

UniverseNews

Excellence Cluster Universe | Ausgabe 1/2014

Eine der ersten Teilchenspuren aus einer Blei-Blei-Kollision am Detektor ALICE, ©CERN 2010

Entdeckung von Gravitationswellen
Erkenntnisse über die
ersten Sekundenbruchteile
nach dem Urknall

Quark-Gluon-Plasma
Das heißeste Zeug
des Universums

Liebe Leserinnen und Leser,

Das Jahr 2014 hatte ruhig begonnen: keine spektakulären Erkenntnisse in Sicht. Doch Mitte März hörte man gerüchteleise vom Harvard-Smithsonian-Center für Astrophysik, dass demnächst eine „große Entdeckung“ käme. Bald schon folgte die Einladung zu deren „besonderer Webcast“-Präsentation. Also saßen die Kosmologinnen und Kosmologen des Exzellenzclusters Universe und der Partner-Institute am 17. März zusammen, um die Neuigkeiten der US-Kollegen zu verfolgen. Anschließend wurde lange diskutiert: Sollten die amerikanischen Wissenschaftler tatsächlich Gravitationswellen in der kosmischen Hintergrundstrahlung gemessen haben? Das wäre eine Sensation. Es wird erwartet, dass das Ergebnis in den nächsten Monaten durch Planck oder ein anderes Experiment bestätigt oder widerlegt werden wird. Das Jahr 2014 verspricht spannend zu bleiben.

Petra Riedel, PR Managerin



3

Entdeckung von Gravitationswellen
„Erkenntnisse über die ersten
Sekundenbruchteile nach dem Urknall“ 3

Dr. Torsten Dahms und das Quark-Gluon-Plasma
Das heißeste Zeug des Universums 6

Seed-Money-Projekt des Exzellenzclusters
Forschung für ALICE 8

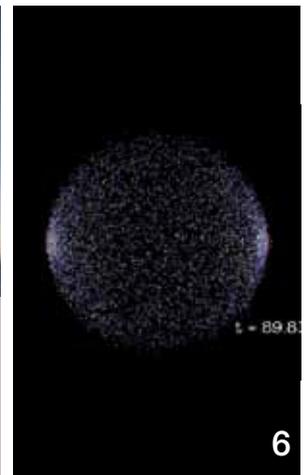
Wissenschaftliches Jahrestreffen
Science Week 2013 10

Rückblick 2

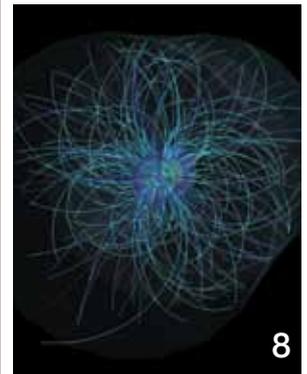
Termine 11

Personalien 12

Impressum 12



6



8

Rückblick



Fruits of the Universe

Mittagstalks am Donnerstag

Die neue Talk-Reihe des Exzellenzclusters kommt gut an: Bei einem kleinen Imbiss gibt ein Wissenschaftler eine kurze Einführung in sein Forschungsgebiet, als Hilfsmittel stehen ihm dabei nur Flipchart und Stift zur Verfügung. Bis zu 40 Kolleginnen und Kollegen finden sich dazu jeden zweiten Donnerstag ein. Die anschließende Diskussion ist lebhaft. Zum Auftakt am 21.11.2013 sprach ein sehr prominenter Cluster-Gast über supermassive Schwarze Löcher: Prof. Dr. Scott Tremaine (Princeton Univ.). Im Bild: Prof. Dr. Barbara Ecolano. Ihr Thema: Das Geheimnis der Planetenentstehung (30.01.).



Interdisziplinäre Workshops

zu Statistik und Dunkler Materie

Zwei Interdisziplinäre Cluster Workshops brachten im Februar Forscherinnen und Forscher aus Garching sowie ausgewählte externe Wissenschaftler zusammen. Vom 10. - 11.02. trafen sich die Experten der Dunklen Materie am MPE. Eine Woche später, vom 17. - 18.02., tauschten sich die Spezialisten dort über statistische Methoden aus. Ziel war es insbesondere, neue Projekte und Zusammenarbeiten zu fördern. Die Veranstaltungen waren so erfolgreich, dass vom 14. - 15.04. ein weiterer Interdisziplinärer Cluster Workshop folgt: Einsatz von Grafikprozessoren (GPUs) in der Physik.



Wissenschaft für jedermann

Vorträge im Deutschen Museum

Fünf Abende bestritt der Exzellenzcluster in der Vortragssaison 2013/14 am Deutschen Museum: Dr. Nadine Neumayers (ESO) Vortrag über Schwarze Löcher war in Rekordzeit ausgebucht (05.02.). Prof. Dr. Immanuel Bloch (LMU/MPQ) (Foto) stellte Experimente mit den kältesten Objekten im Universum vor (19.02.). Die Verbindung zwischen Theorie und Experiment in der Teilchenphysik verdeutlichten Prof. Dr. Stephan Paul und Prof. Dr. Andrzej Buras (TUM) (29.01). Weitere Sprecher: Prof. Dr. Alexander Heisterkamp (Uni Jena) am 27.11. sowie Dr. Stefan Gillessen (MPE) am 23.10.2013.



In der klaren und trockenen Luft der Antarktis konnten Wissenschaftler in der kosmischen Hintergrundstrahlung erstmals Gravitationswellen entdecken. Das Labor mit dem BICEP2-Teleskop (links) ist rund einen Kilometer vom geografischen Südpol entfernt.

Interview mit Prof. Dr. Hans Böhringer zur Entdeckung von Gravitationswellen im kosmischen Mikrowellenhintergrund

„Erkenntnisse über die ersten Sekundenbruchteile nach dem Urknall“

Die Existenz von Gravitationswellen ist das letzte in der Allgemeinen Relativitätstheorie behauptete Phänomen, das noch nicht direkt empirisch beobachtet wurde. Jetzt ist sich ein amerikanisches Wissenschaftlerteam sicher, in der kosmischen Hintergrundstrahlung erstmals Gravitationswellen entdeckt zu haben und gleichzeitig Informationen über die erste Billionstel Sekunde nach dem Urknall gewonnen zu haben. Das sorgt für Aufsehen weit über die Welt der Wissenschaft hinaus. Ein Gespräch mit Prof. Dr. Hans Böhringer vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik.

Interview: Petra Riedel

Warum ist diese Entdeckung eine Sensation?

Prof. Dr. Hans Böhringer: Die Wissenschaftler aus den USA gehen davon aus, dass sie in ihrer Messung Gravitationswellen erkennen, die sich in der ersten Billionstel Sekunde nach dem Urknall in Bewegung gesetzt haben. Das ist in vielerlei Hinsicht außergewöhnlich: Bislang ist es noch nicht gelungen, Gravitationswellen direkt nachzuweisen. Außerdem stammen diese Gravitationswellen aus der ganz frühen Phase des Universums, weniger als 10^{-30} Sekunden nach dem Urknall. Das älteste Licht und damit die älteste direkte Information, die wir über unser Universum haben, ist der kosmische Mikrowellenhintergrund. Dieser

zeigt das Universum etwa 380.000 Jahre nach dem Urknall. Weiter können wir mittels elektromagnetischer Strahlung nicht zurück blicken, denn davor war das Universum ein undurchsichtiges Plasma. Aber jetzt haben wir eine mögliche indirekte Information, die noch viel weiter zurückgeht, eine Signatur von Gravitationswellen, abgebildet auf dem kosmischen Mikrowellenhintergrund.

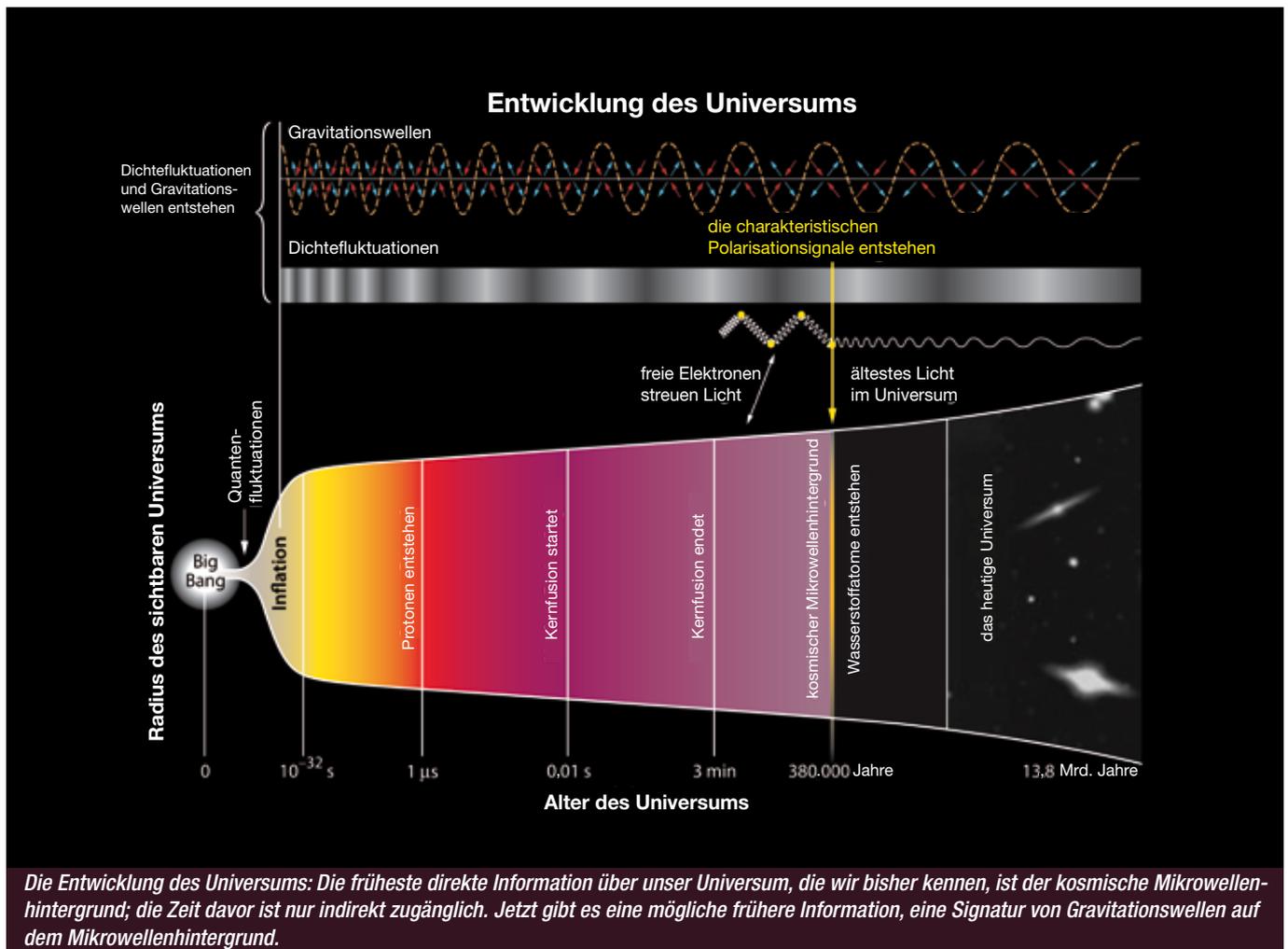
Was kann man sich unter Gravitationswellen vorstellen?

Gravitationswellen stammen von Störungen der Raumzeitgeometrie, die sich als Wellen ausbreiten können. Die Existenz von Gravitationswellen ist eine Konsequenz der Allgemeinen Relativitätstheorie.

Die Verformungen der Raumzeit sind jedoch äußerst klein.

Warum sind die Ur-Gravitationswellen im Mikrowellenhintergrund erkennbar?

Heute erzeugte Gravitationswellen sind normalerweise so klein, dass sie bisher nicht messbar waren. Nun gibt es aber eine Theorie, die besagt, dass sich das Universum – je nach Theorie – zu einem Zeitpunkt etwa 10^{-30} Sekunden nach dem Urknall um mindestens den Faktor 10^{26} ausgedehnt hat. Das entspricht dem Anwachsen eines Zentimeters auf das Tausendfache der Größe unserer Milchstraße. Diese Expansion hat der Theorie zufolge auch die Gravitationswellen aus dem Anfang der Inflation aufgebläht.



© BICEP2 Kollaboration

Die kosmische Inflation ist eine der spekulativsten Theorien der Physik. Warum ist sie dennoch so anerkannt?

Wenn man die Inflation als Hypothese akzeptiert, kann man viele der erstaunlichen Eigenschaften unseres heutigen Universums erklären. Etwa, dass das Universum „flach“ ist, wie wir Physiker sagen, also keine messbare Raumkrümmung aufweist, dass es auf großen Skalen in allen Richtungen gleich aussieht und, dass aus den Dichtefluktuationen im frühen Universum später Galaxien und Galaxienhaufen hervorgegangen sind. Das macht die Inflationstheorie bei Physikern sehr beliebt. Bleibt die Frage: Stellt sie nur eine schöne Theorie dar oder steckt eine Realität dahinter?

Und?

Gemäß der Vorhersage einer relativ einfachen, nicht zu komplizierten Inflationstheorie sollten die Unregelmäßigkeiten in der Dichte, also die Dichtefluktuationen, gemessen als Temperaturunterschiede, in der kosmischen Hintergrundstrahlung sehr willkürlich sein. Alle Experimente

bisher deuten in diese Richtung, und die Daten der Planck-Mission haben das Bild so sehr verfeinert, dass man fast erstaunt ist, wie gut die Gaußsche Statistik hier passt. Das ist auf jeden Fall eine schöne Untermauerung der Inflationstheorie. Seit etwa zehn Jahren weisen Theoretiker darüber hinaus darauf hin, dass sich im Mikrowellenhintergrund eine Signatur von Gravitationswellen zeigen sollte und woran man diese erkennen kann. Ein Nachweis solcher Voraussagen sind starke Stützen für eine Theorie. Aber man braucht natürlich weitere Bestätigungen.

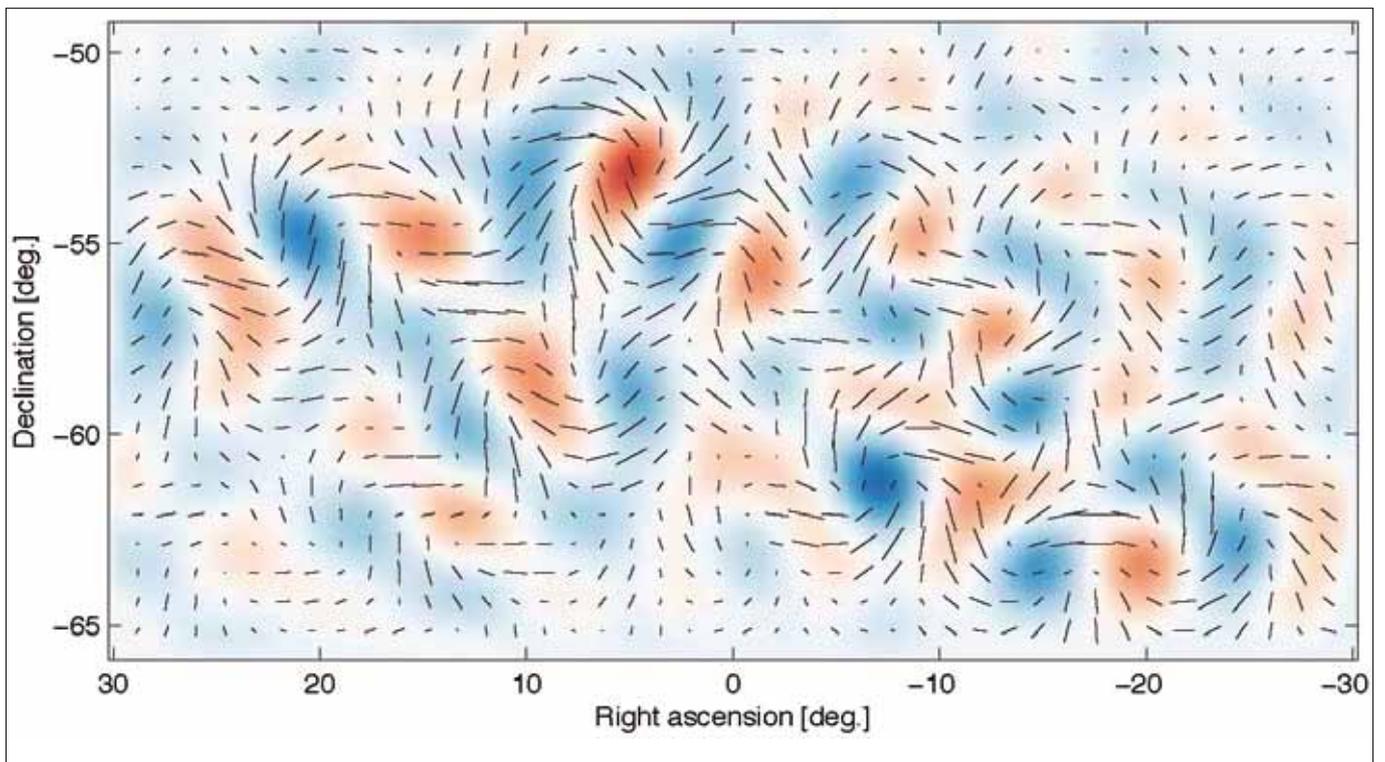
Wie sieht die gefundene Signatur genau aus?

Ein kleiner Teil der kosmischen Mikrowellenstrahlung sollte aufgrund der Unregelmäßigkeiten im frühen Universum polarisiert sein. Das bedeutet, dass die Schwingungsebene eines kleinen Teils dieser elektromagnetischen Strahlung eine bestimmte Ausrichtung hat. Man kann zwei Muster unterscheiden: Das eine Polarisationsmuster ist tangen-

tial oder radial auf Punkte des Mikrowellenhintergrundes ausgerichtet und sieht ähnlich aus wie das elektrische Feld einer Punktladung. Man spricht daher von E-Moden. Im anderen Fall zeigen die Feldlinien Wirbel, wie man sie von magnetischen Feldern kennt. Diese Muster heißen B-Moden (siehe Bild S. 5). Die E-Moden wurden durch Dichteschwankungen im frühen Universum verursacht, die Wirbelmuster entstehen laut Theorie durch Fluktuationen im Gravitationsfeld. Solche B-Moden wurden nun gefunden. Verkompliziert wird die Sache dadurch, dass der Gravitationslinseneffekt die E-Moden zu B-Moden verwirbeln kann. Die Wissenschaftler sagen aber, dass dieser Effekt klein ist gegenüber dem nachgewiesenen Signal.

Zeigt sich das Signal auch in den Daten der Planck-Mission, die ja den kosmischen Mikrowellenhintergrund mit bisher nicht gekannter Genauigkeit gemessen hat?

Die Planck-Kollaboration hat bisher nur



Der kosmischen Mikrowellenstrahlung ist ein sehr schwaches, aber deutliches Polarisationsmuster aufgeprägt, ein Wirbelmuster, das die Physiker B-Moden nennen. Zu sehen ist das von dem Teleskop BICEP2 gemessene Muster; der rote und blaue Hintergrund zeigt, wie stark die Feldlinien im oder gegen den Uhrzeigersinn verlaufen.

die Analysen der Intensitätsunterschiede veröffentlicht. Wie ich von den Planck-Kollegen höre, soll die Auswertung der Polarisations-Daten noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Wir müssen also noch ein bisschen warten.

Die Wissenschaftler waren von der Stärke des Signals offenbar sehr überrascht. Sie sagen, sie hätten eine Stecknadel in einem Heuhaufen gesucht und stattdessen eine Brechstange gefunden.

Die Stärke des Signals liegt am oberen Rand dessen, was man erwartet hatte. Von dem theoretischen Physiker Prof. Dr. Viatcheslav Mukhanov von der Ludwig-Maximilians-Universität stammen die entscheidenden Arbeiten auf diesem Gebiet. Ihm zufolge kann das theoretisch zu erwartende Verhältnis von B-Moden zu E-Moden auch bei einem so niedrigen Wert wie bei 0,01 liegen. Die Wissenschaftler kommen bei ihrem Experiment auf ein Verhältnis von 0,2.

Wie sicher ist die Messung?

Wir haben es hier mit der dritten Generation einer Reihe von Experimenten zu tun, welche die Polarisation im Mikrowellenhintergrund untersucht. Die Daten, die jetzt veröffentlicht wurden, sind

zwischen 2010 und 2012 gemessen worden, also schon mehr als ein Jahr alt. Das Forscherteam hat viel Erfahrung, und man kann davon ausgehen, dass sie ihre Daten mit größter Sorgfalt analysiert haben. Es gibt mehrere andere Gruppen, die ähnliche Messungen machen. Bis Ende des Jahres sollte ihr Ergebnis durch Planck oder ein anderes Experiment bestätigt oder widerlegt sein.

Das amerikanische Wissenschaftlerteam hat seine Beobachtungen mit dem Teleskop BICEP2 (Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization) am Südpol gemacht. Die trockene und klare Luft der Antarktis bietet fast so gute Messbedingungen, wie vom Weltraum aus. Kann ein Bodenteleskop eine Weltraummission ersetzen?

Nein. Die Ansätze ergänzen sich. Planck liefert viele Daten, die von der Erde aus nicht beobachtbar sind. Für ein Weltraumexperiment wie Planck oder Herschel wird die verwendete Technologie etwa zehn Jahre vor dem Start festgelegt. Ein bodengebundenes Experiment ist deutlich weniger anspruchsvoll, es gibt zum Beispiel keine Gewichts- oder Energielimitierungen. Außerdem gab es in der Zwischenzeit eine intensive tech-

nische Weiterentwicklung. Die Forscher machen ihre Messungen am Südpol, werten sie aus und verbessern ihr Experiment innerhalb kurzer Zeit. Satellitenmissionen dagegen sind fürchterlich anspruchsvoll: Alles muss beim ersten Einschalten funktionieren. Es ist doch fantastisch, dass die großen ESA-Experimente alle geklappt haben.



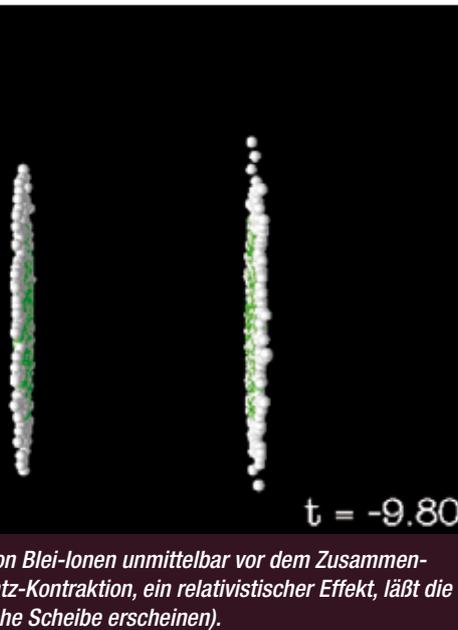
Prof. Dr. Hans Böhringer ist am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik Leiter der Forschungsgruppe „Galaxienhaufen und Kosmologie“, außerdem ist er Professor an der Ludwig-Maximilians-Universität München und Principal Investigator am Exzellenzcluster Universe.

Dr. Torsten Dahms erforscht die Eigenschaften des Quark-Gluon-Plasmas

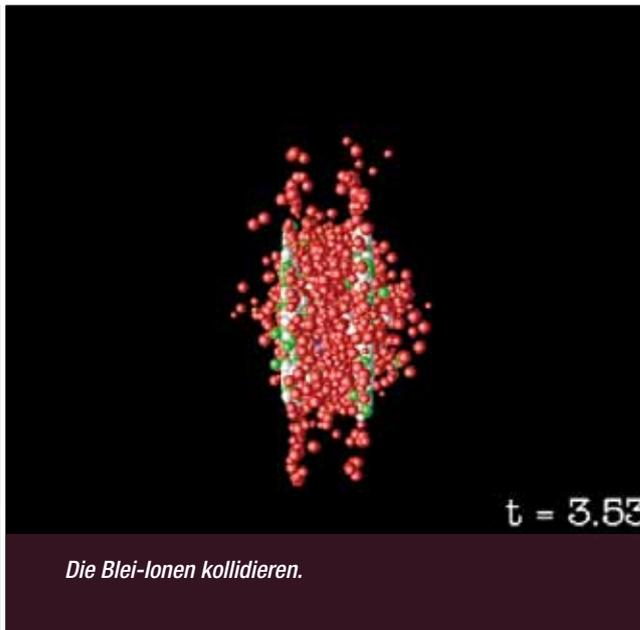
Das heißeste Zeug des Universums

Eine „Suppe“ aus ultra-heißen, ultra-dichten Elementarteilchen könnte die Substanz gewesen sein, die sich kurz nach dem Urknall gebildet hat. Wissenschaftler erzeugen diese „Suppe“ an den beiden weltstärksten Teilchenbeschleunigern RHIC und LHC, indem sie schwere Atomkerne bei superhohen Geschwindigkeiten zusammenstoßen lassen. Dr. Torsten Dahms, neuer Nachwuchsgruppenleiter am Exzellenzcluster Universe, will die Eigenschaften dieser erstaunlichen Teilchensuppe besser verstehen lernen.

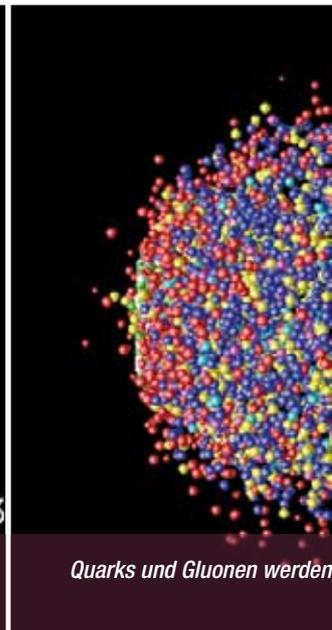
Courtesy of Brookhaven National Laboratory



Zwei Bündel von Blei-Ionen unmittelbar vor dem Zusammenstoß (die Lorentz-Kontraktion, ein relativistischer Effekt, läßt die Bündel als flache Scheibe erscheinen).



Die Blei-Ionen kollidieren.



Quarks und Gluonen werden

Die uns umgebende Welt und wir selbst sind aus Atomen aufgebaut. Ein Atom besteht aus einem Atomkern, der wiederum Protonen und Neutronen enthält. Die Quarks, die elementaren Bausteine der beiden Kernteilchen, werden von einer unvorstellbar großen Kraft zusammengehalten: der starken Kernkraft. Verantwortlich dafür sind die Gluonen. Sie „kleben“ die Quarks so stark aneinander, dass es beinahe unmöglich ist, sie zu vereinzeln – und ihre Klebewirkung wird umso größer, je weiter man die Quarks voneinander entfernt. Anders dürfte es im Moment des Urknalls gewesen sein: Das Universum war den Bruchteil einer Sekunde lang so heiß und dicht, dass Quarks und Gluonen noch nicht aneinander gebunden waren.

Die Herausbildung der Materie aus dieser Ursuppe hatte großen Einfluss auf die Entwicklung unseres Universums. Daher arbeiten Physiker daran, diesen Anfangszustand des Universums im Labor zu rekonstruieren. Nahezu mit Licht-

geschwindigkeit lassen sie dabei Bündel von Milliarden extrem aufeinander ausgerichtete Atomkerne gegeneinander rasen. Prallen diese auf kleinstem Raum und mit höchster Energie zusammen, ereignet sich eine Art Mini-Urknall, aus dem eine ultra-heiße, ultra-dichte Teilchensuppe mit ungebundenen Quarks und Gluonen entsteht. Die Physiker nennen sie Quark-Gluon-Plasma.

Das CERN reklamierte im Jahr 2000 für sich, das Plasma erstmals am Super Proton Synchrotron (SPS) hergestellt zu haben. Gegenwärtig werden die Bemühungen am Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC) am Brookhaven National Laboratory in New York und am Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf fortgesetzt. Am CERN ist ein Teil der Messkampagnen jedes Jahres für die Kollision von schweren Atomkernen, wie zum Beispiel Bleikernen, reserviert. Allein rund 1.000 Physiker tragen weltweit dazu bei, das Schwerionen-Experiment ALICE (A Large Ion Collider Ex-

periment) am CERN durchzuführen und die gewonnenen Daten zu untersuchen. Aber auch die Experimente ATLAS und CMS am LHC erfassen und analysieren Schwerionenkollisionen.

Frontaler Zusammenstoß

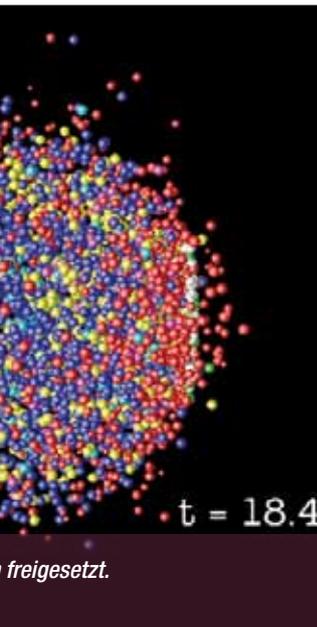
Die Interpretation der komplexen Vorgänge hängt stark von den zugrunde liegenden theoretischen Modellen ab. Eine der entscheidenden Größen ist die Anzahl der erzeugten Teilchen. Je frontaler die Kerne kollidieren, desto mehr Teilchen entstehen. „Diese Stoßparameter haben großen Einfluss auf die Bildung des Quark-Gluon-Plasmas, sowie dessen Ausmaß und Temperatur“, sagt der Experimentalphysiker Dr. Torsten Dahms, neuer Nachwuchsgruppenleiter am Exzellenzcluster Universe.

Ein Quark-Gluon-Plasma existiert bei unvorstellbaren 2×10^{12} Kelvin, das ist rund 100.000-mal heißer als im Inneren der Sonne. Die Wissenschaftler vermuten, dass die Teilchensuppe einen eigenen

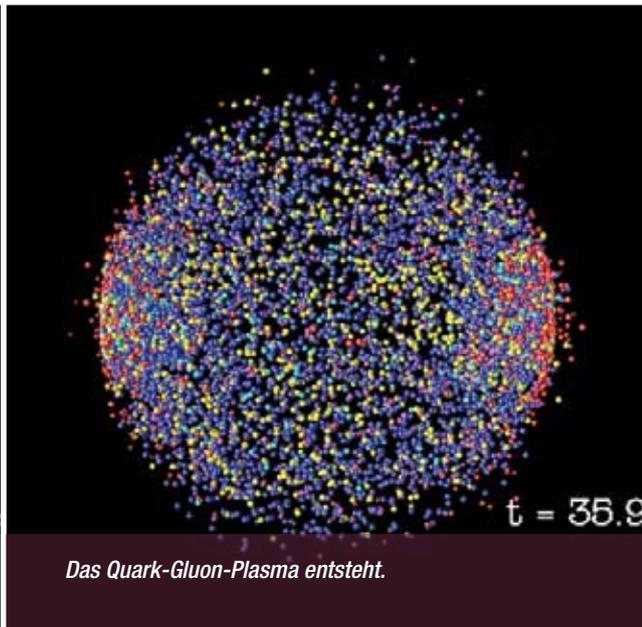


Torsten Dahms leitet am Exzellenzcluster Universe seit September 2013 die Nachwuchsforschungsgruppe „Untersuchung des Quark-Gluon-Plasmas mittels massenarmerer Dileptonen mit ALICE“. Der Experimentalphysiker studierte bis zum Vordiplom an der Uni Würzburg und wechselte dann an die Stony Brook University, USA, wo er das Studium abschloss und 2008 promovierte. In seiner Doktorarbeit untersuchte er das Dileptonen-Spektrum aus Protonen- sowie Gold-Kollisionen gewonnen am Beschleuniger RHIC am Brookhaven National Laboratory. Anschließend war er für zwei Jahre Forschungsstipendiat am CERN am Experiment CMS. Bis August 2013 arbeitete er als Wissenschaftler an der École Polytechnique in Paris.

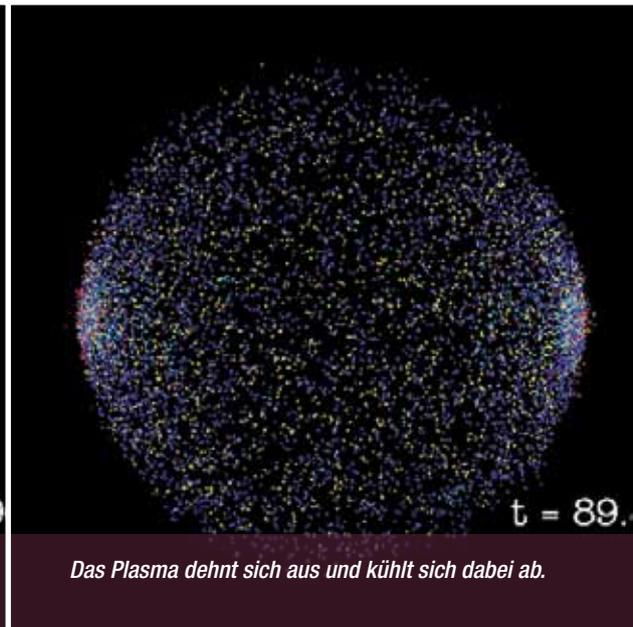
Foto: Amani/TUM



freigesetzt.



Das Quark-Gluon-Plasma entsteht.



Das Plasma dehnt sich aus und kühlt sich dabei ab.

Aggregatzustand von Materie darstellt. „Daher wollen wir die Temperatur möglichst direkt nach der Kollision messen, um zu wissen, bei welchen Bedingungen der Übergang zum Quark-Gluon-Plasma stattfindet“, sagt Torsten Dahms. Die Physiker detektieren dazu die Photonen, also die elektromagnetische Strahlung, die bei der Kollision entsteht. Photonen werden von den im Plasma wirkenden Kernkräften nicht beeinflusst und verlassen die Teilchensuppe ungestört.

„Die größte Herausforderung stellt es dar, das Quark-Gluon-Plasma überhaupt nachzuweisen“, sagt Torsten Dahms. Schließlich existiert es nur für den Bruchteil einer Sekunde – und ein direkter Nachweis ist nicht möglich. „Wir müssen uns also auf verlässliche Anzeichen konzentrieren“, so der Teilchenphysiker. „Ein solches eindeutiges Anzeichen stellt etwa die Bildung von Paaren aus Elektronen und ihren Antiteilchen, den Positronen, dar.“ Solche Dileptonen werden während der gesamten

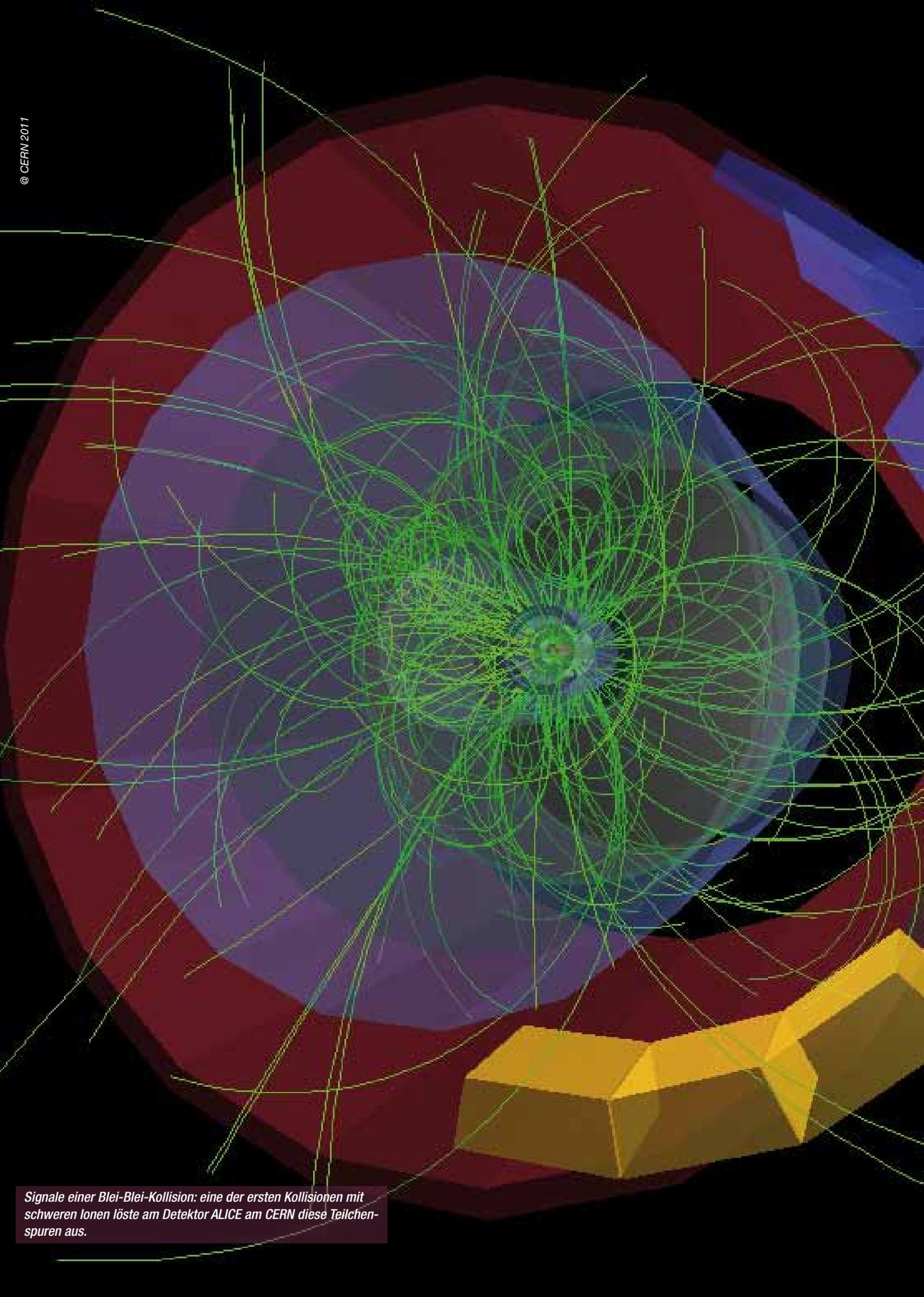
Existenz des Plasmas emittiert. Einmal ausgesandt, durchlaufen sie das Plasma ebenso ungestört wie Photonen und tragen so direkte Informationen über den Zustand der Materie.

Eine weitere Eigenschaft erstaunt die Physiker: In der Theorie gingen sie davon aus, dass sich das Quark-Gluon-Plasma, ähnlich wie ein Plasma aus freien Ladungsträgern, wie ein Gas verhält. Im Experiment zeigte sich etwas anderes: Die Materie fließt wie eine Flüssigkeit fast ohne jede innere Reibung. Dieses Phänomen der Supraflüssigkeit haben die Physiker bisher nur bei Helium- und Lithium-Isotopen nahe dem absoluten Nullpunkt beobachtet. Offenbar stellen die heißeste und die kälteste Materie im Universum ideale Flüssigkeiten dar. „Darüber hinaus besitzt das Quark-Gluon-Plasma eine so hohe Dichte, dass es sogar für die energiereichsten Teilchen undurchlässig ist, von denen wir erwartet hätten, dass sie als „Jets“ aus dem Plasma herausschießen würden.“

Warum das so ist, müssen die Teilchenphysiker jedoch noch untersuchen.

Besonders im Fokus des Interesses der Forscher stehen derzeit Verbindungen von schweren Quarks mit ihren Anti-Quarks, so genannten Quarkonia. Theoretisch sollten diese Paare im Quark-Gluon-Plasma wie Wachs in der Sonne schmelzen. Das Fehlen der Quarkonia wäre also eine weitere charakteristische Signatur. Messungen am SPS und RHIC haben jedoch gezeigt, dass die Erzeugung und Unterdrückung von Quarkonia offenbar komplizierter ist als ursprünglich angenommen. „Die aktuellen Messungen am LHC vervollständigen dieses Bild, werfen aber gleichzeitig neue Fragen auf“, sagt Torsten Dahms. Der Teilchenphysiker ist daher im Moment schon sehr gespannt auf den nächsten Lauf des LHCs, um dieses und andere Rätsel des Quark-Gluon-Plasmas weiter untersuchen und vielleicht bald lösen zu können (siehe auch folgende Seite).

Petra Riedel



Signale einer Blei-Blei-Kollision: eine der ersten Kollisionen mit schweren Ionen löste am Detektor ALICE am CERN diese Teilchenspuren aus.

Forschung für ALICE

Am CERN laufen derzeit Arbeiten, den Large Hadron Collider weiter aufzurüsten. Das Ziel sind höhere Energien und mehr Teilchenkollisionen. Doch nicht nur der Beschleunigerring, auch die Detektoren müssen dafür optimiert werden. An der TUM beteiligen sich die Forschergruppen von Prof. Dr. Laura Fabbietti und Prof. Dr. Bernhard Ketzer an einem umfangreichen Forschungsprogramm, um das Schwerionenexperiment ALICE fit für die neuen Kollisionsraten zu machen. Finanziert mit Mitteln des Seed-Money-Programms des Exzellenzclusters Universe erforschen und testen sie derzeit neue technische Lösungen für die Zeitprojektionskammer.

Die starke Kernkraft sorgt für den fast unüberwindlichen Zusammenhalt der Quarks in den Kernbausteinen der Atome. Nur bei extrem hohen Temperaturen und Teilchendichten wird diese Kraft überwunden und die Protonen und Neutronen „schmelzen“ zu einem Plasma aus „freien“ Quarks und Gluonen. Solche extremen Bedingungen können Wissenschaftler nur an den stärksten Teilchenbeschleunigern der Welt erzeugen. Am Large Hadron Collider (LHC) am CERN lassen die Physiker Blei-Ionen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit aufeinander zu rasen und zerschellen. Blei ist das Element mit dem schwersten stabilen Atomkern.

Ein Mini-Feuerball entsteht

Das Experiment ALICE (A Large Ion Collider Experiment) am LHC ist speziell für die Untersuchung solcher Kollisionen mit schweren Ionen konzipiert. Das LHC-Programm sieht jedes Jahr vier Wochen dafür vor. Ziel von ALICE ist es, möglichst alle Teilchen zu detektieren, die im Mini-Feuerball und der darauffolgenden Phase der Ausdehnung und Abkühlung entstehen – und die lange genug überleben, um die empfindlichen Detektorschichten zu erreichen. Pro Zusammenprall entstehen tausende verschiedener Partikel, etwa Elektronen, Photonen und Pionen. Um alle diese Teilchen sowie eventuell ihre Ladungen zu erfassen, sind in ALICE eine ganze Reihe von Detektortechniken miteinander kombiniert.

Die Identifizierung der Spuren und die Bestimmung der Geschwindigkeiten schneller geladener Teilchen erfolgt in einer Zeitprojektionskammer (Time Projection Chamber, TPC), die auch eine dreidimensionale Rekonstruktion der Teilchenspuren ermöglicht. Die Partikel können aufgrund des Energieverlustes erkannt werden, den sie beim Durchflie-

gen der Detektorkammer durch Ionisation von Gasmolekülen erleiden. Die Elektron-Ionen-Paare, die sie dabei hinter sich lassen, werden von einem elektrischen Feld getrennt und beschleunigt, so dass sie an den Elektroden am Ende der Kammer ausgelesen werden können.

Um messbar zu sein, muss dieses Signal jedoch noch um einen hohen Faktor verstärkt werden. Dies geschieht durch ein zusätzliches elektrisches Feld kurz vor der Auslesevorrichtung, welches die Elektronen noch einmal so stark beschleunigt, dass sie weitere Gasmoleküle ionisieren. Auf diese Weise können in TPCs Tausende von Teilchen gleichzeitig verfolgt werden.

Die Lösung hat jedoch eine Schwachstelle: Die erneute Ionisation von Gasmolekülen im Verstärker hat einen gewissen Rückfluss an Ionen in die TPC zur Folge; dieser verfälscht das Signal. Der Detektor benötigt eine gewisse Totzeit um die Rückfluss-Ionen auszufiltern. Bisher stellt dies noch kein Problem dar. Doch am LHC sind eine Reihe von Upgrades in Planung, um die Anzahl der Teilchenkollisionen deutlich zu erhöhen. Die volle Luminosität, wie die Physiker sagen, soll nach dem letzten Upgrade im Jahr 2018 erreicht sein. Zu diesem Zeitpunkt muss auch der Detektor ALICE so ausgestattet sein, dass er kontinuierlich Daten aufnehmen kann.

Rund um ALICE ist daher ein umfangreiches Forschungs- und Entwicklungsprogramm im Gange. An der Technischen Universität München sind die beiden Gruppen von Prof. Dr. Laura Fabbietti und Prof. Dr. Bernhard Ketzer für die Entwicklung eines Prototyps verantwortlich, der das Rückfluss-Problem löst (Bernhard Ketzer hat einen Ruf an die Universität Bonn angenommen, siehe S. 12). Von der ALICE-Kollaboration wird der-

zeit eine Signalverstärkung mit GEM-Folien (Gas Electron Multiplier) favorisiert.

Eine GEM-Folie ist eine auf beiden Seiten mit einer hauchdünnen Kupferschicht überzogene dünne Folie aus Polyamid, in die pro Quadratzentimeter mehrere 1.000 winzige Löcher geätzt wurden. Wird zwischen den Oberflächen der Folie eine Spannung angelegt, entstehen im Inneren der Löcher wegen der geringen Dimensionen sehr hohe Feldstärken. Durchfliegt nun, angetrieben von dem äußeren Feld der TPC, ein geladenes Teilchen eines der Löcher, wird es daher stark beschleunigt und löst nachfolgend eine Ionisations-Lawine aus. Ist die an der Folie angelegte Spannung größer als das äußere Feld, so wird auch der Ionen-Rückfluss zurück in die TPC verhindert.

„GEMs haben damit den Vorteil, dass sie im Prinzip keine Totzeit haben, sondern kontinuierlich Daten aufnehmen können“, sagt Laura Fabbietti. In der ersten Runde der Exzellenzinitiative wurde mit finanzieller Unterstützung des Exzellenzclusters Universe an der TUM eine GEM-TPC konzipiert und gebaut. Diesen Prototyp haben die Wissenschaftler bereits in der ALICE-Kaverne unter LHC-Bedingungen getestet. „Alles lief erfolgreich“, sagt Laura Fabbietti, „aber wir müssen weiter an der Optimierung arbeiten.“ Die Gruppen von Fabbietti und Ketzer testen derzeit systematisch neue Lösungen, die auf einer Kombination von anderen mikrostrukturierten Gasdetektoren (Micro-Pattern Gas Detector, MPGD) basieren. Dieses Projekt wird im Rahmen des Seed-Money-Programms des Exzellenzclusters Universe finanziert. „Der Ansatz ist eine Abkehr von dem, was derzeit angewendet wird, aber wir versprechen uns davon, dass wir das Problem des Ionen-Rückflusses in Gasdetektoren damit vollständig lösen werden“, so Fabbietti.

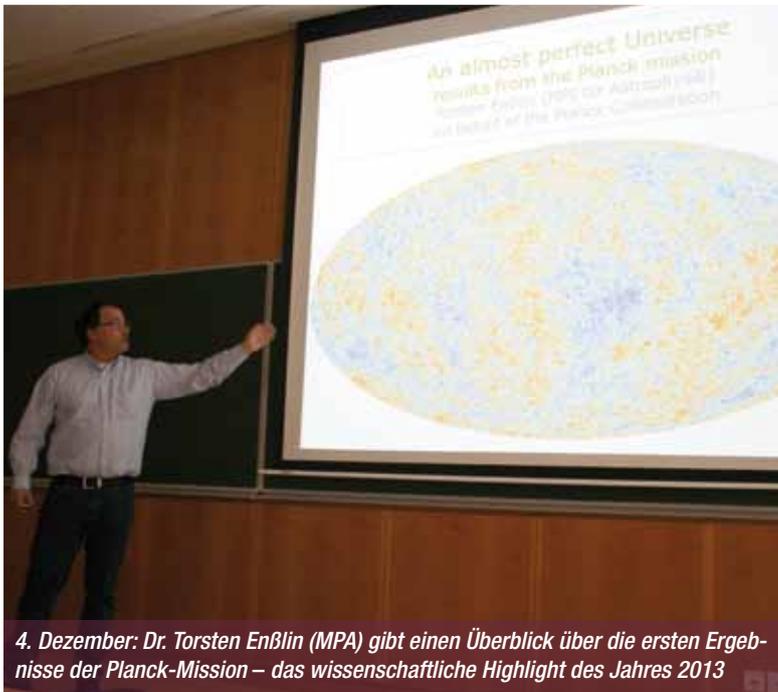
Petra Riedel

Science Week 2013

Anfang Dezember 2013 fand wieder eine Gesamtschau der Forschungsarbeiten des ausgehenden Jahres am Exzellenzcluster Universe statt. Forscher und Studierende präsentierten ihre Arbeiten und diskutierten die aktuellen Probleme auf ihren Gebieten. Die Science Week bildete außerdem den Rahmen für die Würdigung der besten Doktorarbeiten des vergangenen Jahres sowie die Eröffnung des Computational Centre for Particle and Astrophysics (C2PAP) des Exzellenzclusters. Auch der Wissenschaftliche Beirat war wie immer zur Science Week eingeladen und mit vier seiner Mitglieder vertreten.



2. Dezember: Dr. Oliver Pfuhl (MPE) (M.) erhält den Universe PhD Award Experiment 2013, es gratulieren: Prof. Dr. H. Wolter (LMU) Prof. Dr. J. Trümper (MPE), Prof. Dr. G. Graw (LMU), Prof. Dr. A. Burkert (LMU) (v.l.)



4. Dezember: Dr. Torsten EnBlin (MPA) gibt einen Überblick über die ersten Ergebnisse der Planck-Mission – das wissenschaftliche Highlight des Jahres 2013



4. Dezember: Für seine Arbeit zu Dunkler Materie erhält Dr. Martin Winkler (TUM) (2. v. r.) den Universe PhD Award Theorie 2013 von Prof. Dr. S. Paul (TUM), Prof. Dr. H. Wolter (LMU) und Prof. Dr. A. Burkert (LMU) (v.l.)



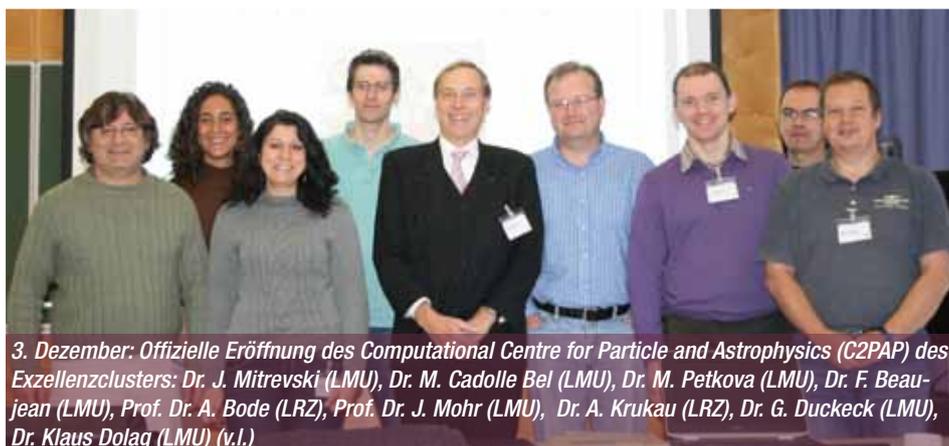
Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats diskutieren: Prof. Dr. W. Buchmüller (DESY) (g. l.), Prof. Dr. J. Ellis (CERN) (2. v. r.), Prof. Dr. Françoise Combe (Observatoire de Paris) (r.)



Prof. Dr. P. Jenni (CERN), Wissenschaftlicher Beirat



5. Dezember: Die Forschungskoordinatoren geben einen Überblick über die laufenden Aktivitäten, hier Prof. Dr. S. Schönert (TUM)



3. Dezember: Offizielle Eröffnung des Computational Centre for Particle and Astrophysics (C2PAP) des Exzellenzclusters: Dr. J. Mitrevski (LMU), Dr. M. Cadolle Bel (LMU), Dr. M. Petkova (LMU), Dr. F. Beaujean (LMU), Prof. Dr. A. Bode (LRZ), Prof. Dr. J. Mohr (LMU), Dr. A. Krukau (LRZ), Dr. G. Duckeck (LMU), Dr. Klaus Dolag (LMU) (v.l.)

Terminvorschau

Der Exzellenzcluster Universe organisiert in den kommenden drei Monaten zahlreiche Veranstaltungen. Die hervorgehobenen Konferenzen und Workshops sprechen vor allem Wissenschaftler an, alle anderen Events richten sich an die interessierte Öffentlichkeit.

02. - 03.04.2014, 10:00 - 17:00 Uhr	10. International Particle Physics Masterclasses für Lehrerinnen & Lehrer und Schülerinnen & Schüler	Max-Planck-Institut für Physik, Föhringer Ring 6, München
08.04.2014, 19:00 Uhr	Café & Kosmos: Prof. Dr. Lothar Oberauer (TUM): „Neutrinos: Die Rätsel der himmlischen Boten“	Vereinsheim, Occamstr. 8, München
09.04.2014, 16:30 Uhr	Universe Colloquium mit anschließendem Wein & Käse Dr. Assaf Sternberg (TUM): „High resolution spectra of type Ia supernovae and their progenitors“	Exzellenzcluster Universe, Boltzmannstr. 2 (Seminarraum Untergeschoss), Garching
9. - 11.04.2014	Workshop: N-Body Simulations of modified Gravity Models	Max-Planck-Institut für Astro- physik, Karl-Schwarzschild-Str. 1 (Seminarraum 006), Garching
14. - 15.04.2014	Interdisciplinary Cluster Workshop: Evaluation of Likelihood Functions on GPUs www.universe-cluster.de/gpu-workshop2014	Exzellenzzentrum/IGSSE, Boltz- mannstr. 17 (Seminarraum EG), Garching
16.04.2014, 16:30 Uhr	Universe Colloquium mit anschließendem Wein & Käse Prof. Dr. Viatcheslav Mukhanov (LMU): „Quantum Universe: Theory and Observations“	Institute for Advanced Studies, Lichtenbergstr. 2a (Seminarraum EG), Garching
23.04.2014, 16:30 Uhr	Universe Colloquium mit anschließendem Wein & Käse Dr. Francesco Riva (École Polytechnique Lausanne): „The Safest Routes to Islands beyond the Standard Model“	Exzellenzcluster Universe, Boltzmannstr. 2 (Seminarraum Untergeschoss), Garching
30.04.2014, 16:30 Uhr	Universe Colloquium mit anschließendem Wein & Käse Andreas Hein (TUM): „How to travel to the Stars and Fermi's Paradox“ weitere Termine unter www.universe-cluster.de	Exzellenzcluster Universe, Boltzmannstr. 2 (Seminarraum Untergeschoss), Garching
08.05.2014, 12:30 Uhr	Fruits of the Universe lunch talk Dr. Paola Popesso (TUM): „No food, no star – The complex Evolution of Galaxy Star Formation Activity“	Exzellenzcluster Universe, Boltzmannstr. 2 (Foyer 1. Stock), Garching
20.05.2014, 19:00 Uhr	Café & Kosmos: Prof. Dr. Laura Fabbietti (TUM) Thema unter www.cafe-und-kosmos.de	Vereinsheim, Occamstr. 8, München
22.05.2014, 12:30 Uhr	Fruits of the Universe lunch talk Prof. Dr. Peter Fierlinger (TUM), (angefragt) weitere Termine unter www.universe-cluster.de	Exzellenzcluster Universe, Boltzmannstr. 2 (Foyer 1. Stock), Garching
26.05. - 20.06.2014	MIAPP 2014 Workshop I: The Extragalactic Distance Scale (Registrierung beendet), Anmeldung für den Topical Workshop „NIAPP“ vom 10. - 12.07. unter www.munich-iapp.de	Munich Institute for Astro- and Particle Physics, Boltzmannstr. 2, Garching
03.06.2014, 19:00 Uhr	Café & Kosmos Thema unter www.cafe-und-kosmos.de	Vereinsheim, Occamstr. 8, München
30.06. - 25.07.2014	MIAPP 2014 Workshop II: Neutrinos in Astro- and Particle Physics (Registrierung beendet), Anmeldung für den Topical Workshop „Top Quark Physics Day“ am 11.08. unter www.munich-iapp.de	Munich Institute for Astro- and Particle Physics, Boltzmannstr. 2, Garching



Prof. Dr. Reinhard Genzel, Direktor am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik und Professor an der University of California, Berkley, erhält die diesjährige Herschel-Medaille der britischen Royal Astronomical Society für seine herausragenden Beiträge zur beobachtenden Physik. Genzels Pioneer-Beobachtungen der Sternbewegung nahe dem galaktischen Zentrum hätten die Existenz eines Schwarzen Lochs im Zentrum der Milchstraße belegt.



Dr. Bernhard Ketzer, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl E18 der TUM, erhielt einen Ruf an die Rheinische Friedrichs-Wilhelms-Universität Bonn. Am dortigen Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik leitet er seit 1. Dezember 2013 eine Arbeitsgruppe zur Erforschung der Struktur von Hadronen und zur Entwicklung von hochauflösenden Teilchendetektoren. Seit 2012 ist Bernhard Ketzer assoziiertes Mitglied der ALICE-Kollaboration am CERN.



Prof. Dr. Walter Henning, kommissarischer Leiter des Lehrstuhls E12, Physik der Hadronen und Kerne, an der TUM sowie stellvertretender Research Area Koordinator am Exzellenzcluster Universe, verlässt München zum 31. März 2014. Er wird seinen Lebensmittelpunkt in die USA verlegen, um sich am Argonne National Laboratory weiter um die Planung eines neuen amerikanischen Beschleunigers zur Erforschung seltener Atomkerne zu kümmern.



Dr. Stefan Hilbert leitet seit dem 1. Februar 2014 am Exzellenzcluster Universe die Nachwuchsforschungsgruppe „Bildung und Entwicklung der großräumigen kosmischen Strukturen“. Der Astrophysiker studierte an der Humboldt-Universität zu Berlin sowie an der britischen Loughborough University. Im Jahr 2008 promovierte er an der LMU. Zuletzt war er Postdoc am Max-Planck-Institut für Astrophysik in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Simon White.

Fotos: MPE, TUM, Argonne National Laboratory, privat

Munich Institute for Astro- and Particle Physics

MIAPP Programm 2015

Dark Matter: Astrophysical Probes, Laboratory Tests, Theory Aspects

02. - 27. 02.2015; Anmeldeschluss: **02.05.2014**

The new Milky Way

04. - 29.05.2015; Anmeldeschluss: **03.08.2014**

Indirect Searches for New Physics in the LHC and Flavour Precision Era

01. - 26.06.2015; Anmeldeschluss: **30.08.2014**

Anticipating 14 TeV: Insights into Matter from the LHC and Beyond

29.06. - 24.07.2015; Anmeldeschluss: **28.09.2014**

Star Formation History of the Universe

27.07. - 21.08.2015; Anmeldeschluss: **26.10.2014**

The many Faces of Neutron Stars

24.08. - 18.09.2015; Anmeldeschluss: **23.11.2014**

Anmeldung unter: www.munich-iapp.de



IMPRESSUM

Redaktion: Petra Riedel, Dr. Andreas Müller

Layout: Sandra Amane

Druck: flyeralarm GmbH, Alfred-Nobel-Str. 18, 97080 Würzburg

Abonnement: <http://www.universe-cluster.de/newsletter>

Abmeldung: E-Mail an: presse@universe-cluster.de, Textinhalt: „ucnews abbestellen“

Der Newsletter erscheint vierteljährlich am Exzellenzcluster Universe, Technische Universität München, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Tel. +49.89.35831-7100, Fax: +49.89.3299-4002, E-Mail: info@universe-cluster.de, www.universe-cluster.de

Leitung: Prof. Dr. Stephan Paul (TUM), Prof. Dr. Andreas Burkert (LMU)

Der Exzellenzcluster Universe wird von der Deutschen Exzellenzinitiative gefördert.