kultur entfaltete, die lange Zeit in der Forschung unterschätzt wurde. Ihr Fazit: Heute, in einer Zeit, in der viele Chinoamerikaner längst außerhalb der Chinatowns leben, sollten ihre Vorfahren nicht länger nur als Opfer weißer Segregation, sondern auch als Schöpfer ihrer eigenen Kultur begriffen werden, deren Wurzeln auch in Chinatown liegen.

Dass ihre Wurzeln nicht in Vergessenheit gerieten, dafür sorgte in New York auch die afroamerikanische Gemeinde. Afrikaner und Sklaverei werden gemeinhin eher mit den ehemaligen Südstaaten in Verbindung gebracht, weniger mit Nordstaaten wie New York. Und dennoch: Zentrale Gebiete der Stadt wurden erstmals von afrikanischen Sklavinnen und Sklaven bebaut und bewohnt. Ein verschollenes Relikt dieser Zeit tauchte 1991 während der Arbeiten für ein Bürohochhaus in Lower Manhattan auf: ein Friedhof. Zugehöriges Kartenmaterial belegte unmissverständlich, dass es sich um eine afrikanische Begräbnisstätte gehandelt hatte. „Eigentlich sollte die Stelle sofort wieder zugeschüttet werden, weil der Bau des geplanten Gebäudes weitergehen sollte und Baugrund in Manhattan teuer ist“, erzählt Freitag. Aber die afroamerikanische Gemeinde wehrte sich, gemeinsam mit vielen anderen geschichtsbewussten New Yorkern, die sich mit ihnen verbündeten. ▶

Diese Initiative bewirkte, dass vor dem Bau des Gebäudes Ausgrabungen erfolgen konnten und der Friedhof sorgfältig kartiert werden konnte. Ein kleiner Teil des Areals ist bis heute unbebaut geblieben. Dort entstand ein Denkmal, das nun an einen Ort erinnert, der früher als verschollen und nicht besonders wichtig galt. Mit diesem African Burial Ground National Museum sowie anderen afroamerikanischen Erinnerungsräumen in New York befasste sich Doktorandin Tazalika te Reh während ihrer Promotion im Ruhr Center of American Studies, betreut von Prof. Dr. Randi Gunzenhäuser von der Technischen Universität Dortmund.

Eine weitere Arbeit, die von Prof. Dr. Josef Raab, Universität Duisburg-Essen, betreute Dissertation von Insa Neumann, beschäftigte sich mit der deutsch-amerikanischen Einwanderungsgeschichte. Im New York des 19. Jahrhunderts hatte sich die deutsche Gemeinschaft etabliert. „Es gab sogar ein Little Germany“, erinnert der Bochumer Historiker Prof. Dr. Michael Wala, welcher der Zweitbetreuer der Promotion war. „Das alles änderte sich durch die Weltkriege. Schon ab 1917 wurde es für Deutschamerikaner schwer, im öffentlichen Raum präsent zu sein“, sagt er.

In ihrer Doktorarbeit untersuchte Insa Neumann, wie es den Deutschen dennoch gelang, ihre Identität als Amerikaner mit deutschen Wurzeln auf gewissen Ebenen zu erhalten. Sie nahm zum Beispiel die späten 1940er- und die 1950er-Jahre in den Blick. In New York gab es in den Nachkriegsjahren nicht die eine deutsche Gemeinde. Stattdessen gab es vereinzelte deutsche Gruppen. Ihre Identität zeigte sich nicht so sehr in abgegrenzten Räumen, sondern in bestimmten gemeinsamen Ritualen. Neumann identifizierte drei Kategorien von Gelegenheiten, bei denen diese Gruppen an ihr „Deutschtum“ erinnerten: Das waren erstens private

Anlässe wie das Familienessen, bei dem – anders als in der Öffentlichkeit – Deutsch gesprochen wurde. Die zweite Kategorie bildeten halb-öffentliche Anlässe wie Kirchenmessen oder Treffen im Gesangsverein. Zuletzt gab es öffentliche Anlässe wie den „German Day“, zu dem zahlreiche Vereine sich für einen Umzug mit Fahnen und Bannern durch New York trafen, oder die erstmals 1957 stattfindende Steuben-Parade, ebenfalls ein öffentlicher Festumzug der Deutsch-Amerikaner. Letztere war benannt nach General Friedrich Wilhelm von Steuben, einem preußischen Offizier, der im amerikanischen Unabhängigkeitskrieg zum Held geworden war. Die deutsch-amerikanische Identität wurde zwar nach den Weltkriegen nie wieder so sichtbar, wie es 70 bis 80 Jahre zuvor gewesen war. Aber sie blieb trotz der Weltkriege erhalten, wurde wiederbelebt und trug zu der steigenden Diversität und zum sozial und wirtschaftlich motivierten Wandel in New York City bei.

Die Stadtpolitik von Los Angeles nach den gewalttätigen Unruhen in der Stadt im Jahr 1992 untersuchte die Bochumer Forscherin Kathrin Muschalik, und die globale Wirkung und



Kornelia Freitag und Michael Wala kooperieren mit Kolleginnen und Kollegen der Universitäten in Dortmund und Duisburg-Essen im Ruhr Center of American Studies. (Foto: Katja Marquard)

Verstrickung US-amerikanischer Stadtentwicklung beleuchteten Erika Mikós in Dortmund und Utku Mogultay in Duisburg-Essen. Aus den Ergebnissen dieser Teilprojekte kristallisierte sich die Idee für ein Anschlussprojekt heraus, das die nächste Generation von Doktorandinnen und Doktoranden im Ruhr Center of American Studies bearbeiten wird. Zentral dabei wird der Begriff der „City Scripts“ sein. „Es geht um das Vorschreiben von Regeln, das Einschreiben – zum Beispiel

„ ES GAB SOGAR EIN LITTLE GERMANY. “

Michael Wala

einer ethnischen Gemeinde – in eine Stadt, das Schreiben von Plänen oder die Beschreibung, wie eine Stadt aussieht“, erklärt Wala den Begriff des Scripts. Während das Vorgängerprojekt „Urban Transformations“ vornehmlich untersuchte, wie Städte und ihre Veränderungen in Texten repräsentiert sind, so steht jetzt im Mittelpunkt, wie Scripts auf die reale Stadtentwicklung wirken und in dieser funktionieren. Die zentralen Fragen sind: „Wie konstruieren Texte die Stadt, und wie generiert die Stadt Texte?“, so Freitag. Dabei wollen die Amerikanistinnen und Amerikanisten nicht nur auf US-amerikanische Städte blicken, sondern auch Parallelen zu Deutschland ziehen.

Das neue Projekt bietet den Doktoranden eine Promotion mit Mehrwert. Es bezieht nicht nur internationale Experten in die Betreuung der Doktorarbeiten mit ein, sondern sieht auch eine bis zu einjährige Praxisphase für die Promovierenden vor, zum Beispiel in Stadtplanungsbüros. So sollen die wissenschaftlichen Recherchen und Erkenntnisse direkt in die Praxis einfließen.



Im Gespräch

WAS DAS QUARTIER ZUM ENERGIESPAREN BEITRAGEN KANN

*Emily Drewing erzählt, was die
Promotion im interdisziplinären
Umfeld besonders macht.*



Bei der Frage der Energieeffizienz hat der Fokus bislang auf Einzelgebäuden gelegen. Aber auch auf der Quartiersebene werden große Potenziale für energetische und wirtschaftliche Einsparmöglichkeiten gesehen – etwa durch die gemeinsame Nutzung von Heizanlagen oder durch abgestimmte Sanierungsmaßnahmen. Wie das gelingen kann, erforschen die Doktorandinnen und Doktoranden des Fortschrittskollegs „Energieeffizienz im Quartier“, das die Technische Universität Dortmund koordiniert und das Land NRW fördert. Alle drei Universitätsallianz-Ruhr-Standorte sind in dem Kolleg vertreten. Sie arbeiten an technischen, baulich-räumlichen, wirtschaftlichen, juristischen und sozialen Fragen. Mit dabei ist auch Emily Drewing vom Bochumer Lehrstuhl für Allgemeine Soziologie, Arbeit und Wirtschaft.

Frau Drewing, an welcher Frage forschen Sie?

Ich beschäftige mich mit Energiegenossenschaften im Ruhrgebiet. Darin finden sich Bürgerinnen und Bürger zusammen, die gemeinsam aktiv werden, um zum Beispiel Energie zu produzieren oder Gebäude energetisch aufzuwerten, etwa indem sie in die Installation von LED-Lampen investieren. Ich möchte herausfinden, inwieweit das Menschen eine Möglichkeit gibt, sich an der Energiewende zu beteiligen – und was Menschen ausmacht, die mitmachen.

Was macht die Promotion im Fortschrittskolleg besonders?

Für mich ist der Austausch mit Doktoranden aus anderen Disziplinen extrem hilfreich. Viele Eigenheiten des deutschen Energiesystems sind begründet in technischen Erfordernissen,

die mir als Sozialwissenschaftlerin aber nicht immer im Detail geläufig sind. Bei solchen Fragen können mir die Ingenieure helfen. Natürlich kann ich das auch selbst recherchieren, aber es dauert viel länger. Auch mit rechtlichen Fragen habe ich mich schon an meine juristisch arbeitenden Kollegen gewandt.

Wann treffen Sie denn Ihre Promotionskollegen?

Im ersten Jahr hatten wir einmal im Monat einen Workshop zum Fortschritt unserer Dissertationen und oft auch zu einem übergreifenden Thema, etwa Zeitmanagement. Inzwischen sind die Promotionen schon weiter fortgeschritten, und wir sehen uns nur noch alle zwei Monate. Nach Bedarf treffen wir uns auch in kleineren Gruppen. Durch den Austausch mit den anderen bekommt man einen kritischen Blick auf das eigene Thema. So kann man die Relevanz der eigenen Arbeit im Vergleich zu anderen Themen im Bereich Energieeffizienz besser einschätzen. Die interdisziplinäre Perspektive hilft unheimlich.

Ist es manchmal auch eine Herausforderung, interdisziplinär zusammenzuarbeiten?

Ja, natürlich auch. Wir merken zum Beispiel, dass wir alle unterschiedliche Vorstellungen davon haben, was ein Quartier ist. Als Sozialwissenschaftler argumentieren wir, dass man es nicht administrativ abgrenzen kann. Ein Jurist braucht aber eine administrative Abgrenzung. Und Ingenieure richten sich nach den Grenzen von Strom- oder Wärmenetzen. Man muss also eine gemeinsame Sprache und gemeinsame Definitionen finden.

Text: jwe, Foto: rs

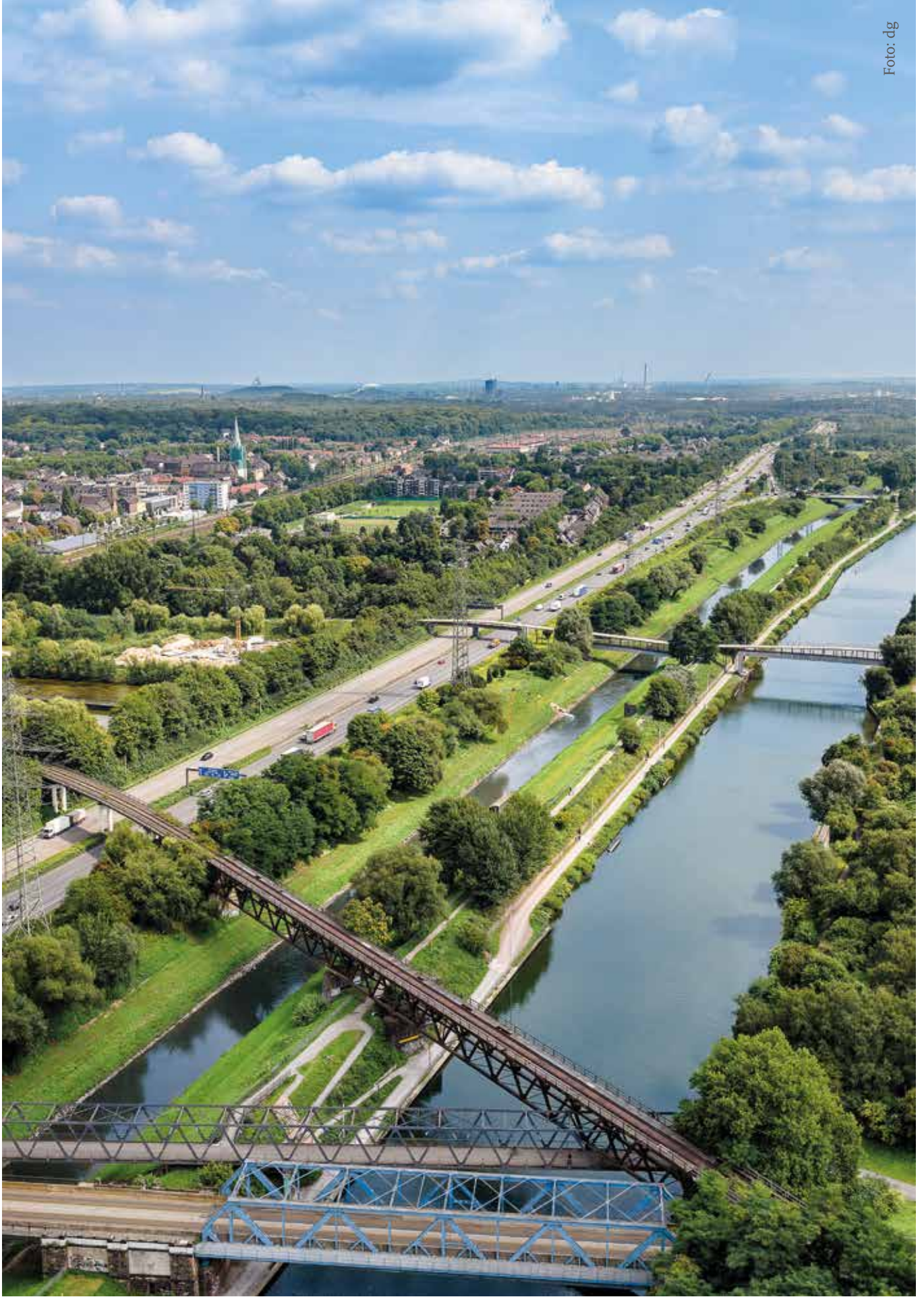


Foto: dg

WAS UNTERNEHMEN FÜR IHRE REGION TUN

Die Entwicklung von Städten und Regionen liegt nicht nur in öffentlichen Händen. Auch Unternehmen und andere Akteure tragen entscheidend bei.

Durch die Industrialisierung wurde das Ruhrgebiet zum größten Ballungsraum Europas. Aber die Zeit, in der die Region von der Kohleförderung leben konnte, ist lang vorbei. Als die Nachfrage in den 1950er-Jahren sank, setzten langsame Veränderungen ein: weg von der Montanindustrie, hin zu einem Standort für Hochtechnologie, Logistik, Bildung, Wissenschaft und Kultur. Auch heute noch steckt das Ruhrgebiet mittendrin im Strukturwandel.

„Ein weltweit beachtetes Beispiel für die Transformation einer stigmatisierten urban-industriellen Landschaft ist die Emscherregion“, sagt Prof. Dr. Harald Zepp, Leiter des Bochumer Lehrstuhls für Angewandte Physische Geographie. Er koordiniert zusammen mit Prof. Dr. Susanne Frank von der Technischen Universität Dortmund und Prof. Dr. Susanne Moebus von der Universität Duisburg-Essen ein neues standortübergreifendes Forschungsprojekt, das die Veränderungen in den Quartieren entlang der Emscher wissenschaftlich begleiten wird.

Die Idee für das Projekt gründet auf einer Absichtserklärung für die Zusammenarbeit der Emschergenossenschaft mit dem Team des Kompetenzfeldes Metropolenforschung in der Universitätsallianz Ruhr (siehe Seite 52). Darin haben die Partner vereinbart, fünf Quartiere zwischen Dortmund und Oberhausen als Reallabore im Rahmen des Emscher-Umbaus zu untersuchen – und zwar im Sinne einer transformativen Forschung, die die Umbauprozesse mitgestaltet. Einige Analysen sollen zurück bis in die vorindustrielle Zeit reichen, während andere die Entwicklung der Quartiere in verschiedenen Stadien des naturnahen Umbaus der Emscher und ihrer Nebenläufe begleiten werden. Dazu werden Wissenschaftler aller Disziplinen im Kompetenzfeld Metropolenforschung beitragen. In den Quartieren wollen sie etwa Landschaftsfunktionen, Haushalts- und Sozialstrukturen oder den Immobilienmarkt untersuchen. Auch Vergleichsstudien zwischen den Standorten sind geplant. An allen drei Universitäten gibt es bereits Vorarbeiten zu dem Projekt „Emscherquartiere in Transformation“. In Bochum zum Beispiel haben Dr. Svenja Grzesiok und Dr. Meike Schiek während ihrer Promotionen untersucht, welche Verantwortung Unternehmen für ihr Quartier oder für ihre Region übernehmen. „In der Regel fangen Unternehmen an, sich zu engagieren, wenn es konkrete Probleme gibt, also wenn sie mit irgendwelchen

Standortfaktoren unzufrieden sind“, sagt Prof. Dr. Matthias Kiese, Leiter des Lehrstuhls Stadt- und Regionalökonomie, an dem Meike Schiek ihre Promotion absolvierte. Sie untersuchte, auf welche Weise sich Unternehmen für ihre Region stark machen, was ihre Motive dabei sind und welche Hemmnisse es gibt. „Bislang gibt es im Bereich der Geografie so gut wie keine Forschung dazu“, erklärt Schiek, „obwohl es nachweislich eine räumliche Dimension der gesellschaftlichen Verantwortungsübernahme von Unternehmen gibt.“

Eine Mischung aus Eigennutz und Gemeinwohl

Viele Studien haben sich schon mit der sogenannten Corporate Social Responsibility beschäftigt, also mit der Verantwortung, die Unternehmen freiwillig für die Gesellschaft übernehmen. Aber ob es dabei bestimmte regionale Bezüge gibt und warum, wurde außen vor gelassen. Meike Schiek konzentrierte sich genau auf diesen Aspekt, die Corporate Regional Responsibility. Exemplarisch analysierte sie das unternehmerische Engagement in zwei Metropolregionen: im Ruhrgebiet und in Frankfurt/Rhein-Main. In beiden Regionen haben sich Unternehmen zu Netzwerken zusammengeschlossen – zum Initiativkreis Ruhr und zur Wirtschaftsinitiative Frankfurt-Rhein-Main –, die sich über ihre reguläre Geschäftstätigkeit hinaus für ihre Regionen engagieren. Warum sie das tun, wollte die Forscherin herausfinden.

„Es ist eine Mischung aus Eigennutz und gemeinwohlorientierter Verantwortung“, fasst Schiek zusammen, nachdem sie strukturierte Interviews mit 42 Entscheidungsträgern der Unternehmen ausgewertet hat. Sie fand drei Kategorien von Motiven: regionsbezogene, unternehmensbezogene und personenbezogene Motive. Die beiden letzteren werden auch in der Corporate-Social-Responsibility-Forschung beschrieben. Aber: „Die wichtigste Erkenntnis war, dass es regionsbezogene Motive gibt“, erklärt Schiek. „Es geht nicht nur um Unternehmensimage, Mitarbeiterzufriedenheit und Verantwortungsbewusstsein für die Gesellschaft. Es geht auch darum, den eigenen Standort wettbewerbsfähiger zu machen – wohlwissend, dass, wenn es dem Standort gut geht, auch die dort beheimateten Unternehmen davon profitieren.“ Gerade im Ruhrgebiet sind die regionsbezogenen Motive stark vom fortwährenden Strukturwandel geprägt. Die Studie ergab, dass die dort angesiedelten Unternehmen gezielt versuchen, die ▶

Menschen vor Ort zu fördern, vor allem die junge Generation. „Das Ruhrgebiet hat ein Problem mit dem Bevölkerungsrückgang, hoch qualifizierte Arbeitskräfte wandern in andere Regionen ab“, erläutert Meike Schiek. Die Investitionen der Firmen in den Standort sollen diesem Fachkräftemangel entgegenwirken und die Region attraktiver machen. „Diese

auf der Bundes- und Landesebene bereits viel thematisiert worden waren. „Durch die Zuwanderung von Flüchtlingen und anhaltende Wanderungsbewegungen in die Städte ist das Thema Wohnen wieder auf die politische Agenda gerückt“, sagt Svenja Grzesiok. „Gerade in den Metropolregionen gibt es eine hohe Nachfrage nach Wohnungen.“ In

” WOHNEN IST WIEDER AUF DIE POLITISCHE AGENDA GERÜCKT. “

Svenja Grzesiok

Ressource, das unternehmerische Engagement, wird derzeit für die Regionalentwicklung noch gar nicht richtig genutzt“, meint Matthias Kiese. „Die öffentliche Hand müsste solche Initiativen stärker mobilisieren“, so der Forscher weiter. Auch Svenja Grzesiok hat sich mit der Frage beschäftigt, welche Verantwortung Unternehmen übernehmen. Im Fall ihrer Promotion am Lehrstuhl für Internationale Stadt- und Metropolenentwicklung, geleitet von Prof. Dr. Uta Hohn, ging es um das Engagement von Wohnungsunternehmen im Quartier. Sie untersuchte sogenannte Bündnisse für Wohnen, die

oder dessen Qualität langfristig stabilisieren. Ein Akteur allein kann oft nur wenig ausrichten. So kann ein Wohnungsunternehmen zwar schicke neue Unterkünfte bauen. Wenn das Umfeld nicht attraktiv ist, wird sich die Investition aber nicht lohnen, und die Leute bleiben trotzdem fern. Grzesiok wollte wissen, wie Bündnisse für Wohnen auf Quartiersebene funktionieren. Was sind Erfolgsfaktoren? Was Stolpersteine? Die Geografin analysierte drei Initiativen in Essen-Altendorf, Köln-Kalk und Dortmund-Westerfilde. Um herauszufinden, wie die Bündnisprozesse in diesen Quartieren funktionieren,

Ein Beispiel für gelungene Stadtentwicklung, das Svenja Grzesiok analysiert hat: der Niederfeldsee in Essen-Altendorf (Foto: dg)



führte sie 58 Interviews, zum Beispiel mit Entscheidungsträgern im Bereich der Wohnungswirtschaft, Leuten, die Quartiersarbeit machen, oder Vertretern von öffentlichen Verwaltungen. „Ich habe alle Interviews transkribiert, dabei sind 1.200 Seiten Text zusammengekommen“, erinnert sie sich. Aus dem umfangreichen Material kristallisierte sie mehrere Erfolgsfaktoren heraus.

Eine realisierbare Vision ist entscheidend

„Es klingt banal, aber ein entscheidender Faktor für ein funktionierendes Bündnis ist Zeit“, resümiert Svenja Grzesiok. Zeit, um sich mit den Partnern zu treffen, Zeit, um Fördermittel zu beantragen, Zeit, um Pläne umzusetzen. Die Geografin gibt ein Beispiel: „Ein Wohnungsunternehmen mit viel Geld wird kein Problem haben, im Quartier einen neuen Spielplatz zu bauen, und erwartet eventuell von anderen Akteuren, dass sie schnell mitziehen. Die haben aber vielleicht nicht die Ressourcen für eine schnelle Umsetzung.“ Hinzu kommt, dass die Wirkungen von Maßnahmen oft erst zeitlich verzögert spürbar sind. „Kinder- und Jugendarbeit etwa zahlt sich erst auf lange Sicht aus – da braucht man bei der Quartiersarbeit einen langen Atem“, sagt Grzesiok.

Eine ebenso wichtige Rolle wie die Zeit spielen natürlich auch die Ressourcen. Ohne Geld geht nichts. Aber auch nicht ohne einen Organisator. Es muss sich jemand finden, der das Bündnis koordiniert, die Termine für die Treffen arrangiert und einen geeigneten Raum dafür findet. Das kann die öffentliche Hand machen, ein beauftragtes Quartiersmanagement oder auch eine Stiftung, die sich für die Belange der Quartiersbewohner einsetzt. Die einfachen Dinge sind manchmal die größten Hürden.

Um den Prozess erfolgreich zu gestalten, müssen sich die Bündnispartner zunächst auf gemeinsame Ziele verständigen. „Die Potenziale eines Quartiers zu erkennen kann eine Herausforderung sein“, weiß Grzesiok. Die Akteure müssen



eine Vision für das Viertel entwickeln; gleichzeitig dürfen sie ihre Ziele nicht zu hoch stecken, weil diese realisierbar bleiben müssen – sonst entstehen bei den Bewohnern Hoffnungen, die enttäuscht werden. Erfolgversprechend ist es, wenn ein Bündnis für Wohnen nicht isoliert arbeitet, sondern in die Quartiersstrukturen eingebettet ist. Ein integriertes Konzept, das auch Verkehrsanbindung, Bildung oder Einkaufsmöglichkeiten mitdenkt, ist für eine erfolgreiche Stadtentwicklung entscheidend. „Solche Schnittstellen zu finden und die Akteure zusammenzubringen ist wichtig“, meint Svenja Grzesiok. Ein Beispiel für ein gelungenes Bündnis für Wohnen sieht die Geografin am Niederfeldsee in Essen-Altendorf. Alte Wohnungsbestände aus den 1950er-Jahren, die nicht mehr nachgefragt waren, wurden abgerissen und neue Häuser gebaut. Sogar ein See wurde angelegt. Das sogenannte Uferquartier zieht inzwischen auch wieder Leute von außerhalb an. Klar ist laut Svenja Grzesiok, dass jedes Viertel seine eigene Erfolgsgeschichte schreiben muss. Was in einem Quartier funktioniert, muss nicht unbedingt in einem anderen klappen. Was der beste Plan ist, hängt immer von den Ausgangsbedingungen und den Akteurskonstellationen ab. In ihrer Doktorarbeit hat sie eine Art Baukasten erarbeitet, der Faktoren für gelungene Wohnbündnisse enthält. Vielleicht kann dieser in Zukunft auch entlang der Emscher beim Bilden neuer erfolgreicher Partnerschaften helfen.

jwe



In ihrer Promotion am Lehrstuhl für Stadt- und Regionalökonomie, den Matthias Kiese (rechts) leitet, hat Meike Schiek (links) sich mit der Corporate Regional Responsibility auseinandergesetzt. (Foto: Tim Kramer)



Svenja Grzesiok hat sich in ihrer Promotion am Lehrstuhl für Internationale Stadt- und Metropolenentwicklung der RUB, geleitet von Uta Hohn, mit Bündnissen für Wohnen beschäftigt. (Foto: Katja Marquard)

KOMPETENZFELD METROPOLENFORSCHUNG



Fotos: dg

Prof. Dr. Uta Hohn,
Geographisches Institut, Bochum

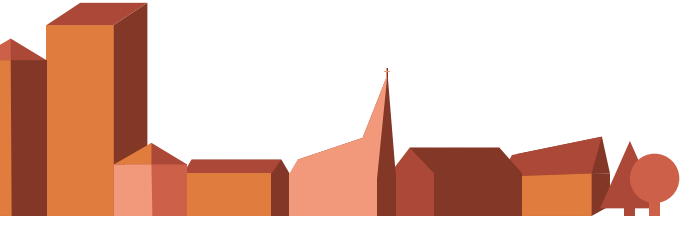
Die Metropolenforschung an der RUB zeichnet sich durch ihre disziplinäre Breite und Verankerung in zehn Fakultäten und weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen aus. Das Kompetenzfeld bündelt Expertisen und erschließt Synergien zur Erforschung der großen Zukunftsfragen metropolitanen Wandels. Ein Schlüsselthema, das alle Disziplinen verbindet, ist die digitale Transformation hin zu smarten Metropolen. Auch das Umweltressourcenmanagement, die Energiewende und die Adaption der Metropolen an den Klimawandel sind Themen, die Gesellschafts-, Ingenieur- und Naturwissenschaften verbinden. Ebenso wichtig sind Fragen der Teilhabe und Governance in Metropolen, die durch gesellschaftliche Pluralität, Migrations- und Segregationsprozesse geprägt sind. Damit setzen sich vor allem die Sozialwissenschaft und die Geografie auseinander. Die Wirtschaftswissenschaft fokussiert auf Transformationen durch Unternehmertum und Innovation. Weitere Stärken der RUB liegen in der Analyse der Deutung, Aneignung und Gestaltung metropolitaner Räume aus historischer wie gegenwarts- und zukunftsbezogener Perspektive sowie von Sport und Bewegung in ihrer Bedeutung für Gesundheit und Integration in Metropolen. Prägend sind ferner die Kooperationen mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Partnern in Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft von der Ebene des Quartiers bis zur Region sowie internationale Kooperationen in Lehre und Forschung zu Metropolen weltweit.

Im Profilschwerpunkt „Urbane Systeme“ bündelt die Universität Duisburg-Essen seit 2006 ihre Kompetenzen in der inter- und transdisziplinären Stadt- und Metropolenforschung. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fast aller Fakultäten arbeiten hier in zahlreichen Projekten an zentralen Herausforderungen urbanisierter Gesellschaften. Besondere Schwerpunkte bilden dabei die im Zentrum für Wasser- und Umweltforschung gebündelte Forschung zum urbanen Wasserkreislauf und zu urbanen Ökosystemen sowie die im Zentrum für Logistik und Verkehr konzentrierte Forschung zu nachhaltiger urbaner Mobilität und Versorgung, aber auch zu Evakuierungsszenarien für Ballungsgebiete. Das Zentrum für urbane Epidemiologie organisiert federführend die interdisziplinäre Forschung zu Fragen der Stadtgesundheit und bildet eine wichtige Brücke zwischen dem Profilschwerpunkt „Urbane Systeme“ und den am Universitätsklinikum angesiedelten Kohortenstudien zur Bevölkerungsgesundheit in Ballungsgebieten. Einen weiteren Schwerpunkt bilden historische wie gegenwartsbezogene geistes-, gesellschafts- und bildungswissenschaftliche Forschungen zu Heterogenität, Diversität und Kohäsion urbaner Gesellschaften sowie zu Mustern der Deutung und Aneignung urbaner Räume. Besondere Aufmerksamkeit erfährt hier die Rolle urbaner Narrative für das Verständnis von Prozessen der Stadt- und Metropolenentwicklung. Regionale Schwerpunkte bilden neben europäischen Metropolregionen die Ballungsräume Nordamerikas und Ostasiens.



Prof. Dr. Jens Martin Gurr,
Institut für Anglophone Studien, Duisburg-Essen

DIE UNIVERSITÄTSALLIANZ RUHR IN ZAHLEN



Prof. Dr. Thorsten Wiechmann,
Fachgebiet Raumordnung und Planungstheorie, Dortmund

Die Erforschung metropolitaner Räume hat an der Technischen Universität Dortmund eine lange Tradition und ist unter Einbindung von Ingenieurwissenschaften, Architektur, Raumplanung, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften interdisziplinär breit aufgestellt. Gegenwärtig befassen sich im Rahmen des Kompetenzfeldes Metropolenforschung der Universitätsallianz Ruhr 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an neun Fakultäten mit einschlägigen Fragestellungen. An der Fakultät Raumplanung gehört die Gestaltung, Steuerung und Entwicklung metropolitaner Räume aus ökonomischer, soziologischer, politik-, umwelt-, verkehrs- und planungswissenschaftlicher Perspektive seit Gründung der Fakultät zum thematischen Fokus der Forschungsarbeiten. Fragen der Gestaltung, Konstruktion und Deutung metropolitaner Räume stehen aber auch im Schnittpunkt der Forschungsarbeiten in Architektur und Bauingenieurwesen sowie den Kunst- und Kulturwissenschaften. Mit der Bedeutung von Metropolen als Knoten in einer globalisierten Welt sowie deren ökonomischen Verflechtungen befassen sich Forscherinnen und Forscher der Fakultät Wirtschaftswissenschaften. Welche Möglichkeiten neue Logistik- und Kommunikationstechnologien für das Zusammenleben in smarten Metropolen bieten, thematisieren die Fakultäten Elektrotechnik und Informationstechnik sowie Informatik. An der Fakultät Erziehungswissenschaft, Psychologie und Soziologie wird außerdem Fragen zur Heterogenität, Diversität und Kohäsion in metropolitanen Räumen nachgegangen.

300

Millionen Euro Drittmittel

13

Sonderforschungsbereiche

1.300

Professorinnen und Professoren

9.300

Forscherinnen und Forscher

120.000

Studierende
(19.000 internationale)

17

gemeinsame
Graduiertenprogramme

850

internationale Kooperationen

570

Studiengänge



fünftgrößte

Wissenschaftsregion
Deutschlands

Profilschwerpunkte

Materials Chain
Ruhr Explores Solvation

Kompetenzfeld

Metropolenforschung

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.

Stahlbleche 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

powered by

PORR



TEAMS WORK.

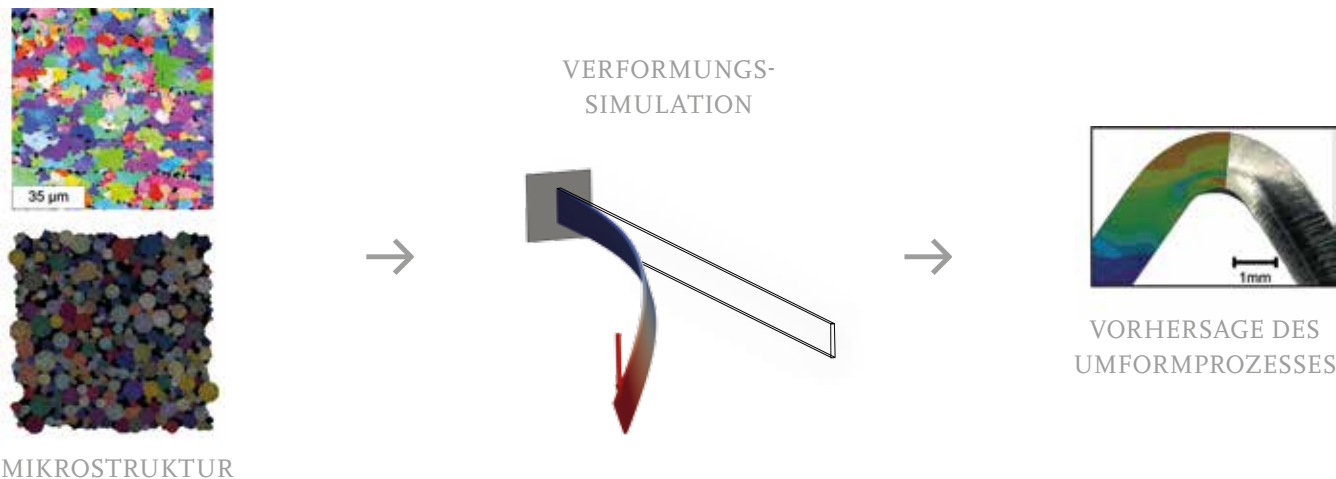
Weil Erfolg nur im Miteinander entstehen kann.

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.





MIKROSTRUKTUR

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.

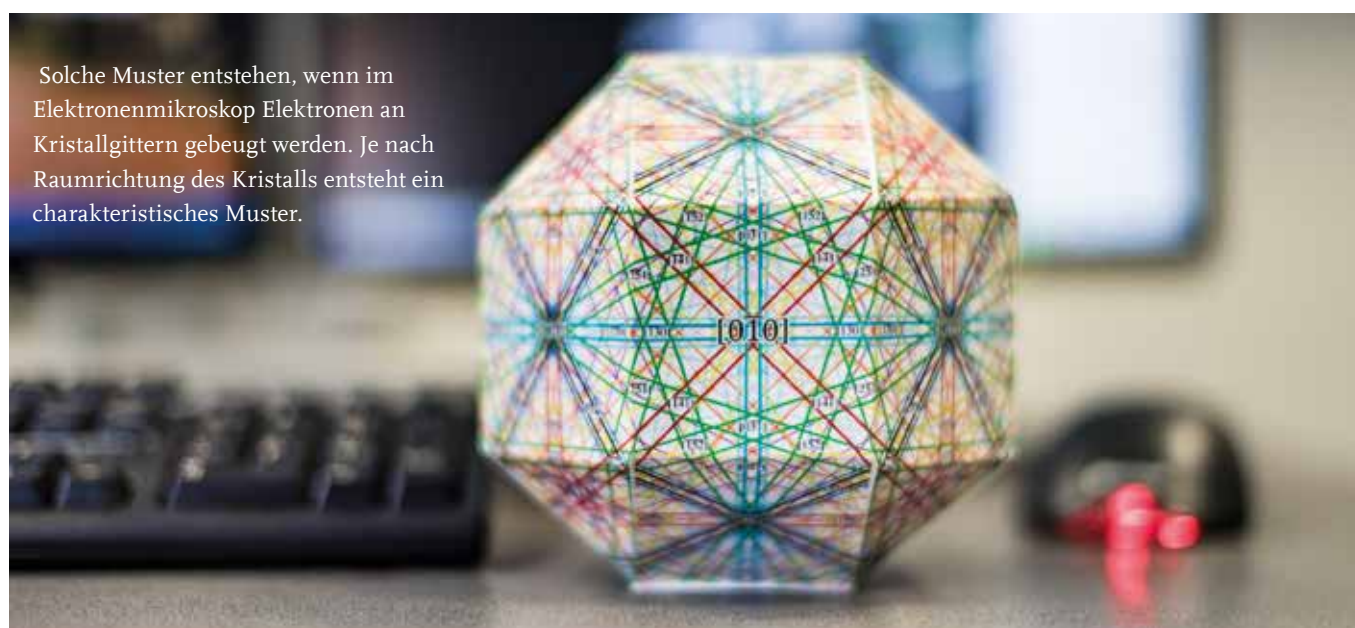
Komplexe Belastungen simulieren

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.

CHEMIE AUF ENGEM RAUM

Platz ist in Zellen Mangelware. Die Moleküle sind dicht an dicht gedrängt. Beeinflusst das ihre Funktion? Und müssen Experimente diesen Einfluss berücksichtigen?

Proteine bestehen aus Hunderten von Aminosäuren. Damit sie ihre Funktion ausüben können, müssen sie nicht nur die richtige Sequenz von Aminosäuren enthalten, sondern auch in die richtige dreidimensionale Struktur gefaltet sein. Fehler in der räumlichen Anordnung können verheerende Konsequenzen haben. So sind Fehlfaltungen von Proteinen vermutlich die Ursache für neurodegenerative Erkrankungen wie Chorea Huntington, die Alzheimer-Krankheit oder die Parkinson-Krankheit. Problematisch ist in diesen Fällen, dass die falsch gefalteten Proteine verklumpen und toxische Ablagerungen bilden.

Obwohl die Theorie zum Entstehen der oben genannten Krankheiten schon lange existiert, ist bislang kein Gegenmittel gefunden (siehe „Therapieansatz für Chorea Huntington“, Seite 61). Noch sind die Prozesse, die zu den Protein-Verklumpungen führen, zu wenig verstanden. Die dahinterstehenden Mechanismen interessieren die Teams von Prof. Dr. Simon Ebbinghaus an der Ruhr-Universität Bochum und Prof. Dr. Roland Winter an der Technischen Universität Dortmund. Ihr Ansatz: Sie beobachten die beteiligten Proteine nicht – wie üblich – nur in einer wässrigen Lösung, sondern auch in der lebenden Zelle. Bis zu 40 Prozent des Volumens einer Zelle bestehen aus Biomolekülen. Die Zellflüssigkeit ist also alles andere als eine verdünnte Lösung, sie hat vielmehr eine zähflüssige Konsistenz. Durch die Enge in der Zelle nehmen die Proteine andere Konformationen ein, als wenn sie unbedrängt wären. „Man muss es sich vorstellen wie in einem Aufzug oder in einer Bahn voller Menschen“, veranschaulicht Simon Ebbinghaus vom Bochumer Lehrstuhl für Physikalische Chemie II. „Wenn es voll ist, legen wir die Arme an den Körper an und versuchen, möglichst wenig Platz einzunehmen. So ähnlich machen das die Proteine auch.“

Neue Technik für lebende Zellen

Wie dieser sogenannte Crowding-Effekt die Faltung und Fehlfaltung von Proteinen beeinflusst, möchten die Dortmunder und Bochumer Forscher herausfinden. Sie kooperieren im Exzellenzcluster „Ruhr explores Solvation“ (Resolv), das die Rolle des Lösungsmittels in chemischen und biochemischen Reaktionen in den Fokus nimmt. Für diese Forschung braucht es innovative Verfahren. Selbst einfache Zellen enthalten schon 4.000 verschiedene Proteine. Methodisch ist es also eine Herausforderung, in dieser komplexen Umgebung ein bestimmtes Molekül zu untersuchen. Ein Ansatz ist, das Zielprotein in wässriger Lösung im Reagenzglas zu analy-

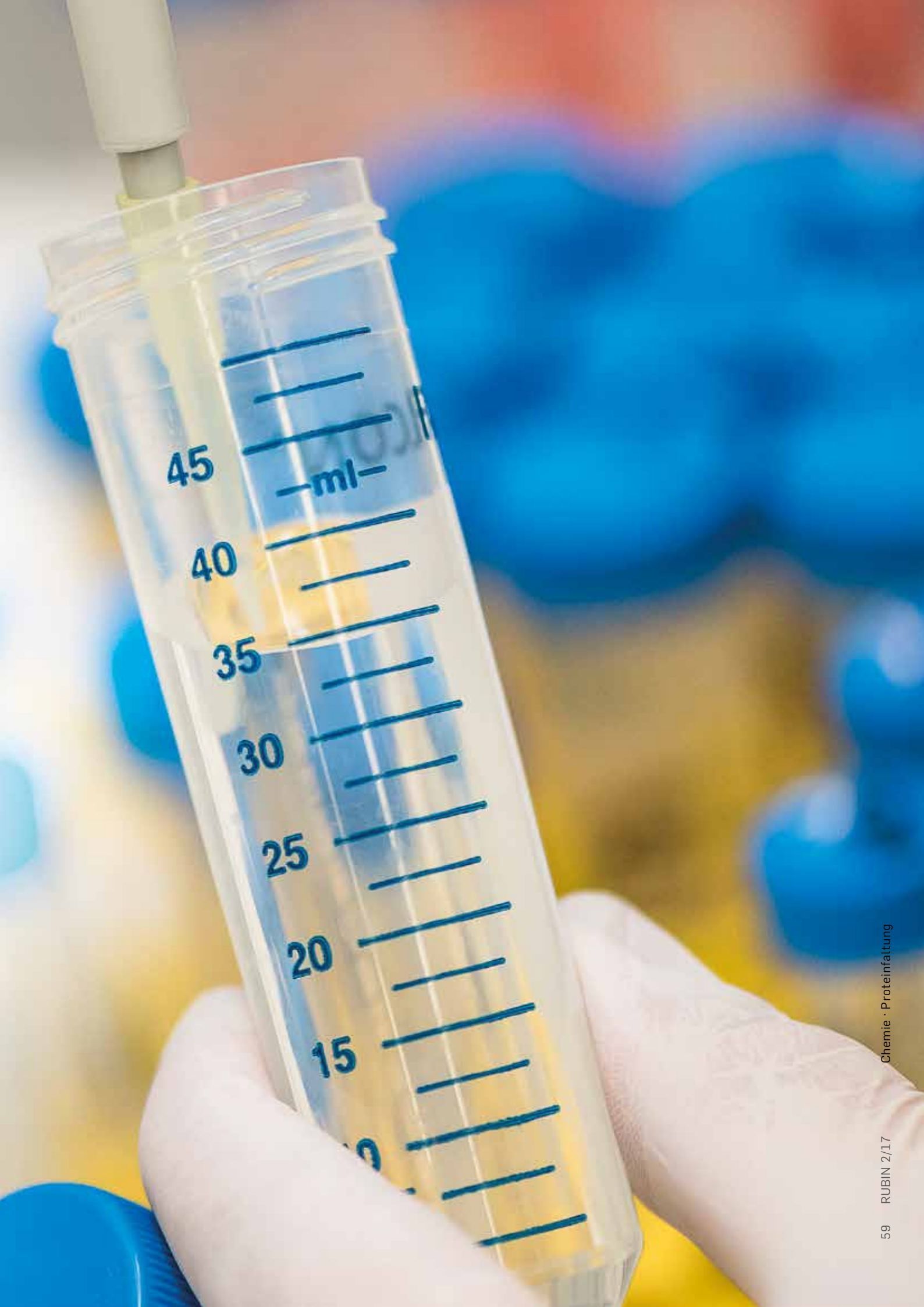
sieren und weitere Bestandteile, die in lebenden Zellen vorkommen, hinzuzugeben – sogenannte Crowder. Aber stellt das ausreichend die Bedingungen in lebenden Organismen nach? Dieser Frage gingen die Resolv-Forscher nach.

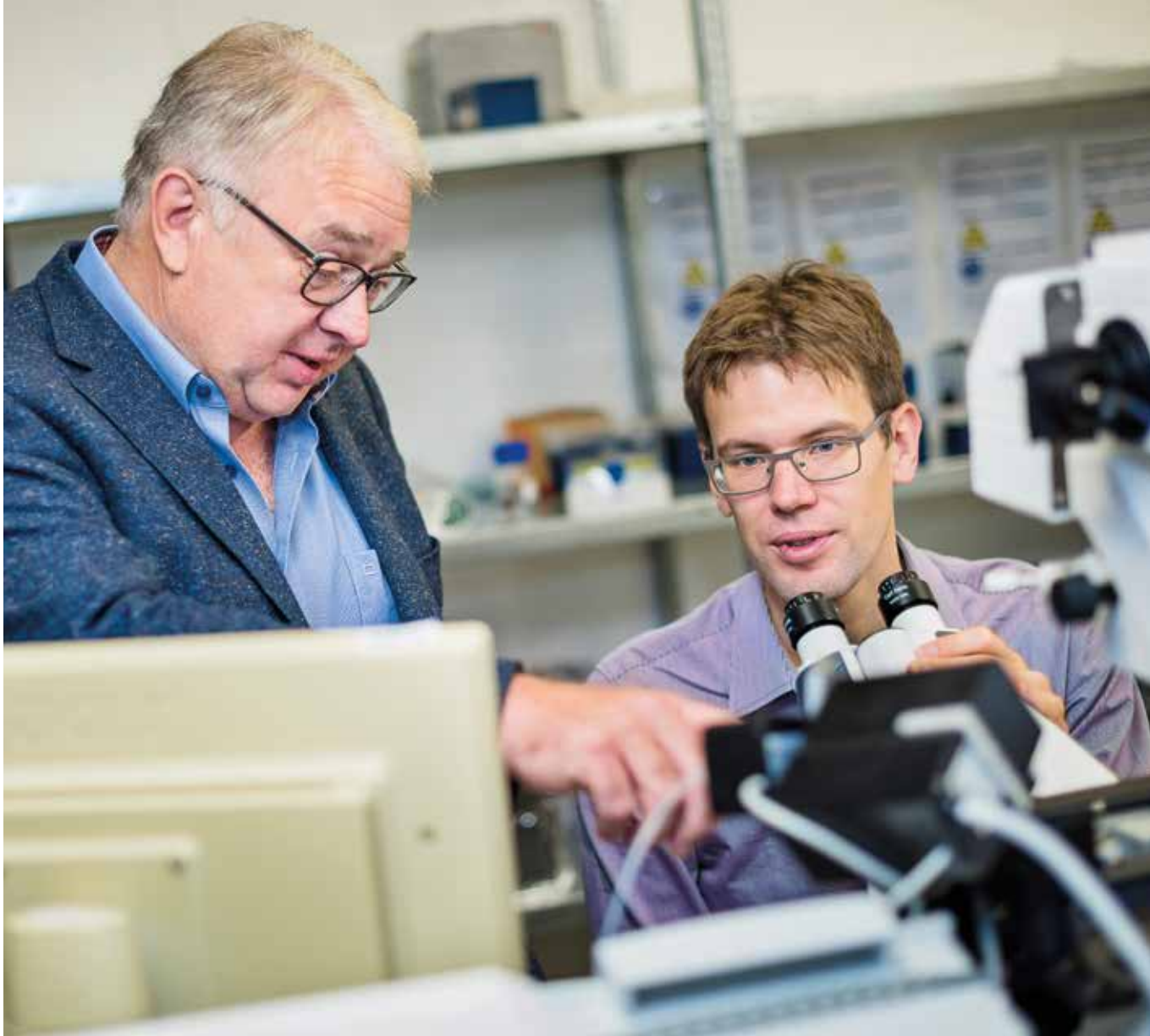
Während seiner Postdoktorandenzeit in den USA entwickelte Simon Ebbinghaus eine Technik, mit der sich die Faltungsprozesse einzelner Proteine direkt in lebenden Zellen verfolgen lassen. Der Trick: Mit Laserpulsen werden kleine Temperatursprünge ausgelöst, die zwar den Zellen nichts ausmachen, aber die Moleküle im Inneren aufschmelzen. Das Protein gibt seine räumliche Anordnung auf, sodass eine entfaltete Aminosäurekette vorliegt. Normalerweise würde sich beim Erhitzen die räumliche Struktur aller in der Zelle enthaltenen Proteine auflösen. Die Forscher wollen aber nur eine bestimmte Sorte von Proteinen entfalten. Dafür müssen sie diese vorbehandeln. Sie sorgen dafür, dass die eine Proteinsorte etwas instabiler ist als die übrigen Moleküle in der Zelle, sich also bei niedrigeren Temperaturen entfaltet.

Summe aller Moleküle ist entscheidend

Um den Entfaltungsvorgang messen zu können, bringen die Chemiker an beiden Enden der Aminosäurekette des Zielproteins eine Farbmarkierung an. Mit ihrer Hilfe können sie in der Zelle verfolgen, wie das Protein seine räumliche Struktur ändert. Die Methode liefert aber kein Video der Molekülveränderungen, sondern abstrakte Daten, die interpretiert werden müssen. Das gelingt nur, wenn man ganz genau weiß, wie ein Protein unter kontrollierten Bedingungen auf bestimmte Einflüsse reagiert. Die Wissenschaftler müssen also Studien im Reagenzglas zum Vergleich heranziehen. Auf diesem Gebiet hat das Team von Roland Winter am Dortmunder Lehrstuhl für Physikalische Chemie I langjährige Expertise.

In vielen Studien haben die Forscher untersucht, wie sich verschiedene Substanzen auf den Faltungsprozess von Proteinen auswirken. In einer gemeinsamen Arbeit nahmen die Dortmunder und Bochumer Gruppen zum Beispiel ein Molekül namens Insel-Amyloid-Polypeptid in den Fokus, das bei Typ-2-Diabetes eine Rolle spielt. Wie Proteine bestehen Peptide aus Aminosäureketten, die eine dreidimensionale Struktur annehmen. Bei Diabetes-Patienten wurden Ablagerungen von falsch gefalteten Insel-Amyloid-Polypeptiden beobachtet. Doktorandin Mimi Gao untersuchte zusammen mit ihren Kolleginnen und Kollegen, wie bestimmte Biomoleküle die Bildung dieser Ablagerungen beeinflussen. Das Team testete eine ganze Reihe von Substanzen, die in lebenden Zellen ►





Simon Ebbinghaus (rechts) und Roland Winter (links) kooperieren im Exzellenzcluster „Ruhr explores Solvation“.

vorkommen. Etwa Salze, kleine lösliche Moleküle, Faltungshelferproteine, auch Chaperone genannt, oder Crowder, die die Enge in lebenden Zellen nachstellen sollen. Die Haupteigentnis war: Es reicht nicht, die Effekte einzelner Substanzen zu betrachten, denn sie wechselwirken miteinander. Crowder wirken in Anwesenheit von Chaperonen zum Beispiel anders als allein. Die Summe aller Moleküle in der Zelle reguliert also den Faltungsprozess.

Studien mit lebenden Zellen nicht zu ersetzen

Die Bedingungen in einer lebenden Zelle im Reagenzglas nachzustellen ist aber nahezu unmöglich. Zwar wird in manchen Studien versucht, das Gedränge in der Zelle mithilfe von künstlichen Zusätzen im Reagenzglas zu imitieren – aber spiegelt das die realistischen Bedingungen wider? Dieser Frage widmeten sich die Resolv-Wissenschaftler in einer weiteren Studie. Sie verglichen das Verhalten einer RNA-Struktur in der lebenden Zelle und im Reagenzglas mit und ohne künstliche Zusätze. Das verwendete Molekül hatte eine haarnadelförmige Struktur, die bei hohen Temperaturen aufschmilzt. Die Forscher untersuchten, wie sich die RNA-Stabilität in den verschiedenen Szenarien und bei verschiedenen

Temperaturen veränderte. Zu ihrer Überraschung verhielt sich die RNA-Haarnadel in wässriger Lösung ohne Zusätze ähnlich wie in der lebenden Zelle. Im Reagenzglas mit Zusätzen – was den natürlichen Bedingungen eigentlich näherkommen sollte – verhielt sie sich hingegen deutlich anders. Wer Proteinfaltung und -fehlfaltung wirklich verstehen will, kommt also letztendlich nicht um Studien in lebenden Zellen herum. Für deren Interpretation aber sind zusätzliche Analysen unter kontrollierten Bedingungen unerlässlich.

Mit dieser Kombination von Methoden möchte das Resolv-Team nun Schritt für Schritt weitere Moleküle und Szenarien untersuchen. Die Gruppen von Simon Ebbinghaus und Roland Winter interessieren sich nicht nur dafür, wie sich biologische Prozesse in Zelle und Reagenzglas unterscheiden. Sie wollen auch herausfinden, wie sich die Faltung von Proteinen unter extremen Bedingungen verändert, etwa bei sehr hohem Druck. Oder wie sich die Prozesse verändern, wenn die Zelle unter Stress gerät, beziehungsweise welche Strategien die Zelle entwickelt, um dem Stress zu begegnen. Dabei haben sie immer das Ziel vor Augen, neue Erkenntnisse über die Fehlfaltung krankhafter Proteine zu gewinnen.

Text: jwe, Fotos: dg

Proteine

THERAPIE- ANSATZ FÜR CHOREA HUNTINGTON

Computersimulationen und Experimente mit Zellen haben vielversprechende Ergebnisse erbracht.

Unwillkürliche Bewegungen sind ein markantes Symptom der Chorea Huntington. Die erbliche Krankheit setzt schleichend ein, aber beeinträchtigt die Betroffenen früher oder später massiv und führt letztendlich zum Tod. Ein wirksames Medikament existiert bislang nicht. Forscher der Ruhr-Universität Bochum und der Universität Duisburg-Essen (UDE) haben nun einen potenziellen Ansatz für eine Therapie entdeckt. Ursache der Chorea Huntington ist ein Defekt im Huntingtin-Gen, in dem eine bestimmte Gensequenz wiederholt auftritt – zu viele Wiederholungen lösen die Krankheit aus. Das Huntingtin-Gen enthält den Bauplan für das gleichnamige Protein. Krankhafte Huntingtin-Proteine verklumpen, und diese Aggregate wirken toxisch.

Potenzial als Medikament ausloten

Die Duisburg-Essener Forscher Prof. Dr. Thomas Schrader und Prof. Dr. Frank-Gerrit Klärner entwickelten ein synthetisches Molekül, das das Potenzial für eine wirksame Arznei hat. In Simulationen zeigte Prof. Dr. Elsa Sánchez-García, ebenfalls an der UDE, dass das Molekül die Verklumpung von Huntingtin verhindern kann. In Kooperation mit dem Bochumer Biochemiker Prof. Dr. Simon Ebbinghaus untersuchte sie die Substanz genauer. Nicht nur in Simulationen tat sie ihre Wirkung. Auch in Experimenten mit lebenden Zellen (siehe auch „Chemie auf engem Raum“, Seite 58) reduzierte die Substanz die Anzahl der krankhaften Huntingtin-Aggregate. Bochumer Mediziner am St. Josef-Hospital zeigten mittlerweile, dass auch positive Effekte auf Zellkulturen nachweisbar sind. Nun wollen die Forscherinnen und Forscher den Wirkmechanismus weiter aufklären und das Potenzial als Medikament ausloten.

jwe

Anzeige

WASSERKRAFT IST UNSERE PASSION - als Einsatz zur Verbesserung der Lebensqualität

Studien/Beratung, Planung, Ausschreibung, Bauleitung und PM für Laufkraftwerke, Speicherkraftwerke, Pumpspeicherkraftwerke, Talsperren und Wehranlagen, Flussbaumaßnahmen



ENGINEERING EXCELLENCE

ILF Consulting Engineers Austria GmbH
Feldkreuzstraße 3
6063 Rum bei Innsbruck, Österreich

Tel.: +43/512/2412-0, Fax: +43/512/2412-5903
Email: water-environment@ilf.com
Website: www.ilf.com

ILF
CONSULTING
ENGINEERS

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



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

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

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.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren

RUB



RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

EIN STÜCK RUB BEI MIR

→ unishop.rub.de

- am Infopoint im Foyer der Universitätsverwaltung
- im Blue Square Store in der Bochumer Innenstadt

Universitätsallianz Ruhr

Gemeinsam besser

120.000
STUDIERENDE

EINZIGARTIG

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DORTMUND

RUHR-
UNIVERSITÄT
BOCHUM

MATERIALS
CHAIN

UNIVERSITÄT
DUISBURG-ESSEN

METROPOLLEN-
FORSCHUNG

ALLIANCE FOR
RESEARCH
ON EAST ASIA

DUAL CAREER
NETZWERK RUHR

INNOVATIV

M.SC. MEDIZINPHYSIK

RUHR EXPLORES
SOLVATION

INTERNATIONAL

WELTOFFEN

MERCATOR RESEARCH
CENTER RUHR

M.SC. BIODIVERSITÄT

RUHR
CAMPUS³

KULTURWISSENSCHAFT-
LICHES INSTITUT

VERBINDUNGSBÜROS
NEW YORK
SÃO PAULO
MOSKAU

15.000
FORSCHENDE

RESEARCH
ACADEMY RUHR



UA RUHR

www.uaruhr.de