

25. Januar 2019

## **Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften wählt Klaus Blaum zum Auswärtigen Mitglied ihrer Physikklasse**

Die Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften hat Prof. Dr. Klaus Blaum zum Auswärtigen Mitglied ihrer Physikklasse gewählt. Die Entscheidung fiel in der Generalversammlung am 16.01.2019. Bei einer der kommenden Sitzungen soll Klaus Blaum im Rahmen einer kleinen Zeremonie in der Akademie begrüßt werden und eine Urkunde erhalten.

Die 1739 gegründete Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften ist eine unabhängige Nichtregierungs-Organisation, deren Aufgabe es ist, die Wissenschaften, insbesondere Naturwissenschaften und Mathematik, zu fördern und ihren Einfluss in der Gesellschaft zu stärken. Sie gliedert sich in 10 Klassen (Fachgruppen), gibt mehrere Zeitungen und Zeitschriften heraus und betreibt auch eigene Forschungsinstitute. Die Akademie hat aktuell ca. 460 schwedische und 175 auswärtige Mitglieder.

Es ist eine herausragende Anerkennung erfolgreicher Forschung, als Mitglied der Königlich Schwedischen Akademie gewählt zu werden. Außerdem ist die Akademie mit ihren Nobel-Komitees für die Vergabe der Nobelpreise in Physik und Chemie sowie den Alfred-Nobel-Gedächtnispreis der Schwedischen Reichsbank für Wirtschaftswissenschaften verantwortlich und vergibt eine Reihe von weiteren Preisen.

Klaus Blaum studierte Physik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Nach der Promotion in Mainz wechselte er als Postdoktorand der GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung Darmstadt an das Europäische Kernforschungszentrum CERN in Genf. 2004 bis 2007 leitete er eine Helmholtz-Forschungsgruppe in Mainz (Habilitation 2006), von wo ihn seine Karriere nach Heidelberg an das MPI für Kernphysik führte. Dorthin wurde er 2007 mit nur 35 Jahren als Direktor der Abteilung „Gespeicherte und gekühlte Ionen“ berufen. Zugleich ist er Professor und Mitglied der Fakultät für Physik und Astronomie der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg. Für seine bahnbrechenden Arbeiten erhielt er eine Reihe von Preisen, darunter den Gustav-Hertz-Preis 2004 der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, den Mattauch-Herzog-Preis 2005 der Deutschen Gesellschaft für Massenspektrometrie, 2012 (zusammen mit seinen Doktoranden Anke Wagner und Sven Sturm) den Helmholtzpreis für Präzisionsmessung, 2013 den G.N. Flerov-Preis und 2016 den Lise Meitner Award des Physik-Zentrums Göteborg. Außerdem wurde er 2008 zum Fellow der American Physical Society ernannt und gewann 2011 einen Advanced Grant des Europäischen Forschungsrats.

**Link zur Mitteilung der Schwedischen Akademie der Wissenschaften:**

<https://www.kva.se/en/nyheter/fyra-nya-ledamoter-invalda-i-januari>

**Dezember 2018**

## **SFB 1225 ISOQUANT unterstützt als neuer Kooperationspartner die Arbeit des TECHNOSEUM in Mannheim**

**TECHNOlab4girls und TECHNOakademie freuen sich über finanzielle Unterstützung für Ihre Arbeit im Bereich der Nachwuchsförderung**

Angehende Forscherinnen und Forscher haben in den verschiedenen konzipierten TECHNOclubs des TECHNOSEUMS Mannheim die Möglichkeit, in kleinen Teams eigene Projektideen zu entwickeln und umzusetzen. Dies kann eine selbst kreierte Kugelbahn mit Lichtimpulsen oder Loopings sein oder aber auch ein selbstgebauter Roboter, der über einen Arduino programmiert wird. Mit einem speziell auf ihre Interessen abgestimmten Programm möchte z.B. das TECHNOlab4girls besonders Mädchen für Naturwissenschaft und Technik begeistern. Die Mitglieder der TECHNOakademie nehmen regelmäßig am Wettbewerb Explore Science teil und landeten dabei in den letzten Jahren auch auf den vorderen Plätzen! Der Sonderforschungsbereich SFB 1225 ISOQUANT ist nun neuer Kooperationspartner und unterstützt die Nachwuchsförderung des TECHNOSEUMS mit einer Jahrespatenschaft.

<http://www.technoseum.de>

**29. November 2018**

## **Physiker Christof Wetterich ausgezeichnet**

**Wissenschaftler erhält Gentner-Kastler-Preis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft**

Prof. Dr. Christof Wetterich, Wissenschaftler am Institut für Theoretische Physik der Universität Heidelberg, wird von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) ausgezeichnet. Für seine bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiet der Quantenfeldtheorie erhält er den Gentner-Kastler-Preis. Wie die DPG betont, gilt die Auszeichnung insbesondere der von ihm entwickelten Methode der sogenannten funktionalen Renormierung, die Anwendungen in vielen verschiedenen Gebieten der modernen Physik findet. Der Preis wird gemeinsam mit der Société Française de Physique in Erinnerung an zwei herausragende deutsche und französische Physiker, Wolfgang Gentner und Alfred Kastler, für besonders wertvolle wissenschaftliche Beiträge vergeben. Im jährlichen Wechsel geht die Auszeichnung, die mit einem Preisgeld von 3.000 Euro dotiert ist, an einen Physiker aus Deutschland und Frankreich.

Die von Prof. Wetterich formulierte funktionale Renormierung erlaubt es, die Komplexität der makroskopischen Welt auf die „einfachen“ physikalischen Gesetze des Mikrokosmos zurückzuführen. Dadurch wird es möglich, physikalische Fragestellungen in ganz unterschiedlichen Bereichen der Physik zu bearbeiten und zu lösen. So wird diese Methode nicht nur in der Festkörperphysik angewendet, sondern zum Beispiel auch im Bereich der ultrakalten Quantengase oder in der Forschung zur Entwicklung von Strukturen im

Universum. Aber auch bei der Suche nach Antworten auf fundamentale Fragestellungen der Theoretischen Physik, wie der Frage nach dem Ursprung und den Eigenschaften der Dunklen Energie, spielt die von Christof Wetterich entwickelte Methode eine wichtige Rolle.

Christof Wetterich studierte Physik in Paris und Köln sowie in Freiburg, wo er auch promoviert wurde und sich später habilitierte. Der Wissenschaftler wirkte am europäischen Forschungszentrum CERN in Genf, an der Universität Bern (Schweiz) sowie am Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY in Hamburg. Seit 1992 hat er eine Professur am Institut für Theoretische Physik der Universität Heidelberg inne. Die Verleihung des Gentner-Kastler-Preises findet im kommenden Jahr in Frankreich statt.

**Link zur Pressemitteilung der Universität Heidelberg:** [https://www.uni-heidelberg.de/presse/meldungen/2018/m20181129\\_physiker-christof-wetterich-ausgezeichnet.html](https://www.uni-heidelberg.de/presse/meldungen/2018/m20181129_physiker-christof-wetterich-ausgezeichnet.html)

**Pressemitteilung Nr. 143/2018**

**26. November 2018**

## **ERC Starting Grant für Heidelberger Physiker**

Europäischer Forschungsrat fördert Philipp Hauke mit rund 1,5 Millionen Euro

Der Heidelberger Physiker Dr. Philipp Hauke erhält eine hochdotierte Förderung des Europäischen Forschungsrates (ERC), einen ERC Starting Grant für herausragende junge Wissenschaftler. Mit den Mitteln in Höhe von rund 1,5 Millionen Euro für einen Zeitraum von fünf Jahren werden seine Forschungen auf dem Gebiet der Quantenmechanik gefördert. Im Zentrum steht dabei die Frage, wie die Verschränkung von Teilchen auf mikroskopischer Ebene die makroskopischen Eigenschaften der Materie beeinflusst. Diese Erkenntnisse sollen für neuartige technologische Anwendungen nutzbar gemacht werden. Sein Projekt startet noch im November dieses Jahres. Philipp Hauke ist Forschungsgruppenleiter am Kirchhoff-Institut für Physik der Universität Heidelberg.

Wie Dr. Hauke erläutert, können in der mikroskopischen Welt Gruppen von Teilchen – die Quantenbausteine – in einen „verschränkten“ Zustand gebracht werden. Dabei geben die einzelnen Bausteine ihre Identität auf, so dass jeder Baustein stets um das Verhalten der anderen „weiß“. „Große experimentelle Fortschritte in den vergangenen Jahren haben es möglich gemacht, Materie auf der Ebene einzelner Bausteine zu manipulieren und komplexe Materialien von Grund auf nachzubauen, um ihre Eigenschaften zu überprüfen“, so der Heidelberger Physiker. „Wir wissen heutzutage, dass Verschränkung auf dieser fundamentalen Ebene eine zentrale Rolle spielen muss. Allerdings ist diese Verschränkung bislang nur zwischen sehr wenigen Teilchen vollkommen verstanden. Zudem ist sie in Vielteilchensystemen experimentell nur sehr schwer nachweisbar.“ Ziel seines ERC Projekts „Strong Entanglement in Quantum Many-body Theory“ (StrEnQTh) ist es, diese Hürden zu überwinden.

Philipp Hauke (Jahrgang 1983) hat in München sowie in Lausanne (Schweiz) studiert. Die Doktorarbeit entstand am Institute of Photonic Sciences in Barcelona (Spanien). Als Postdoktorand wirkte er an der Universität Innsbruck (Österreich). Seit 2017 ist Dr. Hauke Leiter der Forschung „Quantenoptik und Quantenvielteilchentheorie“ am Kirchhoff-Institut für Physik der Universität Heidelberg.

Der Europäische Forschungsrat vergibt den Starting Grant an herausragende junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Kriterien für die Förderung sind die wissenschaftliche Exzellenz der Nachwuchsforscher und das innovative Potential ihrer Forschungsideen.

**Link zur Pressemitteilung der Universität Heidelberg:** [https://www.uni-heidelberg.de/presse/news2018/pm20181126\\_erc-starting-grant-fuer-heidelberger-physiker.html](https://www.uni-heidelberg.de/presse/news2018/pm20181126_erc-starting-grant-fuer-heidelberger-physiker.html)

**15. November 2018**

## **Deutsche Physikalische Gesellschaft zeichnet Johanna Stachel aus**

### **Heidelberger Experimentalphysikerin erhält die Stern-Gerlach-Medaille**

Mit der wichtigsten Auszeichnung, die die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) auf dem Gebiet der experimentellen Physik vergibt, wird die Heidelberger Wissenschaftlerin Prof. Dr. Johanna Stachel ausgezeichnet. Sie erhält die Stern-Gerlach-Medaille gemeinsam mit Prof. Dr. Peter Braun-Munzinger vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt. Die DPG würdigt damit die herausragenden Beiträge des Forscherehepaares zur Interpretation von Schwerionenkollisionen und zum Verständnis der Phasenstruktur von Materie unter extremen Bedingungen ebenso wie die federführenden Arbeiten in der Entwicklung und Etablierung experimenteller Techniken. Johanna Stachel lehrt und forscht als Professorin für Experimentalphysik am Physikalischen Institut der Universität Heidelberg; Peter Braun-Munzinger ist Honorarprofessor an der Ruperto Carola.

Am europäischen Forschungszentrum CERN in Genf ist Prof. Stachel maßgeblich an den Experimenten mit dem Teilchenbeschleuniger LHC und der ALICE-Kollaboration beteiligt. Im Mittelpunkt der Forschung steht das Quark-Gluon-Plasma. Aus diesem Materiezustand, der unmittelbar nach dem Urknall den Kosmos erfüllte, entwickelten sich einst die Grundbausteine

der Materie und schließlich alles, was wir heute im Universum vorfinden. Der Large Hadron Collider (LHC) macht es möglich, diese kosmische „Ursuppe“ nachzubilden und zu untersuchen. Nach der Mitwirkung an Bau und Betrieb zentraler Detektoren für das Experiment ALICE haben Prof. Stachel und Prof. Braun-Munzinger in einer Serie von Veröffentlichungen zentrale Erkenntnisse aus ihren langjährigen Arbeiten zur Natur des Phasenübergangs vorgestellt. Gemeinsam mit Kollegen konnten sie mit Präzision die Übergangstemperatur bestimmen. Zudem gewannen sie neue Einblicke in den Mechanismus, wie ein Quark-Gluon-Plasma beim Abkühlen in die normalen Materiebausteine wie Protonen, Neutronen oder Atomkerne ausfriert. Dabei gelang auch der Nachweis eines von Johanna Stachel und Peter Braun-Munzinger vorhergesagten Phänomens. Für ihre gemeinsam erbrachten, herausragenden Forschungsleistungen in der Hochenergie-Schwerionenforschung werden die beiden Wissenschaftler nun geehrt.

Johanna Stachel studierte Chemie und Physik und wurde an der Universität Mainz promoviert. Im Anschluss forschte sie dreizehn Jahre in den USA an der Stony Brook University und dem Brookhaven National Laboratory. 1996 wurde sie an die Universität Heidelberg berufen. Für ihre Arbeiten erhielt sie mehrere Forschungspreise, im Jahr 1999 wurde sie mit dem Bundesverdienstkreuz ausgezeichnet. Prof. Stachel hat in zahlreichen wissenschaftlichen Gremien wie dem Scientific Policy Committee des CERN und dem US-amerikanischen Nuclear Science Advisory Committee mitgewirkt und engagiert sich auch aktuell in vielfältiger Weise in Einrichtungen der Wissenschaftsförderung. Von 2012 bis 2014 war sie Präsidentin der Deutschen Physikalischen Gesellschaft – als erste Frau seit Gründung der DPG im Jahr 1845. Diese ist die älteste nationale und mit mehr als 60.000 Mitgliedern auch größte physikalische Fachgesellschaft der Welt.

**Link zur Pressemitteilung Nr. 136/2018 der Universität Heidelberg:** [https://www.uni-heidelberg.de/presse/news2018/pm20181115\\_deutsche-physikalische-gesellschaft-zeichnet-johanna-stachel-aus.html](https://www.uni-heidelberg.de/presse/news2018/pm20181115_deutsche-physikalische-gesellschaft-zeichnet-johanna-stachel-aus.html)

**8. November 2018**

## **Veröffentlichung in „Nature“**

### **Universal dynamics in an isolated one-dimensional Bose gas far from equilibrium**

*Sebastian Erne, Robert Bücker, Thomas Gasenzer, Jürgen Berges & Jörg Schmiedmayer*

Understanding the behaviour of isolated quantum systems far from equilibrium and their equilibration is one of the most pressing problems in quantum many-body physics<sup>1,2</sup>. There is strong theoretical evidence that sufficiently far from equilibrium a wide variety of systems—including the early Universe after inflation<sup>3,4,5,6</sup>, quark–gluon matter generated in heavy-ion collisions<sup>7,8,9</sup>, and cold quantum gases<sup>4,10,11,12,13,14</sup>—exhibit universal scaling in time and space during their evolution, independent of their initial state or microscale properties. However, direct experimental evidence is lacking. Here we demonstrate universal scaling in the time-evolving momentum distribution of an isolated, far-from-equilibrium, one-dimensional Bose gas, which emerges from a three-dimensional ultracold Bose gas by means of a strong cooling quench. Within the scaling regime, the time evolution of the system at low momenta is described by a time-independent, universal function and a single scaling exponent. The non-

equilibrium scaling describes the transport of an emergent conserved quantity towards low momenta, which eventually leads to the build-up of a quasi-condensate. Our results establish universal scaling dynamics in an isolated quantum many-body system, which is a crucial step towards characterizing time evolution far from equilibrium in terms of universality classes. Universality would open the possibility of using, for example, cold-atom set-ups at the lowest energies to simulate important aspects of the dynamics of currently inaccessible systems at the highest energies, such as those encountered in the inflationary early Universe.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1038/s41586-018-0667-0](https://doi.org/10.1038/s41586-018-0667-0)

**News and views by M. Kolodrubetz:**

<https://www.nature.com/articles/d41586-018-07272-6>

**Link zur Pressemitteilung der TU Wien:**

[https://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news\\_detail/article/126311/](https://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/126311/)

**H. Johnston's feature in Physics World:**

<https://physicsworld.com/a/ultracold-atoms-quench-a-thirst-for-universality-far-from-equilibrium/>

**7. November 2018**

**Veröffentlichung in „Nature“**

**Observation of universal dynamics in a spinor Bose gas far from equilibrium**

*Maximilian Prüfer, Philipp Kunkel, Helmut Strobel, Stefan Lannig, Daniel Linnemann, Christian-Marcel Schmied, Jürgen Berges, Thomas Gasenzer & Markus K. Oberthaler*

Predicting the dynamics of quantum systems far from equilibrium represents one of the most challenging problems in theoretical many-body physics<sup>1,2</sup>. While the evolution of a many-body system is in general intractable in all its details, relevant observables can become insensitive to microscopic system parameters and initial conditions. This is the basis of the phenomenon of universality. Far from equilibrium, universality is identified through the scaling of the spatio-temporal evolution of the system, captured by universal exponents and functions. Theoretically, this has been studied in examples as different as the reheating process in inflationary Universe cosmology<sup>3,4</sup>, the dynamics of nuclear collision experiments described by quantum chromodynamics<sup>5,6</sup>, and the post-quench dynamics in dilute quantum gases in non-relativistic quantum field theory<sup>7,8,9,10,11</sup>. However, an experimental demonstration of such scaling evolution in space and time in a quantum many-body system has been lacking. Here we observe the emergence of universal dynamics by evaluating spatially resolved spin correlations in a quasi-one-dimensional spinor Bose–Einstein condensate<sup>12,13,14,15,16</sup>. For long evolution times we extract the scaling properties from the spatial correlations of the spin excitations. From this we find the dynamics to be governed by an emergent conserved quantity and the transport of spin excitations towards low momentum scales. Our results establish an important class of non-stationary systems whose dynamics is encoded in time-independent scaling exponents and functions, signalling the existence of non-thermal fixed points<sup>10,17,18</sup>. We confirm that the non-thermal scaling phenomenon involves no fine-tuning of parameters, by preparing different initial conditions and observing the same scaling behaviour. Our analogue quantum simulation approach provides the basis with which to reveal the underlying mechanisms and characteristics

of non-thermal universality classes. One may use this universality to learn, from experiments with ultracold gases, about fundamental aspects of dynamics studied in cosmology and quantum chromodynamics.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1038/s41586-018-0659-0](https://doi.org/10.1038/s41586-018-0659-0)

**News and views by M. Kolodrubetz:**

<http://dx.doi.org/10.1038/d41586-018-07272-6>

**Pressemitteilung der Universität Heidelberg**

[https://www.uni-heidelberg.de/presse/news2018/pm20181109\\_universelle-dynamik-wolken-von-rubidium-atomen.html](https://www.uni-heidelberg.de/presse/news2018/pm20181109_universelle-dynamik-wolken-von-rubidium-atomen.html)

H. Johnston's feature in Physics World.

<https://physicsworld.com/a/ultracold-atoms-quench-a-thirst-for-universality-far-from-equilibrium/>

**20. September 2018**

## **Neue Erkenntnisse zur Entstehung der Materie**

### **Kernphysikalische Experimente ermöglichen einen Blick in die Anfänge des Universums**

Etwa zehn Millionstel Sekunden dauerte es, bis die Bausteine der Materie unserer heutigen Alltagswelt entstanden, so die gängige Annahme von Experten: Nach dem Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren bewegten sich Quarks und Gluonen, zwei Arten von Elementarteilchen, in den allerersten Augenblicken des Universums frei in einem Quark-Gluon-Plasma. Dann, in einem Phasenübergang, vereinigten sich diese Teilchen und bildeten Hadronen, darunter die Bausteine von Atomkernen – Protonen und Neutronen. Ein internationales Forscherteam präsentiert nun eine Analyse der Ergebnisse langjähriger Experimente an Teilchenbeschleunigern, die Licht auf die Natur dieses Phasenübergangs wirft. Sie wurden unter anderem mit dem ALICE-Detektor am Large Hadron Collider des Europäischen Kernforschungszentrums CERN bei den weltweit höchsten Energien durchgeführt. Unter anderem bestimmten die Forscher mit Präzision die Übergangstemperatur und erhielten neue Erkenntnisse zu dem Mechanismus, wie ein Quark-Gluon-Plasma beim Abkühlen in die

normalen Materiebausteine wie Protonen, Neutronen oder Atomkerne ausfriert. Das Forscherteam besteht aus Wissenschaftlern des GSI Helmholtzzentrums für Schwerionenforschung in Darmstadt sowie der Universitäten Heidelberg, Münster und Breslau (Polen). Ihre Ergebnisse veröffentlichten sie in „Nature“ (<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0491-6>).

Die Heidelberger Forschungsgruppe am Physikalischen Institut der Universität Heidelberg unter Leitung von Prof. Dr. Johanna Stachel ist seit 1996 Mitglied von ALICE und hat sowohl im Aufbau des Experiments als auch im Betrieb und in der Datenanalyse eine Schlüsselfunktion inne. Prof. Stachel ist Leiterin einer der Hauptkomponenten von ALICE, des TRD-Projekts (Übergangsstrahlungsdetektor), und war stellvertretende Leiterin des TPC-Projekts (Spurendriftkammer). Mit ihrer Gruppe hat sie entscheidenden Anteil am erfolgreichen ALICE-Experiment. In Deutschland ist die Förderung für die LHC-Experimente in vier Forschungsschwerpunkten (FSP) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung strukturiert. Die Wissenschaftlerin ist seit Beginn der FSPs Sprecherin des FSP202-ALICE. Die phänomenologischen Untersuchungen zur Interpretation der ALICE-Daten, die im Zentrum der aktuellen „Nature“-Veröffentlichung stehen, wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Isolierte Quantensysteme und Universalität unter extremen Bedingungen“ (SFB1225/ISOQUANT) der Ruperto Carola durchgeführt. Prof. Stachel ist stellvertretende Sprecherin des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten SFB 1225.

**Link zur gemeinsamen Pressemitteilung der Universitäten Münster und Heidelberg sowie des GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt:**  
<https://www.uni-muenster.de/news/view.php?cmdid=9831>

**20. April 2018**

**Veröffentlichung im „Science“**

**Recurrences in an isolated quantum many-body system**

*Bernhard Rauer, Sebastian Erne, Thomas Schweigler, Federica Cataldini, Mohammadamin Tajik, Jörg Schmiedmayer*

The complexity of interacting quantum many-body systems leads to exceedingly long recurrence times of the initial quantum state for all but the smallest systems. For large systems, one cannot probe the full quantum state in all its details. Thus, experimentally, recurrences can only be determined on the level of the accessible observables. Realizing a commensurate spectrum of collective excitations in one-dimensional superfluids, we demonstrate recurrences of coherence and long-range order in an interacting quantum many-body system containing

thousands of particles. Our findings will enable the study of the coherent dynamics of large quantum systems even after they have reached a transient thermal-like state.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1126/science.aan7938](https://doi.org/10.1126/science.aan7938)

**17. April 2018**

**Veröffentlichung im „Science“**

**Spatially distributed multipartite entanglement enables EPR steering of atomic clouds**

*Philipp Kunkel, Maximilian Prüfer, Helmut Strobel, Daniel Linnemann, Anika Frölian, Thomas Gasenzer, Martin Gärttner, Markus K. Oberthaler*

A key resource for distributed quantum-enhanced protocols is entanglement between spatially separated modes. However, the robust generation and detection of entanglement between spatially separated regions of an ultracold atomic system remain a challenge. We used spin mixing in a tightly confined Bose-Einstein condensate to generate an entangled state of indistinguishable particles in a single spatial mode. We show experimentally that this entanglement can be spatially distributed by self-similar expansion of the atomic cloud. We used spatially resolved spin read-out to reveal a particularly strong form of quantum correlations known as Einstein-Podolsky-Rosen (EPR) steering between distinct parts of the expanded cloud. Based on the strength of EPR steering, we constructed a witness, which confirmed genuine 5-partite entanglement.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1126/science.aao2254](https://doi.org/10.1126/science.aao2254)

**Science Perspective by D. Cavalcanti:**

<http://dx.doi.org/10.1126/science.aat4590>

**26. Januar 2018**

**Veröffentlichung in „Science“**

**Spatially distributed multipartite entanglement enables EPR steering of atomic clouds**

*Puneet A. Murthy, Mathias Neidig, Ralf Klemt, Luca Bayha, Igor Boettcher, Tilman Enss, Marvin Holten, Gerhard Zürn, Philipp M. Preiss, Selim Jochim*

The nature of the normal phase of strongly correlated fermionic systems is an outstanding question in quantum many-body physics. We used spatially resolved radio-frequency spectroscopy to measure pairing energy of fermions across a wide range of temperatures and interaction strengths in a two-dimensional gas of ultracold fermionic atoms. We observed many-body pairing at temperatures far above the critical temperature for superfluidity. In the

strongly interacting regime, the pairing energy in the normal phase considerably exceeds the intrinsic two-body binding energy of the system and shows a clear dependence on local density. This implies that pairing in this regime is driven by many-body correlations, rather than two-body physics. Our findings show that pairing correlations in strongly interacting two-dimensional fermionic systems are remarkably robust against thermal fluctuations.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1126/science.aan5950](https://doi.org/10.1126/science.aan5950)

**16. Oktober 2017**

**Veröffentlichung in „Nature“**

**Rabi oscillations of X-ray radiation between two nuclear ensembles**

*Johann Haber, Xiangjin Kong, Cornelius Strohm, Svenja Willing, Jakob Gollwitzer, Lars Bocklage, Rudolf Ruffer, Adriana Pálffy & Ralf Röhlsberger*

The realization of the strong coupling regime between a single cavity mode and an electromagnetic resonance is a centrepiece of quantum optics. In this regime, the reversible exchange of a photon between the two components of the system leads to so-called Rabi oscillations. Strong coupling is used in the optical and infrared regimes, for instance, to produce non-classical states of light, enhance optical nonlinearities and control quantum states. Here, we report the first observation of Rabi oscillations of an X-ray photon between two resonant  $^{57}\text{Fe}$  layers embedded in two coupled cavities. The system is described by an effective Hamiltonian, in which the two layers couple strongly. We observe sinusoidal beating as the signature of the Rabi oscillations in the system's temporal evolution, as well as the splitting of nuclear resonances in the reflected light spectrum. Our results significantly advance the development of the new field of X-ray quantum optics.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1038/s41566-017-0013-3](https://doi.org/10.1038/s41566-017-0013-3)

**28. Juli 2017**

**Veröffentlichung im „Science“**

**Spectral narrowing of x-ray pulses for precision spectroscopy with nuclear resonances**

*K. P. Heeg, A. Kaldun, C. Strohm, P. Reiser, C. Ott, R. Subramanian, D. Lentrodt, J. Haber, H.-C. Wille, S. Goerttler, R. Ruffer, C. H. Keitel, R. Röhlsberger, T. Pfeifer, J. Evers*

Spectroscopy of nuclear resonances offers a wide range of applications due to the remarkable energy resolution afforded by their narrow linewidths. However, progress toward higher

resolution is inhibited at modern x-ray sources because they deliver only a tiny fraction of the photons on resonance, with the remainder contributing to an off-resonant background. We devised an experimental setup that uses the fast mechanical motion of a resonant target to manipulate the spectrum of a given x-ray pulse and to redistribute off-resonant spectral intensity onto the resonance. As a consequence, the resonant pulse brilliance is increased while the off-resonant background is reduced. Because our method is compatible with existing and upcoming pulsed x-ray sources, we anticipate that this approach will find applications that require ultranarrow x-ray resonances.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1126/science.aan3512](https://doi.org/10.1126/science.aan3512)

**18. Mai 2017**

**Veröffentlichung in „Nature“**

**Experimental characterization of a quantum many-body system via higher-order correlations**

*Thomas Schweigler, Valentin Kasper, Sebastian Erne, Igor Mazets, Bernhard Rauer, Federica Cataldini, Tim Langen, Thomas Gasenzer, Jürgen Berges & Jörg Schmiedmayer*

Quantum systems can be characterized by their correlations<sup>1,2</sup>. Higher-order (larger than second order) correlations, and the ways in which they can be decomposed into correlations of lower order, provide important information about the system, its structure, its interactions and its complexity<sup>3,4</sup>. The measurement of such correlation functions is therefore an essential tool for reading, verifying and characterizing quantum simulations<sup>5</sup>. Although higher-order correlation functions are frequently used in theoretical calculations, so far mainly correlations up to second order have been studied experimentally. Here we study a pair of tunnel-coupled one-dimensional atomic superfluids and characterize the corresponding quantum many-body problem by measuring correlation functions. We extract phase correlation functions up to tenth order from interference patterns and analyse whether, and under what conditions, these functions factorize into correlations of lower order. This analysis characterizes the essential features of our system, the relevant quasiparticles, their interactions and topologically distinct vacua. From our data we conclude that in thermal equilibrium our system can be seen as a quantum simulator of the sine-Gordon model<sup>6,7,8,9,10</sup>, relevant for diverse disciplines ranging from particle physics to condensed matter<sup>11,12</sup>. The measurement and evaluation of higher-order correlation functions can easily be generalized to other systems and to study correlations of any

other observable such as density, spin and magnetization. It therefore represents a general method for analysing quantum many-body systems from experimental data.

**Link zum Forschungsartikel:** [10.1038/nature22310](https://doi.org/10.1038/nature22310)

**News and Views by I. Spielman:** <http://dx.doi.org/10.1038/545293a>

07.12.2016

**Veröffentlichung im Ruperto Carola Forschungsmagazin der Universität  
Heidelberg (Nr. 9 (2016): Stop & Go)**

**Stillstand und Dynamik**

*Prof. Dr. Thomas Gasenzer*

**Link zum Artikel:**

<https://heiup.uni-heidelberg.de/journals/index.php/rupertocarola/article/view/23623/17349>