

hoch³FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Winter 2019



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)

Patrick Bal (Bildredaktion)

Gestalterische Konzeption

conclouso GmbH & Co. KG, Mainz

Titelbild Laseranlage für die

präzise Kontrolle von atomaren
Quantensystemen; Bild: Katrin

Binner

Druck Druckerei Petzold,

Darmstadt

gedruckt auf 100 g/m²

PlanoScript, FSC-zertifiziert

Auflage 5.000

Nächste Ausgabe 15. März 2020

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 Politikwissenschaft: Effektiver Klimaschutz — 2 Quantenoptik: Mit einzelnen Atomen zur Quantentechnologie — 3 Ökonomie: Die Hebel der Europäischen Zentralbank — 4 Informatik: Algorithmen für Maschinelles Lernen

Geordnete Atome für Quantencomputer

Skalierbare Quantensysteme aus bis zu 111 individuell adressierbaren Atomen können mit Laserlicht defektfrei aufgebaut und zuverlässig kontrolliert werden.

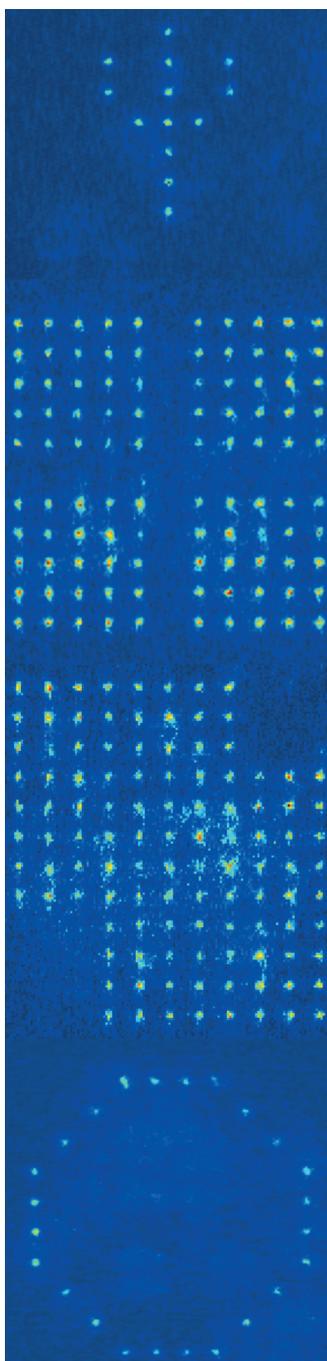


Abbildung: Gerhard Birkel

Ein Physik-Forschungsteam entwickelt eine Apparatur, die Atome in gewünschten Mustern anordnet. Auch ein Quantencomputer könnte so funktionieren.

— Von Christian Meier

In einem Keller im Fachbereich Physik der Technischen Universität Darmstadt öffnet Professor Gerhard Birkel eine Metalltür. In einem halbdunklen Raum steht auf einem wuchtigen Labortisch eine Ansammlung aus Linsen, Spiegeln, Lasern – und eine Vakuumkammer. Der Aufbau erscheint komplex. Gemessen an seiner erstaunlichen Funktion ist er konzeptionell jedoch geradezu simpel. Allein mit Licht verschiebt das Darmstädter Forschungsteam einzelne Atome und ordnet sie zu regelmäßigen Gittern, Würfelgittern oder Buchstaben. „Wir können die Atome in beliebigen zweidimensionalen Mustern arrangieren, fehlerfrei und mit mehr Atomen als alle vergleichbaren Experimente weltweit“, sagt Birkel, dessen Team diese neue Technik kürzlich in einem renommierten Fachjournal vorgestellt hat.

Als Beispiel zeigt der Physiker Fotos, auf denen blaue Fleckchen quadratische Muster von Atomen bilden. Die Forscher liefern einen Beitrag zum Feld der Quantentechnologie, das die Effekte der Quantenphysik für neue Apparate nutzen will. Dazu gehören präzisere Sensoren oder superschnelle Quantencomputer, die bei manchen Aufgaben selbst Supercomputer schlagen sollen.

Als erste Anwendung aber plant Birkels Team einen so genannten Quantensimulator. Dafür will die Gruppe aus einzelnen Atomen ganze Moleküle oder Kristalle nachformen. Mit Hilfe solcher Modelle könnten Forschende schon in wenigen Jahren chemische Reaktionen oder smarte Materialien wie Supraleiter besser verstehen. Herkömmliche Rechner stoßen bei solchen Simulationen schnell an ihre Grenzen.

Informationen

Atome – Photonen – Quanten

Prof. Dr. Gerhard Birkel

Telefon: 06151/16-20410

E-Mail: gerhard.birkel@physik.tu-darmstadt.de

www.iap.tu-darmstadt.de/apq/

Der Rechenaufwand explodiert mit wachsender Anzahl der Atome, aus denen die Modelle bestehen. Selbst Supercomputer schaffen höchstens Verbindungen mit rund 50 Teilchen. Baut man hingegen die zu untersuchenden Materialien aus echten Atomen nach, wächst der Aufwand deutlich langsamer. Allerdings fällt es normalerweise schwer, beliebig viele Partikel anzuordnen. Die „Skalierbarkeit“, wie Physiker sagen, ist begrenzt. Die neue Darmstädter Technik hingegen erlaubt den Bau von größeren Modellen ohne viel Mehraufwand, sagt Birkel.

„Wir können die Atome in beliebigen zweidimensionalen Mustern fehlerfrei arrangieren.“

Der Forscher zeigt eine Glasscheibe mit einer grauen Fläche, die so klein ist wie ein Fingernagel, in der Mitte. „Das ist ein Feld

aus Mikrolinsen“, erklärt Birkel. Das Grau kommt von mikroskopisch kleinen Linsen, die in Abständen von einem zehntel Millimeter angeordnet sind. Mit einem Laser bestrahlt, erzeugt jede Linse einen winzigen Brennpunkt, zusammengenommen bilden sie ein regelmäßiges Raster. „Diese Flecken besonders hoher Lichtintensität halten Atome gefangen“, sagt Birkel. Seine Gruppe projiziert die Brennpunkte mit verkleinerten Abständen von einem tausendstel Millimeter in eine Wolke aus Rubidium-Atomen in der Vakuumkammer auf dem Labortisch. Mehrere Atome sammeln sich in jedem Fokus an. Ziel ist genau ein Atom pro Brennpunkt. Beengt in ihrer Falle stoßen die Teilchen aneinander. Je zwei „kicken“ sich gegenseitig heraus, sodass am Ende entweder kein Atom im Fokuspunkt verbleibt oder genau eines.

Das resultierende Muster ist wild zusammengewürfelt. „Um es in eine Ordnung zu bringen, können wir einzelne Atome gezielt von einem besetzten zu einem unbesetzten Platz bewegen“, sagt Birkel. So schreiben die Physiker gewünschte Muster in das Raster. Zunächst machen sie die Atome sichtbar. Ein Laser bestrahlt die Teilchen, die darauf mit Leuchten antworten. Eine Kamera zeichnet das Muster aus Lichtpunkten auf. Nun ist bekannt, an welchen Plätzen des Gitters Atome sitzen und an welchen

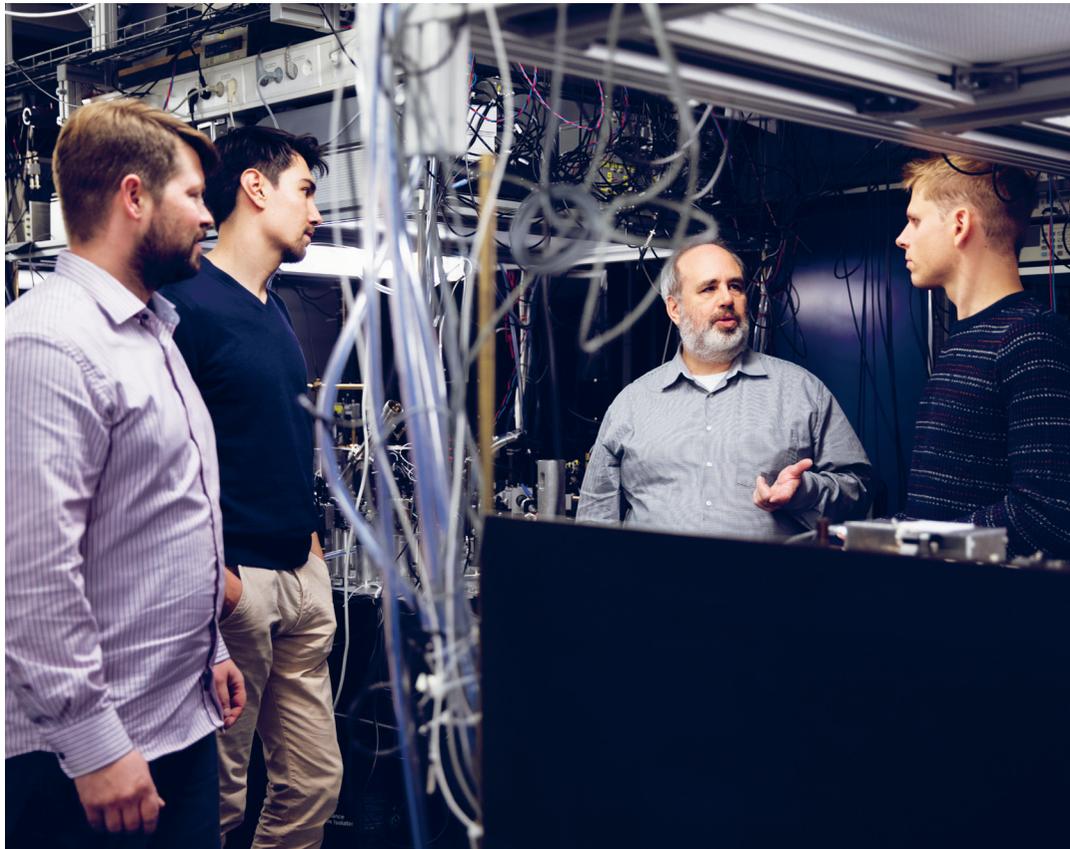


Abbildung: Katrin Binner

Die nächsten Schritte zum Quantensimulator: Malte Schlosser, Daniel Ohl de Mello, Gerhard Birkel und Dominik Schäffner (von links) besprechen die weiteren Experimente

nicht. Um die Teilchen in die gewünschte Ordnung zu bringen, ein Quadrat zum Beispiel, nutzen die Forscher eine so genannte optische Pinzette. Das ist ein Laserstrahl, dessen Fokus sich von einem Rasterpunkt zu einem beliebigen anderen verschieben lässt. Durch Erhöhen der Lichtintensität der Pinzette lässt sich ein Atom greifen, durch Verringern wieder absetzen. So bringt dieses Werkzeug ein Atom von einem Platz zum anderen. Ein Algorithmus berechnet die optimale Folge von solchen Zügen, um das Muster schnellstmöglich zu erreichen.

Bislang gelang es dem Darmstädter Team, 111 Atome fehlerfrei anzuordnen. „Das ist derzeit Weltrekord“, sagt Birkel. Die Skalierung auf wesentlich mehr Teilchen sei lediglich eine technische Frage, fügt er hinzu. „Wir haben bereits Mikrolinsen-Felder mit mehr als 10.000 Einzellinsen, eine Million Linsen lassen sich leicht herstellen.“ Um so viele Atome zu halten, benötige man zudem leistungsstärkere Laser, die es aber gebe. Zunächst aber planen die Forscher erste Simulationen realer Materialien. „Wir interessieren uns besonders für Graphen“, sagt Birkel. Das ist ein sehr stabiles Netz, das sich aus Sechsecken von Kohlenstoff-Atomen zusammensetzt, Bienenwaben ähnlich. Das oft so genannte „Wundermaterial“ soll hochfeste Werkstoffe ermöglichen oder wegen einzigartiger elektronischen Eigenschaften besonders präzise Sensoren oder schnelle Rechenchips.

Um die Eigenschaften eines simulierten Materials zu erkunden, kann Birkels Team die Wechselwirkungen

zwischen den Atomen justieren. Dazu regen sie die Teilchen so mit Energie an, dass sie sich vergrößern und gegenseitig stärker beeinflussen. Graphen bietet sich als Testmodell auch deshalb an, weil es aus nur einer Schicht von Atomen besteht, mithin wie das Atommuster in Birkels Apparatur ein 2-dimensionales Muster darstellt. Die meisten Moleküle haben aber eine dreidimensionale Struktur, Kristalle sowieso. „Mehrere Fokusebenen lassen sich jedoch in mehreren Ebenen hintereinander anordnen“, sagt Birkel. Dazu forscht sein Team bereits. In ein 3D-Raster können dann auch 3D-Muster geschrieben werden.

Auch für künftige Quantencomputer könnte die Darmstädter Methode nützlich sein. Diese sollen einmal Rechenaufgaben lösen, deren Komplexität die Kapazitäten von herkömmlichen Supercomputern bei weitem sprengen. Dazu zählt etwa das Aufspüren von versteckten Mustern in riesigen Datenmengen. Dafür werden solche Rechner tausende, wenn nicht Millionen von „Quantenbits“ benötigen. Atome können diese Art von Speichereinheit, welche die beiden Werte 0 und 1 gleichzeitig speichern, verwirklichen. „Wir können auch grundlegende Operationen zwischen Quantenbits in unserer Apparatur ausführen“, erklärt Birkel. In dem Darmstädter Kellerlabor könnte also in naher Zukunft einer der fortschrittlichsten Computer stehen.

Der Autor ist Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker.

Publikationen:

„Defect-Free Assembly of 2D Clusters of More Than 100 Single-Atom Quantum Systems“, *Physical Review Letters* 122, 203601 (2019).

Allgemeinverständliche Darstellung: „Skalierbare Quantentechnologie mit mehr als 100 Atomen“, *Physik in unserer Zeit*, 50, 215 (2019)

Geldregen per Hubschrauber



Ökonomie-Professor Michael Neugart

Informationen

Fachgebiet Finanzwissenschaft und Wirtschaftspolitik

Prof. Dr. Michael Neugart

Telefon: 06151/16-57266

E-Mail:

neugart@vwl.tu-darmstadt.de

<https://bit.ly/37giRyC>

— Von Jutta Witte

„Stellen Sie sich vor, dass eines Tages ein Hubschrauber über Ihre Gemeinde fliegt und eine Extrazahlung in Form von Tausenddollarscheinen vom Himmel wirft, die die Bürger eilig aufsammeln. Stellen Sie sich weiter vor, dass jeder davon überzeugt ist, dass es sich hier um einen Einzelfall handelt, der sich nie wiederholen wird.“ Dieses Gedankenexperiment, das der US-amerikanische Ökonom Milton Friedman 1969 entwickelte, scheint in diesen Tagen eine

Seit Jahren versucht die Europäische Zentralbank (EZB), die Konjunktur anzukurbeln. Fachleute denken dabei auch über ein „Helikoptergeld“ nach. Was die Menschen damit tun würden, haben Ökonomen der TU Darmstadt untersucht.

Renaissance zu erfahren. Denn dahinter steht die Prämisse, dass Inflation und Deflation eng zusammenhängen mit der Geldmenge, die die Menschen auf dem Konto haben, aber auch die Frage, ob eine einmalige Finanzspritze positive Effekte auf die Konjunktur hat.

Klarist: Damit die europäische Wirtschaft angesichts eines Nominalzinssatzes von null und sehr niedriger Inflation nicht irgendwann in eine Deflationsspirale gerät, sind neue Strategien gefragt. „Im Moment wird der geldpolitische Handlungsspielraum der EZB für Investitionsanreize immer kleiner“, beobachtet Professor Michael Neugart, Leiter des Fachgebiets Finanzwissenschaft und Wirtschaftspolitik an der TU Darmstadt. Der Experte, der in seiner jüngsten Studie zusammen mit Dr. Uros Djuric die Effekte eines Helikoptergeldes analysiert hat, hält die Instrumente der Zentralbanker in Frankfurt für ausgeschöpft. Bis zur Wirtschaftskrise 2007 galt das Senken des Nominalzinses als Standardtool der Konjunkturbelebung. Denn: je niedriger der Zinssatz, desto größer die Bereitschaft der Geschäftsbanken, sich Geld von der EZB zu leihen und die günstigen Konditionen direkt an die Kundinnen und Kunden weiter zu geben. In der Folge investieren Unternehmen, das Sparen wird angesichts niedriger Zinsen unattraktiv und die Menschen stecken ihr Geld in Konsumgüter.

Dieser Leitzins kann jedoch nicht unter null sinken. Derzeit liegt er bei null, das heißt, auf diesem Weg kann die EZB kein Geld mehr in die Volkswirtschaft pumpen. Stattdessen ist sie dazu übergegangen, am Anleihemarkt Staatsschuldverschreibungen aufzukaufen; eine Strategie, die jedoch umstritten ist, weil es sich hierbei um eine versteckte Staatsfinanzierung handeln könnte. Das Bundesverfassungsgericht hat deswegen bereits Grenzen umrissen: Die EZB darf nur weniger als ein Drittel der Staatsanleihen halten, die das betreffende Land insgesamt ausgibt. Auch hier ist also das Limit in Sicht.

„Kein Wunder, dass wieder mehr oder weniger laut über unkonventionelle Instrumente wie das Helikoptergeld nachgedacht wird“, erklärt Neugart. Die spannende Frage, die sich nicht nur die Darmstädter Wirtschaftswissenschaftler stellen, ist jedoch: Würde es über seine metaphorische Bedeutung hinaus tatsächlich taugen, um in der Eurozone die stagnierende Konjunktur in Schwung zu bringen? Und hätte es einen positiven Effekt auf das Kaufverhalten der Menschen und damit auf die Preise und Inflation?

Derzeit diskutieren die Expertinnen und Experten zwei Wege, um das Helikoptergeld unter die Leute zu bringen. In der ersten Variante bekommen die Regierungen der EU-Mitgliedstaaten Geld von der EZB und geben es an ihre Bürger und Bürgerinnen weiter, zum Beispiel über eine Steuerrückzahlung. Da dies jedoch als Staatsfinanzierung nicht vom Mandat der EZB gedeckt ist, scheint Variante zwei die bessere: Die EZB schickt das Geld direkt via Scheck oder Überweisung an die Haushalte.

Neugart und Djuric haben im Rahmen ihrer verhaltensökonomischen Studie beide Kanäle berücksichtigt. Sie wollten wissen, was die Menschen mit einer solchen Finanzspritze machen würden, welche Erwartungen sie an das Helikoptergeld knüpfen und wie sie es als geldpolitisches Instrument beurteilen. Dabei verglichen die Experten vier Szenarien. Im ersten sollten die Teilnehmenden sich vorstellen, dass sie und alle anderen Bürgerinnen und Bürger der Eurozone eine Einmalzahlung in Höhe von 1.200 Euro vom Finanzministerium bekommen, finanziert aus Geldern der EZB. Im zweiten, dass sie diese Summe in Form eines Schecks direkt von der EZB erhalten und im dritten, dass die 1.200 Euro in zwölf Monatsraten ausbezahlt werden. Szenario vier – ein Lottogewinn von 1.200 Euro – diente als Kontrollgruppe.

Alle Szenarien erbrachten ein zentrales Ergebnis: Die Befragten würden angesichts eines Geldsegs wie dem Helikoptergeld rund 40 Prozent der Summe ausgeben, weitere rund 40 Prozent in den Sparstrumpf stecken und mit den restlichen rund zwanzig Prozent ihre Schulden zurückzahlen. Interessant aus Sicht der Forscher ist, dass hier ein Phänomen, das in den Wirtschaftswissenschaften unter der Bezeichnung „Ricardianische Äquivalenz“ bekannt ist, offenbar nicht zum Tragen kommt. Es besagt, dass Menschen sich zurückhaltend bei

Geldgeschenken des Staates zeigen, wenn dieser das Geld selbst nur geliehen hat. Die Befürchtung, man müsse es unter diesen Bedingungen irgendwann zurückzahlen, führt dazu, dass eine solche Zahlung keine Auswirkungen auf den Konsum hat. „Dies konnten wir im Rahmen unserer Studie nicht beobachten“, erklärt Neugart.

„Ich bin skeptisch, ob man ein Instrument, das die Menschen eher verunsichert und das möglicherweise keinen Effekt auf die Inflationsrate hat, einsetzen sollte.“

Instrument die Preise steigen noch geht er davon aus, dass es einen Effekt auf die gesamtwirtschaftliche Situation hat. Die starke Streuung der Antworten weist für Neugart vielmehr darauf hin, dass viele Teilnehmende unsicher sind, weil sie nicht einschätzen können, womit sie es mit dem Helikoptergeld wirklich zu tun haben.

„In der Gesamtschau bin ich sehr skeptisch, ob man ein Instrument, das die Menschen eher verunsichert, dessen mediale Wirkung nicht vorhersehbar ist und das möglicherweise gar keinen Effekt auf die Inflationsrate hat, einsetzen sollte“, betont der Experte. Er empfiehlt eine andere Strategie für die Lösung der Probleme in der Eurozone und setzt statt auf eine „ultralockere“ Geldpolitik auf fiskalpolitische Maßnahmen, die Investitionen in Zukunftsfelder wie den Straßenbau, die Mobilität, den Energiesektor oder die digitale Infrastruktur fördern: „Das sind gute Möglichkeiten zu investieren und ich würde vermuten, dass diese Projekte eine Rendite größer als Null haben.“

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Datenbasis und Rahmenbedingungen

Die Daten für die Studie „Helicopter money: survey evidence on expectation formation and consumption behaviour“ von Uros Djuric und Michael Neugart stammen aus dem repräsentativen Panel der Gesellschaft Sozialwissenschaftlicher Infrastruktureinrichtungen (GESIS) e.V. Im Rahmen dieses Mixed Mode Panels wurden rund 4.900 Teilnehmende im Alter von 18 bis 70 befragt. Die Studienfragen wurden im Frühjahr 2016 beantwortet. Zu diesem Zeitpunkt war in Deutschland das BIP im Vergleich zum Vorjahr um 1,5 Prozent gestiegen, die Arbeitslosenquote weiter auf 4,1 Prozent gesunken und die Inflationsrate lag bei 1,67 Prozent.

Publikation:
<https://doi.org/10.1093/oepl>

Eine KI, die weiß, was sie nicht weiß

*Julia Vinogradskas Algorithmen machen
Maschinelles Lernen selbstsicherer.*

— Von Boris Hänßler

Julia Vinogradska, Forscherin am Bosch Center for Artificial Intelligence, steht mit ihrem Doktorvater Jan Peters, Professor für Intelligent Autonomous Systems an der TU Darmstadt, vor einem an einem Gerüst hängenden Roboterarm. Der hält einen Tischtennisschläger fest in der Hand, als sei er bereit für ein Spiel. Jan Peters hat dem Roboter vor einiger Zeit mit sogenanntem Reinforcement Learning das Spielen beigebracht. Am Rechner des Professors funktionierte das Modell dieses maschinellen Lernverfahrens gut. Als Peters es auf den Roboterarm übertrug, spielte dieser zunächst wie erwartet, aber plötzlich holte er mit einem kräftigen Schwung aus, sodass der gesamte Arm quer durchs Labor flog.

Vinogradska schaut abwechselnd auf den Roboter und auf Peters. Sie kennt das Gefühl, dass Maschinen trotz Künstlicher Intelligenz (KI) nicht immer das lernen, was sie sollen. Eine Eigenschaft hat sie mit ihrem Doktorvater gemein: „Wenn etwas nicht funktioniert, werde ich stur“, sagt sie. „Ich muss es dann unbedingt hinbekommen.“ Peters, dessen Absolventen und Absolventinnen heute weltweit KI-Ansätze vorantreiben, traute der gebürtigen Ukrainerin einiges zu. Zu Recht: In ihrer vielbeachteten Dissertation bei ihm machte Vinogradska mit neuartigen Algorithmen die Lernverfahren nicht nur berechenbarer, sondern auch effizienter. Drei Patente brachten die beiden gemeinsam hervor.

Reinforcement Learning bedeutet so viel wie verstärkendes Lernen. Beim sogenannten Supervised Learning lernt ein System der Künstlichen Intelligenz mit menschlicher Hilfe – es lernt, weil Menschen ihm anhand vieler Beispiele zeigen, was falsch und richtig ist. Beim Reinforcement Learning lernt das System aus eigenen Fehlern – durch eine Mischung aus Bestrafung und Belohnung. Es ist dem menschlichen Üben nicht unähnlich. Wenn jemand zum Beispiel beim Bogenschießen versucht, ein Ziel zu treffen, ist er frustriert, wenn der Pfeil weit danebengeht. Das Gehirn bestraft den Schützen mit schlechten Gefühlen. Nähert er sich dem Ziel, fühlt sich das besser an, wie eine Bestärkung.

„Das Besondere an Julias Quadraturlösungen ist, dass sie dem System auch das Wissen über die eigene Unsicherheit bezüglich der physikalischen Welt geben.“

Roboter lernen auf diese Weise zum Beispiel, auf zwei Beinen zu gehen. Fällt der Roboter, bestraft ihn der Algorithmus mit Minuspunkten. Schafft ein Roboter eine Bewegung, ohne zu fallen, erhält er Pluspunkte. Das Streben nach Punkten treibt den Roboter nach und nach auf die optimale Lösung zu – vorausgesetzt, man lässt ihm Zeit. Die berühmte Künstliche Intelligenz AlphaGo lernte das Brettspiel Go mit diesem Ansatz so gut, dass der weltbeste menschliche Spieler unterlag.

Auch bei Industrieanwendungen kommt Reinforcement Learning zum Einsatz. Aber hier zeigt sich ein Problem dieser Lernmethode: Misslingt das Lernen und reagiert die Maschine ähnlich extrem wie beim Tischtennis, kann das für Menschen, die in der Nähe arbeiten, lebensgefährlich sein. Um dies zu verhindern, lernen solche Systeme nicht nur mit Daten aus Simulationen, sondern immer auch aus der Praxis. Dadurch ergibt sich ein weiterer Nachteil: Reinforcement Learning ist teuer.

Bei Bosch arbeitet man zum Beispiel an der Steuerung einer sogenannten Drosselklappe. Sie regelt beim Verbrennungsmotor die Zufuhr des Benzin-Luft-Gemischs. Eine Optimierung kann viel Energie sparen; geht etwas schief, kann der Motor beschädigt werden. Daher wird die Drosselklappe mit Sensorik ausgestattet. Die Sensor-Daten fließen in das Lernen ein, und die KI versteht es nach und nach, die Klappe effizient zu bedienen. Allerdings gibt es dabei Millionen von Datenpunkten – das sind die Interaktionen zwischen System und Sensorik. „Im Gegensatz zu einem Go-Spiel, das simuliert werden kann, findet das Lernen im Prüfstand statt, und damit ist der Lernprozess sehr kostspielig“, sagt Vinogradska.

Ihre Promotion sowie ihre Patente beschäftigen sich mit der Dateneffizienz und der Sicherheit solcher KI-Methoden. Ihre Algorithmen basieren auf der numerischen Quadratur, einer näherungsweise Berechnung von Integralen. Sie sorgt dafür, dass das System mit möglichst wenig Interaktionen lernt – und trotzdem so sicher wie möglich bleibt.

Die Sicherheit jedes Systems, das mit Reinforcement Learning arbeitet, zu beurteilen, ist schwierig. Es gibt keine Garantien, dass das, was das System gelernt hat, immer fehlerfrei funktioniert. „Solche komplexen Systeme haben unendlich viele Zustände, und wir können unmöglich alle durchtesten“, sagt Vinogradska. Es bleiben Unsicherheiten. Ingenieure berücksichtigen diese – aber immer nur von einem bestimmten Zustand ausgehend. Dies war Vinogradska zu wenig.

Informationen

Intelligente Autonome Systeme

Prof. Jan Peters, Ph.D.

Telefon: 06151/16-25374

E-Mail: jan.peters@tu-darmstadt.de

www.ias.informatik.tu-darmstadt.de/Team/JanPeters

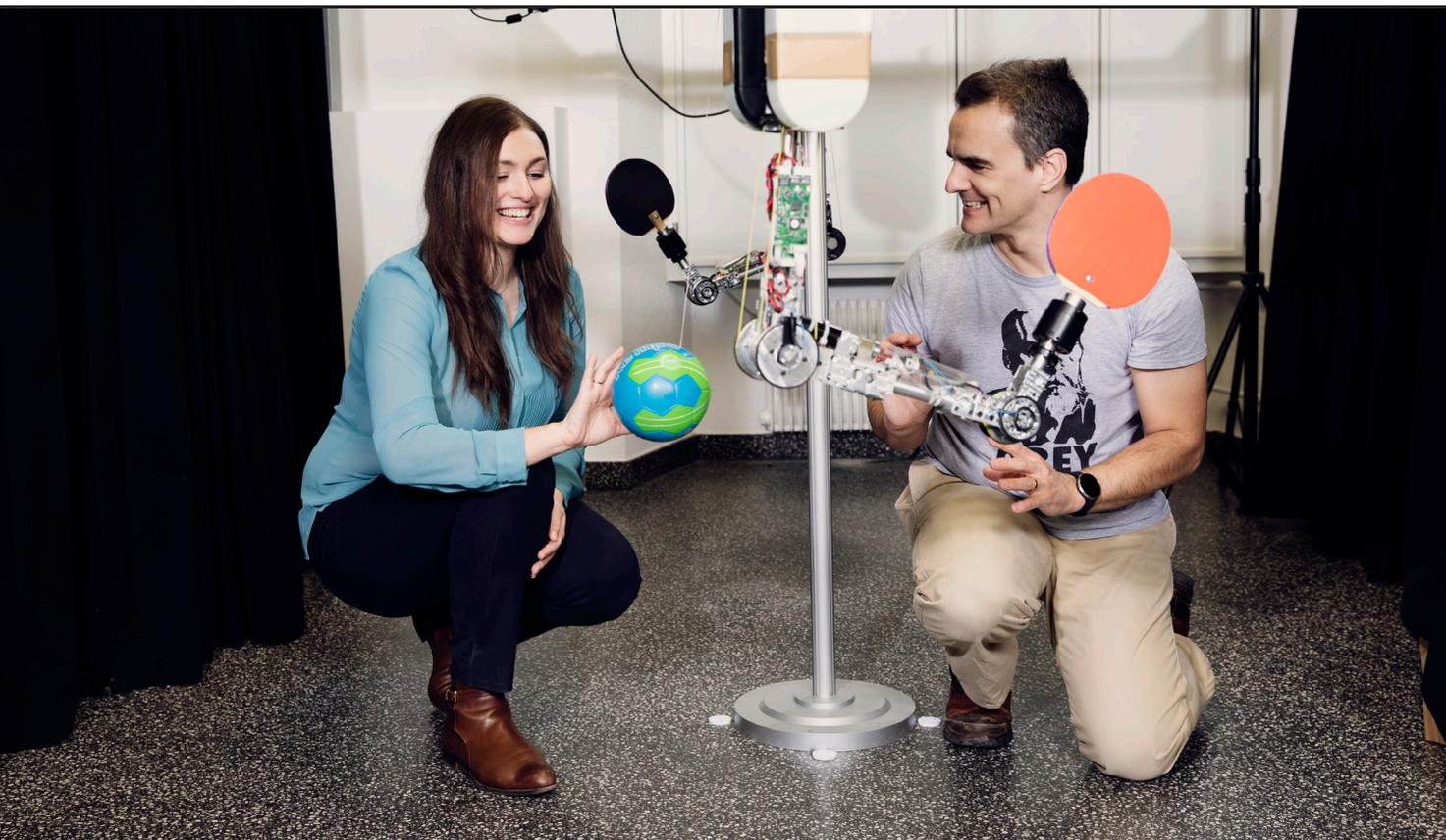


Abbildung: Katrin Binner

Spielten sich mit ihren Ideen oft die Bälle zu: Dr. Julia Vinogradska und Professor Jan Peters. Die daraus resultierenden maschinellen Lernalgorithmen sind richtungsweisend sowohl für spielerische Roboter wie für die industrielle Fertigung und neue Produkte.

„Das Besondere an Julias Quadratlösungen ist, dass sie dem System auch das Wissen über die eigene Unsicherheit bezüglich der physikalischen Welt geben“, sagt Peters. Mit diesem Wissen reagiert das System nicht mehr auf extreme Veränderungen der Inputdaten. „Alle Methoden des Maschinellen Lernens konnten bisher mit großen Sprüngen in den Input-Daten nicht gut umgehen“, sagt Julia

Vinogradska. Und Peters ergänzt: „Es ist sehr schwierig, dafür gute Algorithmen zu entwickeln, und Julias sind herausragend – es gibt derzeit kein Verfahren, das vergleichbar gut ist.“

Der Autor ist Technikjournalist.

Entschlossen in einer Männerdomäne

Julia Vinogradska hat die KI berechenbarer gemacht – und effizienter. Aus ihrer Promotion gingen drei Patente hervor und Publikationen in renommierten Zeitschriften wie zum Beispiel IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Außerdem erhielt sie die „Stiftung Werner-von-Siemens-Ring“ Jungwissenschaftler-Medaille. Heute forscht sie am Bosch Center for Artificial Intelligence in Renningen bei Stuttgart, einem der weltweit wenigen Zentren für Grundlagenforschung, die von einem Unternehmen betrieben werden. Es wurde Anfang 2017 gegründet und umfasst mittlerweile sieben internationale Standorte mit über 180 KI-Experten, die daran arbeiten, Künstliche Intelligenz sicherer, robuster und erklärbarer zu machen.

Julia Vinogradska ist in der Ukraine geboren. Sie kam mit ihren Eltern mit neun Jahren nach Deutschland und studierte später an der Universität Stuttgart Mathematik mit Nebenfach Informatik. Letztere Wahl fiel ihr nicht gerade leicht. Sie sagt: „Ich stand vor einem Hörsaal mit ausschließlich männlichen Studenten, das hat mich abgeschreckt – aber mein Vater war Softwareentwickler und hat mich ermutigt.“ Sie war tatsächlich auch die einzige Frau in allen Informatikveranstaltungen, die sie dann besuchte. „Aber ich habe mich im Studium wohl gefühlt“, sagt sie.

Während des Studiums befasste sie sich mit Algebra und theoretischer Informatik. Ihre Promotion sollte anwendungsorientierter sein. Sie bewarb sich auf eine Industriepromotion der Firma Bosch, die mit der TU Darmstadt seit Jahren kooperiert. Dort war sie Mitglied einer Forschungsgruppe, aus der später der Research Bereich des Bosch Center for Artificial Intelligence hervorging. Vinogradskas Forschung im Reinforcement Learning gehört mittlerweile zu einem von zehn differenzierten Forschungsfeldern des Bosch Center for Artificial Intelligence.

Heute möchte sie anderen jungen Frauen Mut machen, sich nicht von dem geringen Frauenanteil abschrecken zu lassen. „Meine Erfahrung war immer durchweg positiv. Ich hatte nie das Gefühl, irgendwie benachteiligt zu sein. Ich bin froh, auch nie bevorteilt zu werden. Das hätte mir nicht gefallen.“ Die Informatik sei ein vielseitiges Fach mit immens vielen Möglichkeiten – besonders an der TU Darmstadt. Julia Vinogradska kann beide nur wärmstens empfehlen.

Besseres Monitoring für den Klimaschutz

Der Erfolg des Pariser Klimaschutzabkommens hängt auch von einem wirksamen Monitoring klimapolitischer Maßnahmen ab. Wie es besser funktionieren kann, erklären Politologen der TU Darmstadt in einer neuen Studie.

Von Jutta Witte

Die am Pariser Klimaschutzabkommen beteiligten Staaten haben sich im Dezember 2015 nicht nur darauf verständigt, die globale Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, sondern auch Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgase einzuleiten und finanziell abzusichern. Um aber beurteilen zu können, welchen Beitrag zum Beispiel Subventionen für Erneuerbare Energien oder Regulierungen zur Energieeffizienz von Gebäuden zur Reduktion von klimaschädlichen Emissionen leisten, bedarf es eines kontinuierlichen Monitorings solcher Maßnahmen. Eine standardisierte Wirksamkeitsprüfung, die es zulässt, vergleichende und übergeordnete Schlüsse über den einzelnen Mitgliedstaat hinaus zu ziehen, ist bislang jedoch nicht möglich.

„Auf europäischer Ebene wissen wir schlichtweg zu wenig darüber, welche Wirkung viele Klimaschutzmaßnahmen erzielen und können so die besten Maßnahmen nur schlecht identifizieren“, erläutert Kai Schulze, Stiftungs-Juniorprofessor des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) am Institut für Politikwissenschaft (IfP) der TU Darmstadt. Die EU-Mitgliedstaaten sind gehalten, der Europäischen Umweltagentur EEA jährlich über aktuelle Werte zu Treibhausgas-Emissionen sowie alle zwei Jahre über geplante und eingeleitete Maßnahmen zum Klimaschutz und Prognosen zu deren Effekten zu berichten.

Die an die EEA übermittelten Maßnahmendaten sind nicht nur sehr heterogen, sondern bilden darüber hinaus überwiegend Schätzungen für die Zukunft ab. „Der Anteil an Ex-Post-Daten, die Aufschluss über vergangene Wirkungen geben könnten, liegt dagegen im einstelligen Prozentbereich“, berichtet Dr. Jonas Schönefeld, Wissenschaftler am IfP. In ihrer neuen Studie sind Schulze und Schönefeld der Frage nachgegangen, welche Faktoren ein gutes Monitoring beeinflussen und wie die Entwicklung einer qualitativ besseren Wirksamkeitsüberprüfung klimapolitischer Maßnahmen gefördert werden kann.

Die beiden Politologen haben analysiert, welche Rolle erstens politische Institutionen mit ihren Strukturen, Intentionen und Erfahrungen, zweitens die gesetzliche Absicherung und operative Umsetzung

von Monitoring-Mechanismen und drittens die Qualität der zugrunde liegenden Daten in diesem Kontext spielen. Es zeigt sich unter anderem, dass EU-Mitglieder mit höheren Staatsausgaben pünktlicher berichten als Staaten mit einem kleineren öffentlichen Haushalt. Zum anderen schneiden

Informationen

Institut für Politikwissenschaft
Prof. Dr. Kai Schulze /
Dr. Jonas Schönefeld
Telefon: 06151/16-57340
E-Mail:
schulze@pg.tu-darmstadt.de
<https://bit.ly/33iRVv6>



Abbildung: Katrin Binner

Experten für Klimapolitik: Dr. Jonas Schönefeld (li.) und Professor Kai Schulze.

die Nationen, die bereits vor zehn Jahren ein qualitativ besseres Monitoring gefördert haben, auch jetzt wieder deutlich besser ab. Gleichzeitig gibt es über die Länder hinweg deutliche Lerneffekte im Policy-Monitoring.

„Das heißt, Klimaschutz-Monitoringsysteme werden im Laufe der Zeit durchaus besser“, betont Schönefeld. Dies sei allerdings kein Selbstläufer. Um sie nachhaltig vor allem mit Blick auf die Erhebung von Ex-Post-Daten zu optimieren, bedarf es nach seiner Überzeugung zum einen der technischen Unterstützung seitens der Europäischen Kommission und der EEA, zum anderen aber vor allem der Sensibilisierung der Einzelstaaten, die das Thema auf ihrer politischen Prioritätenliste nach oben setzen müssten. „Diese Systeme brauchen Ressourcen, einen zuverlässigen institutionellen Rahmen und engagierte politische Akteure“, fasst Schönefeld die Ergebnisse zusammen.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Kooperation

Die Studie „Policy Monitoring in the EU: The Impact of Institutions, Implementation and Quality“ entstand auf Basis der Berechnung quantitativer Regressionsmodelle und qualitativer Interviews. Sie wurde vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung im Rahmen des Kopernikus-Projektes ENavi gefördert (Förderkennzeichen: 03SFK4P0) und erscheint frei zugänglich (open access) in einem Sonderheft der Politischen Vierteljahresschrift.

<http://dx.doi.org/10.1007/s11615-019-00209-2>

An der Forschung waren neben der TU Darmstadt das Tyndallzentrum für Klimaforschung an der School of Environmental Sciences der University of East Anglia UEA und das Finnische Umweltinstitut SYKE beteiligt.