

hoch³FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Herbst 2021



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Impressum

Herausgeberin
Die Präsidentin
der TU Darmstadt

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

Titelbild Architekturgeschichte
von Botschaftsgebäuden macht
politische und gesellschaftliche
Antworten sichtbar;
Bild: Katrin Binner

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

Auflage 5.000
Nächste Ausgabe
15. Dezember 2021

Leserservice
presse@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 Biochemie:** Therapeutische Antikörper machen Hoffnung — **2 Informatik:** Kunden-Intelligenz beflügelt die Energiewende — **3 Architektur:** Diplomatische Vertretungen im politischen Wettbewerb — **4 Mathematik:** Junge Forschende bearbeiten Fragen der Logik

Stromversorgung braucht eine engagierte Kundschaft

Können ausgerechnet wir als Verbraucherinnen und Verbraucher das künftige Stromnetz stabiler machen? Ein Forschungsteam um Rolf Egert und Max Mühlhäuser arbeitet an einer entsprechenden Vision.

— Von Boris Hänßler

Stromausfall ist ein seltenes Phänomen in Deutschland. Das könnte sich bald ändern: Extremwetterlagen, die zuletzt in Nordamerika die Lichter ausgehen ließen, kommen mit dem Klimawandel vermehrt zu uns – und unser vergleichsweise robustes Netz gerät an seine Grenzen. Zudem bedrohen Cyberattacken und Anschläge unsere Infrastruktur. In München waren kürzlich durch einen Brandanschlag mehrere Häuser zwei Tage lang ohne Strom. Die kontinentale Vernetzung in der Energieversorgung kann zwar eine Balance zwischen Angebot und Nachfrage schaffen, aber auch einen Schneeball-Effekt hervorrufen – erst im Januar legte ein kleines Problem in Kroatien große Teile Südosteuropas lahm. Nicht zuletzt treten viele kleine Energieerzeuger mit Photovoltaik und Windkraft an die Stelle der Großkraftwerke. Dieses dezentrale und zunehmend „Smarte“ Grid ist zumindest bislang nicht krisenfest.

Wie kann unter diesen Bedingungen ein resilientes Smart Grid entstehen? Mit dieser Frage beschäftigen sich Forschungsgruppen an der TU Darmstadt. Ein Team um Professor Max Mühlhäuser in der Informatik entwickelt zum Beispiel Algorithmen, die das Smart Grid bei Ausfällen in überlebendfähige Inseln zerlegen. Sie sollen sich dann schnellstmöglich automatisch wiedervereinigen. Rolf Egert, Doktorand und Gruppenleiter für den Bereich Smart Protection in Infrastructures and Networks (SPIN), möchte die Konsumenten und Konsumentinnen mehr einbinden: „Für ein robustes Stromnetz brauchen wir ihre Mitarbeit – und zwar nicht nur als Investorierende in erneuerbare Energie.“ Egert hat dabei vor allem Privathaushalte im Blick. „Sie sind für etwa ein Viertel des Stromverbrauchs in Deutschland verantwortlich – gleichzeitig wächst unter ihnen der Anteil der Stromproduzierenden“, sagt er.

Egert, Mühlhäuser und weitere Forschende veröffentlichten ein Visionspapier, dem eine wissenschaftliche Erhebung unter Privatpersonen vorausgegangen war. Ziel war, sich ein erstes Bild zu machen über das Problembewusstsein und die Bereitschaft der Kundschaft, mitzuwirken. Die

Forschenden gehen davon aus, dass künftig bei Ausfall des überregionalen Netzes zwar noch ein dezentrales Angebot durch etwa Solar- und Windanlagen oder Batterien bleibt, die Strom-Nachfrage aber typischerweise über dem Angebot liegen dürfte. Bei einer extremen Unterversorgung greift derzeit der lokale Betreiber ein, indem er einige Straßenzüge unbeschränkt mit Strom versorgt, andere abklemmt – und dabei potentiell auch lebenswichtige Geräte und lokale Produzenten lahmlegt.

„Wir glauben, dass ausreichendes Wissen über das heutige Stromnetz und das Potenzial des Smart Grid ein Schlüssel ist.“

Im Smart Grid sollen die Strombeziehenden Haushalte nun festlegen, welche Geräte angeschaltet bleiben und welche nicht. Damit entsteht ein komplexes Problem: Wie kann ein schwankendes Angebot Menschen mit ihren unterschiedlichen Bedürfnissen gerecht werden?

Grundsätzlich könnten Verbraucherinnen und Verbraucher ihre Geräte fernschalten lassen. Der Netzbetreiber würde bei Unterversorgung dann zum Beispiel Wärmepumpen oder Wasserboiler abschalten. Davor schrecken viele Menschen zurück, weil sie fürchten, dass der Betreiber etwa beim Duschen plötzlich das warme Wasser abstellt. Daher wäre es sinnvoller, wenn die Verbraucherinnen und Verbraucher aktiv am Smart Grid mitwirken.

Das Team um Egert entwickelt ein prototypisches Framework, mit dem lokale Ressourcen intelligent vernetzt werden können. Dabei stehen sie vor etlichen Herausforderungen – vieles, was in Industriebetrieben erfolgreich funktioniert, lässt sich nicht einfach auf Privathaushalte übertragen. Zudem müssen die Präferenzen im Haushalt berücksichtigt werden. „Als Privatperson kann ich dann festlegen, zu welchen Zeiten welche Geräte ausgeschaltet werden dürfen“, sagt Egert. „Ich kann zum Beispiel lassen, dass werktags mein Klimagerät bis zu fünf Stunden abgeschaltet werden darf, wenn ich nicht zu Hause bin.“ Maschinelles Lernen kann helfen, die Gewohnheiten der Stromkunden zu verstehen und dementsprechend Vorschläge machen. Doch auch dann müssen sich die Menschen mit der Thematik auseinandersetzen und Entscheidungen treffen.

Informationen

Telecooperation Lab
Prof. Dr. Max Mühlhäuser
Telefon: 06151/16-23200
E-Mail: max@tk.tu-darmstadt.de
www.informatik.tu-darmstadt.de/telekooperation/



Abbildung: Katrin Binner

Außerdem gilt es, unsoziales Verhalten zu verhindern. Einzelne könnten dem Mechanismus hochpriorisierten Bedarf vorspielen und darauf setzen, dass es dafür die Nachbarschaft umso härter trifft. Wie kann man Menschen motivieren, sich stattdessen positiv einzubringen? „Es liegt nahe, zu glauben, dass sie ein Interesse an einer reduzierten Stromrechnung oder finanziellen Belohnungen haben“, sagt Egert, der mit Fachleuten aus der Psychologie zusammenarbeitet. „Eine solche extrinsische Motivation wirkt aber meist nur kurzfristig.“ Auch eine simple Visualisierung der Verbrauchsdaten, wie einige Smart Meter sie bieten, oder der Hinweis des Ökostromanbieters, wie viel CO₂ eingespart wurde, reichten nicht – beides sei zu abstrakt. „Motivierender wäre es, wenn die Menschen konkret wüssten, was sie mit ihrem Engagement bewirken“, sagt Egert. „Sie könnten zum Beispiel die Information erhalten, dass ihr Verzicht auf Komfort dazu beitrug, die lokale Schule mit Strom zu versorgen.“

Dieser Ansatz ließe sich mit Nudging („Stupsen“) kombinieren. Nudging ist in vielen Bereichen effektiv: So ist bekannt, dass Menschen im Supermarkt impulsiv Süßwaren kaufen, die in Kassennähe ausgelegt werden. Platziert man dort gesunde Gerichte, werden stattdessen diese häufiger mitgenommen. Auch bei der Festlegung von Passwörtern im Internet hat sich Nudging bewährt – einige Webseiten zeigen während des Eintippens an, wie sicher das gewählte Passwort ist. Ähnlich könnte man bei Entscheidungen im Energieverbrauch auf die Konsequenzen hinweisen. Die sogenannte Gamification wäre ebenfalls denkbar. Dabei werden Prinzipien aus Videospielen übernommen: Ein Verbraucher erhält Punkte

für die Anpassung seines Stromverbrauchs und kann sich in einer lokalen Rangliste anonym mit der Nachbarschaft messen.

Für die Strombetreiber ist es wichtig, einen klaren Überblick über die aktive Kundschaft und ihre Präferenzen zu haben, aber auch über die möglichen Kosten angesichts unterschiedlicher Liefertarife und womöglich verhandelbarer Einspeisevergütungen für Haushalte, die Strom anbieten. Die Betreiber müssen schnell entscheiden können, welche Ressourcen sie bei Unter- oder Überversorgung einbeziehen. Die Randbedingungen können technisch komplex sein, so dürfen womöglich nicht immer dieselben Geräte geschaltet werden, da sie sonst schneller verschleifen. Bisweilen ist auch die räumliche Nähe von Verbraucherinnen und Verbrauchern zur Problemsituation ausschlaggebend.

Die größte Herausforderung aber ist es, ein Bewusstsein für ein resilientes Energienetz zu schaffen. „Wir glauben, dass ausreichendes Wissen über das heutige Stromnetz und das Potenzial des Smart Grid ein Schlüssel ist“, sagt Egert. Mehr Wissen schaffe mehr Affinität zu energierelevanten Themen und motiviere die Menschen, in eine Doppelrolle als Konsumierende und Produzierende zu wechseln. „Zudem stehen aktive Verbraucherinnen und Verbraucher dem energiebezogenen Wandel aufgeschlossener gegenüber – und je mehr es von ihnen gibt, desto eher werden sich politische Entscheidungen und Technologietransfer beschleunigen.“ Für die Netz-Resilienz ist beides unumgänglich.

Der Autor ist Technikjournalist.

Professor Max Mühlhäuser und sein Doktorand Rolf Egert entwickeln für das „Smart Grid“ eine Grundlage zur besseren Stromverteilung unter schwankenden Bedingungen.

Publikation:

„Exploring energy grid resilience: The impact of data, prosumer awareness, and action“, Rolf Egert, Jörg Daubert, Stephen Marsh, Max Mühlhäuser. Patterns, Vol. 2, Issue 6, 100258, June 11, 2021 (Open Access)

Architektonische Visitenkarten im Ausland

Botschaftsgebäude sind sowohl politische Symbole als auch gesellschaftlicher Ausdruck ihrer Epoche. Die Architektin und Kunsthistorikerin Dr.-Ing. Christiane Fülcher hat die deutschen Auslandsvertretungen vergleichend analysiert.

Frau Fülcher, Botschaftsgebäude gelten als „architektonische Visitenkarten“. Welche Bedeutung haben sie für die Außenpolitik?

Staaten nutzen Neubauten von diplomatischen Vertretungen, um ein bestimmtes Bild abzugeben und ihr spezifisches gesellschaftliches Selbstverständnis zu transferieren. Die Frage dahinter ist: Wie möchte ich als Staat im Ausland wahrgenommen werden? Die Architektur ist hierfür ein zentrales Instrument. Im Gegensatz zu anderen Staatsbauten sind auswärtige Neubauten von Botschaften das Resultat hochkomplexer diplomatischer Prozesse. Über die Bauwerke werden politische Botschaften nicht nur durch Präsenz und Größe vermittelt, sondern auch durch Zurückhaltung und Einordnung in den örtlichen Kontext des Gastlandes. Dies kann auch über die Wahl des Materials oder spezifischer Architekturformen erfolgen.

Sie haben sich in Ihrer Dissertation vor allem auf die Geschichte der Auslandsvertretungen beider deutscher Staaten zwischen 1949 und 1972 fokussiert. Wie war die Situation in der Nachkriegszeit?

Über die Gründung der Bundesrepublik Deutschland und der Deutschen Demokratischen Republik im Jahr 1949 hinaus bestimmten die Besatzungsmächte deren Aufbau außenpolitischer Beziehungen. Die Bundesrepublik erhielt mit der Erlangung ihrer Souveränität 1955 mehr Entscheidungsfreiheit über ihre außenpolitischen Beziehungen. Die DDR durfte zwar bereits 1949 ein Auswärtiges Amt einrichten, Entscheidungsbefugnisse gingen damit aber nicht einher. Insgesamt war der Neuaufbau von Staat und Gesellschaft sowie die Repräsentation im Ausland nach dem Zweiten Weltkrieg verbunden mit einer Architektur, die einem politischen Bekenntnis zur jeweiligen Besatzungsmacht gleichkam.

Wie zeigt sich das in den Botschaftsbauten?

Ein gutes Beispiel ist das Botschaftsprojekt der DDR in Warschau. Der erste Entwurf orientierte sich konsequent an den Leitlinien der UdSSR. Er war angelehnt an die sowjetische Botschaft in Berlin. An exponierter Stelle sollte in Polen eine dreiflügelige Anlage im Stil des sozialistischen Realismus entstehen – praktisch eine Palastarchitektur für die Arbeiterklasse. Doch auch nach Stalins Tod, als Moskau eine sachliche Architektursprache vorgab, wurde das Großprojekt aus finanziellen und politischen

Gründen nie realisiert. Auch mit dem Botschaftsprojekt in Budapest versuchte man, trotz Anlehnung an westliche Vorbilder, die sozialistischen Ideale über Architektur auszudrücken. Dies gelang durch die Betonung der künstlerischen Ausstattung und durch den Verzicht auf übliche Hierarchien: über einen ebenerdigen Zugang ohne Stufen, eine wenig repräsentative Botschafterwohnung oder auch Ergänzungen des Gebäudes um Wohnungen und soziale Einrichtungen.

Nutzte die DDR die Botschaftsbauten zur Durchsetzung ihrer außenpolitischen Ziele?

Ganz sicher. Das ist gut zu sehen am Beispiel der Handelsvertretung in Helsinki, die Mitte der 1960er erbaut wurde. Finnland war neutral und gewährte den Handelsvertretungen beider deutschen Staaten Privilegien, die üblicherweise diplomatischen Vertretungen zustehen. Hier beauftragte die DDR bewusst einen örtlichen Architekten mit einem Entwurf, der international Anerkennung finden sollte. Mit dem Bauwerk gab der ostdeutsche Staat sein Ziel auf, den Sozialismus in der Architektur widerzuspiegeln und orientierte sich vollends an US-amerikanischen Botschaftsgebäuden. Im Ringen um die internationale Anerkennung sollte das Bauwerk die DDR als gleichberechtigten deutschen Staat auf Augenhöhe mit der Bundesrepublik zeigen. Diese wiederum beobachtete das neue Bauprojekt der DDR äußerst misstrauisch.

Wie verlief die Entwicklung dort?

Im Gegensatz zur DDR hatte die Bundesrepublik bald wieder einen größeren Aktionsradius. Dennoch war es für sie wichtig, zunächst mit großer Zurückhaltung in den westlichen Staaten aufzutreten. So lehnten sich die ersten Botschaften in Architektur und Ausstattung deutlich an die dreigeschossigen Riegelbauten der US-amerikanischen Generalkonsulate an, die ab 1952 in den westlichen Bundesländern errichtet worden waren. In den 1960er Jahren trat man dann, mit zunehmender Anerkennung in der westlichen Staatengemeinschaft, deutlich selbstbewusster auf. Die Architekten konnten individuelle Akzente setzen und es bildeten sich zwei Strömungen heraus: der organische Ansatz, bei dem wie bei der Botschaft in Wien ein harmonisches Ganzes aus Gebäude und Umgebung entstand, und der stringente Funktionalismus, der sich beispielsweise in der Botschaftskanzlei in Washington wiederfindet.

Informationen

Fachgebiet Architekturtheorie und -wissenschaft

Dr.-Ing. Christiane Fülcher M.A.

E-Mail:

fuelscher@atw.tu-darmstadt.de

www.architektur.tu-darmstadt.de/atw

Eine besondere Zäsur markiert die Botschaft, die die Bundesrepublik im neu geschaffenen Diplomatenviertel in Brasilia erbaut hat.

Das stimmt. Die Bundesrepublik war einer der ersten Staaten, der seine Botschaft von Rio de Janeiro in die neu geschaffene Hauptstadt im Zentrum Brasiliens verlegte. Der Architekt Hans Scharoun musste sich also in kein etabliertes Ensemble diplomatischer Vertretungen einordnen und hatte weitreichende Gestaltungsfreiheiten. Er ließ das Bauwerk plastisch aus der Landschaft herauswachsen und führte erstmals Kanzlei und Residenz zu einem gestalterisch einheitlichen Bauwerk zusammen. Scharouns Entwurf hat den bundesdeutschen Repräsentationsbau im Ausland entscheidend geprägt.

Hat auch der Ost-West-Konflikt die Bauvorhaben beeinflusst?

Im Kalten Krieg wurde der Wettstreit der Systeme auch auf dem Gebiet der Architektur ausgetragen. Die sogenannte Hallstein-Doktrin von 1955 hat dabei alles dominiert. Sie wurde von der Bundesrepublik erlassen, nachdem diese als zweiter deutscher Staat eine Botschaft in Moskau errichtet hatte. Sie drohte anderen Ländern mit dem Abbruch der diplomatischen Beziehungen, sobald ein Staat entsprechende Verhandlungen mit der DDR aufnahm. So konnte diese nur in sozialistische beziehungsweise kommunistische Staaten Botschafterinnen und Botschafter entsenden und sich dort auf internationalem Parkett bewegen. Für neutrale Nationen wie die ehemaligen Kolonialstaaten war die Bundesrepublik häufig der attraktivere Partner.

Welche Veränderungen brachte der Grundlagenvertrag 1972?

Mit Unterzeichnung des Grundlagenvertrags erkannte die Bundesrepublik die DDR staatsrechtlich an. Die internationale Isolation der DDR war damit beendet. In den folgenden zwei Jahren nahm die DDR diplomatische Beziehungen zu 73 Staaten auf. Dennoch konnte die DDR auch nach 1972 nur ein gutes Dutzend Neubauten für diplomatische Vertretungen projektieren oder bauen. Ihr Handlungsspielraum blieb weiter begrenzt.

Wie ging es nach 1989 weiter?

Das ist ein sehr sensibles Thema. Die DDR hatte ihre Diplomatinen und Diplomaten schon vor der Wiedervereinigung abgezogen und ihre Botschaftsgebäude aufgegeben. Das hatte vor allem finanzielle Gründe. Bis auf ganz wenige Ausnahmen, zum Beispiel die Botschaften in Sofia, Pjöngjang oder Phnom Penh, wickelte das wiedervereinigte Deutschland die ostdeutschen Bauten und Bauprojekte ab. Das Botschaftsgebäude in Helsinki wurde an die Ukraine verkauft und ein neues Bauwerk errichtet. Die Botschaft in Budapest wurde zu einem Verwaltungsgebäude umgebaut und die in Kairo an das Goethe-Institut abgetreten.

Das Interview führte Jutta Witte. Sie ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Information

In her dissertation, Christiane Fülcher reconstructs the origins of the German diplomatic missions abroad and classifies them according to their historical, political and institutional context for the first time. The resulting publication maps these building projects from the time of the German Empire and National Socialism through to the post reunification period. The main focus is placed on the period between 1949 and the signing of the Basic Treaty in 1972.

Book:

Christiane Fülcher: Deutsche Botschaften. Zwischen Anpassung und Abgrenzung (German Embassies. Between Adaptation and Differentiation). Jovis-Verlag, 536 pages, ISBN 978-3-86859-652-6 (brochure), <https://doi.org/10.1515/9783868599640> (e-book)



Abbildung: Katrin Binner

Dr.-Ing. Christiane Fülcher lehrt und forscht zur Theorie und Geschichte der Architektur der Moderne am Fachbereich Architektur der TU Darmstadt.

Mit Kletterausrüstung ins Gebirge der Mathematik

Der Darmstädter Mathematiker Anton Freund gründet eine Nachwuchsgruppe von Forschenden. Er erhofft sich davon neue kreative Impulse für sein Fachgebiet Logik.

— Von Christian J. Meier

Träfe ein Klischee über Mathematikerinnen und Mathematiker zu, hätte Dr. Anton Freund die kontaktarme Coronazeit kaum in seiner Berufsausübung behindern dürfen. Denn brüten Mathematikerinnen und Mathematiker nicht meist alleine über kniffligen Problemen? Doch auch sie brauchen den intensiven Austausch mit Fachkolleginnen und -kollegen. „Das ist unglaublich wichtig“, betont Freund, Wissenschaftler an der Arbeitsgruppe Logik der Technischen Universität Darmstadt. Denn Mathematik sei ein kreativer Prozess, der nur gemeinsam gelinge.

Die Diskussion mit Kolleginnen und Kollegen habe ihm in den letzten Monaten sehr gefehlt, sagt Freund. Umso mehr freut er sich über seine erfolgreiche Bewerbung beim Emmy Noether-Programm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Erlaubt sie doch dem 31-Jährigen, eine Nachwuchsgruppe von Forschenden zu leiten. „Der Austausch in der Gruppe, die ich leiten darf, wird einfach super“, zeigt sich Freund begeistert. Auch wenn ein Gespräch oft nicht direkt eine Lösung bringe. „Aber es kommt ganz oft vor, dass man nach einer Diskussion neue Ideen hat.“ Freund freut sich auch auf den Austausch mit Studierenden in den Vorlesungen, die er ab Oktober 2021 halten wird.

Sein Fachgebiet, die Logik, war schon für Aristoteles ein grundlegendes Denkwerkzeug. Der antike griechische Philosoph fragte sich, wie sich neue Erkenntnisse durch logisches Schlussfolgern herleiten lassen. Von ihm stammt etwa das Schließen per Syllogismus. Von zwei Prämissen, zum Beispiel „Menschen sind sterblich“ und „Sokrates ist ein Mensch“ lässt sich eine dritte Aussage ableiten, im Beispiel „Sokrates ist sterblich“. Aus diesen Anfängen hat sich über die Jahrhunderte ein hoch komplexes logisches Gebäude entwickelt: die mathematische Logik.

„So erhalten wir neue Methoden, um unsere zentralen Fragen zu beantworten.“

Diese beschäftigt sich mit dem mathematischen Beweisen. Fachleute der Mathematik leiten ausgehend von wenigen Grundannahmen, so genannten Axiomen, viele neue Aussagen her. Ein solches Axiom lautet zum Beispiel: „Jede natürliche Zahl hat einen Nachfolger“. „Dieses Vorgehen hat sich als sehr mächtiges Instrument erwiesen“, erklärt Freund. Mathematikerinnen und Mathematiker dringen, wie Entdecker eines neuen Kontinents, immer weiter vor, indem sie Sätze aus Axiomen konstruieren, diese neu kombinieren, um weitere Sätze zu bauen. In der mathematischen Logik werden diese Entdeckungen auf grundlegender Ebene analysiert. Die Logik erstellt also eine Landkarte für den Kontinent der Mathematik.

Anton Freund will die mathematische Landschaft weiter auskundschaften. Wenn er die Leitfragen seiner Forschung beschreibt, gestikuliert er und in seinem Gesicht spiegelt sich die Vorfreude auf neue, aufregende Einsichten. „Welche mathematischen Axiome brauche ich, um welche mathematischen Ergebnisse zu erzielen?“, fragt er zum Beispiel. Oder: „Kann ich unterscheiden zwischen mathematischen Ergebnissen, die man mit wenigen Axiomen zeigen kann und anderen, die mehr Axiome brauchen?“

Zwar kundschaften Expertinnen und Experten aus der Mathematik die Landschaft ihres Faches schon seit vielen Jahrzehnten aus. Doch diese ist sehr vielfältig, mit Flüssen, Gebirgen und Wäldern. So geradewegs, wie man sich es als Laie vielleicht vorstellt, lässt sie sich nicht erschließen. Das prinzipielle Problem zeigte der österreichisch-amerikanische Mathematiker Kurt Gödel vor 90 Jahren. Die Mathematik als Ganzes lasse sich nie aus einem einzigen Satz von Axiomen herleiten, sagt sein „Unvollständigkeitssatz“.

Daher gibt es mehrere Systeme von Axiomen, von denen ausgehend sich verschiedene mathematische Gebiete erschließen lassen. Im Bild gesprochen: Manche Gipfel erreicht man mit Wanderschuhen, während es für andere eine Kletterausrüstung braucht. Mathematische Logiker wie Freund erforschen also, was man mindestens braucht, um an ein bestimmtes Ziel zu kommen. Sie machen Gödels allgemeine Erkenntnis konkret. Dass das allein mit Hilfe der Logik überhaupt gelingt, fasiniert Freund an seinem Fach am meisten.

Freund untersucht beispielsweise einen Satz, der nur dank eines komplexen Systems aus Axiomen zu beweisen ist. Damit passt er allerdings sozusagen nicht in seine landschaftliche Umgebung, in der Dinge leichter beweisbar sind. „Wir wissen noch nicht genau, wie dieser Graphenminorensatz zu klassifizieren ist“, erklärt Freund. Er lässt sich auf jeden Fall nur aus außergewöhnlich starken Axiomen herleiten. Aber wie stark genau müssen diese sein? Und was genau kann man mit dem Graphenminorensatz beweisen?

Informationen

Fachbereich Mathematik

Arbeitsgruppe Logik

Anton Freund PhD

E-Mail: freund@mathematik.tu-darmstadt.de

https://www.mathematik.tu-darmstadt.de/logik/arbeitsgruppe_logik



Anton Freund und seine Kolleginnen und Kollegen erstellen in der Arbeitsgruppe Logik eine Landkarte für den Kontinent der Mathematik.

„Was wir tun, ist sehr abstrakt“, räumt Freund ein. „Es hat aber auch Bezüge zur Anwendung.“ Der Graphenminorensatz hilft zum Beispiel Informatikern und Informatikerinnen bei der Entscheidung, ob bestimmte komplexe Algorithmen in einer annehmbaren Zeit zu einem Ergebnis kommen oder nicht. Die Erkenntnisse der Darmstädter Forschenden könnten solche Methoden verbessern.

Damit steht Freund in einer langen Tradition der Logik an der Technischen Universität Darmstadt, denn diese habe eine stark angewandte Ausrichtung, erklärt Ulrich Kohlenbach, der seit 2004 Professor in der Darmstädter Logikgruppe und dessen Mitarbeiter Anton Freund ist. „In der Beweistheorie ist Darmstadt einer der weltweit sichtbarsten Standorte“, sagt der Mathematiker. „Wir sind bekannt dafür, die mathematische Logik auf Beweise in der Mathematik und auch auf die Informatik anzuwenden.“ Die Wurzeln reichen Jahrzehnte zurück. Pioniere der künstlichen Intelligenz, etwa der Informatiker Wolfgang Bibel und der Mathematiker Rudolf Wille haben in Darmstadt gewirkt. Insbesondere auf Wille, der ab 1970 Professor in Darmstadt war und Klaus Keimel (ab 1971 in Darmstadt), gehe die hiesige Arbeitsgruppe Logik zurück, erklärt Kohlenbach.

Verbindungen zur Informatik gebe es auch in der Lehre, sagt Kohlenbach. „Logiknahe Vorlesungen für Informatik werden in Darmstadt traditionell von Mathematikern gehalten.“ Oft seien ein Drittel der Teilnehmenden in den Logikvorlesungen Informatik-Studierende. Vielleicht auch in der Vorlesung, die Anton Freund ab Herbst halten wird.

Darüber hinaus wird er sich mit zwei Promovierenden seinen Forschungsfragen widmen. „Ein kleines Team zu leiten ist eine Möglichkeit, die man sonst auf meiner Karrierestufe noch nicht hat“, freut sich Freund. Vom gemeinsamen Forschen erhofft er sich wesentliche Fortschritte. „Wir wollen zwei Forschungsgebiete miteinander verbinden“, erklärt der Mathematiker. „So erhalten wir neue Methoden, um unsere zentralen Fragen zu beantworten“, sagt er. Unter anderem wird es dabei auch um den oben genannten Graphenminorensatz gehen. Er freut sich auf die Gruppenerfahrung: „Die Promovierenden werden zwar von mir lernen, aber auch ihre eigenen Ideen einbringen“, sagt Freund. „Der gemeinsame kreative Prozess wird sehr spannend.“ Vielleicht entdecken die jungen Forschenden ja eine ganz neue Landschaft auf dem Kontinent der Mathematik.

Der Autor ist Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker.

Publikation:

Anton Freund, Π^1_1 -comprehension as a well-ordering principle, *Advances in Mathematics* 355, 2019, article no. 106767, 65 pp., <https://doi.org/10.1016/j.aim.2019.106767>.

Emmy Noether-Programm der DFG:

https://www.dfg.de/foerderung/programme/einzelfoerderung/emmy_noether/

Schaltbare Antikörper für die Krebstherapie



Abbildung: Olga Avrutina

Doktorand Adrian Elter forscht in der Arbeitsgruppe um Professor Harald Kolmar an therapeutischen Antikörpern.

Auf therapeutischen Antikörpern ruht eine große Hoffnung der Krebstherapie. Forschende der TU Darmstadt und der Firma Merck haben einen Weg gefunden, Antikörper erst am Tumor selbst zu aktivieren. So werden unerwünschte Nebenwirkungen in gesundem Gewebe vermieden. Die Ergebnisse der Forschung wurden in der Fachzeitschrift „Frontiers in Immunology“ veröffentlicht.

— Von AG Angewandte Biochemie/sip

Antikörper sind seit Jahrzehnten insbesondere für die Behandlung zahlreicher schwerer Erkrankungen im Einsatz. Erst im Mai 2021 wurde das hundertste Antikörper-Medikament von der US-amerikanischen Food and Drug Administration zur klinischen Anwendung zugelassen.

Maßgeschneiderte Antikörper sind derzeit große Hoffnungsträger in der Tumorthherapie. Sie erkennen spezifisch Tumorzellen und rekrutieren damit Abwehrzellen des Immunsystems, welche Tumorzellen aufspüren und vernichten können. Dazu tragen diese Immunzellen sogenannte Fc-gamma-Rezeptoren auf ihrer Oberfläche, mit denen sie an die Tumorzellen gebundene therapeutische Antikörper erkennen können.

Informationen

Arbeitsgruppe Kolmar
Prof. Dr. Harald Kolmar

E-Mail: Kolmar@Biochemie-TUD.de
www.chemie.tu-darmstadt.de/kolmar

„Allerdings kann diese Rezeptor-vermittelte Interaktion auch zu ungewollten Nebenwirkungen des Antikörperwirkstoffs führen und auch im gesunden Gewebe eine Immunreaktion auslösen“, so Professor Harald Kolmar von der Arbeitsgruppe Angewandte Biochemie am Fachbereich Chemie der Technischen Universität Darmstadt. „Das Ziel unserer Arbeit war es, einen Weg zu finden, die Immunstimulation des Antikörpers vorübergehend zu blockieren und diese erst unmittelbar am Tumor zu aktivieren. Diese neuartige Technologie basiert auf der gezielten Blockade des Antikörpers mit einem Protein, das wie ein Deckel auf dem Antikörper sitzt und dadurch dessen Wechselwirkung mit Immunzellen verhindert. Durch Enzyme, die von den Tumorzellen selbst hergestellt werden, kann der Proteindeckel dann abgespalten und der Antikörper dadurch reaktiviert werden.“

Insbesondere sollte das Prinzip generell einsetzbar und auf die meisten therapeutischen Antikörper für die Krebstherapie in gleicher Weise anwendbar sein. Um zu zeigen, dass dies möglich ist, wendete der Doktorand Adrian Elter das Konzept auf zwei verschiedene therapeutische Antikörper an, von denen der eine für die Behandlung von Brustkrebs und der andere für die Therapie von Leukämien zugelassen ist. „Wir konnten mit Immunzellen von Blutspendern zeigen, dass in beiden Fällen der Antikörper erst nach Spaltung durch die Tumor-assoziierten Enzyme aktiviert wird und somit eine kontrollierbare Medikation mit potentiell reduzierten Nebenwirkungen möglich wird“, resümiert Elter die Ergebnisse seiner Doktorarbeit.

Die Ergebnisse der strategischen Zusammenarbeit der Technischen Universität Darmstadt und der Firma Merck wurden im Fachjournal „Frontiers in Immunology“ veröffentlicht. Die Idee zum Projekt geht zurück auf den „Merck Innovation Cup“, bei dem Studierende aus der ganzen Welt zu einem Summer Camp bei Merck eingeladen werden und unter Anleitung von erfahrenen Merck-Forscherinnen und -Forschern eigene Ideen zu einem kompletten innovativen Projektplan ausarbeiten.

„Wir freuen uns sehr über die Erfolge der beim Merck Innovation Cup ausgearbeiteten Ideen, die wir schon mehrfach sehr erfolgreich in Zusammenarbeit mit Professor Kolmar von der TU Darmstadt validieren konnten“, so Ulrich Betz, Vice President Innovation bei Merck.

AG Angewandte Biochemie/Silke Paradowski

Information

Protease-Activation of Fc-Masked Therapeutic Antibodies to Alleviate Off-Tumor Cytotoxicity. Front. Immunol., 03 August 2021
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.715719>

www.merckgroup.com/en/research/open-innovation/innovation-cup.html