

# hoch<sup>3</sup>FORSCHEN

Das Medium für Wissenschaft

Winter 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.)  
Patrick Bal (Bildredaktion)

**Grafik-Design** Eric Schmitt

**Titelbild** Politikwissenschaftler  
Jens Steffek; Bild: Katrin Binner

**Druck** Druckerei Petzold GmbH,  
Darmstadt  
gedruckt auf 100 g/m<sup>2</sup>  
PlanoScript, FSC-zertifiziert

**Auflage** 5.000

**Nächste Ausgabe**  
15. März 2022

**Leserservice**  
[presse@tu-darmstadt.de](mailto:presse@tu-darmstadt.de)

**ISSN**  
2196-1506

Möchten Sie die nächste Ausgabe der hoch<sup>3</sup>FORSCHEN gerne in digitaler Form erhalten? Dann senden Sie bitte eine E-Mail an [presse@tu-darmstadt.de](mailto:presse@tu-darmstadt.de)



— **1 Physik:** Skalierbare Quantenprozessoren — **2 Politikwissenschaft:** Zusammenhalt der EU — **3 Chemie:** Erkenntnisse für die Rohstoffwende — **4 Biologie:** Neue Schlüssel zur Diagnostik

# Erzählungen über Europa

*Brexit, Flüchtlingsfrage, Konflikte mit Polen und Ungarn: Die EU kommt aus den Schlagzeilen nicht heraus. Wie aber sprechen die Menschen in Europa über Europa? Das erforscht gerade ein internationales Team an der TU Darmstadt.*

## Terminologie

**Kohäsion:** In der Europapolitik verbirgt sich hinter dem Begriff das Ziel, den wirtschaftlichen und sozialen Zusammenhalt unter den Mitgliedsstaaten zu stärken. Ein Instrument hierfür ist unter anderem der 1993 eingerichtete Kohäsionsfonds zur Unterstützung von Infrastrukturmaßnahmen in den Bereichen Umwelt und Verkehr.

**Reziprozität:** Der Begriff beschreibt das Prinzip der Gegenseitigkeit. In der Interaktion zwischen Menschen lautet das Ziel, dass „Geben und Nehmen“ sich die Waage halten sollen. Mit Blick auf die Europäische Union steht vor allem in Krisenzeiten zur Debatte, ob Leistungen für bestimmte Mitgliedsstaaten in Einklang stehen mit den Gegenleistungen, die sie dafür erbringen.

## Informationen

Institut für  
Politikwissenschaft  
Profes. Dres. Jens Steffek,  
Björn Egner, Hubert Heinelt  
bit.ly/3CrJJKB

— Von Jutta Witte

Sie sind für sechs Monate in Darmstadt zusammengekommen, um die Grundlagen zu schaffen für ein internationales Projekt der besonderen Art. Forschende aus neun Mitgliedsstaaten der Europäischen Union wollen wissen: Wie sprechen die Bürgerinnen und Bürger ihrer Heimatländer über Solidarität, Fairness, Kohäsion und Reziprozität in der EU? Was verbinden die Menschen mit diesen Begriffen, die in ihrer Alltagssprache eher selten vorkommen? Und welche Schlüsse sind aus ihren Erzählungen mit Blick auf die zukünftige Gestaltung eines Europas zu ziehen, von dem viele sich wünschen, dass es sich nicht nur als starke Wirtschaftsgemeinschaft behauptet, sondern auch zu einer „ever closer union“ wird, die politisch enger zusammenwächst?

„Wir wollen rekonstruieren, welche Geschichten sich die Menschen über Europa erzählen, welche Bilder und Alltagserfahrungen sie dabei im Kopf haben und was sie von der EU und den dortigen Akteurinnen und Akteuren erwarten“, erläutert Professor Hubert Heinelt, der an der TU Darmstadt gemeinsam mit den Politologen Professor Jens Steffek und Professor Björn Egner das Projekt „HEUREC – How Europeans understand fairness, reciprocity and cohesion“ leitet. Die Erforschung von Narrativen ist eines der wichtigsten Instrumente in der Politologie. Einerseits legen sinnstiftende Erzählungen wie Willi Brandts „Mehr Demokratie wagen“ oder Donald Trumps „Make America great again“ den Rahmen fest für das politische Handeln einer Partei oder Regierung. Zum anderen kreieren aber auch Bürgerinnen und Bürger selbst Narrative und verhelfen ihnen zu einer eigenen Dynamik. „An der Eurokrise ist Griechenland schuld, weil es immer über seine Verhältnisse lebt“ ist ein Beispiel für eine solche Erzählung. Sie zu kennen ist nicht nur für die Wissenschaft spannend, sondern auch von strategischer Bedeutung für politische Entscheider und Entscheiderinnen.

„Wie die Integration in der EU weiter verläuft, wird entscheidend davon abhängen, ob man es schafft, diese

Narrative zu adressieren“, glaubt Egner. Um ihnen auf die Spur zu kommen, untersuchen Forschende bislang überwiegend Sekundärtexte, die von Profis aus der Politik oder aus den Medien verfasst wurden, oder führen Interviews mit fest vorgegebenen Fragen. Das HEUREC-Team verfolgt einen direkteren Ansatz, um den öffentlichen Diskurs zu erfassen und zu ana-



Professor Jens Steffek

lyisieren. „Wir lassen die Bürgerinnen und Bürger nicht übereinander, sondern miteinander sprechen“, erklärt Jens Steffek. Geplant sind in jedem der teilnehmenden Länder moderierte Diskussionen in drei Fokusgruppen, die unterschiedliche sozioökonomische Milieus abbilden. Über den Zusammenhalt in Europa und Fragen der Solidarität in den Austausch kommen sollen erstens Geringqualifizierte und Arbeitslose, zweitens Hochqualifizierte und Führungskräfte aus der Wirtschaft und drittens junge Menschen, die kurz vor dem Gymnasialabschluss stehen oder ein Studium begonnen haben. „Wir gehen davon aus, dass jede Gruppe unterschiedliche Ansichten zum Thema hat und sich dementsprechend auch andere ‚Geschichten‘ erzählt“, erläutert der Experte für transnationales Regieren.

Diese Diskussionsrunden zu konzipieren und zu begleiten ist eine komplexe Aufgabe. Die Teilnehmenden kennen sich vorher nicht. Der Einstieg muss aber

für alle verständlich sein, die Scheu vor der „wissenschaftlichen Situation“ genommen werden. Die Forschenden sollen die Debatte idealerweise nur anstoßen, eventuell korrigierend eingreifen, aber „ohne den Gesprächsfaden abzuschneiden“, wie Egner es formuliert. Ein möglicher Aufhänger könne die Finanz- und Wirtschaftskrise sein, das Thema, das sich daran im Laufe des Austauschs anknüpfe, die Idee einer europäischen Arbeitslosenversicherung. Politisch ist das ein heißes Eisen, zum einen, weil die EU-Mitglieder auf ihre Souveränität in der Sozialpolitik pochen, zum anderen, weil das Thema emotionale Umverteilungsdebatten provoziert. Umso spannender sei es herauszufinden, „was die Europäer persönlich darüber denken“, findet der Politologe. „Letztlich geht es darum, dass es Solidarität nicht nur zwischen Staaten geben muss, sondern auch zwischen Individuen.“



Professor Björn Egner

Eine der größten Herausforderungen aber ist es, einen gemeinsamen Standard für die in neun EU-Ländern geführten Diskussionen zu finden und die Ergebnisse so für die spätere Analyse vergleichbar zu machen. Im Gespräch mit der Soziologin Inga Gaižauskaitė und ihren beiden Projektkollegen, den Politologen Petros Karpathiou und João Moniz, bekommt man ein Gefühl dafür, wie unterschiedlich der Blick auf Europa sein kann. Ihre Heimatländer – Litauen, Griechenland und Portugal – gehören zur Gruppe der so sogenannten Nettoempfänger, also der Staaten, die mehr Geld aus dem EU-Haushalt erhalten, als sie einzahlen, und sich eher als kleines Rad am Wagen denn als großer Motor europäischer Politikgestaltung sehen. Dennoch beobachten die drei Forschenden sehr individuelle Haltungen und Erwartungen gegenüber der Union.

So nimmt Moniz unter seinen portugiesischen Landsleuten zwar generell eine hohe Meinung von den Institutionen der EU wahr, gleichzeitig aber auch eine pragmatische, von wenig Enthusiasmus geprägte Einstellung gegenüber einer Staatengemeinschaft, die man als vorwiegend ökonomisch empfindet. In Griechenland, wie Portugal seit den 1980er-Jahren EU-Mitglied, dominierten derzeit enttäuschte Erwartungen in die Solidarität der EU nicht nur die öffentliche Meinung, sondern auch die der politisch Aktiven, beobachtet Karpathiou. Für Litauen, seit der ersten Osterweiterung 2004 dabei, sei die Europäische Union gefühlt weit weg, gleichwohl das Vertrauen in Europa und seine demokratischen Werte hoch, erzählt Gaižauskaitė

Um sich und die Situation in ihren Ländern besser kennenzulernen und eine gemeinsame Sprache für ihre



Professor Hubert Heinelt

Forschungen zu finden, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Darmstadt viel Zeit miteinander verbracht. Mit einem einheitlichen Leitfaden im Gepäck starten sie in ihren Heimatländern jetzt in die Arbeit mit den Fokusgruppen. Im Frühjahr 2022 wollen sie zur vergleichenden Analyse der Daten wieder an die TU Darmstadt zurückkehren. Ziel sei es, so Heinelt, zu identifizieren, „was in der politischen Debatte zum Zusammenhalt in Europa auf Resonanz bei den Menschen stoßen kann, weil es in ihren Alltagsgesprächen bereits angelegt ist“.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

### Das Projekt

Das internationale Forschungsvorhaben „HEUREC – How Europeans understand fairness, reciprocity and cohesion“ wird gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Bildung (BMBF) und läuft bis Frühjahr 2024. Neben Forschenden aus dem Institut für Politikwissenschaft der TU Darmstadt beteiligen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Finnland, Griechenland, Lettland, Litauen, den Niederlanden, Portugal, der Slowakei und Spanien an dem Projekt. Um die Projektergebnisse in die Praxis zu transferieren, sind unter anderem drei länderübergreifend besetzte Fokusgruppen in Kooperation mit dem Rat der Regionen und dem Wissenschaftlichen Dienst des Europäischen Parlaments in Brüssel geplant sowie eine Reflexion der Forschungserkenntnisse mit politischen Entscheidern und Entscheiderinnen.

Weitere Informationen:  
[bit.ly/3oFkdG1](https://bit.ly/3oFkdG1)

Alle Abbildungen: Katrin Binner

# Quantenchemie für die Energiewende

*TU-Chemieprofessorin Vera Krewald braucht kein Labor, dafür aber leistungsstarke Rechner. Mit den Werkzeugen der Quantenchemie beschreibt sie chemische Reaktionen – und zwar solche, die bei der Umstellung auf eine nachhaltige Wirtschaft eine Schlüsselrolle spielen.*

— Von Uta Neubauer

Der Weg zum Büro von Vera Krewald führt vorbei an Laboren. Wie in allen chemischen Forschungsinstituten riecht es dezent nach einem Mix aus Lösemitteln und anderen Chemikalien. „Den Duft der Chemie kann ich Ihnen bieten“, sagt Krewald und lacht. Sie selbst trägt allerdings nichts mehr zu dem Duft bei, denn ihren Laborkittel hat sie schon vor über zehn Jahren weggelegt. Ende 2018 kam sie als Assistenzprofessorin für Theoretische Chemie an die TU Darmstadt und baut hier eine eigene Forschungsgruppe auf. Statt mit Chemikalien, Kolben und Pipetten hantieren sie und ihr Team mit den Werkzeugen der Quantenchemie, um chemische Reaktionsmechanismen am Computer zu entschlüsseln. „Mit unseren Berechnungen schauen wir quasi in die Moleküle, in ihre Elektronenstrukturen hinein“, erklärt Krewald. „Wir können bestimmte Effekte an- und abschalten und sehen dann, welche Auswirkungen das auf die Elektronenstruktur und somit auf chemische Reaktionen hat.“

**Krewald betreibt** Grundlagenforschung, aber ihre Erkenntnisse sind durchaus relevant für die Chemieindustrie. „Mich interessieren besonders Prozesse im Kontext der Energie- und Rohstoffwende“, betont sie. So beschäftigt sich ihre Arbeitsgruppe zum Beispiel mit der Spaltung von Luftstickstoff, chemische Bezeichnung  $N_2$ , um das Element für die Herstellung von Dünger oder Grundchemikalien verfügbar zu machen. Bislang dient dazu der vor über hundert Jahren entwickelte Haber-Bosch-Prozess, der Temperaturen von einigen Hundert Grad Celsius, hohe Drücke und einen Katalysator benötigt. Nachhaltig ist das Verfahren nicht, es zählt vielmehr zu den größten industriellen Energieverbrauchern. Krewald erkundet daher einen alternativen Weg. Mittlerweile weiß man, dass sich die extrem stabile Stickstoff-Stickstoff-Bindung auch mit Licht – prinzipiell sogar mit Sonnenlicht – spalten

lässt, wenn der Luftstickstoff zuvor in bestimmte chemische Verbindungen eingelagert wird. Vereinfacht ausgedrückt werden die beiden Stickstoffatome mit Anhängseln versehen, die an der Bindung ziehen und den Zusammenhalt schwächen.

„Bislang sind etwa zehn Verbindungen bekannt, mit denen die lichtgetriebene Stickstoffspaltung gelingt“, erläutert Krewald, weist aber auch auf ein Problem hin: Alle zehn Moleküle enthalten relativ teure Metalle wie Rhenium, Wolfram oder Osmium. „Für einen nachhaltigen und industrietauglichen

*„Für einen nachhaltigen und industrietauglichen Prozess müssen wir das Prinzip auf andere Verbindungen übertragen, in denen keine teuren Metalle stecken.“*

Prozess müssen wir das Prinzip auf andere Verbindungen übertragen, in denen statt der teuren Metalle zum Beispiel Eisen steckt“, so Krewald. Für das Design solcher Substanzen müsse man die Stickstoffspaltung aber erst im Detail verstehen. Hier kommen die quantenchemischen Rechnungen ins Spiel, denn der lichtgetriebene Prozess läuft wie viele chemische Reaktionen so schnell ab, dass man die Mechanismen experimentell nicht beobachten kann. Mit den Methoden der Quantenchemie hingegen lassen sich Moleküle und Zwischenstufen berechnen, die nur sehr kurz existieren. Zudem könne man die Moleküle virtuell verändern und dann die Auswirkung auf die Elektronenstruktur erkennen, sagt Krewald: „So verstehen wir, wie sich Bindungen bilden oder spalten.“

**Quantenchemische Kalkulationen** sind aufwendig und brauchen viel Speicherplatz. Krewalds Team nutzt dafür sowohl den Lichtenberg-Hochleistungsrechner der TU Darmstadt als auch einen gruppeneigenen Computercluster. „Wir verwenden im Prinzip die aus der Physik bekannten Ansätze der Quantenmechanik, müssen sie aber unseren Fragestellungen anpassen“, unterstreicht Krewald, denn in der Quantenmechanik werde es kompliziert, sobald man drei und mehr Teilchen berechnen wolle. Als Quantenchemikerin betrachte sie  $N$  Teilchen, wobei  $N$  für die Zahl der Elektronen in den Molekülen stehe – und das könnten Hunderte sein: „Wir benötigen daher ein paar Näherungen, aber die funktionieren ziemlich gut.“ Das weiß sie aus dem Abgleich ihrer Berechnungen

## Informationen

**Arbeitsgruppe Theoretische Anorganische Chemie**  
**Prof. Dr. Vera Krewald**  
Telefon: 06151/16-21650  
E-Mail:  
vera.krewald@tu-darmstadt.de  
bit.ly/3x40zOp

#### Aktuelle Publikation:

Bastian Schluschaß, Jan-Henrik Bortler et al.: Cyanate Formation via Photolytic Splitting of Dinitrogen, *Journal of the American Chemical Society* Au, Mai 2021, <https://doi.org/10.1021/jacsau.1c00117>



mit Ergebnissen aus dem Labor. Krewalds Gruppe arbeitet sowohl bei der Stickstoffspaltung als auch in anderen Projekten stets eng mit experimentell forschenden Chemikerinnen und Chemikern zusammen: „Als Theoretikerin brauche ich die Zusammenarbeit mit Personen, die im Labor ausprobieren, was wir vorschlagen, und unsere Interpretationen überprüfen.“ Meist ist es ein Wechselspiel aus Computerkalkulation und Laborversuch, bis das optimale Molekül für eine bestimmte chemische Umsetzung gefunden oder ein Reaktionsmechanismus aufgeklärt ist.

**Mit den Arbeiten** zur Stickstoffspaltung, ihrem zentralen Forschungsthema, begann Krewald vor fünf Jahren als Postdoktorandin an der Universität Wien. Darüber hinaus beschäftigt sich ihre Gruppe mit den Bildungs- und Spaltungsreaktionen von weiteren kleinen, extrem stabilen Molekülen, die für die Energiewende eine Schlüsselrolle spielen: Wasserstoff ( $H_2$ ), Sauerstoff ( $O_2$ ) und Wasser ( $H_2O$ ). Die Wasserspaltung mit Sonnenenergie etwa führt zu dem regenerativen Energieträger Wasserstoff. Die Spaltung von Sauerstoff wiederum ist eine zentrale Reaktion in Brennstoffzellen. Deren katalytische Vorgänge entschlüsselt sie zusammen mit ihrer Kollegin Ulrike Kramm, ebenfalls Professorin im Fachbereich Chemie.

**Krewalds Forschung** ist der beste Beweis für die gesellschaftliche Relevanz der Quantenchemie. Anfang des Jahres erhielt sie für die Etablierung ihres Fachgebietes den Nachwuchspreis der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Universitätsprofessoren und -professorinnen für Chemie (ADUC). Im November durfte sie sich über eine weitere Ehrung freuen, den Dr. Hans Messer Stiftungspreis, den sie sich mit Meike Saul aus dem Fachbereich Biologie der TU Darmstadt teilt. Krewald wird ihr Preisgeld in Höhe von 25.000 Euro in Hardware für zusätzliche Rechenleistung investieren und zudem ein internationales Treffen zur lichtgetriebenen Stickstoffspaltung organisieren. Sie weiß, dass nicht nur experimentelle und theoretische Chemie, sondern auch Forschende aus aller Welt Hand in Hand arbeiten müssen, um die Energiewende und andere Herausforderungen unserer Zeit zu bewältigen.

*Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.*

Abbildung: Katrin Binner  
Professorin Vera Krewald

# Expertin für zelluläre Kommunikation

*Meike Saul, Gruppenleiterin im Fachbereich Biologie der TU Darmstadt, hat die Funktion eines kurzen RNA-Strangs bei Lungenkrebs und Arthritis entschlüsselt. Aus ihren Erkenntnissen leitet sie neue Diagnostikverfahren und Therapien ab.*

— Von Uta Neubauer

„I love sEV“ steht auf dem Kaffeebecher von Meike Saul, Leiterin einer Forschungsgruppe im Fachbereich Biologie der TU Darmstadt. „Den haben mir meine Doktoranden und Doktorandinnen geschenkt“, sagt sie und erklärt, dass das Kürzel sEV für „small extracellular vesicles“ stehe: „Das sind kleine Bläschen, die von Zellen ausgeschleust werden.“ Früher galten diese Bläschen als Mini-Mülltransporter für unerwünschte Stoffe. Heute weiß man, dass sie auch eine entscheidende Rolle für die Kommunikation von Zellen spielen. „Sowohl in gesundem Gewebe als auch in Tumoren müssen unsere Zellen ihre Funktion untereinander abstimmen“, sagt Saul. Dafür füllen sie die kleinen Bläschen, die im Fachjargon auch Exosome genannt werden, mit Botenstoffen, darunter auffällig viele kleine RNA-Moleküle.

**Auf Sauls** Kaffeebecher könnte ebenso gut stehen „I love miR-574-5p“. Hinter dieser Abkürzung verbirgt sich ein kurzer RNA-Strang, eine sogenannte Mikro-RNA (miR), deren Bedeutung sie vor fast zehn Jahren erkannte und um die sich alle ihre Projekte bis heute drehen.

**Mikro-RNAs** bestimmen mit, welche Proteine eine Zelle herstellt und welche nicht. Sie enthalten zwar keine Baupläne für Proteine, können sich aber an herkömmliche RNA anlagern und so die Proteinsynthese in unseren Zellen beeinflussen. Einige Tausend Mikro-RNAs sind mittlerweile allein beim Menschen bekannt. Seit der ersten Entdeckung im Jahr 1993 werden die kurzen Stränge durchnummeriert. Auf die 574. Mikro-RNA stieß Saul als Postdoktorandin am renommierten Karolinska-Institut in Stockholm. Sie erinnert sich noch, wie sie dort an ihrem Schreibtisch saß und die Sequenz anschaute: „Es war Zufall und Glück zugleich, diese Mikro-RNA zu finden, denn sie reguliert einen ganz essenziellen Prozess, der bei vielen Krankheiten eine Rolle spielt.“ Die Mikro-RNA

mit der Nummer 574 beeinflusst die Synthese von Prostaglandin E2, einem Gewebshormon, das sowohl Krankheiten wie Krebs und Arthritis mitsteuert als auch unser Schmerzempfinden, egal ob wir Rheuma, Kopfschmerzen oder eine Schnittwunde haben.

**Kürzlich entschlüsselte** Sauls Gruppe das Wechselspiel zwischen miR-574-5p und Prostaglandin E2 bei der häufigsten Form von Lungenkrebs, dem nicht-kleinzelligen Lungenkarzinom. Aktuell entwickelt ihr Team zusammen mit dem Frankfurter Auftragslabor Prolytic, einem Unternehmen der Kymos-Gruppe, ein Diagnostikverfahren, das die Behandlung dieses Krebsleidens verbessern soll. Bei den meisten Betroffenen treibt Prostaglandin E2 das Tumorstadium an. Medikamente wie Aspirin, die gegen Prostaglandin E2 wirken, könnten daher die Standardkrebstherapie unterstützen. „Leider tritt ein tumorhemmender Effekt von Prostaglandin-Inhibitoren nicht bei allen Erkrankten auf“, sagt Saul. Um Krebspatientinnen und -patienten

nicht unnötig mit einem zusätzlichen Medikament zu belasten, stellt sich die Frage: Bei wem ist die Gabe von Prostaglandin-Hemmern überhaupt sinnvoll? Zur Beantwortung schlägt Saul die Messung von miR-574-5p im Blut vor. Ihre jüngste Studie zeigte, dass der Gehalt dieser Mikro-RNA mit den Prostaglandin-Werten im Tumor zusammenhängt. Zur Validierung des Bluttests führt Sauls Gruppe in Kooperation mit Prolytic und dem Uniklinikum

Gießen und Marburg jetzt eine klinische Studie mit 150 Lungenkrebspatientinnen und -patienten durch. Wenn alles nach Plan läuft, könnte der Test für die personalisierte Krebsmedizin in etwa zwei Jahren marktreif sein. Die Idee ist, dass Prolytic die Untersuchung als Dienstleistung anbietet.

**Saul denkt derweil** schon einen Schritt weiter. Sie möchte die Messung von Mikro-RNA und Exosomen kombinieren und so die Krebsfrüherkennung im Blut – eventuell auch in anderen Körperflüssigkeiten

*„Meine Projekte klingen sehr unterschiedlich, aber Exosome und Mikro-RNAs bilden immer die Schnittmenge.“*

## Informationen

Fachbereich Biologie  
Dr. Meike Saul  
Telefon: 06151/16-22005  
E-Mail:  
saul@bio.tu-darmstadt.de  
bit.ly/3Cr9quE



Abbildung: Katrin Binner

Dr. Meike Saul

– möglich machen. Das Schlagwort lautet Flüssigbiopsie. Bislang wird bei Tumorverdacht eine Gewebeprobe mit einer speziellen Nadel entnommen. Diese klassische Biopsie, die viele Personen als unangenehm empfinden, könnte durch den Bluttest ersetzt werden. Um dieses Ziel zu erreichen, beschäftigt sich Sauls Gruppe jetzt mit der Analytik von Exosomen. „Wir können anhand der Oberflächenproteine der kleinen Bläschen erkennen, aus welchen Körpergeweben sie stammen und ob sie von gesunden oder kranken Zellen abgegeben wurden“, erläutert Saul. Ihre Gruppe nutzt für die Exosom-Bestimmung ein Gerät namens Exoview und speziell präparierte Antikörper-Chips, auf die etwas Blut oder eine andere flüssige Probe getropft wird. Die Exosome binden nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip an die auf dem Chip fixierten Antikörper, und erfolgreiche Kopplungen zeigen sich beim Auslesen im Exoview-Gerät als verschiedenfarbig fluoreszierende Punkte. Solche Leuchtmuster könnten der Krebserkennung dienen.

**Saul forscht** nicht nur an neuen Diagnoseverfahren, sondern auch an innovativen

Therapien. Mehrere Ideen für Medikamente gegen Lungenkrebs hat sie schon im Kopf, einen RNA-Wirkstoff gegen arthritische Leiden testet sie bereits im Tierversuch zusammen mit dem Stockholmer Karolinska-Institut. Über die Verwendung von Exosomen als Transporter für Pharmawirkstoffe denkt sie ebenfalls nach. „Meine Projekte klingen sehr unterschiedlich“, räumt sie ein, „aber Exosome und Mikro-RNAs bilden immer die Schnittmenge.“

**Die Coronapandemie** hat einige von Sauls Projekten verzögert, zugleich aber ist das Verständnis für ihre Forschung gestiegen, denn Begriffe wie RNA, Oberflächenproteine und die PCR-Technik, mit der auch Mikro-RNAs bestimmt werden, sind jetzt in aller Munde: „Vor einigen Jahren wurden meine Ideen zu neuen Therapien und Diagnostiktests auf Basis von Mikro-RNAs nicht immer ernst genommen“, sagt sie. „Jetzt zeigen sich Pharmaunternehmen äußerst interessiert.“

**Das gestiegene Interesse** kommt auch Sauls Forschungsbudget zugute, das sich ohnehin sehen lassen kann. Insgesamt warb ihre Gruppe in

den vergangenen fünf Jahren rund 1,2 Millionen Euro an Drittmitteln ein. Das Exoview-Gerät etwa finanzierte Saul mit Unterstützung der Wilhelm Sander-Stiftung, die innovative Krebsforschung fördert. Für ihre wissenschaftlichen Erfolge erhielt sie im November zusammen mit Vera Krewald, Professorin für Theoretische Chemie an der TU Darmstadt, den Dr. Hans Messer Stiftungspreis. Mit dem Preisgeld in Höhe von 25.000 Euro will Saul vor allem die Exosom-Analytik weiterentwickeln und so ihrem Ziel, Krebs zukünftig per Flüssigbiopsie zu erkennen, ein Stückchen näherkommen.

*Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.*

**Aktuelle Publikation:**

Julia Donzelli, Eva Proestler et al.: Small extracellular vesicle-derived miR-574-5p regulates PGE2-biosynthesis via TLR7/8 in lung cancer, *Journal of extracellular vesicles*, Oktober 2021, <https://doi.org/10.1002/jev2.12143>

# Skalierbare Quantenprozessoren in Sicht

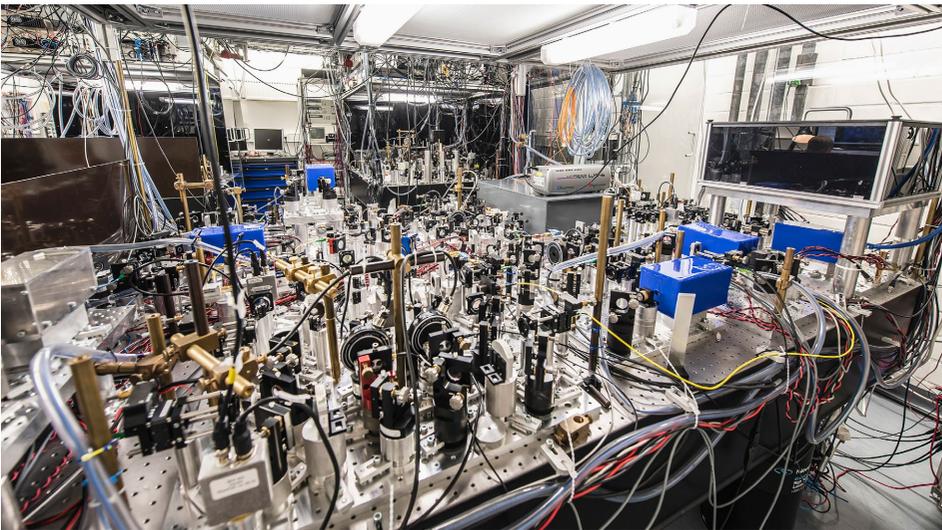


Foto: Klaus Mai

Komplexe optische Aufbauten und fortschrittlichste Verfahren der Quantenphysik bilden die Grundlagen für die integrierte Neutralatom-Quantentechnologie-Plattform DaNaQTP am Institut für Angewandte Physik der TU Darmstadt.

*Eine Physik-Forschungsgruppe der TU Darmstadt, die im Rahmen des Bundesprogramms „Quantentechnologien“ mit 3,3 Millionen Euro gefördert wird, verfolgt ehrgeizige Ziele.*

„Je mehr Speicherelemente und je mehr Rechenkerne, desto leistungsfähiger.“ Diese Klassifizierung ist aus der Leistungsbeschreibung von klassischen Computern wohlbekannt. Noch mehr trifft dies auf Quantencomputer und Quantensimulatoren zu. Denn erst bei einer ausreichend großen Zahl von Speicherzellen für die Quanteninformation – man spricht dabei in Anlehnung an Bits als die klassischen Informationseinheiten hier von Quantenbits oder Qubits – können diese neuartigen Rechenwerke ihr volles Potenzial ausschöpfen.

**Entsprechend** wird weltweit intensiv daran geforscht, neuartige technologische Plattformen für Quantencomputer und Quantensimulatoren zu entwickeln, die es ermöglichen, die Zahl der Qubits mit einem vertretbaren Einsatz der dafür erforderlichen zusätzlichen Ressourcen zu erhöhen. Gefordert ist also eine möglichst effiziente Skalierbarkeit der zugrundeliegenden Quantenprozessoren.

**In diesem weltweiten Wettstreit** kann das Institut für Angewandte Physik der Technischen Universität Darmstadt nun neue Impulse setzen: Durch das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms „Quantentechnologien“ mit insgesamt 3,3 Millionen Euro geförderten Projekts „Darmstadt-Neutralatom-Quantentechnologie-Plattform (DaNaQTP)“ kann die

Arbeitsgruppe um Professor Gerhard Birkel ihre im internationalen Vergleich besonders ambitionierte Architektur für Quantenprozessoren erheblich weiterentwickeln und das Potenzial für die Skalierbarkeit voll ausspielen. Der Ansatz beruht auf einer Kombination der modernsten Verfahren der optischen Technologie mit den fortschrittlichsten Methoden der Quantenoptik, die eine skalierbare Manipulation von Quantenzuständen ermöglichen.

**Basierend** auf lithografisch hergestellten Mikrolinsensystemen werden mit Laserlicht zweidimensionale Speicherarchitekturen für individuelle neutrale Atome erzeugt. Jedes einzelne Atom speichert ein Qubit, womit das physikalisch erreichbare Limit des Materialeinsatzes für ein Qubit erreicht wird. In DaNaQTP kann jedes Atom gezielt mit Quanteninformation beschrieben werden – und diese lässt sich kontrolliert wieder auslesen.

**Die nötige Steuerung** eines Qubits durch ein weiteres Qubit – notwendig für die Verarbeitung der Quanteninformation im Quantenprozessor – wird durch die Wechselwirkung der Atome in hochliegenden Zuständen, sogenannten Rydberg-Zuständen, erreicht.

**Die zentralen Ziele** des Projekts bestehen zum einen darin, den in Darmstadt bereits demonstrierten Quantenspeicher zu einem funktionalen Quantenprozessor mit 100 interagierenden Qubits zu erweitern, und zum anderen darin, die Zahl der Speicherzellen für Qubits erheblich zu steigern. Dabei kommt das große Innovationspotenzial des DaNaQTP-Ansatzes zum Tragen: Der nächste Schritt mit einer Skalierung auf 1000 Qubits soll während der Projektlaufzeit erreicht werden.

**Die verwendete technologische Basis** weist bereits jetzt den Weg zu Quantenprozessoren mit 100.000 voll kontrollierbaren Qubits. Diese Skalierbarkeit kann derzeit nur von wenigen anderen Plattformen so explizit vorhergesagt werden.

## Informationen

**Institut für Angewandte Physik**  
**Prof. Dr. Gerhard Birkel**  
Telefon: 06151/16-20410  
E-Mail: gerhard.birkel@tu-darmstadt.de  
www.iap.tu-darmstadt.de/apq