

# 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



*Radar*

# UNSICHTBARES SICHTBAR MACHEN



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



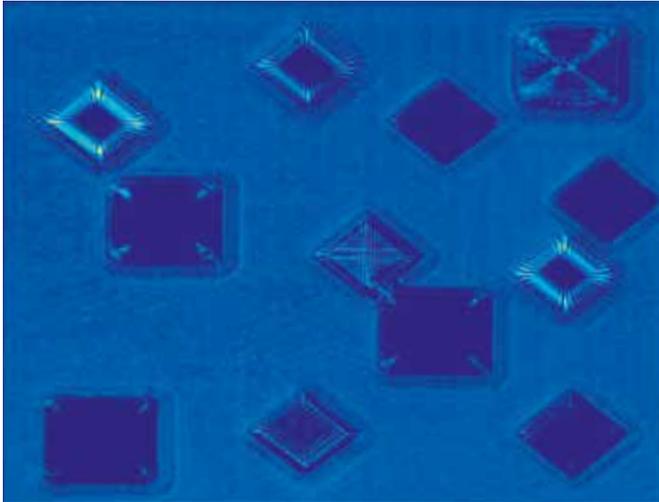
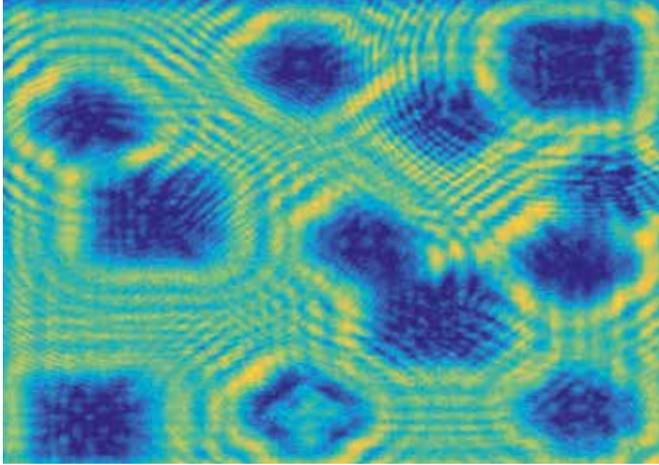
*Ingenieure aus Bochum und Duisburg-Essen arbeiten an einer Technik, die man teils nur aus Filmen kennt.*

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

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](http://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 eingestrahnten 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



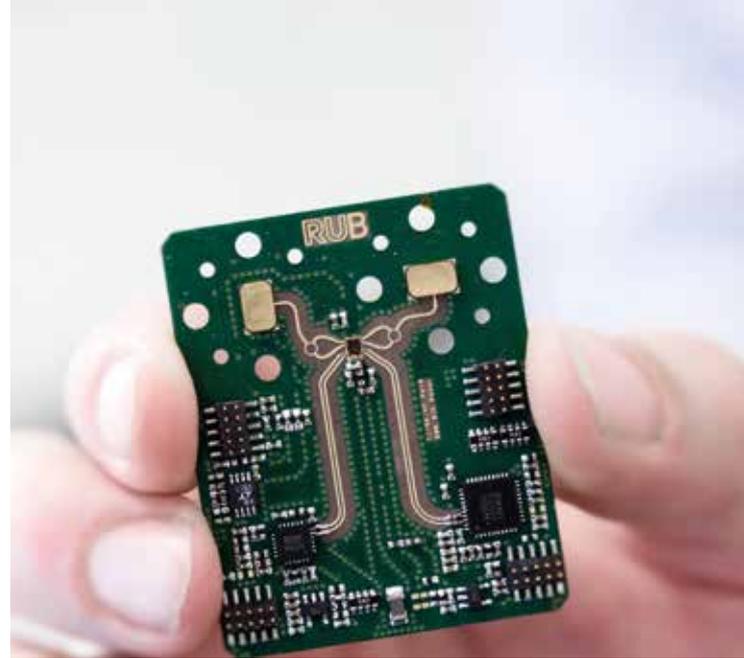
Jan Barowski und Ilona Rolfes entwickeln und optimieren mit ihren Kolleginnen und Kollegen Verfahren für die Ortung und Materialcharakterisierung mittels Radar.

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*

# REDAKTIONSSCHLUSS

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

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



## IMPRESSUM

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

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

**REDAKTIONSANSCHRIFT:** Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, Fax: 0234/32-14136, [rubin@rub.de](mailto:rubin@rub.de), [news.rub.de/rubin](http://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](mailto:damiangorczany@yahoo.de), [www.damiangorczany.de](http://www.damiangorczany.de); Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpfe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, [post@people-fotograf.de](mailto:post@people-fotograf.de), [www.wasaufdieaugen.de](http://www.wasaufdieaugen.de)

**COVERFOTO:** Roberto Schirdewahn

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

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

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

**AUFLAGE:** 7.000

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

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

**ISSN:** 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren