

hoch³FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Winter 2016



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 Frotscher Druck GmbH,
Darmstadt

gedruckt auf 100 g/m²
PlanoScript, FSC-zertifiziert

Auflage 5.700 Nächste Ausgabe

15. Dezember 2016

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 Chemie:** Reizbare synthetische Materialien — **2 Bauingenieurwissenschaften:** Geopolymere als umweltfreundliche Alternative zu Zement — **3 Informatik:** Datenanalysen für die Geisteswissenschaften — **4 Cybersicherheit:** Sensible Genomdaten verschlüsseln

Klimafreundlicher Zementersatz



Geopolymerbeton fließt in eine Schalung (oben), ausgehärteter Probekörper (unten).



Abbildungen: Katrin Binner

Forscher der TU Darmstadt schlagen Geopolymere als Alternative zu Zement vor. Diese mineralischen Bindemittel sind nicht nur umweltschonender, sondern auch resistenter gegenüber Chemikalien und Hitze.

— Von Uta Neubauer

In der Diskussion um Treibhausgase kommt ein Aspekt meist zu kurz: Das Bauen mit Beton ist ein Klimakiller, der jährlich mehr Kohlendioxid freisetzt als der weltweite Flugverkehr. Der Grund liegt in der Produktion von Zement, dem gängigsten Bindemittel der Bauindustrie. Zement wird durch Mahlen und Brennen von Kalkstein, Ton und Mergel hergestellt. Das erfordert viel Energie und spaltet zudem Kohlendioxid aus dem Kalkstein ab. Über fünf Prozent des weltweiten Ausstoßes an Kohlendioxid stammen aus der Zementproduktion.

Das muss nicht sein, findet Professor Eddie Koenders, Bauingenieur und Leiter des Instituts für Werkstoffe im Bauwesen der TU Darmstadt. Seine Gruppe beschäftigt sich mit Geopolymeren als vielversprechende Alternative zu Zement.

Geopolymere sind Zwei-Komponenten-Systeme, bestehend aus einem reaktiven Feststoff, der Silizium- und Aluminiumoxide enthält, sowie einer basischen Aktivierungslösung aus Alkalihydroxiden oder -silikaten in Wasser. Der Feststoff ist ein natürliches Gestein oder Mineral, daher die Vorsilbe „Geo“. Beim Mischen der Aktivierungslösung mit dem gemahlten Feststoff, dem je nach Anwendung Gesteinskörnungen und andere Substanzen beigefügt werden, bildet sich ein steinhartes anorganisches Polymer. Die molekularen Bausteine, die Monomere, sind Tetraeder mit Sauerstoffatomen an den vier Ecken und einem Silizium- oder Aluminiumatom im Innern.

Den Begriff „Geopolymer“ prägte der französische Chemiker Joseph Davidovits schon in den 1970er-Jahren. Den Sprung in den Massenmarkt haben die Materialien bislang nicht geschafft, aber im Zuge der Klimadebatte kommt jetzt Schwung in die Geopolymer-Forschung. „Das internationale Interesse ist groß“, freut sich Koenders, der zusammen mit Unternehmen und Wissenschaftlern aus Spanien, Frankreich, Österreich und Großbritannien gerade einen Antrag für ein EU-Projekt formuliert.

„Wir suchen nach Lösungen, die auch ökonomisch interessant sind.“

Erste Geopolymere basierten auf Metakaolin, einer hitzebehandelten Form des Tons Kaolin: Bei Erwärmung auf etwa 600 Grad Celsius ändert Kaolin seine Struktur, wird reaktiver und härtet dadurch bei Kontakt mit der Aktivierungslösung schnell aus. Der Haken: Die vorgeschaltete thermische Behandlung verbraucht viel Energie. Da Kaolin kein gebundenes Kohlendioxid enthält, das durch die Hitze ausgetrieben wird, und die Brenntemperatur niedriger ist als beim Zementbrennen, fällt die CO₂-Bilanz dennoch besser aus. Metakaolin ist allerdings ein sehr feines Material und daraus herge-

stellte Geopolymere unterscheiden sich in der Verarbeitbarkeit von Zementleim. Sie sind zum Beispiel thixotrop: Beim Rühren oder Schütteln verflüssigen sie sich – wie Ketchup, der erst gar nicht und dann plötzlich in einem Schwall aus der Flasche kommt. Die Aktivierungslösung bewirkt zudem eine gewisse Klebrigkeit der Geopolymere und erschwert das Ausschalen von Bauteilen.

„Geopolymere werden Beton und Zement nur dann in großem Maßstab ersetzen, wenn sie die gleiche Konsistenz aufweisen“, betont Koenders. Seine Mitarbeiter Dr. Neven Ukrainczyk und Oliver Vogt testen verschiedene Rohstoffe, um das Handling zu verbessern. Verunreinigte Kaoline, die Eisenoxide und andere Fremdminerale enthalten, erwiesen sich als geeigneter und obendrein kostengünstiger. Auch Flugasche, ein Abfallprodukt aus Rauchgasen, sowie das natürliche Gestein Trass bieten sich als Beimischung oder Alternative zu Metakaolin an. Den Trass beziehen die Forscher aus der Eifel, wo er sich einst nach Vulkanausbrüchen bildete. Das Gestein wird nach dem Abbau gemahlen und dann direkt verwendet. Von Vorteil ist ferner, dass es reich an Alkalimetallen ist. Dadurch kann die Konzentration der alkalischen Aktivierungslösung reduziert werden – das reduziert Kosten.

Im Fokus der Forschung stehen neben den Hauptkomponenten der Geopolymere auch gering dosierte

Informationen

Institut für Werkstoffe im Bauwesen

Prof. Dr.ir. Eddie Koenders
Telefon: 06151/16-22210
E-Mail: koenders@wib.tu-darmstadt.de
www.wib.tu-darmstadt.de

Zusätze, die den neuen Baustoffen spezielle Eigenschaften verleihen sollen. Herkömmliche Fließmittel etwa, die Lufteinschlüsse verhindern und selbstverdichtende Betone möglich machen, funktionieren bei Geopolymeren aufgrund deren anderer Zusammensetzung nicht und müssen daher neu konzipiert werden. Vogt und Ukrainczyk bilden hierfür ein perfektes Team, denn Vogt hat als studierter Bauingenieur stets die praktische Anwendung im Blick, während der Chemieingenieur Ukrainczyk ein Experte für die molekularen Grundlagen und die chemisch-physikalische Analytik ist.

Zu seinem Antritt an der TU Darmstadt 2014 hat Koenders die Möglichkeit zur Einrichtung eines Mikrolabors vereinbart, in dem Geopolymere und andere Baustoffe auf der Mikro- bis Nanoskala untersucht werden. Wie viel Wasser bindet ein neues Material? Welche molekulare Struktur besitzt es? Wie verhält es sich bei verschiedenen Temperaturen, wie bei minus 60 und wie bei über 1000 Grad Celsius? Für die Beantwortung solcher Fragen stehen im Mikrolabor Kalorimeter, Röntgendiffraktometer, Viskosimeter, und weitere Spezialgeräte zur Verfügung. Die nächste Anschaffung ist ein atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop, in dem Baustoffe bei verschiedenen Luftfeuchten und Temperaturen sowie unter mechanischer Belastung untersucht werden können. Herkömmliche Rasterelektronenmikroskope, von denen es an der TU Darmstadt einige gibt, funktionieren nur im Hochvakuum und spiegeln die Umweltbedingungen, unter denen Baustoffe eingesetzt werden, nicht wider.

Noch gilt Zement als der weltweit am meisten verwendete Werkstoff, doch die Geopolymere haben das Potenzial, ihm diesen Rang im Bereich von Spezialanwendungen streitig zu machen. Sie punkten nicht nur mit einer besseren CO₂-Bilanz, sondern auch mit technischen Vorteilen: So sind Geopolymere hitzestabiler als Beton – dessen gebundenes Wasser baut im Brandfall einen Dampfdruck auf, der zu Rissen oder Abplatzungen führt. Außerdem sind sie chemikalienresistenter, da sie keinen Kalk enthalten, der sich durch Einwirkung von Säuren oder anderen aggressiven Substanzen auflöst. Ebenfalls beachtlich: Bereits nach einem Tag können Geopolymere ähnliche Druckfestigkeiten wie hochfester Beton entwickeln. Sie lassen sich schnell ausschalen und eignen sich somit für die Massenproduktion von Fertigteilen. Das TU-Team beschäftigt sich aktuell mit der Herstellung von chemikalienbeständigen Abwasserrohren aus Geopolymeren. Noch seien die neuen Baustoffe zwar teurer als herkömmlicher Zement oder Beton, sagt Koenders, doch ihre Dauerhaftigkeit rechtfertige den höheren Preis: „Wir suchen nach Lösungen, die auch ökonomisch interessant sind. Wir wollen die Geopolymere schnell in die Anwendung bringen.“

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Testen die Reaktivität des Rohstoffs: Dr. Neven Ukrainczyk (re.) und Professor Eddie Koenders.



Abbildung: Katrin Binner

Daten und Fakten

Publikation: N. Ukrainczyk, O. Vogt, E. A. B. Koenders: Reactive Transport Numerical Model for Durability of Geopolymer Materials. *Advances in Chemical Engineering and Science* (6) S. 355-363, 2016 (http://file.scirp.org/pdf/ACES_2016091614060072.pdf)

Weitere Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe von Professor Eddie Koenders:

- Mineralisierter Schaum als Dämmstoff, bereits verbaut in der ETA-Fabrik der TU Darmstadt
- Integration von Phasenwechselmaterialien in Wände und Fußböden, um den Kühl- und Heizenergiebedarf zu reduzieren
- Betonbauteile zur Erzeugung erneuerbarer Energien
- Gummigranulate aus Altreifen als Zusatz für Straßenbeläge zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit

Symposium zu Geopolymeren: 10. Februar 2017, TU Darmstadt, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Kontakt: Frau Aysen Cevik, Tel. 06151/16-22210, cevik@wib.tu-darmstadt.de.

Für starke Argumente

Im Internet gibt es eine Flut von Informationen und Argumenten zu allen möglichen weltbewegenden Themen. Das Ubiquitous Knowledge Processing Lab der TU Darmstadt entwickelt Tools für einen Qualitätscheck.



Abbildung: Sandra Junker

Quellen im Qualitätscheck:
Professorin Iryna Gurevych (li.)
mit ihrem Team.

— Von Jutta Witte

Sollen Wasserflaschen aus Plastik verboten werden? Hat Indien das Potenzial zur Weltmacht? Dürfen Kinder an Schulen Mobiltelefone nutzen? Es gibt heute kaum eine Kontroverse, zu der man im Netz keine Argumentations- und Entscheidungshilfen von Experten oder auch Nichtexperten findet. Aber welche Qualität haben diese Fachtexte, Informationen interessierter Laien und Debattenbeiträge? „Bislang bleiben sie größtenteils unvalidiert“, erklärt Professorin Iryna Gurevych, Leiterin des Ubiquitous Knowledge Processing (UKP) Lab der TU Darmstadt. Sie und ihr Forschungsteam entwickeln deswegen Software-Instrumente, die aus Texten nicht nur die Argumente herausfiltern, sondern auch deren Qualität überprüfen sollen.

Anhand der Debatte um die Handynutzung erklärt die Expertin für „Digital Humanities“ ein mögliches Szenario, in dem eine lernende Maschine Argumente in einem bestimmten Dokumenten-Corpus identifiziert

und sie nebst der dazugehörigen Begründungen analysiert. Sollen Eltern ihre Kinder ermutigen, die Handynutzung zu limitieren? Eine Mutter begibt sich im Netz auf die Suche nach Antworten. Das Analyse-System erkennt das Thema und findet anhand von Schlüsselwörtern – zum Beispiel Kinder, Eltern, Handy oder Radiofrequenzstrahlung – die Textfragmente, die sich auf die Anfrage beziehen. Es startet dann in den einzelnen Fragmenten eine so genannte Prädikat-Argument-Analyse, sucht also in den Sätzen nach der Handlung und ihrem Bezugsrahmen.

Nach der Analyse einzelner Fragmente stellt sie inhaltliche Bezüge zwischen allen gefundenen Textstellen her und identifiziert auf der Basis ihrer eigenen Wissensdatenbank und des Feedbacks von Nutzern, die sich im Netz zu den entsprechenden Texten äußern, Prämissen, Behauptungen und unterstützende oder widerlegende Begründungen für das jeweilige Argument. Dieser Kategorisierung folgt die Bewertung. Bezieht sich eine Aussage zum Beispiel nur auf „irgendwelche Studien“, also sehr vage Quellen, oder ist sie einseitig und enthält lediglich unterstützende Begründungen, erkennt das System solche Mängel in der Argumentation. Am Ende erhält die besorgte Mutter eine Grafik, die zeigt, ob die jeweiligen Argumente plausibel begründet und glaubwürdig sind.

Dies ist eine von vielen Anwendungsideen für die automatisierte Analyse von Argumentation, an denen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des UKP-Lab derzeit arbeiten. Eine solche Qualitätsüberprüfung wäre nach Überzeugung von Gurevych ein deutlicher Schritt nach vorn in diesem komplexen Forschungsfeld. Um die notwendigen Algorithmen, Methoden und letztlich auch Prototypen für die Suchmaschinen der neuen Generation entwickeln zu können, benötigen die Fachleute vor allem jede Menge qualitätsüberprüfte Trainingsdaten, mit denen sie ihre Systeme füttern können. Ihre soeben erstellte Datenbank heißt „UKPConvArg2“. Das neue Corpus umfasst rund 9.000 von Menschen qualitativ bewertete und codierte Argumentationspaare aus Social Media-Diskussionen. Sie bilden jeweils Pro und Contra zu einem gesellschaftlich relevanten Thema ab.

Informationen

Fachbereich Informatik
Prof. Dr. Iryna Gurevych
Telefon: 06151/16-25290
E-Mail:
gurevych@cs.tu-darmstadt.de
www.ukp.tu-darmstadt.de

„Diese Datenbank, die wir der Wissenschafts-Community zur Verfügung stellen, zeigt nicht nur, welche Argumente überzeugend sind und warum. Sie bildet auch die Grundlage zur Entwicklung neuer Methoden für die empirische Analyse von Textdaten aus dem Internet“, erklärt Ivan Habernal, Wissenschaftler am UKP-Lab. „Damit können wir eine neue Diskussion um die Möglichkeiten des maschinellen Lernens eröffnen.“ Einfache Anwendungen wie die Segmentierung von Texten in argumentative und nicht argumentative Teile innerhalb festumrissener Textarten sind nach Einschätzung der UKP-Fachleute in naher Zukunft greifbar – etwa als zusätzliches Tool für die Google-Suche. Auch Schreibassistenten, die zum Beispiel in einem Schulaufsatz die Schwachstellen in der Argumentation aufdecken und in Scoring-Systeme für Prüfungen einfließen können, sind technisch bereits realisierbar.

Eine große Herausforderung bleibt jedoch die Bearbeitung von Texten aus heterogenen Quellen von Fachaufsätzen bis hin zu Social Media-

Beiträgen. Zum einen, weil hier die Erstellung der Trainingsdaten hoch komplex ist, zum anderen, weil die Analysemethoden, die auf dieser Datengrundlage für eine bestimmte Art von Texten entwickelt werden, bislang kaum übertragbar sind auf andere: „Die Skalierungsfrage haben wir noch nicht gelöst“, sagt Gurevych. „Das ist eine Forschungsaufgabe für die nächsten fünf Jahre.“ Im Rahmen des Projektes „ArgumenText“, zu dem gerade eine positive Förderempfehlung ausgesprochen wurde, wollen die UKP-Fachleute dieser Frage nachgehen und Tools zur automatisierten Analyse von Behauptungen und Begründungen, die bereits erfolgreich in einem

bestimmten Anwendungskontext zum Einsatz kommen, auf neue Anwendungsfälle übertragen.

Zu den potenziellen Nutzern der neuen Analyseinstrumente, wie sie am UKP-Lab entstehen, gehören nicht nur Pädagogen, die Unterstützung bei der Korrektur von Prüfungsarbeiten suchen, sondern auch Firmen, welche die Kundenberichte zu ihren Produkten auswerten wollen, oder auch Journalisten, die zu den „Hot Topics“ schnell und umfassend die Stand-

punkte der unterschiedlichen Beteiligten recherchieren müssen. Und auch die Geistes- und Sozialwissenschaften könnten hier von profitieren, zum Beispiel, wenn es darum geht, alle relevanten Textdaten zu sammeln und auszuwerten, die eine These untermauern oder auch widerlegen können. „Per Hand geht dies heute schon allein aus Kapazitätsgründen nicht“, sagt die Informatikerin. Ziel sei es, ein Werkzeug zu schaffen, das sehr große Informationsmengen aus unterschiedlichen Kanälen erschließe

und vorstrukturiere. Die Interpretation dieses über Maschinen generierten Wissens bleibt aber nach wie vor dem Menschen vorbehalten. Eine Maschine, betonen Gurevych und Habernal, könne riesige Datenmengen nach bestimmten Mustern verarbeiten, ohne zu ermüden. „Aber ihr wird immer das Weltwissen von Menschen fehlen, das unerlässlich ist, um neue Informationen in größere Zusammenhänge einordnen und transferieren zu können“.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

„Das Weltwissen von Menschen wird unerlässlich bleiben, um neue Informationen in größere Zusammenhänge einordnen und transferieren zu können.“

Neue Datenbank

Die Datenbank „UKPConvArg2“ umfasst 9.111 Paare von Pro- und Contra-Argumenten. Sie stammen aus 16 Debatten auf den Portalen createdebate.com und convinceme.net und wurden von rund 800 Crowdworkern nach 17 unterschiedlichen Kriterien bewertet und auf ihre Überzeugungskraft hin überprüft, die Begründungen der Crowdworker danach von Experten validiert. Erste Experimente mit mathematischen Modellen zur Arbeit mit den Trainingsdaten zeigen bereits Erfolge. Das neue Corpus und die entsprechende Experimental Software stehen unter der Lizenz CC-BY-SA für weitere Experimente zur Verfügung unter: <https://github.com/UKPLab/emnlp2016-empirical-convincingness>

Future Data Analytics for Humanities

An der TU Darmstadt vernetzen und koordinieren sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler immer intensiver, um gemeinsam neue Methoden der Datenanalyse für die Geistes- und Sozialwissenschaften zu erforschen und weiterzuentwickeln. Bisherige Ansätze zur Analyse von geistes- und sozialwissenschaftlichen Daten scheitern oft an der Vielfalt, Komplexität und Heterogenität sowohl der Daten als auch der Fragestellungen. Die neuen Methoden müssen mit wenigen Trainingsdaten auskommen, mit Daten unterschiedlicher Qualität und Beschaffenheit umgehen können, kontinuierlich aus der Interaktion mit Forschenden lernen, Objekte aus verschiedenen Datenquellen semantisch analysieren und verknüpfen, und das Wissen aus externen Quellen auf gegebene und neue Fragestellungen übertragen. Die Datenanalyse umfasst Forschungsrichtungen wie die automatische Sprachverarbeitung, Visual Computing sowie maschinelles Lernen. Prototypische Anwender in den Humanities sind Forschende aus Philosophie, Philologie, Geschichte, Online- und Kommunikationswissenschaft sowie der Archäologie.

Erbgut im Ange

Je mehr wir über unsere Genomdaten wissen, desto besser können uns Ärzte künftig behandeln. Doch wie lassen sich diese sensiblen Daten nutzen, ohne dass sie missbraucht werden? Informatiker um Stefan Katzenbeisser und Kay Hamacher von der Technischen Universität Darmstadt möchten Genomdaten so geschickt verschlüsseln, dass man dennoch mathematische Analysen durchführen kann.

— Von Boris Hänßler

Dirk von Gehlen heißt ein Journalist der Süddeutschen Zeitung. Kürzlich bekam er Besuch von Kollegen des Norddeutschen Rundfunks. Sie brachten ihm einen USB-Stick vorbei, auf dem die lückenlose Browser-Historie eines Monats abgespeichert war – welche Webseiten er besucht, welche Suchbegriffe er bei Google eingegeben und welche Bahnreisen er gebucht hatte. Die NDR-Reporter hatten die Daten über das Internet gekauft. Gehlen war baff: Er hatte keine Ahnung, dass eine Firma mittels einer harmlosen Browser-Erweiterung die Internet-Aktivitäten von Millionen Nutzern heimlich aufzeichnete und die Daten international zum Verkauf anbot.

Auf ähnliche Weise, so befürchten Forscher, werden künftig auch Genomdaten gehandelt, die einen immer tieferen Einblick in unsere biologische Identität gewähren. Vor einigen Jahren etwa konnten Kunden des amerikanischen Unternehmens 23andme bereits gegen Gebühr eine Speichelprobe einsenden. Die Firma wertete die geerbten genetischen Varianten aus – die sogenannten SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms). Aus ihnen lässt sich herauslesen, ob jemand ein erhöhtes Risiko aufweist, zum Beispiel an Krebs, Huntington Disease oder Parkinson zu erkranken. Die amerikanischen Behörden verbatene zwar das Geschäft, weil sie befürchteten, dass die Kunden ohne ärztliche Beratung die Ergebnisse missverstehen könnten. Aber das Unternehmen darf nach wie vor Genomdaten sammeln, um nun die genetische Abstammung der Kunden zu ermitteln. Die Daten werden digital gespeichert und könnten theoretisch weiter verkauft werden. Für Kranken- oder Lebensversicherungen wären sie Gold wert.

Trotz allem ist es keine gute Idee, die Speicherung und Nutzung dieser Daten zu verbieten. Denn sie könnten die Medizin revolutionieren. „Die Genomdaten sind Grundlage für die personalisierte Medizin“, sagt

„Wer einmal einwilligt, Genomdaten zu hinterlegen, kann sie nicht so einfach wieder aus dem Verkehr ziehen.“

Kay Hamacher, Bioinformatiker an der Technischen Universität Darmstadt. „Dahinter steht die Vision, dass Ärzte künftig basierend auf den Erbgutinformationen eine individuell auf Patienten zugeschnittene Therapieform

anbieten können.“ Die Genomdaten könnten zum Beispiel Hinweise darauf liefern, ob jemand ein Medikament nicht verträgt oder eine bestimmte Therapie besonders gut funktionieren würde.

Hamacher und Stefan Katzenbeisser vom Profibereich Cybersecurity (CYSEC) der TU möchten aus diesen Gründen Genomdaten nutzbar machen, ohne dass sie missbraucht werden können. Die Gefahr ist immer dann gegeben, wenn Ärzte und Kliniken die Daten für die Forschung frei geben. Die Genomforschung ist auf leistungsstarke Rechner angewiesen, daher müssen oft IT-Dienstleister involviert

werden, die mit Hilfe von Super-Computern die Daten durchforsten. „Wir benötigen somit ein Verfahren, bei dem die Daten zwar verschlüsselt werden, bei dem aber dennoch nachträgliche Berechnungen möglich sind“, sagt Stefan Katzenbeisser. „Der Dienstleister, der die Berechnung durchführt, darf also zu keinem Zeitpunkt die Möglichkeit haben, die unverschlüsselten Daten einzusehen.“

Das Verfahren nennt sich homomorphe Verschlüsselung. Das folgende, vereinfachte Beispiel zeigt, wie es funktioniert: Die Zahlen „1“ und „2“ werden als verschlüsselte Werte A und B an einen Dienstleister geschickt. Der Dienstleister kann A und B addieren

und das Ergebnis C an den Auftraggeber zurückschicken. Aber der Dienstleister kennt weder A noch B noch C. Der Auftraggeber hingegen kann C wieder entschlüsseln und sieht somit das Ergebnis, in diesem Fall die „3“. Auf ähnliche Weise lassen sich hochkomplexe Berechnungen durchführen.

Doch selbst damit ist es nicht getan. Genomdaten bestehen aus immens großen Datensätzen. Forscher oder Medikamenten-Hersteller konzentrieren sich daher nur auf die SNPs oder Mutationen der DNA, die für ihre aktuelle Fragestellung relevant sind. Das führt dazu, dass der IT-Dienstleister theoretisch aus dem Zugriff auf die Sequenz schließen kann, woran die Forscher gerade arbeiten – auch wenn das Ergebnis der Abfrage verschlüsselt bleibt.

„Der DNA-String, den ich untersuche, gibt viel preis darüber, mit welchen Krankheiten und Wirkstoffen ich mich beschäftige“, sagt Katzenbeisser. „Um dies zu verhindern, führen wir zusätzlich eine Art Täuschungsmanöver ein, das sogenannte Oblivious RAM. Dabei wird der physische Speicher bei der Datenbankabfrage ständig durcheinander gemischt. Niemand kann dann mehr nachvollziehen, ob der Fragesteller

Informationen

Profibereich Cybersecurity

Prof. Dr. Stefan Katzenbeisser

E-Mail: katzenbeisser@seceng.informatik.tu-darmstadt.de

Prof. Dr. Kay Hamacher

E-Mail: hamacher@bio.tu-darmstadt.de
www.cysec.tu-darmstadt.de

bot

mehrmals auf die gleichen Daten oder auf viele unterschiedliche Daten zugegriffen hat. Die Intention der Abfrage ist also verschleiert.“

Die Forschungen sind Teil des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Sonderforschungsbereichs „CROSSING – Kryptographiebasierte Sicherheitslösungen als Grundlage für Vertrauen in heutigen und zukünftigen IT-Systemen“ und des Center for Research in Security and Privacy (CRISP) mit Sitz in Darmstadt. Die Teams von Hamacher und Katzenbeisser möchten zunächst die Basistechniken für die kryptografischen Verfahren entwerfen. Da sie sehr komplex sind, entwickeln die Forscher zudem Tools, mit denen sich die Verfahren fehlerfrei umsetzen lassen. So können IT-Mitarbeiter auch ohne Expertise in Kryptographie die notwendigen Protokolle implementieren.

Die Verfahren müssen zudem noch leistungsstärker werden. Die meisten Techniken sind bislang vor allem für kleinere Datensätze gedacht. Aber bei Genomdaten wären sie überfordert. Das Genom eines Menschen hat einen Informationsgehalt von 100 Megabyte bis 200 Gigabyte – je nachdem, ob man die vollständige DNA oder nur die Mutationen speichert. Hinzu kommt, dass für aussagekräftige Untersuchungen die Genomdaten von möglichst vielen Menschen berücksichtigt werden sollten. So kommt einiges zusammen.

„**Unser Wunsch ist auch**, kleine Kliniken und Einrichtungen anzusprechen, in denen Genomdaten vorliegen“, sagt Katzenbeisser. „Die sind eher skeptisch, da sie nur Daten von wenigen Patienten erheben. Man könnte leicht Rückschlüsse auf ihre Identität ziehen. Die Verschlüsselungsverfahren sollen den Kliniken die Sicherheit geben, solche Daten zu dieser wichtigen Forschung beizusteuern.“

Ein stärkeres Vertrauen in die Infrastruktur der Genomforschung ist dringend notwendig. Deutschland gerät sonst ins Hintertreffen. Amerikanische Firmen investieren bereits viel Geld in diesen Bereichen. Was sie im einzelnen mit den Daten vorhaben, ist allerdings ungewiss. Kay Hamacher sagt: „Wer einmal einwilligt, Genomdaten zu hinterlegen, kann sie nicht so einfach wieder aus dem Verkehr ziehen. Außerdem entscheidet man beim Erbgut für Mütter, Väter und Enkel gleich mit. Nicht zuletzt müssen wir bedenken, dass wir bei der Genomforschung erst am Anfang stehen – wir wissen nicht, was sich in Zukunft noch alles herauslesen lässt. Umso wichtiger ist es, dass wir die Sicherheit der Daten frühzeitig in den Griff bekommen.“

Der Autor ist Technikjournalist.



Abbildung: Katrin Binner

Professor Stefan Katzenbeisser entwickelt Verschlüsselungsmethoden für Genomdaten.

Namen und Fakten

Prof. Stefan Katzenbeisser betreut das Projekt S5 Privacy-Preserving Computation des Sonderforschungsbereichs CROSSING und ist Leiter des Fachgebiets Security Engineering an der TU Darmstadt. Prof. Kay Hamacher betreut in dem von Bund und Land geförderten und von der TU Darmstadt maßgeblich mitgetragenen Center for Research in Security and Privacy (CRISP) das Projekt Skalierbare Privatsphäre-schützende Protokolle. Ferner leitet er die Arbeitsgruppe Computational Biology & Simulation an der TU Darmstadt.

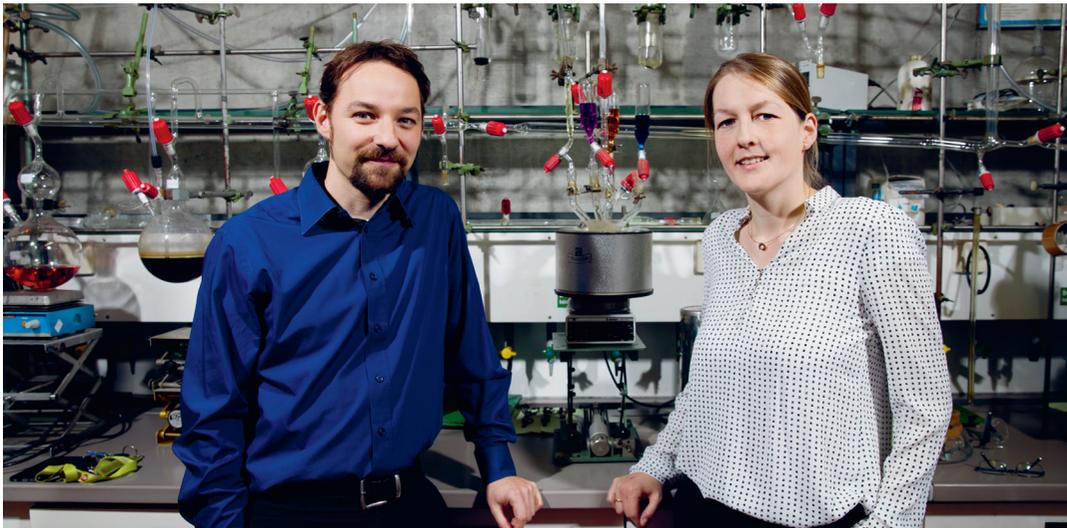


Abbildung: Katrin Binner

Verfolgen zwei wissenschaftliche Ansätze: Dr.-Ing. Markus Gallei, Jun.Prof. Annette Andrieu-Brunsen.

Reizbare Kunststoffe

An der Technischen Universität Darmstadt entsteht ein leistungsstarker Prüfstand für Verdichter. Damit sollen Gasturbinen für die Energiewende fit gemacht werden.

— Von Hildegard Kaulen

Synthetische Materialien sind in der Regel statisch. Sie schalten bei veränderten Bedingungen nicht zwischen verschiedenen Strukturen hin und her wie einige biologische Materialien. Dabei wären schaltbare Kunststoffe, die auf Licht, Druck, Temperatur oder andere chemische oder physikalische Reize reagieren und ihre Eigenschaften ändern, für etliche Anwendungen interessant, besonders für smarte Filter und Sensoren.

Gleich zwei Arbeitsgruppen an der TU Darmstadt beschäftigen sich mit dieser Thematik. Juniorprofessorin Dr. Annette Andrieu-Brunsen vom Fachbereich Chemie funktionalisiert die nanometergroßen Poren einer Keramik-Membran mit ultradünnen Schichten aus schaltbaren Polymeren und steuert darüber den Transport von Ionen und kleinen Molekülen. Dazu initiiert sie die Polymerisation in den winzigen Poren und überprüft das korrekte Ergebnis anhand verschiedener Nachweismethoden. Sie will verstehen, wie die Reaktionen in den winzigen Poren kontrolliert und begrenzt werden müssen, um den gewünschten Transport zu erzielen. Je nach Funktionalisierung der Poren werden die Moleküle dann nicht mehr nur nach Größe filtriert, sondern auch nach den Eigenschaften, die über den schaltbaren Kunststoff vorgegeben werden. Andrieu-Brunsen arbeitet mit Poren im mittleren Nanometerbereich, sogenannten Mesoporen. Sie schaltet mit Licht, Redoxreaktionen und anderen Reizen. Ihre Inspirationsquelle sind biologische Membranen. Diese transportieren Ionen und Moleküle selektiv in eine Richtung und, wenn nötig, auch aktiv unter Zufuhr von Energie. „Wir fragen uns, wie wir mit unseren Synthesekonzepten für funktionalisierte, poröse keramische Membranen diese drei Transportparameter bestmöglich umsetzen können“, sagt die Juniorprofessorin.

„Allerdings ist uns bewusst, dass uns die biologischen Membranen immer einiges voraus haben werden“.

Dr. Markus Gallei, Nachwuchsgruppenleiter am Ernst-Berl-Institut für Technische und Makromolekulare Chemie, geht einen anderen Weg. Er greift zu schaltbaren Polymeren und lässt durch Selbstorganisation photonische Kristalle und poröse Membranen entstehen. Gallei bestimmt die schaltbaren Eigenschaften der Kristalle und Membranen über die Wahl der Ausgangsmaterialien. Seine Gitterstrukturen und Poren liegen zwischen 50 und 600 Nanometer. Er detektiert oder filtert mit seinen porösen Materialien Moleküle und Stoffe in dieser Größenordnung. Gallei benutzt Ausgangsprodukte, die robust und skalierbar sind, damit das intelligente Material bei Bedarf auch im industriellen Maßstab gefertigt werden kann. Dass er zu photonischen Kristallen greift, hat einen wichtigen Grund. „Die Farben der photonischen Kristalle sind Strukturfarben und beruhen auf der Reflexion von Licht, nicht auf Absorption wie bei den Pigmenten“, sagt der Nachwuchsgruppenleiter. „Es sind die Farben von Schmetterlingsflügeln, Pfauenfedern und Opalen. Ändert sich die Struktur des Kristalls durch eine veränderte Temperatur, eine Spannung, ein magnetisches Feld oder einen anderen Reiz, reflektiert der Kristall eine andere Wellenlänge. Die Schaltung eines photonischen Kristalls ist daher mit bloßem Auge am Wechsel der Farbe zu erkennen.“

Die Technologie-Plattform von Andrieu-Brunsen könnte für die Detektion und Entfernung von Schwermetallionen genutzt werden, Galleis Plattform bietet sich für die Detektion und Entfernung von Verunreinigungen aus dem Trinkwasser und für optische Sicherheitsmerkmale an. Das sind nur zwei Beispiele von vielen potentiellen Nutzungsmöglichkeiten.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Biologin.

Informationen

Fachbereich Chemie

Jun.Prof. Dr. Annette
Andrieu-Brunsen

E-Mail: brunsen@cellulose.tu-
darmstadt.de

Dr.-Ing. Markus Gallei

E-Mail:
m.gallei@mc.tu-darmstadt.de