

hoch³FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Sommer 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 6.000

Nächste Ausgabe

15. September 2016

Leserservice

presse@pvv.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 Arbeitssoziologie:** Prekäre Beschäftigung in der häuslichen Pflege — **2 Informatik:** Die heimlichen Hintergrundprogramme von Webseiten — **3 Nachrichtentechnik:** Turbo für das Breitbandnetz — **4 Energiewissenschaft:** Neuartige Katalysatoren für Brennstoffzellen

Die heimliche Netzsprache

Einladungen an Hacker

Immer wieder werden Fälle von problematischen Schwachstellen publik, die Hacker ausnutzen konnten: Als vor einigen Jahren Twitter ein neues Layout vorstellte, übersahen die Programmierer, dass die Nutzer Links mit JavaScript-Anweisungen versenden konnten. Sobald Twitter-Nutzer den Mauszeiger über einen solchen Link bewegten, wurden die problematischen Tweets vom eigenen Account aus an alle Follower weiter geleitet – so dass sich die Links innerhalb von Minuten massenhaft verbreiten konnten, ehe Twitter die Lücke fand.

Auch die Versteigerungsplattform Ebay wurde 2014 Opfer eines solchen sogenannten Cross-Site-Scriptings (XSS): Ein User hatte ein iPhone zum Verkauf eingestellt. Aber als interessierte Käufer auf den Angebotslink klickten, wurden sie auf eine externe, gefälschte Seite umgeleitet und dort aufgefordert, ihre Ebay-Login-Daten neu einzugeben. Diese Daten wurden von den Hackern abgefangen. Anfang 2016 musste Ebay erneut eingestehen, eine solche Lücke entdeckt und geschlossen zu haben.

Informationen

Forschungsgruppe Software Lab im Fachbereich Informatik

Dr. Michael Pradel

Telefon: 06151/86 95 06

E-Mail:

michael@binaervarianz.de

www.sola.tu-darmstadt.de

Was passiert, wenn wir eine Webseite aufrufen? Am Software Lab der Technischen Universität Darmstadt suchen Forscher nach Fehlern in den Programmen, die dabei unbe-merkt im Hintergrund ablaufen. Das Ziel ist ein sicheres und zuverlässiges Internet.

— Von Boris Hänßler

Der Online-Dienst Alexa pflegt eine Liste mit den weltweit populärsten Webseiten. An der Spitze stehen Namen, die wir alle kennen, zum Beispiel Google, YouTube, Facebook, Amazon oder Twitter. Als Nutzer dieser Angebote verlassen wir uns darauf, dass sie einwandfrei funktionieren und sicher sind. Aber fehlerhafte Skripte sind selbst auf diesen bekannten Webseiten allgegenwärtig, nur oft bekommen wir das erst mit, wenn ein ernster Schaden entstanden ist.

Michael Pradel vom Software Lab der TU Darmstadt hat sich mit seinem Team die Top 100-Webseiten laut Alexa vorgenommen und dort nach Schwachstellen gefahndet. Die Forscher entwickelten verschiedene Analyseverfahren, mit der sie eine große Zahl an Webangeboten automatisch testen können. „Für die meisten Menschen ist es unvorstellbar, wie viele Skripte jedes Mal im Hintergrund ablaufen, sobald wir eine Internetseite aufrufen“, sagt Pradel. Skripte sind kleine Programme, die es uns ermöglichen, mit der Webseite zu interagieren. „Und jedes dieser Programme kann Fehler enthalten oder verursachen. Die meisten sind harmlos, aber einige gehen auf Kosten der Nutzer.“

Pradel sitzt im vierten Obergeschoss eines Gebäudes, in dem auch das Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie untergebracht ist. Von seinem Fenster aus kann er über die Stadt Darmstadt bis zur Mathildenhöhe blicken. Mit seinem Team redet er auf Englisch. Er hat 2012 an der ETH Zürich promoviert und anschließend als Postdoc an der Universität Berkeley in Kalifornien geforscht. Im Oktober 2014 kam er nach Darmstadt, um das Software Lab aufzubauen.

Sein Schwerpunkt ist die Programmanalyse, und für ihn umfasst sie drei Aspekte: Zuverlässigkeit, Effizienz und Datensicherheit bei Webapplikationen.

Für Pradel ist eine Webseite zuverlässig, wenn sie sich so verhält, wie vom Betreiber intendiert, und nicht abstürzt. Sie ist sicher, wenn die Daten des Betreibers und der Besucher gegen Angriffe geschützt sind. Außerdem ist eine optimale Seite schnell und führt keine unnötigen Rechenoperationen durch.

Pradels Team prüft diese Aspekte anhand sogenannter Laufzeitanalysen. „Die von uns entwickelten Programme verhalten sich wie ein Mensch“, sagt Pradel. „Aber im Gegensatz zu einem menschlichen Nutzer sollen sie systematisch sämtliche Abläufe auf einer Seite auslösen – also alle möglichen Interaktionen simulieren. Würde das ein Mensch machen, bräuchte er mitunter Tage oder Wochen.“

„Wir haben viele Ideen, wie wir unsere Methoden ausweiten und verfeinern können.“

Webseiten haben sozusagen einen Startzustand und der verändert sich mitunter schon, wenn wir den Mauszeiger nur über ein Bild bewegen. Das Bild erhält zum Beispiel einen Rahmen, es wird vergrößert oder als Mauszeiger erscheint eine Lupe. Die Seite geht in diesen Fällen auf der Pro-

grammebene in einen anderen Zustand über, der wiederum neue Interaktionen zulässt. „Dabei entsteht ein riesiger Suchraum, den wir nach Fehlern durchforsten können“, sagt Pradel. „Je mehr Programme hinter der Seite liegen, desto mehr kann schief gehen. Unsere Software kann nicht jedes Skript auf alle bekannten Fehler hin untersuchen, daher konzentrieren wir uns bei jeder Analyse auf ein bestimmtes Problem.“ Ein Beispiel für so ein Problem ist die Ladezeit von Seiten, die stark davon abhängt, wie effizient die Skripte ausgeführt werden. Aber Browser sind nicht geduldig. Sie haben Grenzwerte zwischen fünf und zehn Sekunden. Ist diese Zeit überschritten, verkündet der Browser, dass die Seite im Fenster nicht zur Verfügung stehe. Für den Betreiber kann dies zur Folge haben, dass ein potentieller Kunde verärgert zur Konkurrenz wechselt.

Die Programmierer von Webseiten tun sich schwer damit, solche Fehler frühzeitig zu erkennen. Sie treten



Abbildung: Katrin Binner

Dr. Michael Pradel, Leiter der Nachwuchsgruppe Software Lab.

mitunter nur unter bestimmten Voraussetzungen auf, zum Beispiel wenn der User mehrere Schritte in einer festen Reihenfolge ausführt. Beim Routine-Check der Seite werden die Fehler deshalb übersehen. Die Analyse-Software vom Software Lab ruft die Programmcodes immer wieder in unterschiedlicher Reihenfolge ab, damit der Prüfung nichts entgeht.

Fehler im Zusammenhang mit JavaScript zählen zu den häufigsten Sicherheitsrisiken im Internet. „JavaScript ist eine Art Unfall“, sagt Pradel. „Die Sprache wurde vor mehr als 20 Jahren eingeführt. Ein Ingenieur von Netscape hatte damals zehn Tage Zeit, eine Sprache für Interaktionen mit dem Browser zu entwickeln. Da die Sprache abwärtskompatibel ist, sind alle Mängel von damals noch vorhanden.“ JavaScript ist beliebt, weil die Sprache einfach zu lernen ist und weil Webseiten bei fehlerhaftem Skript nicht abstürzen – die Fehler werden von den Browsern ignoriert. Andere Programmiersprachen benötigen Compiler, die bei Fehlern das Programm sofort anhalten und auf die entsprechende Stelle im Code hinweisen. Sie zwingen Programmierer, sorgfältiger zu arbeiten.

Nicht alle Mängel haben ihre Ursache in der Unachtsamkeit der Entwickler. Manchmal werden auf

Webseiten Skripte geladen, die von anderen Quellen kommen, zum Beispiel Werbeanzeigen oder eingebettete Videos. Die Programmierer können solche Skripte nicht vorher einsehen. Andere Fehler, die bei Routinechecks häufig nicht auffallen, entstehen durch „Data Races“. Dabei kommen sich zwei Teile eines JavaScript-Programmes in die Quere, weil sie in zufälliger Reihenfolge ausgeführt werden können und dabei unterschiedliche Daten im selben Speicher ablegen. Je nachdem, welcher Programmteil zuerst dran ist, ändert sich die anschließende Berechnung. So kann es vorkommen, dass in einem Shop ein Buch statt 15 Euro plötzlich 2.000 Euro kosten soll.

Das sind nur einige Beispiele. „Die Analysearbeit wird uns so schnell nicht ausgehen“, sagt Pradel. „Wir haben viele Ideen, wie wir unsere Methoden ausweiten und verfeinern können.“ So manchen Betreiber der Top 100-Webseiten hat Pradels Team übrigens angeschrieben und auf Fehler hingewiesen. Einige Firmen schwiegen, andere korrigierten die Schwachstellen schnell. Obwohl wir von alledem nichts mitbekommen, verdanken wir dem Software Lab, dass uns einiger Ärger im Netz erspart bleibt.

Profilbereich Cybersicherheit

Das Software Lab ist eine Forschungsgruppe des Fachbereichs Informatik der TU Darmstadt, geleitet von Dr. Michael Pradel. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen Werkzeuge und Methoden, die helfen, zuverlässige, effiziente und sichere Software zu entwickeln. Das Software Lab ist Teil des Profils Cybersecurity der TU Darmstadt. Hier arbeiten Teams aus acht der 13 Fachbereiche der Universität an zentralen Themen der Cybersicherheit und des Schutzes der Privatheit.

Der Autor ist Technikjournalist.

Turbo für das Breitbandnetz

Neue Glasfasern zu verlegen ist teuer. Netzbetreiber wollen daher vorhandene Kapazitäten besser ausschöpfen. Eine neue Art von Laserdiode aus Darmstadt könnte dabei helfen. Sie wurde nun mit der Industrie zur Anwendungsreife gebracht.

— Von Christian Meier

Licht durchflutet die großflächigen Fenster des Büros im sechsten Stock des Hans-Busch-Instituts der Technischen Universität Darmstadt. Franko Küppers hält an seinem Schreibtisch eine haardünne, grau schimmernde Faser in die Sonne. Auch durch solche Fasern strömt Licht, allerdings nicht zur Beleuchtung, sondern zum Transport von Daten.

Mit Licht als Informationsträger beschäftigt sich der Elektrotechnik-Professor schon sehr lange. Er kennt die konkurrenzlose Stärke von Glasfasern: Tausende von Gigabyte pro Sekunde flitzen hindurch. Mit Kupferkabeln hingegen, die heute oft noch die so genannte „letzte Meile“ zu den Haushalten überbrücken, lässt sich weniger als ein Tausendstel dieser Datenrate übertragen.

Als ehemaliger Leiter einer entsprechenden Forschungsabteilung bei der Deutschen Telekom weiß Küppers aber auch, was die Verbreitung von Glasfasern hemmt. Neue Leitungen kosten viel. Daher versuchen Netzbetreiber, vorhandene Kapazitäten besser auszunutzen. Ein altbekanntes Mittel hierzu ist das sogenannte Multiplexing, das bis zu 80 Signale bündelt und gleichzeitig durch eine Glasfaser leitet. Vorstellen kann man sich das als eine Art umgekehrtes Prisma. Normalerweise spaltet dieses einen weißen Lichtstrahl in seine Farben auf. Das geht auch umgekehrt: Treten verschiedenfarbige Strahlen in das Prisma ein, fasst sie dieses zu einem weißen Strahl zusammen. Da sich verschiedene Signale mittels Licht verschiedener Farben transportieren lassen, gelingt es auf diese Weise, mehr Information in einen weißen Strahl zu bündeln als es mit einem einfarbigen Strahl möglich wäre.

„Das Multiplexing war die Schlüsselinnovation, die das heutige Breitband-Internet und das mobile Internet erst ermöglicht hat“, schwärmt Küppers. Sein

Team vom Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik hat diese Technologie entscheidend verbessert und damit einen „gigantischen Markt“ eröffnet, wie der Forscher sagt. Vor kurzem hat ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Verbundprojekt der Darmstädter mit drei Industrieunternehmen die Technik reif für Feldtests gemacht.

Das Kernstück stammt aus Darmstadt: Ein mikroelektromechanisches System (MEMS), welches mit einer Laserdiode integriert wird und dieser dadurch eine neue, besonderen Eigenschaft verleiht. Laserdioden emittieren normalerweise Licht einer bestimmten Wellenlänge. Sie speisen Lichtpulse mit dieser Farbe in die Glasfasern ein. Beim optischen Multiplexing braucht man bis zu 80 verschiedene Laserdioden unterschiedlicher Farbe. Denn jeder Informationskanal sendet ja mit einer anderen Lichtwellenlänge. „Das verursacht viel Aufwand“, sagt Küppers. Denn zum einen erfordert es eine sehr hohe Präzision in der Herstellung, damit

die Diode genau die gewünschte Wellenlänge emittiert. „Es gibt viel Ausschuss“, weiß Küppers. Zudem müssten für alle 80 Kanäle Ersatzdioden vorgehalten werden.

Küppers bietet mit einer wellenlängenabstimmbaren Laserdiode nun eine Alternative. Die Wellenlänge, die die Diode aussendet, lässt sich in einem gewissen Rahmen frei wählen. Vergleichbar ist der Fortschritt mit einem Saiteninstrument. Vorher gab es sozusagen nur Gitarren ohne Bünde, bei denen jede Saite nur einen einzigen Ton erzeugen konnte. Mit der Darmstädter Erfindung gibt es jetzt Bünde und damit die Möglichkeit, jeder Saite viele Töne zu entlocken.

Damit lässt sich der Ausschuss verringern. Denn die Wellenlänge lässt sich ja am fertigen Produkt

„Auch in Rechen- und Datenzentren, die in Zeiten des Cloud-Computing immer wichtiger werden, werden Glasfasern zur Datenübertragung genutzt.“

Informationen

Fachgebiet Photonik und Optische

Nachrichtentechnik

Prof. Dr.-Ing. Franko Küppers

Telefon: 06151/16-284 40

E-Mail: kueppers@imp.tu-darmstadt.de

verändern, sodass bei der Herstellung keine allzu enge Norm eingehalten werden muss. „Das Vorhalten von 80 verschiedenen Ersatzteilen ist auch nicht mehr nötig“, ergänzt Küppers. Ein weiterer Vorteil der neuen Dioden: „Netzwerke können so flexibler werden“, sagt Küppers. Die Wellenlänge lässt sich nämlich auch während des Betriebs in Sekundenschnelle verändern. Dadurch kann die Bandbreite pro Farbkanal ständig dem aktuellen Bedarf angepasst werden. „Die Gesamtbandbreite der Glasfaser wird so optimal ausgenutzt“, betont Küppers.

Die Grundidee der Darmstädter Technik ist einfach. Einen Laser kann man sich wie ein Rohr vorstellen, an dessen beiden Enden je ein Spiegel sitzt, zwischen denen Licht hin und her reflektiert wird. Der Abstand der beiden Spiegel gibt, ähnlich der Länge einer Saite, die Lichtfarbe vor, die der Laser aussendet. Julijan Cesar und Sujoy Paul, Doktoranden am Institut von Küppers, zeigen im Reinraum-Labor, wie es funktioniert: Man setzt an das eine Ende einer herkömmlichen Laserdiode einen beweglichen Spiegel. Dieser besteht aus einer stark spiegelnden Membran aus Siliziumoxid und Siliziumnitrid mit etwa einem Zehntel Millimeter Durchmesser. Vier Spinnenbeinen ähnliche Stützen halten ihn parallel über der Oberfläche der eigentlichen Diode. „Leitet man einen schwachen Strom durch diese Beinchen, dehnen sie sich aus und der Spiegel entfernt sich ein Stück von der Oberfläche der Diode“, erklärt Küppers. Diese Abstandsänderung verschiebt die in Glasfasern standardmäßig verwendete Wellenlänge von 1.550 Nanometern (Millionstel Millimeter) um bis zu 100 Nanometer. Im Fachjargon heißt die Technik: Wellenlängenabstimmbare, oberflächen-emittierende Laserdioden mit Vertikalresonator, oder kurz VCSEL, vom englischen „Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser“.

Ihr Labormuster haben die Darmstädter nun mit einem Industriekonsortium weiterentwickelt. „Die Kooperation war sehr eng“, lobt Küppers. Und es hat sich gelohnt. Die neue Technologie erreicht nun eine sehr hohe Datenrate von rund 12 Gigabit pro Sekunde. „Eine besondere Herausforderung war auch, die Justierung der Wellenlänge für den Betrieb stabil zu halten“, erklärt Küppers. Das Verbundprojekt hat einen für die Massenfertigung tauglichen Prototypen entwickelt, der im industriellen Umfeld eines der Partner getestet werden soll.

Danach kann sich dem Konsortium ein riesiger Markt öffnen. Das Rückgrat des Internets besteht aus Glasfasern. „Aber auch in Rechen- und Datenzentren, die in Zeiten des Cloud-Computing ja immer wichtiger werden, werden Glasfasern zur Datenübertragung genutzt“, weiß Küppers. Gut möglich, dass eine Erfindung aus Darmstadt bald zur Grundausstattung des Internets gehört.

Der Autor ist Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker.



Professor Franko Küppers im Optiklabor.

Abbildung: Katrin Binner

Laserdiode

Herkömmliche Laserdioden sind Halbleiterbauelemente von wenigen Millimetern Größe, die im Aufbau LEDs ähneln, aber gebündeltes Licht mit einer festen Wellenlänge, also Laserlicht, aussenden. Durch die Wahl des Halbleitermaterials, z.B. Indiumgalliumnitrid, lässt sich die Wellenlänge festlegen. Es gibt Laserdioden über ein weites Lichtspektrum hinweg: von Infrarot bis Ultraviolett. Neben der Datenübertragung finden Laserdioden z.B. Anwendung in DVD- oder Bluray-Spielern, Barcodelesegeräten oder Gassensoren.

Das Projekt

Im Projekt VCSEL-basierter Transceiver für Telekommunikations- und Datennetze (VCSEL-TRX) arbeitete die TU Darmstadt mit den Firmen Vertilas (Garching), DEV Systemtechnik (Friedberg) und ADVA Optical Networking (Martinsried) zusammen. Das BMBF unterstützte die Forschung mit ca. 1 Mio. Euro in drei Jahren. Die Unternehmen bilden die ganze Verwertungskette ab: vom Spezialisten für hochbitratige HF-Lösungen und optischen Modulen bis zum Hersteller hochperformanter und verbrauchsarmer Laser und industriellen Endanwender.

Es muss nicht immer Platin sein



Abbildung: Katrin Binner

Juniorprofessorin Ulrike Kramm entwickelt Katalysatoren für Brennstoffzellen. Sie sind der Natur nachempfunden und ähneln dem roten Blutfarbstoff.

— Von Uta Neubauer

Auch manch grüne Technologie ist noch verbesserungswürdig: Brennstoffzellenfahrzeuge etwa gelten als saubere Angelegenheit, denn statt umweltschädlicher Abgase produzieren sie nur Wasserdampf. In gängigen Niedertemperatur-Brennstoffzellen aber steckt Platin – und das ist „nicht nur knapp und teuer, sondern wird auch unter bedenklichen Bedingungen abgebaut“, wie Ulrike Kramm, Juniorprofessorin in den Fachbereichen Chemie und Material- und Geowissenschaften der TU Darmstadt, betont.

In der Brennstoffzelle sorgt Platin als Katalysator dafür, dass Wasserstoff und Sauerstoff „kalt verbrennen“, also unter gemäßigten Bedingungen miteinander reagieren. Da die beiden Gase ein äußerst explosives Gemisch bilden, sind sie in der Brennstoffzelle durch eine dünne Membran voneinander getrennt. Diese Membran ist auf beiden Seiten mit Graphitelektroden beschichtet, die fein verteiltes Platin enthalten. Die Membran ist zwar undurchlässig für das ungeladene Wasserstoffmolekül H_2 , lässt aber Protonen, die winzigen positiv geladenen Wasserstoff-Ionen H^+ , passieren.

Und so funktioniert die Brennstoffzelle: Auf der einen Seite der Membran wird Wasserstoff zu Protonen oxidiert – bei dieser Reaktion werden Elektronen freigesetzt. Die Protonen wandern durch die Membran auf die andere Seite und reagieren dort mit Sauerstoff zu Wasser. Für diese sogenannte Sauerstoffreduktion werden die auf der Wasserstoffseite freigesetzten Elektronen benötigt. Es fließt daher bei geschlossenem Stromkreis ein nutzbarer

Forscht an der Schnittstelle zwischen Materialwissenschaft und Chemie: Ulrike Kramm.

Informationen

Exzellenz-Graduiertenschule
Energiewissenschaft und Energietechnik /
Fachgruppe Katalysatoren und Elektro-
katalysatoren

Jun.-Prof. Dr. Ulrike Kramm
Telefon: 06151/16-203 56
E-Mail: kramm@ese.tu-darmstadt.de
www.mawi.tu-darmstadt.de/ekat

elektrischer Strom. Der Platin-Katalysator erleichtert sowohl die Wasserstoffoxidation als auch die Sauerstoffreduktion. Dennoch hat das Edelmetall – abgesehen vom Verfügbarkeitsproblem und den Kosten – gewisse Nachteile: „Ein perfekter Katalysator beschleunigt gezielt nur eine einzige Reaktion“, erklärt Kramm. „In der Brennstoffzelle aber katalysiert Platin die beiden Hauptreaktionen.“ Das Problem dabei: Wenn ein Brennstoffzellen-Fahrzeug gestartet wird, befindet sich zu Beginn auch etwas Luft, und damit Sauerstoff, auf der Wasserstoffseite. Kommt es dort nun gleichzeitig zur Sauerstoffreduktion und Wasserstoffoxidation, treten unerwünschte Nebenreaktionen auf, die den Katalysator auf Dauer zerstören.

Gesucht werden daher alternative

Katalysatoren. Selektiv, kostengünstig und langlebig sollen sie sein. Mit der Erforschung von Katalysatoren für die Wasserstoffoxidation hat Nina Erini, Postdoktorandin in Kramms Team, gerade begonnen – darüber wird noch nichts berichtet. Mit ihren Arbeiten zu den Katalysatoren für die Sauerstoffreduktion aber hat sich Kramm bereits international einen Namen gemacht. „Grundvoraussetzung ist, dass sich Sauerstoff an den Katalysator anlagert, da der Sauerstoff dann leichter mit den Elektronen und Protonen reagiert“, erläutert Kramm. Eine Substanz, die für die Sauerstoffanlagerung quasi geschaffen wurde, hält die Natur parat: den roten Blutfarbstoff Hämoglobin. In seinem Zentrum sitzt ein Eisenatom, umgeben von vier Stickstoffatomen. Kramms Katalysatoren enthalten ebenfalls eine solche Eisen-Stickstoff-Einheit. Allerdings ist sie nicht in ein organisches Molekül eingebunden wie beim Hämoglobin, sondern von Kohlenstoff in Form von Graphen umgeben. Erste wissenschaftliche Veröffentlichungen zu Eisen-Stickstoff-Kohlenstoff-Katalysatoren stammen bereits aus den 1960er Jahren, aber erst seit einigen Jahren steige das Interesse wieder, bemerkt Kramm.

Deutschlandweit dürfte es kaum jemand geben, der sich besser mit Eisen-Stickstoff-Kohlenstoff-Katalysatoren auskennt als die Darmstädter Juniorprofessorin. Schon vor über zehn Jahren hat sie sich im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) und Toyota mit den Substanzen beschäftigt. In ihrer Doktorarbeit untersuchte sie deren Struktur und anschließend entwickelte sie ein Reinigungsverfahren, das die Katalysatorleistung steigert. „Diese Katalysatoren sind bereits heute ähnlich aktiv wie Platin“, sagt Kramm. Dennoch müssen noch einige Hürden überwunden werden.

Probleme gibt es unter anderem noch mit der Langzeitstabilität: Ioanna Martinaiou, Doktorandin in

Kramms Arbeitsgruppe, untersucht gerade, ob die Katalysatoren länger funktionieren, wenn sie statt Eisen ein anderes Metall enthalten – Kupfer etwa oder Nickel, auch Mangan, Chrom, Molybdän und Kobalt hat Martinaiou getestet. Die Auswertung läuft noch. Bezüglich der Aktivität ist Eisen zwar unübertroffen, aber durch die Kombination mit einem anderen Metall ließe sich vielleicht die Stabilität steigern, ohne die positiven katalytischen Eigenschaften des Eisens zu verlieren. „Wenn alles gut läuft, sollten wir auf der Basis der geplanten Projekte mit Unterstützung des Bundesforschungsministeriums in etwa fünf Jahren verstehen, was die Stabilität der Katalysatoren limitiert und wie man sie verbessern kann“, sagt Kramm. Zusammen mit einem Industriepartner sollten sich in zehn Jahren edelmetallfreie und ausreichend stabile Katalysatoren für Brennstoffzellen bis zur Marktreife entwickeln lassen. Ziel ist, dass der Katalysator in 5.000 Betriebsstunden maximal zehn Prozent seiner Leistung einbüßt. Autobauer wie VW, Toyota und General Motors, aber auch der Materialtechnologie-Konzern Umicore interessieren sich schon heute für Kramms Katalysatoren.

Umicore etwa ist der Industriepate einer Nachwuchsgruppe, für die Kramm gerade Fördermittel vom Bundesministerium für Bildung und Forschung eingeworben hat.

Die großtechnische Herstellung der Katalysatoren dürfte kein Problem sein, an ein paar Stellschrauben möchte Kramm aber noch drehen. In einem gängigen Syntheseverfahren beispielsweise wird der Katalysator zwecks Aktivitätssteigerung mit Ammoniak behandelt. Dabei aber bilden sich sogenannte Eisennitride, die bei der spektroskopischen Strukturklärung stören, soll heißen: nach der Ammoniakbehandlung lässt sich nicht mehr untersuchen, wie der Katalysator im Detail aufgebaut ist. Die Kenntnis der Struktur aber bildet die Basis für die weitere Optimierung. Außerdem verringert die Ammoniakbehandlung die Lebensdauer des Katalysators. Kramm hat sich hohe Ziele gesetzt: Sie möchte die Struktur der Katalysatoren und die Mechanismen der Katalyse im Detail verstehen, um die Substanzen sowie ihre Synthese entsprechend zu optimieren. „In der Forschung ist es oft so, dass man zwar ein Problem löst, sich dabei aber viele neue Fragen stellen“, sagt Kramm. Sie versuche, das „große Ganze im Blick zu behalten“. Ihre Juniorprofessorin und der Aufbau einer eigenen Gruppe an der TU Darmstadt bieten ihr dafür beste Möglichkeiten.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Beispiel einer Karriere

Ulrike Kramm trat ihre Juniorprofessur im Rahmen der Exzellenzinitiative im März 2015 an. Sie hat an der Fachhochschule Zwickau Physikalische Technik mit dem Schwerpunkt Umwelttechnik studiert und sich anschließend in einer Industriekooperation zwischen dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) und Toyota mit der Optimierung neuer Brennstoffzellen-Katalysatoren beschäftigt. In ihrer Doktorarbeit am HZB sowie als Postdoktorandin am kanadischen Forschungsinstitut INRS-EMT in Varennes, am HZB und an der BTU Cottbus-Senftenberg befasste sie sich außerdem mit der Strukturaufklärung dieser Katalysatoren, die auch den Schwerpunkt ihrer derzeitigen Arbeit bilden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert Kramms Untersuchungen zur Stabilität der neuen Katalysatoren nun im Rahmen eines Verbundprojekts mit der Universität Kaiserslautern und des Karlsruher Instituts für Technologie und ab 2017 mit einer Nachwuchsgruppe.

Aktuelle Publikationen

Busch M., Halck N.B., Kramm U. (2016): Beyond the Top of the Volcano? – A unified approach to electrocatalytic oxygen reduction and oxygen evolution, *Nano Energy*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoen.2016.04.011> (bislang nur online verfügbar)

Kramm U.I., Zana A., Vosch T., Fiechter S., Arenz M., Schmeißer D. (2016): On the structural composition and stability of Fe-N-C catalysts prepared by an intermediate acid leaching, *Journal of Solid State Electrochemistry*, 20 (4), 969-981

Kramm U.I., Hermann-Geppert I., Behrends J., Lips K., Fiechter S., Bogdanoff P. (2016): On an easy way to prepare Metal-Nitrogen doped Carbon with exclusive presence of MeN₄-type sites active for the ORR, *Journal of the American Chemical Society*, 138 (2), 635-640



Abbildung: Katrin Binner

Prekärer Pflegemarkt

Pflegearbeiten in deutschen Familien werden zunehmend von Arbeitsmigrantinnen übernommen. Ihre prekäre Situation analysiert jetzt eine Studie der Arbeits- und Organisationssoziologie der TU Darmstadt.

Machtressourcen

Die Soziologie unterscheidet zwischen struktureller, institutioneller und gesellschaftlicher Macht sowie Organisationsmacht. Die strukturelle Macht gilt als primäre Ressource, zum Beispiel in Form individueller Verhandlungsmacht bei Arbeitskräftemangel. Die anderen sind sekundäre Machtressourcen. Sie beruhen unter anderem auf gewerkschaftlichen Zusammenschlüssen, gesetzlichen Regelungen, unabhängiger behördlicher Kontrolle oder auch Interessensvertretung durch Nichtregierungsorganisationen. Arbeitsmigrantinnen verfügen aktuell über keine dieser Ressourcen.

Informationen

Institut für Soziologie
Dr. Karina Becker
Telefon: 06151/16-5 7386
E-Mail:
becker@ifs.tu-darmstadt.de
www.ifs.tu-darmstadt.de

— Von Jutta Witte

Betreuung, Pflege und Fürsorge im eigenen Heim: Für „Care-Verpflichtungen“ in der Familie, die früher überwiegend weibliche Angehörige übernommen haben, werden heute zunehmend Arbeitsmigrantinnen aus Mittel- und Osteuropa engagiert – weil ein Pflegeheim nicht in Frage kommt oder viele die Aufgabe nicht selbst übernehmen können oder wollen. Die Betroffenen beziehungsweise deren Angehörige sparen durch das Personal aus Rumänien oder Polen Kosten und sichern sich vielfach eine 24-Stunden-Pflege, sieben Tage in der Woche.

Wie viele Arbeitsmigrantinnen derzeit in deutschen Haushalten im Einsatz sind, weiß niemand genau. „Die Dunkelziffer ist hoch“, sagt Karina Becker, Wissenschaftlerin am Institut für Soziologie der TU Darmstadt. Die Expertin hat sich die Situation der Pflegekräfte im Rahmen ihrer Studie „Migrantische Pflegekräfte in deutschen Haushalten zwischen struktureller Machtlosigkeit und individueller Primärmacht“ genauer angeschaut, insgesamt 27 qualitative Interviews in neun Haushalten mit Pflegekräften, Pflegebedürftigen und Angehörigen geführt und die Expertise von Fachleuten aus Beratungsstellen eingeholt.

„In allen Fällen gab es eine erhebliche Machtasymmetrie zu Lasten der Pflegekräfte“, berichtet sie. In der Mehrzahl seien die Arbeitszeiten nicht geregelt und der Gesundheitsschutz und die Arbeitssicherheit nicht gewährleistet. Aufgrund fehlender Regulierung müssten die Pflegekräfte ihre Arbeitsbedingungen selbst aushandeln. Gleichzeitig etablierten sich in den vor öffentlicher Kontrolle geschützten

Privathaushalten Standards wie ständige Verfügbarkeit oder die Erwartung, den Job für wenig Geld, aber „mit Herzblut“ zu machen – Standards, die nicht mehr hinterfragt würden. Verhandlungsspielraum bleibe den Betroffenen kaum, weil sie aufgrund des hohen Arbeitskräftepotenzials ersetzbar seien.

„Arbeiten und verhalten“ sie sich nicht, wie es die Familien von ihnen erwarten, werden sie wieder nach Hause geschickt“, beobachtet Becker. Die Expertin identifiziert in ihrer Studie vier Arten von prekären und unregulierten Beschäftigungsverhältnissen: illegal Beschäftigte; vermeintliche Haushaltshilfen, die im Rahmen der Arbeitnehmerfreizügigkeit nach Deutschland kommen, tatsächlich aber in der „Grauzone Pflege“ arbeiten; Frauen, die von einer Dienstleistungsagentur im Ausland geschickt werden, und Scheinselbstständige. Die letzte Gruppe nimmt nach Beckers Worten zu. „Es gibt aber keine handlungsmächtigen rechtlichen Hebel, um Haushalte zu kontrollieren, in denen Selbstständige arbeiten“. Weil es derzeit auch keine „wirkmächtigen“ Institutionen gibt, welche die Interessen von Arbeitsmigrantinnen vertreten, empfiehlt die Soziologin den Betroffenen, sich stärker zu vernetzen.

Nachhaltig lösen lässt sich das Problem nach ihrer Überzeugung aber nur, wenn es öffentlich gemacht wird und Arbeitsmigrantinnen in Deutschland eine Lobby bekommen. Hierzu soll auch ihre Forschung beitragen: „Wir müssen dieses Thema aus der Nische holen.“

—
Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.