

hoch³FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Sommer 2018



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Impressum

Herausgeber
Der Präsident
der TU Darmstadt

Redaktion Stabsstelle
Kommunikation und Medien
der TU Darmstadt:
Jörg Feuck (Leitung, Vi.S.d.P.)
Ulrike Albrecht (Grafik Design)
Patrick Bal (Bildredaktion)

Gestalterische Konzeption
conclouso GmbH & Co. KG, Mainz

Titelbild Katrin Binner

Druck Druckerei Petzold,
Darmstadt
gedruckt auf 100 g/m²
PlanoScript, FSC-zertifiziert

Auflage 6.000
Nächste Ausgabe
15. September 2018

Leserservice
presse@pvw.tu-darmstadt.de

ISSN 2196-1506

Möchten Sie die nächste Ausgabe der hoch³FORSCHEN gerne in digitaler Form erhalten? Dann senden Sie bitte eine E-Mail an presse@tu-darmstadt.de



— **1 Praxis-Transfer:** Wasserbauingenieure entwickeln Fischtreppe — **2 Grundlagenforschung:** Die Kräfte im Kern von Atomen — **3 Herausforderung Welternährung:** Künstliche Intelligenz hilft der Landwirtschaft — **4 Interdisziplinär:** Maschinenbau und der Schatz der Satellitendaten

Von den Kernen zu den Sternen

Physik-Professor Achim Schwenk und sein Team vom Institut für Kernphysik der TU Darmstadt untersuchen die Kräfte im Innersten von Atomen. Damit tragen sie auch zu einem besseren Verständnis von astrophysikalischen Objekten bei.

— Von Uta Neubauer

Neutronensterne haben es in sich. Mit einem Durchmesser von rund 20 Kilometern könnten sie Städte wie Darmstadt so gerade eben aufnehmen, doch ihre Masse ist erstaunlich: Ein würfelzucker großes Stück Neutronenstern würde auf der Erde etwa hundert Millionen Tonnen wiegen. „Das sind im Prinzip dicht gepackte Atomkerne“, erklärt Achim Schwenk, theoretischer Kernphysiker und Professor an der TU Darmstadt.

Atome, die Bausteine aller irdischen Materie, bestehen aus einem winzigen Kern, der Neutronen und Protonen enthält, und einer voluminösen Hülle aus Elektronen. Der Kern macht die Masse aus, die Hülle wiegt nahezu nichts. Auch übliche Sterne setzen sich aus Atomen zusammen. Wenn sie am Ende ihres Daseins explodieren, können sich – abhängig von der ursprünglichen Sternmasse – die kompakten Neutronensterne bilden: Die negativ geladenen Elektronen werden während einer solchen Supernova in die Atomkerne hineingedrückt und vereinigen sich dort mit den positiv geladenen Protonen zu Neutronen. Übrig bleiben hüllenlose Kerne, eine Art Brei, der zu 95 Prozent aus Neutronen besteht.

Astronomen haben mittlerweile rund 2000 Neutronensterne aufgespürt. „Sie sind so klein, dass man sie nur aufgrund ihrer elektromagnetischen Strahlung mit Radioteleskopen sehen kann“, sagt Schwenk. Die Vermessung von Neutronensternen ist daher eine Herausforderung. Hier kommen die theoretischen Kernphysiker ins Spiel. Schwenk und sein Team sind zwar keine Astronomen, aber ihre Erkenntnisse zu den Wechselwirkungen im Innersten von Atomen lassen sich durchaus auf den Makrokosmos übertragen. „Wir interessieren uns besonders für exotische Kerne mit einem großen Neutronenüberschuss“, erklärt Schwenk. Und die dort wirkenden Kräfte halten auch Neutronensterne in Form.

Die Zahl der Neutronen eines chemischen Elements ist – im Gegensatz zur Protonenzahl – variabel. Kohlenstoff beispielsweise kann zwischen zwei und 16 Neutronen enthalten, wobei fast 99 Prozent der auf der Erde vorkommenden Kohlenstoffatome sechs Neutronen enthalten. Von Eisen sind bisher 30, von Blei sogar über 40 Varianten mit unterschiedlicher Neutronenzahl bekannt. Die meisten dieser sogenannten Isotope sind allerdings instabil und zerfallen radioaktiv. Bis vor zehn Jahren konnten Physiker die Energie und damit die Stabilität von Atomkernen nur präzise berechnen, wenn diese maximal zwölf Teilchen enthielten. Beim Element

Kohlenstoff mit sechs Protonen und sechs Neutronen war Schluss. Doch dann führten neue Rechenverfahren, die gesteigerte Computerleistung und das bessere Verständnis der Kernkräfte zu einem Schub, erläutert Schwenk: Vor kurzem sei einer internationalen Kollaboration unter Beteiligung Darmstädter Theoretiker erstmals die genaue Berechnung eines Korns aus 100 Teilchen ge-

lungen, und zwar Zinn, im Periodensystem die Nummer 50 von insgesamt 118 chemischen Elementen.

Anders als Chemiker orientieren sich Kernphysiker nicht am Periodensystem, sondern an der Nuklidkarte, die alle bekannten Isotope grafisch darstellt. „Rund 3000 Isotope sind schon nachgewiesen“, erklärt Schwenk, „etwa 20 kommen jährlich hinzu und rund 4000 sind noch unbekannt.“ Vor allem im Bereich der extrem neutronenreichen Isotope gibt es auf der Nuklidkarte noch weite unerforschte Gebiete. Das Problem: Diese instabilen Kerne entstehen nur unter extremen Bedingungen im All oder unter großem Aufwand im Labor.

Die Ergebnisse der künstlichen Isotopen-Synthese sind für theoretische Kernphysiker wie Schwenk äußerst aufschlussreich: „Anhand der Experimente und Messungen unserer Kollegen testen wir, ob wir die Wechselwirkungen der Neutronen richtig verstanden haben und ob wir damit Materie in der

„Wir interessieren uns besonders für exotische Kerne mit einem großen Neutronenüberschuss.“

Informationen

Institut für Kernphysik
Prof. Dr. Achim Schwenk
Telefon: 06151/16–21550
E-Mail:
schwenk@physik.tu-darmstadt.de
<http://www.strongint.eu>



Begibt sich in die Welt der Quarks und Gluonen:
Professor Achim Schwenk.

Ausgezeichnete Kernphysik

Achim Schwenk lehrt und forscht seit 2009 an der TU Darmstadt. Der Europäische Forschungsrat (ERC) zeichnete ihn 2012 mit einem ERC Starting Grant aus und gewährte ihm eine fünfjährige Förderung in Höhe von insgesamt 1,5 Millionen Euro.

Schwenk ist zudem seit 2015 Max Planck Fellow am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg und Sprecher des 2016 an der TU Darmstadt eingerichteten Sonderforschungsbereichs (SFB 1245) „Atomkerne: Von fundamentalen Wechselwirkungen zu Struktur und Sternen“. In 13 SFB-Teilprojekten beschäftigen sich Wissenschaftler der TU Darmstadt mit den Kräften und Prozessen im Innern von Kernen und Sternen. Experimente am Beschleuniger S-DALINAC der TU Darmstadt und an internationalen Großforschungseinrichtungen ergänzen die theoretischen Untersuchungen.

Mit Spannung erwarten Schwenk und seine Kollegen die Fertigstellung des Beschleunigerzentrums FAIR am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt. Dort soll Materie erzeugt werden, die sonst nur im Weltall vorkommt, darunter auch exotische neutronenreiche Kerne.

Aktuelle Publikationen:
Maxime Mougeot et al.,
Phys. Rev. Lett., Juni 2018,
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.120.232501>.
Erich Leistenschneider et al.,
Phys. Rev. Lett., Februar 2018,
<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.120.062503>

Abbildung: Katrin Binner

Astrophysik vorhersagen können.“ Erst kürzlich hat ein internationales Konsortium, zu dem auch die Darmstädter Kernphysiker gehörten, eine Studie zu neutronenreichen Chrom-Isotopen veröffentlicht. Die Herstellung gelang mit einem Teilchenbeschleuniger an der Großforschungseinrichtung CERN in der Nähe von Genf: Die Experimentatoren beschossen eine Uran-Verbindung mit einem Protonenstrahl. Als Spaltprodukt entstanden dabei unter anderem neutronenreiche Chrom-Isotope, deren Masse anschließend exakter als je zuvor bestimmt wurde. Die Methode sei so genau, betont Schwenk, dass man damit im übertragenen Sinn das Gewicht einer Büroklammer auf einem Jumbojet messen könne. Die präzise Bestimmung ist so wichtig, da aus der Masse nach der Einstein'schen Formel $E=mc^2$ auf die Energie geschlossen werden kann, mit der die Neutronen und Protonen im Kern gebunden sind. Diese Bindungsenergie, die eng mit der Kernstabilität zusammenhängt, hatten die Darmstädter Wissenschaftler zuvor berechnet. Eine ähnliche theoretisch-experimentelle Untersuchung zu neutronenreichen Titan-Isotopen stellte ein internationales Team unter Mitarbeit von Schwenks Gruppe im Februar vor.

Auf die Frage, ob Experiment und Theorie übereinstimmen, antwortet Schwenk: „Das hängt noch vom Bereich in der Nuklidkarte ab, das ist ja gerade das spannende.“ Bei Titan habe es sehr gut funktioniert.

Die hier untersuchten Isotope enthielten 29 bis 33 Neutronen und 22 Protonen. Kerne mit dieser Teilchenzahl sind nahezu kugelförmig. Bei anderen Elementen hingegen müsse man eine Deformation des Kerns – beispielsweise von der Form eines Fußballs zu der eines Rugbyballs – stärker einbeziehen.

Außerdem verstehe man die Kernkräfte noch nicht ausreichend, ergänzt Schwenk: „Unsere theoretische Berechnung ist daher mit einer Vorhersagenauigkeit behaftet, so wie es im Experiment eine Messungenauigkeit gibt.“ An Arbeit wird es den Darmstädter Kernphysikern auch aus einem anderen Grund so schnell nicht mangeln: „Wir haben jetzt erst über Neutronen und Protonen gesprochen. Für das fundamentale Verständnis der Kernstruktur wollen wir noch eine Ebene tiefer gehen.“ Hinein also in die Welt der Quarks und Gluonen. Quarks sind jene Elementarteilchen, aus denen sich Protonen und Neutronen zusammensetzen. Gluonen (von engl. to glue für kleben) wiederum halten die Kernbausteine zusammen.

Nicht nur in den Weiten des Universums, auch in der Welt der kleinsten Teilchen gibt es noch viel zu entdecken. Bei den theoretischen Physikern in Darmstadt laufen die Fäden zusammen.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Mit Künstlicher Intelligenz gegen Hunger

Ein Team um den Informatik-Professor Kristian Kersting nutzt Methoden des maschinellen Lernens, um die Welternährungs-Bedingungen zu verbessern.



Abbildung: Katrin Binner

Professor Kristian Kersting (links) mit seinem wissenschaftlichen Mitarbeiter Patrick Schramowski.

— Von Boris Hänßler

Weltweit leiden fast 800 Millionen Menschen an chronischer Unterernährung. In Zukunft könnte die Zahl noch größer werden: 2050 sollen nach einem Bericht der Vereinten Nationen rund 9,7 Milliarden Menschen auf unserem Planeten leben – rund 2,2 Milliarden mehr als heute. Die Welternährungsorganisation FAO schätzt, dass die globale Nachfrage nach Nahrungsmitteln bis dahin um voraussichtlich 70 Prozent ansteigen wird, da zudem jeder Mensch im Durchschnitt mehr Fleisch und Milchprodukte zu sich nehmen. Andererseits werden Anbauflächen für biologische Treibstoffe benötigt, während der fortschreitende Klimawandel immer mehr unfruchtbaren Boden hinterlässt. Wie sollen sich die künftigen Generationen angesichts dieser Tendenzen noch ernähren?

Kristian Kersting, Professor für Maschinelles Lernen, und sein Team sehen eine mögliche Lösung in der Anwendung Künstlicher Intelligenz (KI) – ausgerechnet jener Technik also, die in der Science-Fiction immer mal wieder für die Zerstörung der Welt ver-

antwortlich gemacht wird. In der Realität ist die KI bereits in vielen Branchen kaum noch wegzudenken, sei es bei Banken, Versicherungen oder im E-Commerce. Kersting hat erkannt, dass insbesondere das Maschinelle Lernen, ein spezielles Verfahren der KI, auch die Landwirtschaft vorantreiben könnte – als Grundlage für sogenanntes Precision Farming, mit dem mehr Erträge auf gleich großen oder geringeren Anbauflächen realisierbar wären.

„In unserem Projekt möchten wir aber zunächst verstehen, wie physiologische Prozesse in Pflanzen aussehen, wenn sie Stress erleiden“, sagt Kersting, der auch dem Centre for Cognitive Science der TU Darmstadt angehört. „Stress entsteht zum Beispiel, wenn Pflanzen nicht genügend Wasser aufnehmen oder mit Krankheitserregern infiziert sind.“ Die Idee, bei der Analyse dieser Probleme auf Künstliche Intelligenz zu setzen, liegt eigentlich nahe: Die Landwirtschaft produziert mit ihrer Sensorik, mit der sie Gewächshäuser und Felder überwacht, bereits seit Jahren extrem viele Daten – und je mehr Daten zur Verfügung stehen, desto besser funktioniert oftmals

Informationen

**Fachbereich Informatik
Centre for Cognitive Science**
Prof. Dr. Kristian Kersting
Telefon: 06151/16 – 24411
E-Mail:
kersting@cs.tu-darmstadt.de
kristian.kersting@cogsci.tu-
darmstadt.de
www.ml.informatik.tu-
darmstadt.de

das Maschinelle Lernen. Je mehr Daten die Software über die physiologischen Prozesse einer Pflanze während des gesamten Wachstumszyklus hat, desto besser kann die Software darin wiederkehrende Muster aufzufinden machen, die für den Stress verantwortlich sind.

Doch ganz so einfach lässt sich die KI-Technik nicht auf die Landwirtschaft übertragen. „Zu viele Daten können nämlich auch ein Problem sein“, sagt Kersting. „Man hat schnell ein Terabyte zusammen, so dass die Berechnungen zu aufwendig sind. Wir brauchen also Algorithmen, die für das Lernen nur einen Teil der Daten nutzen, ohne an Genauigkeit einzubüßen.“ Pflanzen-Physiologen befürchten sonst, dass die Software Signale übersehen könnte, die für das Verständnis von Stress in Pflanzen relevant sind. Umso wichtiger ist es Kersting, interdisziplinär zu arbeiten. Er fand für sein Projekt, das vom Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung gefördert wird, zwei ideale Partner: das Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES) der Universität Bonn sowie die Aachener Firma Lemnatec, die Fließband-Anlagen für Gewächshäuser baut und ein großes Interesse daran hat, damit automatisierte Pflanzen-Analysen zu ermöglichen.

Gemeinsam gelang es dem Team, eine Lösung zu finden, die alle gewünschten Anforderungen erfüllt. Sie installierten eine hyperspektrale Kamera, die ein breites Wellenspektrum erfasst und somit tiefe Einblicke in die Pflanzen gewährt. Um diese Daten auszuwerten, hatte Kerstings Team zudem eine clevere Idee: Er setzte ein Deep Learning-Verfahren aus der Sprachverarbeitung ein, das bereits weit fortgeschritten ist, da es dafür zahlreiche kommerzielle Anwendungen gibt. Beispiele wären digitale Assistenten oder die Internetsuche. Auch Google News funktioniert mit Maschinellern Lernen wie etwa Deep Learning: Dabei wählt die KI für den Leser täglich aus 10.000en von neuen Artikeln die für ihn relevanten aus und sortiert sie thematisch vor. Dies gelingt mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsmodellen, bei denen alle Wörter eines Textes einem bestimmten Thema zugeordnet werden. Die Software lernt anhand der Wortverteilung, die Artikel ebenfalls thematisch einzuordnen.

Kerstings Trick bestand nun darin, die hyperspektralen Bilder von der Kamera wie Wörter in einem Artikel zu behandeln. Genaugenommen ordnet die Software bestimmte Bildmuster einem „Thema“ zu, etwa einem bestimmten Stress-Zustand der Pflanze. Aktuell arbeitet das Team um Kersting daran, dass die Software lernt, sich selbst zu optimieren und somit Muster besonders schnell zu finden, die für Auffälligkeiten und somit für Stress stehen. „Eine

gesunde Stelle kann man zum Beispiel anhand des Chlorophyll-Gehalts im Wachstumsprozess der Pflanze erkennen“, sagt Kersting. „Wenn hingegen ein Alterungs- oder Austrocknungsprozess stattfindet, ändert sich das gemessene Spektrum signifikant. Der Vorteil des Maschinellen Lernens ist dabei, dass es solche Anzeichen sehr viel früher erkennen kann als ein menschlicher Experte – die Software lernt, auf mehr Feinheiten zu achten.“ Die Sorge, dass sie dabei etwas Wesentliches übersehen könnte, konnte Kersting den Pflanzenexperten nehmen. Sein Team prüfte die bisherigen Publikationen zu Stress-Prozessen in Pflanzen mit dem neuen Verfahren und konnte dabei Ergebnisse reproduzieren, die aus der Literatur bekannt sind.

„Letzten Endes ist unser Ziel eine sinnvolle Partnerschaft zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz, um das wachsende Problem der Welternährung bewältigen zu können.“

Später, so die Vision, sollen automatisch Kameras im Gewächshaus auf einem Fließband entlang der Pflanzenreihen fahren und Aufnahmen machen, so dass die Software die Prozesse jeder einzelnen Pflanze überwachen kann. „Sie kann bei dieser Echtzeitanalyse den Pflanzenexperten zum Beispiel mitteilen, dass sie da gestern Nacht etwas neues gefunden hat, das sich anzuschauen lohnt“, sagt Kersting. „Der Ex-

perte bestätigt oder widerlegt dies – so lernt umgekehrt die Maschine hinzu.“ Auf diese Weise soll das System nicht nur lernen, die bekannten Prozesse schneller zu erkennen, sondern auch zum Beispiel unbekannte Krankheitserreger künftig eigenständig zu identifizieren. Das Maschinelle Lernen ist somit ein wertvolles Werkzeug, um sowohl neue resistente Pflanzen zu züchten als auch um bei akutem Befall Pflanzenschutzmittel schneller und genauer einzusetzen, so dass die Agrarbranche mehr Pflanzen retten kann und gleichzeitig die Umwelt weniger belastet wird. Die Forscher um Kersting konnten bereits belegen, dass ihre Analysen nicht nur im Labor, sondern auch auf dem Feld funktionieren.

Das Verfahren soll zudem auf unterschiedliche Pflanzenarten übertragbar sein. Kersting sagt: „Die Zellstruktur unterscheidet sich zwar, aber die Charakteristika in der Physiologie sind sich vermutlich ähnlich, so dass die Technik ohne Aufwand auch die Muster anderer Pflanzenarten lernen würde.“ Zudem wollen die Forscher künftig Daten aus ihrer Sensorik mit Daten zur Gen-Expression zusammenführen – das wäre für die Landwirtschaft ein weiterer wichtiger Schritt, um widerstandsfähige und ertragreiche Pflanzen zu erforschen. „Letzten Endes ist unser Ziel eine sinnvolle Partnerschaft zwischen menschlicher und künstlicher Intelligenz, um das wachsende Problem der Welternährung bewältigen zu können“, so Kersting.

Der Autor ist Technikjournalist.

Publikationen

Matheus Thomas Kuska, Anna Brugger, Stefan Thomas, Mirwaes Wahabzada, Kristian Kersting, Erich-Christian Oerke, Ulrike Steiner, Anne-Katrin Mahlein (2017): Spectral patterns reveal early resistance reactions of barley against *Blumeria graminis* f. sp. hordei. *Phytopathology* 107(11):1388-1398.

Mirwaes Wahabzada, Anne-Katrin Mahlein, Christian Bauckhage, Ulrike Steiner, Erich-Christian Oerke, Kristian Kersting (2016): Plant phenotyping using probabilistic topic models: uncovering the hyperspectral language of plants. *Scientific Reports (Nature)* 6.

Wasser für alle

Interdisziplinär und ganzheitlich humanitäre Probleme lösen: Die TU Darmstadt und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt entwickeln auf Basis von Satellitendaten ein nachhaltiges System für die Wasserversorgung von Elendsquartieren in Megastädten.

— Von Jutta Witte

Schon die ersten Charts, die Professor Peter Pelz, Lea Rausch und John Friesen an die Wand projizieren, erklären die Tragweite: Satellitendaten der indischen Stadt Mumbai zeigen in Form kleiner Punkte, die sich von Slide zu Slide weiter verdichten, das rasante Wachstum der „Megacity“. Von 5,9 Millionen Einwohnern im Jahr 1971 ist die Bevölkerungszahl bis 2011 auf 12,5 Millionen angestiegen. Schätzungen zufolge leben heute 55 Prozent der Menschen dort in Slums. In den meisten Entwicklungsländern Asiens, Süd-Amerikas und Afrikas sind diese „informellen Siedlungen“ zwar feste Bestandteile der Stadt, aber kaum in genauen Zahlen zu fassen.

Das dreiköpfige Team aus dem Institut für Fluidsystemtechnik (FST) erforscht gemeinsam mit Informatikern der TU Darmstadt und Geographen aus dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Elendsviertel und deren Entwicklung in Megastädten. Sie wollen die Wasserversorgung der „urban Armen“ optimieren und die zielgerichtete Entwicklung von Infrastrukturen in Slums unterstützen. „Damit wollen wir einen Beitrag leisten zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele, die sich die Vereinten Nationen für das Jahr 2030 gesteckt haben“, erklärt FST-Leiter Pelz. Die Dynamik, mit der sich Megastädte und ihre Slums entwickeln, belastet die dortigen Infrastrukturen enorm. Vor allem die mangelnde Versorgung mit sauberem Wasser zieht eine Vielzahl an Problemen nach sich – Krankheiten, eine hohe Kindersterblichkeit oder auch fehlende Zeit für Bildung und Arbeit, weil das tägliche Beschaffen von Wasser alle Kapazitäten bindet.

Um diesen Teufelskreis zu durchbrechen, arbeiten die Wissenschaftler an einem Versorgungssystem, das skalierbar ist und sich an die speziellen Bedingungen vor Ort anpasst. „Wir brauchen kein fein-granulares, sondern ein breit angelegtes Modell“, erklärt Friesen. Im Fokus steht deswegen die Suche nach allgemeinen Mustern, die für alle Megastädte gelten. Satellitendaten aus dem DLR legen die Basis hierfür. „Es gibt mit Blick auf die weltweite Armut in Städten nach wie vor große

Wissenslücken“, berichtet DLR-Wissenschaftler Dr. Hannes Taubenböck. „Vieles beruht auf Schätzungen“. Mit Hilfe von Fernerkundungsdaten ist es seinem Team gelungen, typische Morphologien von Slums zu bestimmen. Auf Satellitenaufnahmen

kann eine hochgradig dichte und sichtbar ungeplante Bebauung klar von gezielt besiedelten Flächen mit kleinen Häusern unterschieden werden.

Weil sie diese typische „binäre Struktur“ sehen, konnten die DLR-Wissenschaftler den Anteil an Armen in Städten wesentlich genauer ermitteln als zum Beispiel ein Zensus dies vermag. „Wir sind dabei zu signifikant höheren Zahlen gekommen als offizielle Stellen“, sagt Taubenböck. Wie die Realität aussieht, zeigt ein Blick auf die Strukturen des Slums Dharavi in Mumbai. Auf einer Fläche, auf der in Darmstadt 7.000 Menschen leben, gibt es dort 42.000 Wohneinheiten. Die geschätzte Bevölkerungszahl liegt zwischen 500.000 und einer Million.

Auf Basis der DLR-Daten haben die Forschungspartner jetzt auch die Größe von Slums erforscht. Es zeigt sich am Beispiel von Kapstadt, Rio de Janeiro, Mumbai und Manila, dass Slums zwar in sich sehr unterschiedlich sein können, im Durchschnitt aber gleich groß sind. Unabhängig von Stadt, Land und Kontinent oder geographischen, politischen und ökonomischen Randbedingungen haben die meisten eine Fläche, die mindestens einem halben und maximal fünf Fußballfeldern entspricht. „Wenn Slums eine global einheitliche Größe haben, können wir ein übertragbares, robustes und effizientes System entwickeln, das für jeden Slum eine optimale Infrastruktur für die Wasserversorgung ermittelt“, betont Peter Pelz.

Die Grundlage dieses Systems bilden die klassifizierten Satellitendaten des DLR und ein Kostenmodell, in das unter anderem über Data Mining ermittelte Prognosen zum Slum-Wachstum einfließen. Dieses Kostenmodell wird in ein mathematisches Modell übersetzt. Danach errechnen Algorithmen das Versorgungssystem: nicht, indem sie einzelne Parameter bearbeiten, sondern nach dem Wenn-Dann-Prinzip Entscheidungsbäume durchlaufen. Aufgrund der hohen Komplexität können Menschen das nicht mehr leisten. „Algorithmen werden damit zu Planern von Infrastrukturen“, erläutern Rausch, Pelz und Friesen. „Das ist ein völlig neuer Ansatz“, betont auch DLR-Experte Michael Wurm. Menschen definieren nur die Randbedingungen für die Berechnungen, neben Kosten- oder später auch Geschäftsmodellen benötigte Wassermengen oder Infrastrukturen wie bereits vorhandene Wasserwerke.

Am Ende steht eine Grafik zur Verfügung, die das errechnete Netzwerkdesign mit Wasserwerken, verschiedenen Typen von Wassertanks, Rohren oder auch Lastwagen für den Wassertransport und ihre Verknüpfungen visualisiert. Am Beispiel einiger Slums von Dhaka haben die Wissenschaftler dieses Verfahren der „diskreten Optimierung“ bereits ange-

Informationen

Institut für Fluidsystemtechnik

Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz

John Friesen, M.Sc.

Telefon: 06151/16-27100

E-Mail: peter.pelz@fst.tu-darmstadt.de

john.friesen@fst.tu-darmstadt.de

www.fst.tu-darmstadt.de

Haben Nachhaltigkeitsziele im
Blick: Professor Peter Pelz (rechts)
und sein wissenschaftlicher Mitar-
beiter John Friesen.

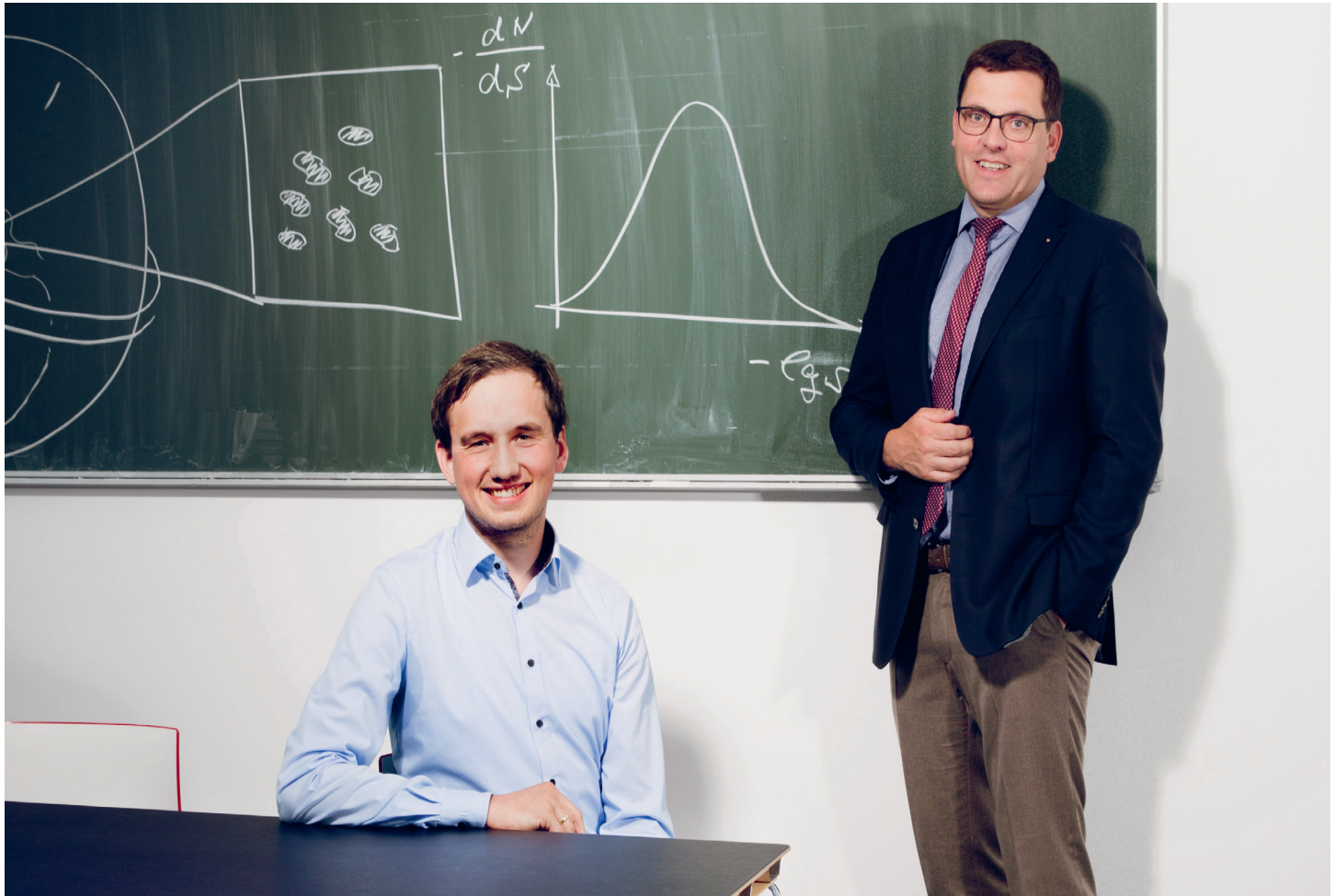


Abbildung: Katrin Binner

wandt. Bislang dauert es noch mehrere Stunden, um kleinere Gebiete mit etwa 20 Slums durchzurechnen. Das Clustern der Slumdaten soll künftig die Zahl der Variablen verringern und so den Prozess beschleunigen, da Metropolregionen wie Dhaka weit mehr als tausend Slums aufweisen.

Unterdessen gehen die Forscher der TU Darmstadt auch der Frage nach, wie Slums überhaupt entstehen. Mit Hilfe des so genannten Turing-Mechanismus – ein Modell des britischen Mathematikers Alan Turing, das die Entstehung spontaner Strukturen erklärt – haben sie bestimmte Migrationsmuster gefunden. Es zeigt sich unter anderem, dass Slums sich immer dann bilden, wenn die Bevölkerungsdichte so groß wird, dass Menschen einer bestimmten Gruppe, in diesem Fall die Armen, beginnen aus einem Gebiet zu „diffundieren“. Dies bestätigt die Experten in ihrer Überzeugung, dass auch einfache mathematische Methoden zur Erklärung sozialer Phänomene beitragen können. Ihr Ziel ist es jetzt, mehr Fachrichtungen einzubinden, die sich mit dem Thema „Wasser für alle“ befassen. „Dies könnte der Nukleus sein für eine künftige Verbundforschung“, betont Peter Pelz.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Kooperation:

Das Projekt „Strukturen und Infrastrukturen in Megastädten“ ist Anfang 2017 gestartet. Neben dem Institut für Fluidsystemtechnik und der Knowledge Engineering Group der TU Darmstadt ist das Team „Stadt und Gesellschaft“ des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt hieran beteiligt. Das Projekt wird gefördert von der KSB-Stiftung.

Publikationen:

Habitat International: The similar size of slums.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2018.02.002>

Remote Sensing: A Holistic Concept to Design Optimal Water Supply Infrastructures for Informal Settlements Using Remote Sensing Data.
www.mdpi.com/2072-4292/10/2/216/

Weitere Informationen online:

www.fst.tu-darmstadt.de/
www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-5414/9543_read-18621/

Ein Fahrstuhl für Fische

Die EU-Wasserrahmenrichtlinie gibt es vor: Ab 2027 müssen Flüsse von der Mündung bis zur Quelle für Fische durchgängig passierbar sein. Professor Boris Lehmann ermöglicht an der Ruhr-Staustufe des Baldeneysees den Durchlass auf besondere Weise: Die Fische fahren künftig mit dem Lift ins Oberwasser.

— Von Claudia Staub

Die Wanderwege für Fische sind flussaufwärts durch Querbauwerke oft verbaut. „Durch Fischtreppe lassen sich solche Anlagen wieder durchgängig machen“, erklärt Boris Lehmann, Professor für Wasserbau und Hydraulik an der TU Darmstadt. Fischtreppe sind weit verbreitet, auch an der Ruhr, die eine Vielzahl von Stauanlagen aufweist.

Die Ausgangslage am Baldeneysee ist jedoch knifflig: Die Anlage besteht aus drei Wehrfeldern, einer Schiffsschleuse, einem stillgelegten Pumpwerk und einem Kraftwerk mit zwei Turbinen. Zwischen Ober- und Unterwasser besteht ein Höhenunterschied von 8,75 Meter, gleichzeitig fehlt in den Uferbereichen der nötige Platz für eine herkömmliche Fischtreppe. „Eine interdisziplinär besetzte Expertengruppe brachte schließlich einen Fischlift ins Spiel, einzubauen im ehemaligen Pumpwerk“, sagt Lehmann. Das Problem: Für solche Anlagen gibt es keine Standardlösungen. Zudem gelten für Bauwerke, die in Sonderbauweise errichtet werden müssen, besondere Anforderungen durch die Genehmigungsbehörde. So musste vor dem Bau nachgewiesen werden, dass der Einstieg in den Lift von den Fischen gefunden und benutzt wird.

Um den Nachweis zu erbringen, erarbeitete das Team von Boris Lehmann – anfangs noch am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) tätig –, ein ethohydraulisches Untersuchungskonzept. Dabei werden ökologische und biologische Fragestellungen mit ingenieurwissenschaftlichen Berechnungen verzahnt, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Wie aber lässt sich vorab zeigen, welchen Weg die Fische tatsächlich nehmen werden? „Als wichtigstes Kriterium für die Orientierung der Fische gilt die Strömung“, erklärt Lehmann.

Strömungsverhältnisse lassen sich am Computer mit hydrodynamisch-numerischen Modellen gut simulieren. Untersucht wurden alle relevanten Abfluss- und Betriebszustände der Staustufe, vor allem bei Turbineneinsatz des Kraftwerks. Kalibriert wurden die Simulationen mit einer Vielzahl vor Ort ermittelter Daten, Messungen und Beobachtungen. Anhand der errechneten Strömungsverhältnisse ließen sich nun Wanderkorridore für die Fische abschätzen.

Informationen

Fachgebiet Wasserbau und Hydraulik

Prof. Dr.-Ing. Boris Lehmann

Telefon: 06151/16-21165

E-Mail: wabau@wb.tu-darmstadt.de

www.wasserbau.tu-darmstadt.de

Die Erkenntnisse aller Voruntersuchungen mündeten schließlich in ein großmaßstäbliches Modell des Fischeaufzugs, das in der Versuchsrinne des Wasserbaulabors des KIT errichtet wurde. Dabei wurden zwei Lifte nebeneinander angeordnet, um die von der Behörde geforderte dauerhafte Durchschwimmbarkeit der Staustufe zu gewährleisten. Während ein Lift in Betrieb ist, können die Fische in den anderen Lift geleitet und gesammelt werden.

Das Ein- und Ausschwimmen der Fische wird dabei durch die ermittelte Leitströmung initiiert, die mittels Regelorganen eingestellt werden kann. Versuche mit Fischen konnten eine gute Funktionalität der Anlage zeigen – der Funktionsnachweis war damit erbracht. „Wenn der Lift in Betrieb geht“, sagt Lehmann, „können in der Laichzeit täglich tausende Fische in das Oberwasser der Ruhr transportiert werden.“

Die Autorin ist Redakteurin in der Stabsstelle Kommunikation und Medien der TU Darmstadt.

Projekt und Partner

Für die Ruhr-Staustufe am Baldeneysee wurde im Auftrag des Ruhrverbands durch das Fachgebiet für Wasserbau und Hydraulik der TU Darmstadt ein ethohydraulisches Untersuchungskonzept zum Funktionsnachweis eines Fischliftsystems erarbeitet. Projektpartner sind das Institut für Wasser und Gewässerentwicklung am KIT, die Firma Hydroenergie Roth, das Büro für Umweltplanung, Gewässermanagement und Fischerei sowie die LFV Hydroakustik GmbH.



Professor Boris Lehmann und sein Team im Wasserbaulabor der TU Darmstadt: Forschung, Planung und Optimierung komplexer wasserbaulicher Anlagen zählen zu ihren Kernkompetenzen.

Abbildung: Katrin Binner