hoch3 FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Winter 2020

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Impressum

Herausgeberin
Die Präsidentin
der TU Darmstadt,

Redaktion
Die Stabsstelle Kommunikation
und Medien der TU Darmstadt
Jörg Feuck (Leitung, V.i.S.d.P.)
Ulrike Albrecht (Grafikdesign)
Patrick Bal (Bildredaktion)

Titelbild Die Arbeitsgruppe um Prof. Norbert Pietralla forscht unter anderem am supraleitenden Elektronenbeschleuniger S-DALINAC des Instituts für Kernphysik zu aktuellen Fragestellungen bezüglich der Enstehung der Elemente und der Struktur von Atomkernen;
Photografie (Titel)
Katrin Binner

Gedruckt von:
Druckerei Petzold, Darmstadt
on 100 g/m² PlanoScript,
FSC-zertifiziert

Auflage 5.000; **Nächste Ausgabe**
15. März 2021

Leserservice
presse@pvw.tu-darmstadt.de

Newsletter abonnieren
www.tu-darmstadt.de/newsletter

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 **Künstliche Intelligenz:** Netzwerkbasierte Systeme lernen flexibel hinzu — 2 **Elektrotechnik:** Winzige Teilchenbeschleuniger kommen groß heraus — 3 **Kernphysik:** Spektakuläre Ergebnisse bei Beobachtung von Atomkernen — 4 **Informatik:** Vertrauenswürdige neue Plattform für Big Data

Teilchenbeschleuniger im Taschenformat

Ein Chip, der entlang nur weniger Millimeter Elektronen auf die gleiche Energie beschleunigen kann wie heutige Teilchenbeschleuniger in Raumgröße? Genau ein solcher ist an der TU Darmstadt entwickelt worden. Das könnte zu günstigen, überall einsetzbaren Geräten führen.

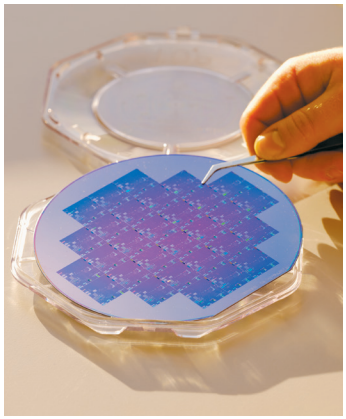

Abbildung: Katrin Binner

Beschleunigerchips können in großen Stückzahlen mit etablierten Verfahren der Halbleiterindustrie hergestellt werden.

Von Von Christian J. Meier

Ein kurzer Blick in eine mögliche Zukunft der Medizin: Ein Endoskop findet einen Tumor. Der Arzt oder die Ärztin richtet das Instrument exakt auf die Geschwulst aus und drückt einen Knopf. Es scheint nichts weiter zu passieren. Doch von der Spitze des Endoskops jagen Elektronen zu den Tumorzellen wie Geschosse und zerstören diese. Dies wäre eine sehr gezielte und das gesunde Gewebe schonende Krebstherapie.

Heute ist das noch nicht möglich, weil Elektronenbeschleuniger mit ihren Magneten und ihren Mikrowellenresonatoren einen ganzen Raum füllen. Uwe Niedermayer vom Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Darmstadt möchte das ändern. Mit seinem Kollegen Thilo Egenolf und Professor Oliver Boine-Frankenheim sowie den Mitgliedern des internationalen ACHIP (Accelerator on a Chip)-Forschungsprogramms hat der Ingenieur ein Konzept für einen Elektronenbeschleuniger vorgelegt, der weniger als einen Millimeter misst. Dieser ließe sich auf ähnliche Weise herstellen wie Computerchips, somit auch in großen Mengen zu geringen Preisen. „Damit könnte jedes Universitätslabor sich einen eigenen Elektronenbeschleuniger leisten“, sagt Niedermayer.

„Damit könnte jedes Universitätslabor sich einen eigenen Elektronenbeschleuniger leisten.“

Trotz seiner geringen Größe würde das Gerät die Elektronen auf das gleiche Tempo bringen wie ein herkömmlicher Beschleuniger. In der Physik wird die einem Elektron zugeführte Energie als elektrische Spannung angegeben. Denn das damit verbundene elektrische Feld übt eine Kraft auf ein Elektron aus, die dieses antreibt.Der Mini-Beschleuniger aus Darmstadt lässt sich beliebig verlängern und kann somit theoretisch unbegrenzte Energie erreichen. Im aktuellen Beispiel werden 70.000 Volt in weniger als einem Millimeter Länge erreicht. Für eine solche Antriebskraft bräuchte man rund 50.000 Batterien, wie man sie im Supermarkt kaufen kann.

Hier treibt allerdings ein Laser die Teilchen an. Denn auch Licht verursacht ein elektrisches Feld. Weil es aber eine Welle ist, kehrt dieses Feld ständig seine Richtung um. Ein Elektron würde also zunächst beschleunigt, nur um im nächsten Moment im gleichen Maß wieder gebremst zu werden. Das Forschungsteam hat einen Trick gefunden, mit dem sich der bremsende Teil des Feldes abschwächen lässt. Einen ersten Entwurf dafür hat es 2018 vorgestellt. Dieser ist nun verbessert, sodass der Beschleunigerchip ohne externe Zusatzausrüstung auskommt.

Das Prinzip lässt sich am einfacheren ersten Entwurf erklären: Auf einer Unterlage stehen zwei parallele Reihen winziger Zylinder aus Silizium, vergleichbar mit einer Kolonnade. Der Kanal zwischen den Quadern ist nur rund 200 Nanometer breit (ein Nanometer ist ein Millionstel Millimeter), 25 Mal dünner als ein menschliches Haar. Auch die „Säulen“ selbst haben nur etwa diese Größe. Die Abstände zwischen den Säulen entsprechen ungefähr einem Zehntel der Wellenlänge des Lasers. Das Laserlicht kommt senkrecht zum Kanal von beiden Seiten in die „Kolonnade“. Grob gesagt funktioniert die Beschleunigung so: Das Silizium der Säulen wechselwirkt mit dem elektrischen Feld der Lichtwellen, sodass sich dieses zwischen zwei Säulen verstärkt. Entlang des Kanals bildet sich dadurch eine Welle aus, die zwischen den Säulen stärker schwingt als in den freien Lücken. Sendet man nun ein Elektron mit einer passenden Anfangsgeschwindigkeit in den Kanal, sodass es immer dann zwischen zwei Säulen gelangt, wenn das elektrische Feld gerade in seine Flugrichtung zeigt, so wird es jeweils beschleunigt. Zwischenzeitlich passiert es die freien Lücken zwischen je einem Säulenpaar, wo das elektrische Feld schwächer ist. Daher wird es deutlich weniger gebremst als es zuvor beschleunigt wurde. Im Ergebnis wird das Teilchen immer schneller. Die Kolonnade und die Laserwelle beeinflussen sich auf komplexe Weise, sodass sich der Wechsel zwischen

Informationen

Fachgebiet Beschleunigerphysik
Dr. Uwe Niedermayer
Telefon: 06151/16–24039
E-Mail: uwe.niedermayer@tu-darmstadt.de
https://www.temf.tu-darmstadt.de/temf/mitarbeiter/un_details.de.jsp

Abbildung: Katrin Binner

Dr.-Ing. Uwe Niedermayer forscht an Design und Simulation von lasergetriebenen Elektronenbeschleuniger-Mikrochips am Fachgebiet Beschleunigerphysik der TU Darmstadt.

Beschleunigen und Bremsen dem wachsenden Tempo der Elektronen anpasst.

Eine große Herausforderung bestand für das Team um Niedermayer darin, die Elektronen auf einer geraden Bahn durch den Kanal zu halten. Zum Rand des Kanals hin verändert sich nämlich die Stärke des elektrischen Feldes. Das führt dazu, dass das Elektron von der geraden Bahn weggetrieben wird.

Bei einem herkömmlichen Elektronenbeschleuniger zwingen spezielle Magneten die Teilchen auf eine gerade Bahn. Die Kraft solcher „Quadrupolmagneten“ auf ein Elektron ist vergleichbar mit der eines Sattels auf eine Kugel. In Längsrichtung ist der Sattel so gewölbt, dass die Kugel von außen in die Mitte rollt, wo sie gehalten werden soll. In Querrichtung jedoch ist der Sattel von der Mitte aus nach unten gebogen, sodass die Kugel von dort wegrollen und vom Sattel fallen würde. Würde man den Sattel jedoch schnell rotieren lassen, würde zwar die Kugel anfangen wegzurollen, aber nach kurzer Zeit von der sich hereindrehenden, nach oben gewölbten Sattelfläche eingefangen. Die Kugel bleibt in der Mitte des Sattels. Im Teilchenbeschleuniger bildet man das nach, indem entlang des Wegs der Elektronen die Ausrichtung der Quadrupolmagneten wechselt.

Die Wissenschaftler haben ihre Kolonnade analog dazu konzipiert. Es gibt immer wieder größere Lücken in der ansonsten regelmäßigen Abfolge der Säulen. Diese sorgen für einen ähnlichen Effekt wie die Drehung eines Quadrupolmagneten. Werden vor der Lücke die Elektronen von der Mitte weggelenkt, springt das elektrische Feld hinter der Lücke um, sodass sie wieder zur Mitte hingelenkt werden.

Die erste Version ihres Designs hatte noch das Manko, dass die Elektronen immer noch nach oben und unten auseinanderlaufen konnten. Nach dem aktuellen Design gelingt nun auch diese Fokussierung. Dafür besteht jede Säule nun im unteren Teil aus Glas und im oberen aus Silizium. Deren unterschiedlicher Brechungsindex sorgt für einen ähnlichen Fokussierungseffekt wie in der Querrichtung.

Niedermayer, der übrigens mit dem „Nachwuchspreis 2020 Beschleunigerphysik“ der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ausgezeichnet wurde, freut sich über das einfache Design. „Wir verkürzen damit den Weg in die kommerzielle Anwendung“, sagt er. Denn auf dem Markt gebe es bereits günstige Chip-Rohlinge, so genannte „Wafer“, die aus einer Doppelschicht Glas-Silizium bestehen. Das Darmstädter Design könnte mit etablierten Verfahren der Halbleiterindustrie aus solchen Wafern gefertigt werden. Um den technischen Aufwand noch weiter zu reduzieren, hat das Team eine neue Idee, die es gerade zum Patent angemeldet hat. So kommen die Forscher einem Ziel des ACHIP-Projekts näher: Einen Teilchenbeschleuniger, der samt Elektronenquelle und Laseroptik nicht größer ist als ein Schuhkarton ist in fernerer Zukunft ganz in ein Endoskop passen soll.

Der Autor ist Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker.

Publikation:
Uwe Niedermayer et al.:
Physical Review Letters, 125, 164801 (2020);
DOI:
10.1103/PhysRevLett.125.164801

Forschungsprogramm Acellerator on a Chip (ACHIP), gefördert von der US-amerikanischen Gordon and Betty Moore Foundation:
https://achip.stanford.edu/

Vorhersage von Nobelpreisträgern bestätigt

Physiker um Professor Norbert Pietralla vom Institut für Kernphysik der Technischen Universität Darmstadt haben eine Methode entwickelt, mit der sich die Zustände von Atomkernen sehr präzise unterscheiden lassen. Dabei machten sie eine spektakuläre Entdeckung.

Von Christian J. Meier

In der Wissenschaft eilt die Vorhersage der Entdeckung manchmal um Jahrzehnte voraus. Umso mehr freuen sich nun Darmstädter Physiker, dass sie Atomkerne mit ungewöhnlicher Symmetrie nachweisen konnten, wie sie von den Nobelpreisträgern Aage Bohr und Ben Mottelson vor 45 Jahren postuliert worden waren. „Solche Atomkerne sind äußerst schwer zu beobachten“, sagt Tobias Beck vom Institut für Kernphysik der Technischen Universität Darmstadt. Dem Team um Norbert Pietralla gelang dies nun durch neue Analyse- und Messmethoden, die den Zerfall angeregter Kernzustände äußerst präzise kartieren. Die Forscher stützten sich dabei auf ein Experiment unter Leitung von Dr. Volker Werner, ebenfalls ein Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Pietralla. Das Land Hessen unterstützte das Projekt im Rahmen des aus dem LOEWE-Programm geförderten Forschungsschwerpunkt „Nukleare Photonik“. Unterstützung kam von Teams aus den USA, Russland, Großbritannien und Rumänien, finanzielle Hilfe vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Aber auch Glück half den Forschenden.

„Das macht verständlich, dass ein derartiger Quantenzustand zuvor noch nie beobachtet worden ist.“

Atomkerne sind nützlich, beispielsweise in der medizinischen Bildgebung bei der Kernresonanztomographie. In der Kernphysik weiß man bereits sehr viel über sie. Doch die winzigen Teilchen geben immer noch Rätsel auf. Eines davon ist die Frage, welche räumlichen Gestalten Atomkerne annehmen können. Laien stellen sie sich oft als Kugeln vor. Doch die meisten Kerne weichen von dieser Form ab. Zum Beispiel kann die Kugel entlang einer Achse gezerrt sein, sodass eine Art Zigarre entsteht, somit ein weniger symmetrisches Gebilde.

Die Symmetrie ändert das Verhalten von Kernen. Als atomare Bestandteile gehorchen sie der Quantenmechanik. Diese verbietet es kugelförmigen Objekten, sich zu drehen, weil dadurch kein neuer, unterscheidbarer Zustand entstünde. Ein zigarrenförmiger Kern hingegen kann zwar nicht um seine Längsachse rotieren – weil ihn das nicht verändern würde. Um eine Achse jedoch, die senkrecht zur Längsrichtung steht, kann sich die „Zigarre“ sehr wohl drehen. Doch auch dabei kann ein Mehr oder Weniger an Symmetrie sichtbar werden. Die Quantenmechanik beschreibt Objekte durch eine mathematische Funktion, die so genannte Wellenfunktion. Diese kann an verschiedenen Orten positiv oder auch negativ sein. Stellt man sich das Vorzeichen der Wellenfunktion eines Kerns als Rot- (positiv) und Blaufärbung (negativ) vor, so kann es vorkommen, dass die „Zigarre“ bei einer Drehung um 180 Grad ihr „Vorzeichen“ ändert. Dabei tauschen Rot und Blau die Seiten. Erst durch eine weitere Drehung um dann insgesamt 360 Grad ist der Ausgangszustand wiederhergestellt. Es kann aber auch sein, dass beide Seiten blau sind (oder rot). Dann reichen 180 Grad, um Deckungsgleichheit zu erreichen. Der Fachjargon für diese beiden Fälle heißt R-Symmetrie. Sie werden durch die Werte +1 (identisch zum Ausgangszustand nach 180 Grad-Drehung) und –1 (eine Drehung um 360 Grad ist nötig) unterschieden.

Nicht nur bezüglich Drehungen kann ein Atomkern symmetrisch sein, sondern auch im Hinblick auf die Spiegelung an seinem Mittelpunkt. Grob gesagt wird dabei ein Punkt links unten nach rechts oben gespiegelt, oder umgekehrt. Diese Art der Symmetrie nennt die Physik „Parität“. Auch davon gibt es zwei Arten, die mit +1 und –1 bezeichnet werden.

Kernzustände, bei denen R-Symmetrie und Parität das gleiche Vorzeichen haben, sind gut untersucht. „Informationen über Zustände mit unterschiedli-

Informationen

Institut für Kernphysik
Tobias Beck, M.Sc. M.Sc.
Telefon: 06151/16–23546
E-Mail:
tbeck@ikp.tu-darmstadt.de
www.ikp.tu-darmstadt.de

chen Vorzeichen aber fehlten“, sagt Tobias Beck. Die Nobelpreisträger Bohr und Mottelson haben ihre Existenz zwar vorhergesagt, ihre direkte Beobachtung ist jedoch sehr schwer. Um einen rotierenden Kernzustand zu detektieren, muss man dem Kern Energie zuführen, etwa in Form von Gammastrahlung. Dann werden verschiedene Kernzustände energetisch angeregt. Bei der Rückkehr in den Grundzustand des Kerns sendet jeder davon eine charakteristische Signatur an Gammastrahlen verschiedener Energie aus. Dass spezielle Formen von Kernen schwer zu detektieren sind, liegt daran, dass sie im Vergleich zu anderen nur selten angeregt werden.

„Wir hatten bei der Untersuchung von Dysprosium-Atomkernen aber das Glück, dass beim Isotop ^{164}Dy eine ungewöhnlich günstige Situation vorliegt“, sagt Beck. Bei diesem Isotop mischen sich Zustände mit unterschiedlichen Werten der R-Symmetrie. Das wäre so, als wenn eine Zigarre mit einer roten und einer blauen Hälfte auch auf der roten Hälfte eine blaue Spitze hätte. Eine solche Situation „erbt“ von dem symmetrischen Anteil (zwei blaue Spitzen) deren hohe Wahrscheinlichkeit durch Gammastrahlen angeregt zu werden. „Dadurch sind sie etwas leichter zu beobachten“, sagt Beck.

Dies gelang dem Darmstädter Team dank einer sehr präzisen Messmethode, die es an der High Intensity Gamma Ray Source der Duke University in Durham, US-Staat North Carolina, entwickelt hat. Sie erzeugt Gammastrahlung, die einzelne Kernzustände gezielt anregt. Dieser präzisen Manipulation von Kernzuständen widmet sich das Forschungsfeld „Nukleare Photonik“, das in Darmstadt in weltweit führender Weise mitentwickelt wird. Somit konnten die TU-Wissenschaftler jene gemischten Zustände anregen, die den gesuchten Quantenzustand mit positiver Parität und negativer R-Symmetrie enthalten sollten.

Ihr Modell sagte voraus, dass der bislang unbeobachtete Zustand seine Anregungsenergie mittels Gammastrahlung zweier verschiedener Energien wieder abgibt, wobei die eine doppelt so intensiv ist wie die andere. Bei dem bekannten Zustand mit gleichen Vorzeichen von Parität und R-Symmetrie hingegen ist das Verhältnis der beiden Intensitäten umgekehrt. Im Experiment bestimmten die Forschenden das Verhältnis der beiden Strahlungsarten. Sie fanden, dass eine Mischung aus beiden Intensitätsverhältnissen vorliegt. Der Beitrag des gesuchten Zustands mit unterschiedlichen Vorzeichen von Parität und R-Symmetrie erwies sich als 125-Mal schwächer als der des zuvor schon bekannten Zustands. „Das macht verständlich, dass ein derartiger Quantenzustand zuvor noch nie beobachtet worden ist“, sagt Beck.

„In Zukunft wollen wir gezielt weitere Atomkerne untersuchen, bei denen wir Abweichungen im Zerfallsverhalten erwarten“, ergänzt der Physiker. Dabei hofft er vor allem auf die Inbetriebnahme des „Variable Energy Gamma-ray System“ an der von Darmstädter Kernphysikern maßgeblich mitgestalteten europäischen „Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics“ im rumänischen Bukarest, die für das Jahr 2022 geplant ist. Die Energie kann dort noch präziser auf ein schmales Frequenzband fokussiert werden. Tobias Beck freut sich darauf: „Das wird unsere Forschung in der nuklearen Photonik und ihre wissenschaftlichen und technischen Anwendungen auf ein neues Level heben.“

Der Autor ist Wissenschaftsjournalist und promovierter Physiker.

Publikationen:

T. Beck et al.: ΔK =0 M1 Excitation Strength of the Well-Deformed Nucleus ^{164}Dy from K Mixing, Physical Review Letters 125, 092501 (2020). **https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.125.092501**

Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz (LOEWE): Schwerpunkt „Nuclear Photonics“ an der TU Darmstadt: **www.ikp.tu-darmstadt.de/nuclearphotonics/nuclear_photonics/index.en.jsp**

Abbildung: Katrin Binner

Die Welt als Datengemeinschaft

Ein Informatik-Team um Professor Carsten Binnig entwickelt eine vertrauenswürdige Plattform für „Data Sharing“. Damit eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten, im Bereich Big Data und AI zu kooperieren.

Von Boris Hänßler

Wenn ein Patient zum Arzt geht, möchte er nicht unbedingt die Daten, die dieser erhebt, mit Dritten teilen. Hat er allerdings eine schwere Erkrankung, würde er seine Patientendaten vielleicht doch gerne der medizinischen Forschung zur Verfügung stellen, was ihm aber aufgrund von Datenschutzregelungen nicht ohne Weiteres möglich ist. Der Konflikt zwischen Datenschutz und gemeinsamer Nutzung von Daten („Data Sharing“) betrifft nicht nur die Medizin: In der Industrie könnten geteilte Daten helfen, effizienter und damit günstiger, schneller sowie umweltfreundlicher zu produzieren. In der Politik helfen Daten, bessere Entscheidungen zu treffen, und in der Finanzwelt sind sie bei der Aufdeckung von Kreditkartenbetrug und Geldwäsche essenziell. Dabei ist nicht der Datenschutz an sich das Problem, sondern eine fehlende technische Infrastruktur, die einen datenschutzkonformen Austausch erst möglich macht – und vor allem die Interessen aller Beteiligten wahrt.

Und Daten gibt es reichlich: Die Menge der weltweit produzierten Daten soll auf voraussichtlich 175 Zettabyte im Jahr 2025 steigen. Allerdings gehen viele dieser Daten, obwohl sie für eine größere Gemeinschaft nützlich wären, verloren, weil die Unternehmen sie für sich behalten. Die EU möchte das Data Sharing erleichtern, aber dazu fehlen die notwendigen Technologien. An dieser Stelle setzten Forschende um Professor Carsten Binnig vom Data Management Lab der TU Darmstadt an. Sie entwickeln TrustDBle („trustable“ ausgesprochen) – eine neue Plattform, die einen vertrauenswürdigen und unkomplizierten Datenaustausch ermöglicht. Die Forschungen entstehen im Rahmen des Nationalen Forschungszentrums für angewandte Cybersicherheit, ATHENE, einer Allianz der TU Darmstadt und der Hochschule Darmstadt sowie der Fraunhofer-Institute SIT und IGD. Es ist die europaweit größte Allianz von Forschungseinrichtungen im Bereich Cybersicherheit.

Der Bedarf an einer Technik wie TrustDBle ist groß. „Wir erleben derzeit einen Paradigmenwechsel in der Wirtschaft“, sagt Binnig. Bisher fokussierten sich die Unternehmen darauf, ihre Daten nur für sich zu nutzen. In der Automobilbranche bauten zum Beispiel Hersteller und Zulieferer ihre je eigenen Informationssysteme auf. Die Systeme sind zwar über Schnittstellen verbunden, aber sie können nicht gleichzeitig auf dieselben Informationen zugreifen. Daher muss jeder für sich auch einen eigenen Datenpool aufbauen, um damit etwa Geschäftsprozesse zu steuern oder verschiedene Modelle einer Künstlichen Intelligenz (KI) zu trainieren.

„Inzwischen hat die Wirtschaft längst erkannt, dass es nützlicher ist, einen Teil der Daten zu teilen,“ sagt Binnig. „Damit kann man Business-Prozesse optimieren und transparenter gestalten, aber auch viele Anwendungsfälle im KI-Bereich, in dem viele Daten einfach noch fehlen, besser vorantreiben oder überhaupt erst ermöglichen.“ Aber warum ist es überhaupt so schwierig, die Daten zu teilen? „Es gibt dafür eine ganze Reihe von Herausforderungen“, sagt der Darmstädter Forscher.

Photo: Katrin Binner

Professor Carsten Binnig entwickelt gemeinsam mit seinem Team mit TrustDBle eine vertrauenswürdige Plattform für „Data Sharing“.

Informationen

Arbeitsgebiet Data Management
Prof. Dr. Carsten Binnig
Telefon: 06151/16–25601
E-Mail: carsten.binnig@cs.tu-darmstadt.de
www.informatik.tu-darmstadt.de/datamanagement/

„Zum einen gibt es eine Vielzahl von Gesetzen, zum Beispiel die Datenschutz-Grundverordnung der EU, die besagen, wie man mit Daten umgehen muss. Hinzu kommen die firmeninternen Regularien, also Policies, die ebenfalls regeln, welche Daten mit wem und wo geteilt werden dürfen."

Ein anschauliches Beispiel ein Krankenhaus: Es kann zwar Daten über Patienten sammeln, aber insgesamt sind das sehr kleine Datenmengen, die nicht ausreichen, um KI-Modelle zu trainieren. Eine KI braucht in der Regel viele Beispieldaten, um Muster zuverlässig zu lernen. Um zum Beispiel einen Hautkrebs auf Aufnahmen zu erkennen, muss die KI idealerweise Hunderttausende oder besser noch Millionen Aufnahmen haben, auf denen sowohl Hautkrebs als auch gesunde Haut zu sehen sind – nur so kann sich die KI eine zuverlässige Unterscheidung selbst beibringen.

Die Datenschutzrichtlinien schreiben aber vor, dass die Klinik die Daten nicht einfach in einen Pool mit anderen Daten geben darf, selbst wenn dies der Medizin helfen würde. Ein Mediziner oder eine Klinikleiterin muss sich also immer fragen: Was darf ich tun? Wie lauten die gesetzlichen Vorgaben? Die meisten Leute ziehen es dann vor, die Daten nicht herauszugeben. „Wir müssen also ein System entwickeln, das flexibel unterschiedliche gesetzliche oder unternehmensinterne Vorgaben für den Datenaustausch implementieren kann", sagt Binnig. Die Forscher nutzen dafür die Blockchain-Technologie als Basis. Diese eignet sich aufgrund wesentlicher Vorteile für den Datenaustausch. Zum einen werden Daten in Blockchains manipulationssicher abgelegt. Dies ist wichtig, um zu verhindern, dass gemeinsam genutzte Daten unbemerkt von einzelnen Beteiligten verändert werden können. Dies ist insbesondere relevant, wenn auf Basis gemeinsam genutzter Daten kritische Entscheidungen getroffen werden, wie im Beispiel von medizinischen Daten aus Patientenakten.

„Ich bin überzeugt, dass Data Sharing einen immensen Nutzen für Wirtschaft und Gesellschaft hat."

Die Manipulationssicherheit in Blockchains ist mit Hilfe von kryptographischen Verfahren sichergestellt, die Änderungsoperationen in Blöcken zusammenfassen. Dabei ist jeder Block in einer Kette über eine einmalige ID (sogenannte kryptographische Hashes) mit dem vorhergehenden Element verknüpft. Die ID wird aus dem Inhalt eines Blocks generiert, sodass die Änderung des Inhalts eines Blocks eine Änderung aller darauffolgenden Blöcke bedingt – andernfalls wird die Kette der IDs nicht mehr valide. Zum anderen bieten Blockchains über sogenannte Smart-Contracts die Möglichkeit, zwischen Parteien digitale Verträge zu schließen, die definieren, wie auf die Daten zugegriffen werden darf. Allerdings kosten die zur Ausführung von Smart-Contracts notwendigen Abstimmungsprozesse in Blockchains Zeit und Ressourcen, was die Anwendung teuer und langsam macht. Dieser Effekt wird sogar verstärkt, wenn die Anzahl der Teilnehmer steigt, weshalb Blockchains nur schlecht skalieren.

Das Forschungsteam der TU Darmstadt hatte nun die Idee, über die Blockchain eine zusätzliche Schicht zu legen, welche eine Abstraktionsebene über vorhandene Blockchains bildet. Die neue Schicht funktioniert wie eine Datenbank, welche die verwalteten Daten partitioniert und Lese- wie auch Änderungsoperationen auf den Daten über mehrere Blockchains hinweg parallelisiert. Weiterhin erlaubt es die Schicht, Daten nur partiell zu replizieren, sodass nicht jeder Teilnehmer eine Kopie aller Daten, sondern nur einen konfigurierbaren Teil erhält. Zudem werden Daten laufend in einem Cache temporär zwischengespeichert, sodass ein schneller Zugriff möglich ist, ohne jedes Mal die Blockchain zu bemühen. Auch können sich die Teilnehmenden darauf einigen, dass bei nicht sensiblen Daten keine Mehrheit erforderlich ist, um einer Änderung zuzustimmen. Im Grunde genommen verschmilzt das System die Vorteile einer klassischen verteilten Datenbank mit denen der Blockchain-Technologie. Hierdurch bietet TrustDBle zum einen die Effizienz von Datenbanken und ermöglicht die gemeinsame Datennutzung für viele Anwendungen. Zum anderen bietet TrustDBle aber auch die Manipulationssicherheit von Blockchains. Denn bei Rechtsstreitigkeiten sind jederzeit alle Datenänderungen nachvollziehbar in der Blockchain protokolliert.

„Ein weiterer Vorteil an unserem Verfahren ist seine Flexibilität", sagt Muhammad El Hindi, der das System gemeinsam mit Binnig und Simon Karrer entwickelte. „Da die wesentlichen Aktivitäten in der Schicht oberhalb der Blockchain stattfinden, funktioniert die Technik immer noch, wenn sich die Blockchain technisch weiterentwickelt." El-Hindi und Karrer planen daher auch, mit einem Start-up die Technologien hinter TrustDBle marktfähig zu machen und anschließend kommerziell zu vertreiben. Die Chancen stehen gut. Die Anwendungsbereiche sind äußerst vielschichtig. So planen die Forscher zum Beispiel auch eine Kooperation mit Merck und Fraunhofer IWKS, um die Daten der Recycling-Industrie miteinander zu vernetzen und dadurch effizienteres Recycling zu ermöglichen.

„An diesem Beispiel zeigt sich besonders gut, wie Data Sharing innerhalb der Industrie auch Implikationen auf die Gesellschaft hat", sagt Karrer. „In der chemischen Industrie ist oft ein Abfallprodukt der einen Firma ein Rohstoff für eine andere." Dennoch werden die Abfälle entsorgt. Das geht nicht nur auf die Kosten der Ökobilanz, sondern verursacht auch wirtschaftliche Belastungen aufgrund von höheren Entsorgungs- oder Rohstoffkosten. Künftig könnten die Unternehmen mit der Darmstädter Technik eine gemeinsame Plattform betreiben, um Daten aus der Produktion auszutauschen und Abfallprodukte zu vermeiden. Gerade für solche Anwendungen unter Konkurrenzunternehmen ist ein vertrauenswürdiges „Data Sharing" Grundvoraussetzung. „Ich bin überzeugt, dass Data Sharing einen immensen Nutzen für Wirtschaft und Gesellschaft hat", sagt Binnig. „Nun entsteht mit TrustDBle endlich auch die technische Infrastruktur dafür."

Der Autor ist Technikjournalist.

Publikationen:

El-Hindi, Muhammad; Karrer, Simon; Doci, Gloria; Binnig, Carsten: TrustDBle: Towards Trustable Shared Databases. In: FAB 2020.

El-Hindi, Muhammad; Heyden, Martin; Binnig, Carsten; Ramamurthy, Ravi; Arasu, Arvind; Kossmann: BlockchainDB – Towards a Shared Database on Blockchains. In: SIGMOD 2019.

El-Hindi, Muhammad; Binnig, Carsten; Arasu, Arvind; Kossmann, Donald; Ramamurthy, Ravi: BlockchainDB – A Shared Database on Blockchains. In: PVLDB 2019

Hintergrund:

Die TU-Professoren Carsten Binnig und Sebastian Faust leiten die ATHENE-Mission TRUDATA. Ziel ist die Entwicklung neuer Technologien, die einen vertrauenswürdigen, verlässlichen und selbstbestimmten Datenaustausch ermöglichen und für viele Anwendungen in Bereichen wie Gesundheit, Produktion oder Finanzen relevant sind.

Künstliche Intelligenz wird vielseitiger

Neuronale Netze lösen gut spezielle Aufgaben. Aber im Gegensatz zu uns Menschen können sie die einmal gelernte Strategie schwer auf andere Aufgaben übertragen. TU-Forscher ermöglichen dies nun.

Von Boris Hänßler

Ein Kind soll sein Spielzeug sortieren und aufräumen. Es gelingt ihm problemlos, weil es weiß, wie man aufräumt und wo was hingehört. Schließlich hat es das schon hunderte Male getan. Nun bitten die Eltern ihr Kind, künftig auch beim Aufräumen in der Küche zu helfen und den dortigen Müll zu sortieren – eine neue Aufgabe. Das Kind erlernt sie trotzdem schnell, weil es das Prinzip des Sortierens verstanden hat. Es muss nur durchschauen, wo was hingehört. Ein Roboter, dessen „Gehirn" ein neuronales Netz ist, kann ebenfalls lernen, Spielzeug aufzuräumen. Gibt man ihm aber die Aufgabe, den Müll zu sortieren, fängt er wieder bei null an.

Neuronale Netze sind dem Gehirn nachempfunden. Sie lernen wie ein Mensch, indem beim Training sogenannte Synapsen – in diesem Falle Parameter – gestärkt werden, und zwar jedes Mal, wenn ein Trainingsversuch erfolgreich ist. Je stärker die entsprechenden Synapsen, desto zuverlässiger funktioniert das Netz. Aber bei einer neuen Aufgabe ist das Gelernte wieder vergessen. „Insbesondere Deep Learning-Netze sind gut darin, spezialisierte Aufgaben zu erlernen, aber die der Lösung zugrundeliegende Struktur zu extrahieren und auf andere Aufgaben zu übertragen – das war bisher eine offene Forschungsfrage", erläutert Doktorand Daniel Tanneberg von der Intelligent Autonomous Systems (IAS) Group der TU Darmstadt. Seine Kollegen und er haben nun eine neuronale Computerarchitektur entwickelt, die genau dies leistet. Sie beschreiben ihr System – den Neural Harvard Computer (NHC) – in einer Publikation, die in der Fachzeitschrift Nature Machine Intelligence erschienen ist.

„Aus der Lernforschung ist bekannt, dass für intelligentes Verhalten gerade die Fähigkeit relevant ist, Strategien von einem Problem auf ein anderes übertragen zu können", sagt Tanneberg. Das neuronale Netz müsse daher so verallgemeinert konzipiert sein, dass es sowohl mit anderen Daten als auch anderen Aufgabenstellungen zurechtkomme. Erst dann zeige es intelligentes Verhalten.

Der NHC ist eine speichergestützte, netzwerkbasierte Architektur. Die Forscher ergänzten ein klassisches neuronales Netz durch mehrere Module, etwa einen externen Speicher, der es ermöglicht, eine weitere Abstraktionsebene einzuführen. Dabei werden die Informationsströme aufgeteilt und die algorithmischen Operationen von den Datenmanipulationen entkoppelt. Das Netzwerk trennt das Gelernte, das die konkreten Daten betrifft, von den gelernten allgemeinen Strategien. Für einen Roboter wäre die Unterscheidung der Spielzeuge die eine Ebene, das Sortieren an sich die andere – in neuronalen Netzen waren bisher beide Ebenen in der synaptischen Gewichtung kodiert und somit nicht getrennt.

Anhand von elf Aufgaben konnten die Forscher nachweisen, dass der NHC algorithmische Lösungen mit starker Verallgemeinerung zuverlässig lernt und auf beliebige Aufgabenkonfigurationen übertragen kann. „Das hat den immensen Vorteil, dass das Netz schneller eine neue Aufgabe meistert, da nur die datenspezifischen Operationen angepasst werden müssen", sagt Tanneberg. Das spart Ressourcen, da neuronale Netze oft hohe Rechenleistungen und eine Menge an Trainingstagen beanspruchen. Ein weiterer Vorteil ist, dass sich solche Netze besser erklären lassen, da sie mehr Einblicke in die Lernprozesse und das Verhalten nach dem Lernen gestatten. Die neue Architektur kann eine Chance sein, neue und unerwartete Strategien zu entdecken, die sich das Netz aneignet. Auch uns Menschen kann es schließlich nicht schaden, ein noch intelligenteres Verhalten zu lernen.

Der Autor ist Technikjournalist.

Informationen

Fachgebiet Intelligent Autonomous Systems
Daniel Tanneberg
Telefon: 06151/16 – 25371
E-Mail: daniel.tanneberg@tu-darmstadt.de
www.ias.informatik.tu-darmstadt.de/Team/DanielTanneberg

Publikation

Tanneberg, D., Rueckert, E. & Peters, J. Evolutionary training and abstraction yields algorithmic generalization of neural computers. Nature Machine Intelligence (2020).

In Nature Machine Intelligence: **https://rdcu.be/caXgk**

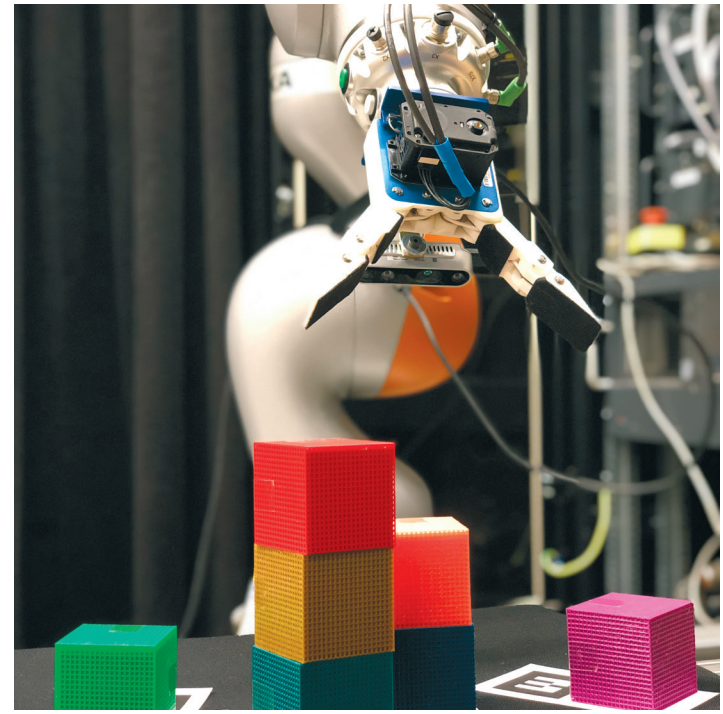

Abbildung: Daniel Tanneberg

Der Roboter räumt Objekte mit Hilfe einer aus einem Computerspiel gelernten Strategie auf.