

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN



Schwerpunkt

UNTER DER ERDE

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

28
Jahrgang

Nr. 2 | 2018



Klimatologie

DEN BESTEN FLUCHTWEG AUS U-BAHN-STATIONEN FINDEN



Für dieses Projekt haben Forscher dreimal einen Brand im Berliner U-Bahn-System gelegt.



Foto: rs

arbeitet an der RUB in der Arbeitsgruppe Klimatologie extremer Standorte, die Prof. Dr. Andreas Pflictsch leitet.

Im Orpheus-Projekt haben die Forscherinnen und Forscher die Grundlagen für ein System gelegt, das eines Tages schneller als in Echtzeit simulieren können soll, wie sich Rauch oder Gas in einer U-Bahn-Station ausbreitet, sodass der optimale Fluchtweg für einen spezifischen Fall ermittelt werden kann. Kompliziert ist das, weil jede Station ihre eigenen dynamischen Luftströmungen besitzt, die sich auch abhängig von äußeren Faktoren ändern können.

„Die deutschen U-Bahn-Systeme sind teils 100 Jahre alt, daher haben die meisten keine künstliche Belüftung“, erklärt Brüne. Die Luftzufuhr erfolgt durch die fahrenden Bahnen, die einen Luftschwall durch den Tunnel drücken. Darüber hinaus bildet sich im unterirdischen System der verzweigten Tunnel ein eigenes Klimasystem heraus, insbesondere eine natürliche Hintergrundströmung. Diese wird dominant, wenn der Zugverkehr im Katastrophenfall unterbrochen wird. Damit eine Computersimulation korrekt abbilden kann, wie sich Rauch in einer Station ausbreiten würde, muss die Luftströmung als Randbedingung berücksichtigt werden.

Im Orpheus-Projekt statteten die Bochumer Forscher die Station „Osloer Straße“ in Berlin mit sogenannten Ultraschall-Anemometern aus. Diese Messgeräte erfassten bis zu acht Jahre lang ununterbrochen die Luftströmungen in dem Bahnhof; die Daten gingen in ein am Forschungszentrum Jülich entwickeltes Computermodell ein. Um zu überprüfen, wie gut die Simulation die Realität abbildet, fanden drei Großversuche in der Berliner Station statt. Das Projektteam löste dabei einen Propangasbrand aus und maß, wie sich der Rauch ausbreitete. Zum einen brachten die Forscher dafür ein Tracergas aus, dessen Verteilung sie quantitativ erfassen konnten. Zum anderen versprühten sie Theaternebel, um einen optischen Eindruck zu bekommen, wie sich der Rauch ausbreiten würde. „Die Versuche waren sehr aufwendig“, sagt Markus Brüne, der vor Ort dabei war. „Und natürlich darf das Bauwerk nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.“

Versuche in der Nacht

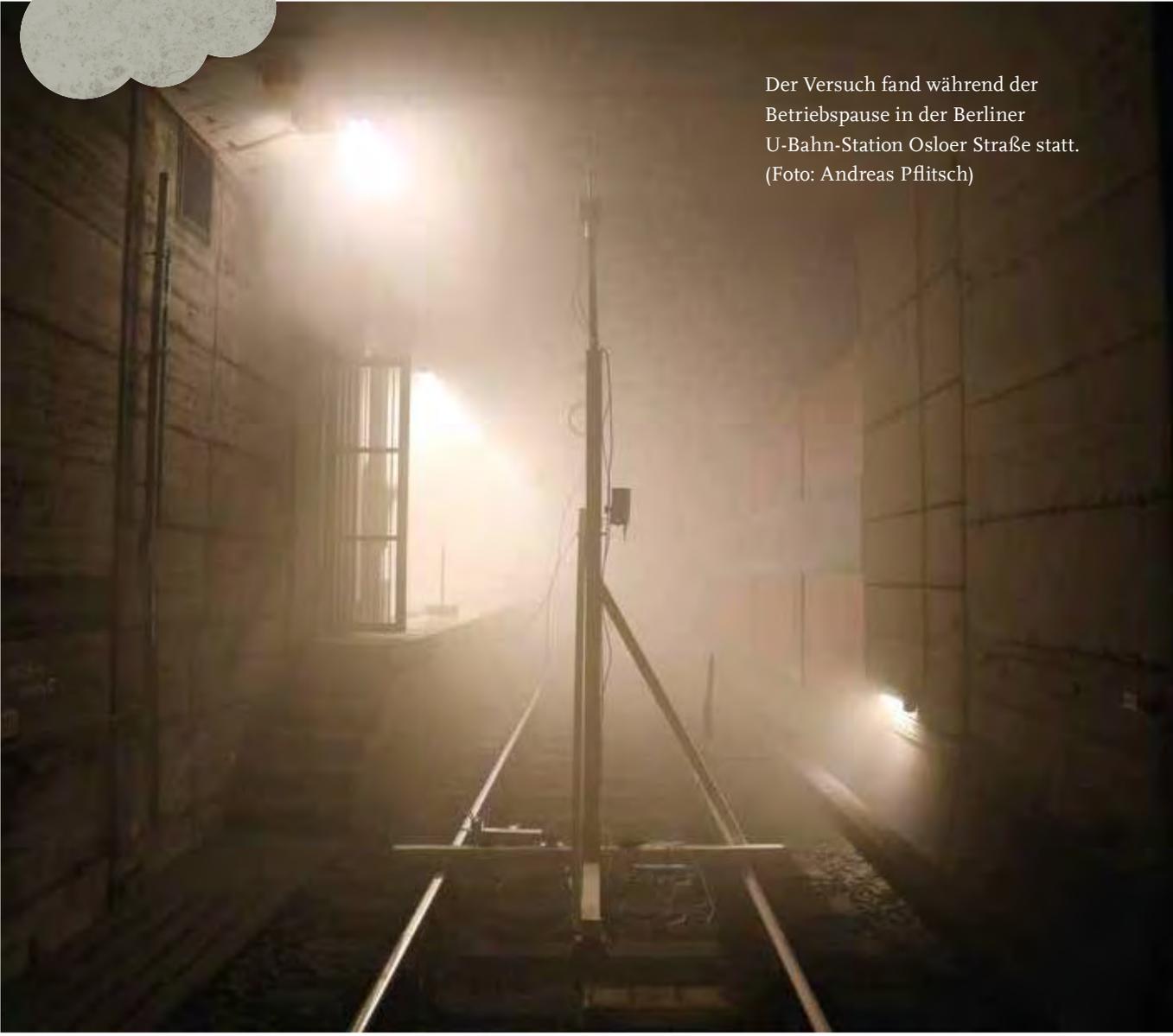
Eine große Herausforderung war, dass das Experiment nur während der Betriebsruhe laufen durfte, aber jede Menge Messequipment aufgebaut werden musste. „Um 22 Uhr haben wir mit 30 bis 40 Leuten alles aufgebaut. Um 1.30 Uhr konnten wir in der Regel mit dem Versuch beginnen, weil dann keine Bahnen mehr fuhren“, erzählt der Forscher. „Um 3.20 Uhr musste das gesamte Equipment wieder raus sein.“

Vorherige Versuche hatten stets nur mit Kaltgas stattgefunden. Das gibt zwar Einblicke, wie sich Giftgas ausbreiten würde. Das Projektteam interessierte sich aber auch für brandbedingten Rauch. „Die Hitze eines Feuers treibt die Thermik an, das muss in der Simulation berücksichtigt werden“, erläutert Brüne. So beobachteten die Forscher zum Beispiel, dass sich im unteren Bereich der Station, wo sie den Brand ausgelöst hatten, deutliche Luftschichten bildeten. Der warme Rauch klebte an der Decke, die kalte Luft hing am Boden. In den oberen Etagen sah es hingegen anders aus. ▶

Die U-Bahn ist aus deutschen Großstädten nicht mehr wegzudenken. Unmöglich wäre es, das gesamte Verkehrsaufkommen an der Oberfläche abzuwickeln. Allein die Berliner Verkehrsbetriebe zählten 2017 mehr als eine halbe Milliarde Fahrgäste in ihren U-Bahnen. Umso wichtiger ist es, die Menschen gegen Gefahren zu schützen, zum Beispiel gegen Brände oder Giftgasanschläge. Wie das gelingen kann, damit hat sich das Team im Projekt Orpheus beschäftigt, kurz für Optimierung der Rauchableitung und Personenführung in U-Bahnhöfen: Experimente und Simulationen. „Unser Ziel ist es, Menschen im Katastrophenfall so schnell und sicher wie möglich aus den U-Bahnhöfen nach draußen leiten zu können“, erklärt Markus Brüne. Er



Für die Versuche mussten die Wissenschaftler viel Messequipment aufbauen. (Foto: Andreas Pflitsch)



Der Versuch fand während der Betriebspause in der Berliner U-Bahn-Station Osloer Straße statt. (Foto: Andreas Pflitsch)



Markus Brüne entwickelt neue Methoden, um kostengünstig die Luftströmung in U-Bahn-Tunneln messen zu können. (Foto: rs)



500.000.000

Etwa so viele Fahrgäste nutzten 2017 die Berliner U-Bahn.



Schon nach wenigen Minuten gab es dort keine rauchfreie Schicht mehr, weil die Luft verwirbelte. Während man unten in der Station also noch gut atmen könnte, wäre es schwer bis unmöglich, über die Aufgänge aus dem Bahnhof herauszukommen, weil der Rauch dort den Weg versperren würde. „Es gibt Beispiele von Bränden in U-Bahn-Stationen, bei denen die meisten Menschen in den oberen Etagen ums Leben kamen, während unten relativ wenig passiert ist“, weiß Brüne. Basierend auf den Ergebnissen schlägt das Projektteam daher vor, die meist rauchfrei bleibenden U-Bahn-Tunnel als Fluchtwege in Betracht zu ziehen. „Das wollen die Betreiber bislang nur ungern, weil sie Sorge haben, dass es Zusammenstöße zwischen den Menschen und eventuell noch fahrenden Zügen geben könnte“, erklärt Markus Brüne. „Aber unsere Ergebnisse zeigen, dass es sinnvoll wäre.“ Eine Simulation, die den Einsatzkräften im Ernstfall sagen würde, wohin sich der Rauch wahrscheinlich ausbreiten wird, wäre hilfreich, um den bestmöglichen Fluchtweg zu ermitteln.

Damit das im Projekt entstandene Modell für verschiedene U-Bahn-Stationen zuverlässige Prognosen liefert, müsste jedoch für jeden Bahnhof die natürliche Luftströmung bekannt sein. Unmöglich wäre es, sie wie im Versuch mit Hunderten von Ultraschall-Anemometern zu messen – zu aufwendig und zu kostspielig. Markus Brüne verfolgt während seiner Promotion an der Ruhr-Universität daher einen anderen Ansatz. Er überprüft, ob sich die Luftströmung aus Temperaturmessungen ableiten lässt. Die Temperatur lässt sich wie in einem Brandmelder über Lichtwellenleiter erfassen – und die sind bereits zahlreich in U-Bahn-Tunneln verbaut. „Die Kommunikationskabel in U-Bahn-Systemen bestehen aus Lichtwellenleitern“, beschreibt Markus Brüne die Idee. „Wir untersuchen, ob man die Temperatur mit diesen bereits vorhandenen Lichtwellenleitern messen könnte.“ Zur Kontrolle erfassen die Forscher die Temperatur im gleichen U-Bahn-Tunnel außerdem mit einem speziell für den Versuch angebrachten

Lichtwellenleiter sowie mit herkömmlichen Temperatursensoren. Die Ergebnisse sind laut Markus Brüne vielversprechend. „Das Kommunikationskabel ist zwar träge“, berichtet er. „Man hat im Vergleich zu den anderen Messmethoden damit einen Zeitversatz von fünf bis zehn Minuten.“ Aber es übermittelt langsame Temperaturveränderungen korrekt und sollte für eine normale Strömungsmessung reichen, so seine Einschätzung.

Ob sich die Luftströmung zuverlässig aus den Temperaturdaten rekonstruieren lässt, muss Brüne noch überprüfen. Falls ja, wäre wieder ein wichtiger Schritt in Richtung einer Echtzeit-Brandsimulation gelungen.

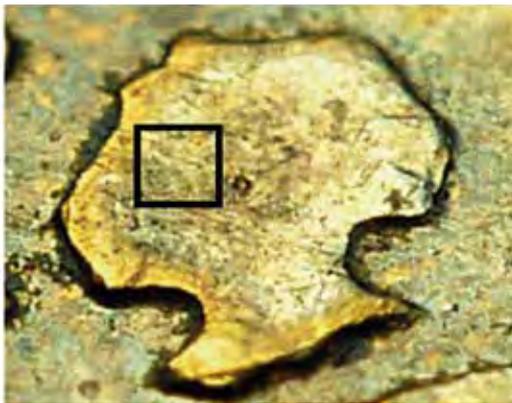
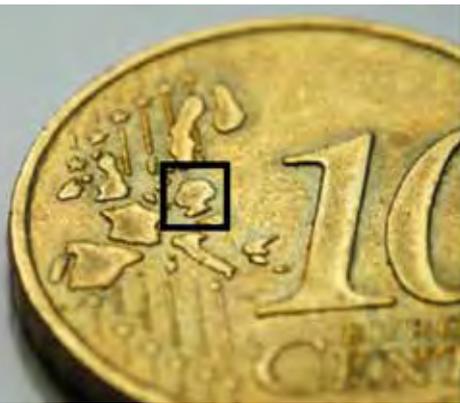
jwe

PROJEKTPARTNER



Das Orpheus-Projekt lief von Februar 2015 bis Februar 2018, koordiniert vom Forschungszentrum Jülich. Neben der Arbeitsgruppe Klimatologie extremer Standorte der Ruhr-Universität Bochum waren die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung sowie verschiedene Partner aus der Industrie beteiligt: die Firma Rudolf-Otto-Meyer-Technik, die Entrauchungsanlagen entwickelt; das Unternehmen Ibit, das mit Einsatz- und Krisenmanagement im Umfeld von Veranstaltungen befasst ist; und das Institut für Industrieaerodynamik Aachen, das für die Realbrandversuche zuständig war. Als assoziierte Partner nahmen ferner die Berliner Verkehrsbetriebe, die Deutsche Bahn, die Feuerwehren aus Berlin und München sowie die Unternehmen Karstadt Hekatron, Nvidia und das Team HF teil.

REDAKTIONSSCHLUSS



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

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

➔ news.rub.de/optische-pinzette



© RUB, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik

IMPRESSUM

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

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Constantin Goshler (Geschichtswissenschaft), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Michael Hübner (Elektrotechnik/Informationstechnik), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizin), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Andreas Ostendorf (Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuch), Prof. Dr. Michael Roos (Wirtschaftswissenschaft), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Martin Werding (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie)

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

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md)

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

COVER: Roberto Schirdewahn

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

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

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

AUFLAGE: 4.700

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

BEZUG: RUBIN erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter rubin.rub.de/abonnement. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren