

UniverseNews

Exzellenzcluster Universe | Ausgabe 1/2016

Entdeckung von Gravitationswellen

Die Suche nach
optischen Signalen

Die Magneticum Pathfinder-Simulationen

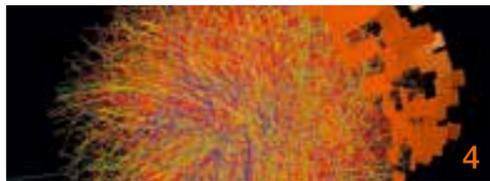
Die Entwicklung des Universums
in einzigartigem Umfang

Liebe Leserinnen und Leser,

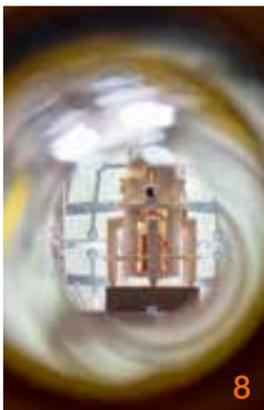
was hat die Entdeckung von Gravitationswellen mit Garching zu tun? Auf den ersten Blick wenig. Tatsächlich aber baute Heinz Billing am Max-Planck-Institut für Astrophysik (MPA) in den 1970-er Jahren das erste funktionsfähige Gravitationswellen-Interferometer auf – und schuf damit entscheidende Grundlagen für die Entwicklung der jetzt erfolgreichen LIGO-Detektoren (S. 3).

Auch heutzutage setzen unsere Forscher in Garching Standards: Die Gruppe um Peter Fierlinger etwa entwickelte für Hochpräzisions-Experimente mit Neutronen den Raum mit dem kleinsten Magnetfeld des Sonnensystems (S. 8) und Klaus Dolag berechnete auf den Garching Hochleistungsrechnern die weltweit größten hydrodynamischen Simulationen der großräumigen Strukturen des Universums (S. 10).

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen
Petra Riedel, PR-Managerin



Entdeckung von Gravitationswellen	
Die Suche nach optischen Signalen	3
Präzise Messung von Materie und Antimaterie	
Die Symmetrie des Universums	4
Messung einer neuen Quark-Kombination	
Ein Teilchenzustand gibt Rätsel auf	6
Auf der Suche nach Dunkler Materie	
CRESST kann Leichtgewichte aufspüren	7
Weltrekord für Hochpräzisions-Experimente	
Das kleinste Magnetfeld im Sonnensystem	8
Neue Ära in der computergestützten Kosmologie	
Das Universum in einzigartigem Umfang	10
Ungewöhnliche Gammastrahlenausbrüche	
Stärkste Magnete und größte Explosionen	12
Universe PhD Award 2015	
Auszeichnung für herausragende Promotionen	13
Workshop zu atmosphärischen Neutrinos	
Nobelpreisträger zu Gast am Exzellenzcluster	14
Termine	15
Personalien, Impressum	16



Rückblick



Irsee Symposium 2015

22. – 25. Juni 2015

Zum Symposium „Symmetrien und Phasen im Universum“, das mittlerweile zum dritten Mal in der wunderschönen Umgebung von Kloster Irsee stattfand, hatte der Exzellenzcluster wieder internationale Spitzenforscher geladen, um Einblicke in den aktuellen Stand ihrer Forschungsfelder zu geben. Unter den Sprechern waren Prof. Dr. Carlos Frenk (Durham University), Prof. Dr. Joanna Dunkley (Oxford University), Prof. Dr. Chris Quigg (Fermilab) und Prof. Dr. Reinhard Genzel (MPE) (Foto).



Die Masse macht's

25. November 2015

Am 25. November 2015 trug Albert Einstein erstmals vor der Preußischen Akademie der Wissenschaften seine Idee vor, dass Lichtstrahlen von der Schwerkraft gekrümmt werden können. Den 100. Jahrestag der Allgemeinen Relativitätstheorie feierten der Exzellenzcluster Universe gemeinsam mit dem Deutschen Museum mit dem Vortrag „Die Masse macht's – und wie“ von Prof. Dr. Harald Lesch (LMU). Der Audimax der TUM war innerhalb von zwei Tagen ausgebucht.



Unser Mond

7. Oktober 2015 und 9. März 2016

Der Mond ist ein faszinierender und geheimnisvoller Himmelskörper – jedem vertraut und doch eine fremde Welt. Er birgt viele ungelöste Geheimnisse, die Einblicke in die Entstehung der Erde und des Sonnensystems geben können. Viele dieser Geheimnisse und zahlreiche wenig bekannte Details des Erdtrabanten stellte Prof. Dr. Andreas Burkert (LMU) den Gästen von „Wissenschaft für jedermann“ im Deutschen Museum vor. Wegen des großen Interesses wurde der Vortrag wiederholt.

Fotos: Riedel/TUM (2), Alexander Pinker/GMM

Simulation: SXS, the Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) project

Simulation einer Verschmelzung von zwei Schwarzen Löchern: Die Gravitationswellen eines solchen Ereignisses wurden vor kurzem zum ersten Mal mit den LIGO-Detektoren beobachtet.

Entdeckung von Gravitationswellen

Die Suche nach optischen Signalen

Die Öffentlichkeit erfuhr erst vor kurzem von der sensationellen Entdeckung. Einige Astrophysiker, darunter auch Wissenschaftler des Exzellenzclusters Universe, erhielten schon wenige Tage nach dem 14. September 2015 erste Hinweise auf das Gravitationswellen-Ereignis. Daraufhin untersuchten sie den Himmel nach Ursachen für das Signal, das den LIGO-Forschern überraschend in die Detektoren gerauscht war.

Am 14. September um 9:50 Greenwich Mean Time empfangen die beiden LIGO-Detektoren in Hanford und Livingston, USA, ein ungewöhnliches Signal (LIGO: Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory). Drei Minuten später wurde es in einem Suchlauf, der die Detektordaten sehr schnell nach bestimmten Mustern durchforstet, als mögliches Gravitationswellensignal erkannt – ein von Albert Einstein vorhergesagtes, aber nie zuvor direkt detektiertes Phänomen.

Zwei Tage später gab das LIGO-Team Informationen über das Signal und sein wahrscheinliches Ursprungsgebiet an andere Forschergruppen weiter. Am 18. September begann das Team des Dark Energy Surveys, zu dem auch Wissenschaftler des Exzellenzclusters Universe gehören, dieses Gebiet nach optischen Pendanten abzusuchen. Die Dark Energy Kamera, eine der weltweit leistungsstärksten digitalen Kameras, die in Chile betrieben wird und vornehmlich der Beobachtung von Dunkler Energie dient, sollte das angegebene Gebiet nach Anzeichen zweier Phänomene analysieren.

Die DES-Kamera untersuchte die fragliche Himmelsgegend, welche die Kleine Magellansche Wolke einschließt, zum einen auf das Fehlen eines Roten Überriesens. Unter diesen gibt es Objekte, die nach einem Kern-Kollaps als Schwarze Löcher enden und dabei Gravitationswellen abstrahlen, ohne dass sie als Supernovae sichtbar wären. Der Vergleich mit einem existierenden Katalog von Ro-

ten Überriesen zeigte jedoch, dass alle 144 vorhanden waren.

Außerdem suchte das DES-Team nach Anzeichen einer Verschmelzung von Objekten, bei denen mindestens ein Neutronen-Stern beteiligt ist. Im sichtbaren Bereich des Lichts sollte dabei ein roter Transient beobachtbar sein, der nach ein paar Tagen verschwindet. Die Forscher durchmusterten das fragliche Gebiet im Abstand von einigen Tagen. „Wir konnten nichts Signifikantes beobachten“, sagt Prof. Dr. Jochen Weller von der Ludwig-Maximilians-Universität und Mitglied des Exzellenzclusters Universe.

Das Fehlen elektromagnetischer Strahlung bei dieser und anderen Nachfolgebeobachtungen ist nicht überraschend. Denn die LIGO-Kollaboration interpretiert GW20150914 nach eingehenden Analysen als Verschmelzung zweier Schwarzer Löcher. Eine optische Signatur wird dabei nicht erwartet.

Der Erfolg der LIGO-Kollaboration beruht auf mehr als 40 Jahren Forschung: Der erste funktionierende Prototyp eines Laser-Interferometers zur Detektion von Gravitationswellen wurde in den 1970-er Jahren von der Forschungsgruppe um Prof. Dr. Heinz Billing am Max-Planck-Institut für Astrophysik (MPA) in Garching entwickelt.

Die Bedeutung von GW20150914 ist sehr weitreichend. Gravitationswellen bieten beispielsweise bisher nicht vorhandene

Testmöglichkeiten der Allgemeinen Relativitätstheorie bei hohen Geschwindigkeiten, starken Schwerfeldern und im nichtlinearen Bereich.

Zahlreiche weitere Ideen und Theorien werden jetzt diskutiert. Dr. Shantanu Desai, bis vor kurzem Wissenschaftler des Exzellenzclusters Universe und zwischen 2004 und 2008 Mitglied des LIGO-Teams, interessiert sich aus gutem Grund zum Beispiel für die als „Shapiro-Verzögerung“ bekannte Auswirkung großer Massen auf Licht. Demnach verlangsamt sich für einen weit entfernten Beobachter das Licht in der Nähe einer Massenverteilung entlang der Sichtlinie. Dies ergibt sich aus Einsteins Äquivalenzprinzip.

„Die Shapiro-Verzögerung sollte auch Gravitationswellen betreffen“, sagt der Astrophysiker. Ein verschwindend geringer Effekt: Um etwa 1800 Tage hat sich GW20150914 dadurch verspätet, bei einer Reisezeit zur Erde von mehr als einer Milliarde Jahre, wie Shantanu Desai gemeinsam mit einem Kollegen in einer kürzlich veröffentlichten Publikation berechnet hat. „Das ist ein interessantes Detail, aber richtig spannend wird es, wenn man eines Tages Gravitationswellen mit einem elektromagnetischen Pendant oder mit Neutrinos beobachten wird“, sagt Shantanu Desai. „Dann kann man mit Hilfe dieses Effektes alternative Gravitationstheorien bestätigen oder ausschließen.“ Weitere Neuigkeiten von LIGO werden mit Spannung erwartet.

Präzise Messung leichter Atomkerne und ihrer Antikerne

Die Symmetrie des Universums

Warum verschwand die Antimaterie fast vollständig aus unserem Universum, die Materie aber nicht? Am Teilchenbeschleuniger Large Hadron Collider (LHC) am CERN versuchen Wissenschaftler dieses Geheimnis zu lösen. Nun gelang ihnen die bisher genaueste Messung der Eigenschaften von leichten Atomkernen und ihrer Antikerne. Physiker des Exzellenzclusters Universe der Technischen Universität München entwickeln derzeit Detektoren, die zukünftig noch präzisere Messungen ermöglichen sollen.

Wie sah das Universum kurz nach seiner Entstehung aus? Mit dieser Frage beschäftigen sich die Wissenschaftler des Experiments ALICE (A Large Ion Collider Experiment) am CERN in Genf. Am größten Teilchenbeschleuniger der Welt, dem Large Hadron Collider (LHC), lassen die Forscher Blei-Ionen bei höchsten Energien kollidieren. Dabei entstehen Temperaturen, die 100.000-fach höher sind als im Zentrum der Sonne.

„Auf diese Weise erzeugen wir kurzzeitig einen Mini-Feuerball, der dem Urknall sehr ähnlich ist“, erklärt Prof. Dr. Laura Fabbietti vom Exzellenzcluster Universe der Technischen Universität München (TUM). Die Materie liegt dabei für einen kleinen Moment als sogenanntes Quark-Gluon-Plasma vor, ein Zustand, in dem sich Quarks und ihre Kraftteilchen, die Gluonen, fast völlig frei bewegen können. Dieses Quark-Gluon-Plasma ist nur für 10^{-23} Sekunden stabil, aber die Forscher haben Gelegenheit, in diesem kurzen Moment den Beginn des Universums zu untersuchen.

Worin liegt der Unterschied?

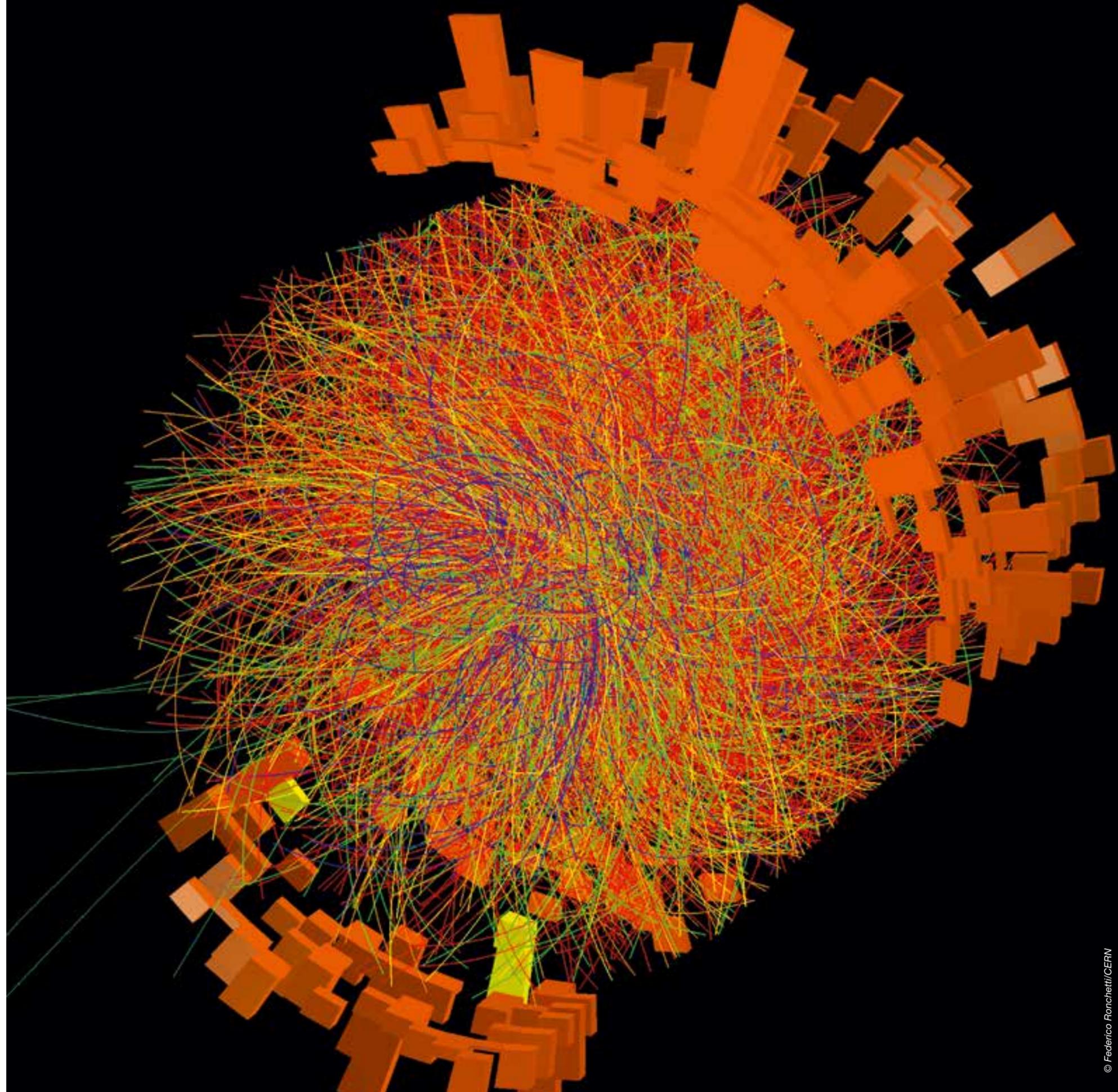
Zudem wollen die Physiker mit dem ALICE-Experiment besser verstehen lernen, warum es in unserem Universum Materie gibt – aber offenbar keine Antimaterie. Von beidem muss im Moment des Urknalls gleich viel entstanden sein, um danach sofort wieder zu Energie zu zerstrahlen. Offenbar ist etwas Materie übrig geblieben, die Materie aus der wir und das uns umgebende Universum bestehen. Nach einer Erklärung für den winzigen Überschuss von einem Teilchen Materie pro einer Milliarde zerstrahlter Paare Materie-Antimaterie suchen die Physiker seit langem.

„Mit ALICE versuchen wir, durch hochpräzise Messungen der Eigenschaften von Teilchen und ihrer Antiteilchen einen Unterschied zu finden“, erklärt Dr. Torsten Dahms, der gemeinsam mit Laura Fabbietti die beiden ALICE-Gruppen an der TUM koordiniert und am Exzellenzcluster Universe eine Nachwuchsforschungsgruppe leitet.

Bislang genaueste Messung von Masse und Ladung

Die aktuelle Studie untersucht das Verhältnis der Masse zur Ladung von Helium-3- und Deuterium-Kernen und den jeweiligen Antiteilchen. Ladung und Masse werden durch die Messung der Teilchenspuren und deren spezifischem Energieverlust in der Zeitprojektionskammer (Time Projection Chamber, TPC) bestimmt, dem wichtigsten Bestandteil des ALICE-Detektors. Die in Nature Physics veröffentlichten Ergebnisse sind die bisher genauesten Messungen auf diesem Gebiet und bestätigen, dass Teilchen und Antiteilchen sich in Masse und Betrag der Ladung nicht unterscheiden.

Um die Präzision der Messungen weiter zu erhöhen, arbeitet die ALICE-Forschungsgruppe der TUM derzeit an einer Verbesserung des ALICE-Detektors. „Im Moment können wir 500 Kollisionen pro Sekunde aufzeichnen“, erklärt Laura Fabbietti. „Demnächst wollen wir 50.000 Kollisionen pro Sekunde schaffen.“ Mittels hochmoderner GEM-Folien (Gas Electron Multiplier) soll eine Verringerung der Totzeiten der TPC erreicht und damit die Ausleserate erhöht werden. Die TUM-Forscher leiten in der internationalen ALICE-Kollaboration den geplanten GEM-TPC-Upgrade. Das neue System soll im Jahr 2018 eingebaut werden.



Nach dem Neustart des LHC: Erste Teilchenspuren von Schwerionen-Kollisionen am Experiment ALICE im November 2015



Blick auf das COMPASS-Experiment am CERN: Hier gelang die Entdeckung eines neuen Teilchenzustandes, für den nun theoretische Erklärungen gesucht werden.

COMPASS: Messung einer neuen Kombination leichter Quarks

Ein exotischer Teilchenzustand gibt Rätsel auf

Eine ungewöhnliche Kombination leichter Quarks haben Wissenschaftler der COMPASS-Kollaboration am CERN beobachtet. Die Entdeckung gelang bei einer Untersuchung von Daten, bei denen Pionen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit auf ein flüssiges Wasserstoff-Target geschossen wurden. Nun sind die theoretischen Physiker am Zug, eine Erklärung für den neuen Teilchenzustand zu finden. Physiker des Exzellenzclusters Universe der TUM leiteten bei der Entdeckung die Datenanalyse.

Quarks sind dem Standardmodell der Teilchenphysik zufolge die fundamentalen Bausteine, aus denen Atomkerne aufgebaut sind: Ein Proton besteht aus einem Up- und zwei Down-Quarks, ein Neutron aus einem Down- und zwei Up-Quarks. Damit ist der Teilchenzoo der Quarks jedoch nicht komplett: Neben diesen beiden leichten Quarks gibt es noch vier schwerere: das Strange-, Charm-, Bottom- und das Top-Quark sowie ihre jeweiligen Antiteilchen, die Anti-quarks.

Alle diese Quarks waren kurz nach dem Urknall vorhanden und spielten eine wichtige Rolle bei der Entstehung unseres Universums. Die vier schweren Quarks sind in den Naturvorgängen in unserer Umgebung nicht mehr zu beobachten. Um sie zu erzeugen und nachzuweisen werden große Teilchenbeschleuniger benötigt. Zusammengehalten werden die Quarks durch „Klebeilchen“, Gluonen, die auch die starke Kernkraft vermitteln, die stärkste der vier Fundamentalkräfte der Physik.

Die starke Kernkraft wird durch eine Theorie beschrieben, die sich Quantenchromodynamik (QCD) nennt und in den 1980-er Jahren entwickelt wurde. Mit ihrer Hilfe beschreiben die Physiker, nach

welchen Prinzipien sich Materie formt und welche Konfigurationen von Teilchen die Natur zulässt. Die QCD sagt dabei eine ganze Reihe von Quark-Kombinationen voraus.

Einige davon sind gut bekannt: Eine Kombination dreier Quarks (Baryonen), wie sie etwa in den Protonen und Neutronen vorkommen, sowie eine Kombination aus einem Quark- und einem Anti-quark (Mesonen), wie sie etwa die Pionen aufweisen. Auch einige exotische Kombinationen, wie zum Beispiel molekülähnliche Vierfach-Quarks oder sogar Fünffach-Quarks, sind der QCD zufolge möglich.

Theoretische Erklärung gesucht

In ihrer neuesten Publikation macht die COMPASS-Kollaboration die Existenz eines ungewöhnlichen Mesons öffentlich, das sich aus leichten Quarks zusammensetzt und eine Masse von 1,42 GeV/c² hat. Da in dieser Massenregion seit einem halben Jahrhundert geforscht wird, ist die Entdeckung des neuen Teilchens mit Hilfe des COMPASS-Spektrometers am Super Proton Synchrotron (SPS) am CERN eine große Überraschung. Sie ist dem weltweit größten Datensatz für solche Untersuchungen zu verdanken.

Das neue $a_1(1420)$ genannte Teilchen wurde bei Datenanalysen von Experimenten gefunden, bei denen Pionen mit einem Impuls von 190 GeV/c auf ein Flüssig-Wasserstoff-Target geschossen wurden. Weil dieser neue Zustand rund tausend Mal seltener vorkommt als die bekannten Mesonen, war zur Identifizierung eine neue, komplexe Analysemethode nötig, für die Wissenschaftler des Exzellenzclusters Universe der Technischen Universität München (TUM) zuständig waren.

Für das neue Teilchen wurden verschiedene theoretische Erklärungen vorgeschlagen. Diese interpretieren $a_1(1420)$ als ein Molekül, das aus bekannten Mesonen aufgebaut ist, oder als einen Vier-Quark-Zustand. Andere Erklärungen machen verschiedenartige langreichweitige Effekte der starken Kernkraft für die Beobachtung verantwortlich. Diese Erklärungen decken jedoch die experimentellen Befunde nicht vollständig ab. „Obwohl es experimentell gut belegt ist, ist das neue Teilchen $a_1(1420)$ offenbar ein neues Mitglied im Club der bisher unerklärten Zustände“, sagt Prof. Dr. Stephan Paul vom Exzellenzcluster Universe der TUM. Die Experten der Quantenchromodynamik haben mit dem neuen Teilchenzustand eine weitere schwere Aufgabe zu lösen.

Auf der Suche nach Teilchen der Dunklen Materie

CRESST kann Leichtgewichte aufspüren

Mit zahlreichen Experimenten fahnden Wissenschaftler nach den Teilchen der Dunklen Materie – bisher vergeblich. Mit dem CRESST-Experiment werden die Physiker die Suche in Kürze deutlich ausweiten können: Die CRESST-Detektoren werden derzeit überarbeitet und können danach Teilchen nachweisen, deren Masse unterhalb desjenigen Messbereichs liegt, auf den sich Experimente bisher konzentrierten. Damit steigt die Chance, der Dunklen Materie auf die Spur zu kommen.

Astrophysikalische Beobachtungen lassen kaum Zweifel daran, dass im Universum eine weitere, bisher unbekannte Art von Materie existieren muss. Der Anteil dieser nicht sichtbaren, Dunklen Materie beträgt das Fünffache der Materie, die wir sehen können und aus der die Erde, unsere Sonne und alle Galaxien aufgebaut sind. „Bisher sind die Physiker davon ausgegangen, dass die Dunkle Materie aus schweren Teilchen besteht, die wir WIMPs nennen“, erklärt Federica Petricca, Sprecherin des CRESST-Experiments und Wissenschaftlerin am Max-Planck-Institut für Physik (MPP). „Daher suchen die meisten Experimente derzeit in einem Massebereich zwischen 10 und 1.000 GeV/c².“ (WIMPs: Weakly Interacting Massive Particles, CRESST: Cryogenic Rare Event Search with Superconducting Thermometers).

Die Untergrenze von 10 GeV/c² entspricht dabei ungefähr der Masse eines Kohlenstoffatoms. Neue theoretische Modelle, die bisherige Ungereimtheiten beseitigen – zum Beispiel den Unterschied zwischen der simulierten und der tatsächlich beobachteten Dunklen Materie in Galaxien – legen jedoch Dunkle-Materie-Teilchen nahe, die deutlich leichter sind als die klassischen WIMPs.

Empfindlichere Detektoren

Daher arbeiten die Wissenschaftler des Experiments CRESST daran, die Energieschwelle ihrer Detektoren zu verringern, und damit die Empfindlichkeit für leichtere Teilchen zu erhöhen. Mit Erfolg: In einem Langzeit-Versuch mit einem Detektor erreichten die Wissenschaftler eine Energieschwelle von 307 Elektronenvolt. „Das bedeutet, dass sich der Detektor nun insbesondere für Messungen von Teilchen mit Massen zwischen 0,5 und 4 GeV/c² eignet. Zudem konnten wir die Sensitivität in diesem Bereich um das Hundertfache verbessern“, sagt Dr. Jean-Côme Lanfranchi, Gruppenleiter des Ex-

periments CRESST am Lehrstuhl für experimentelle Astroteilchenphysik der Technischen Universität München (TUM) und Mitglied des Exzellenzclusters Universe. „Auf diese Weise können wir nun leichtere Teilchen aufspüren – beispielsweise Dunkle-Materie-Teilchen mit einer Masse ähnlich der des Protons, die 0,94 GeV/c² beträgt.“

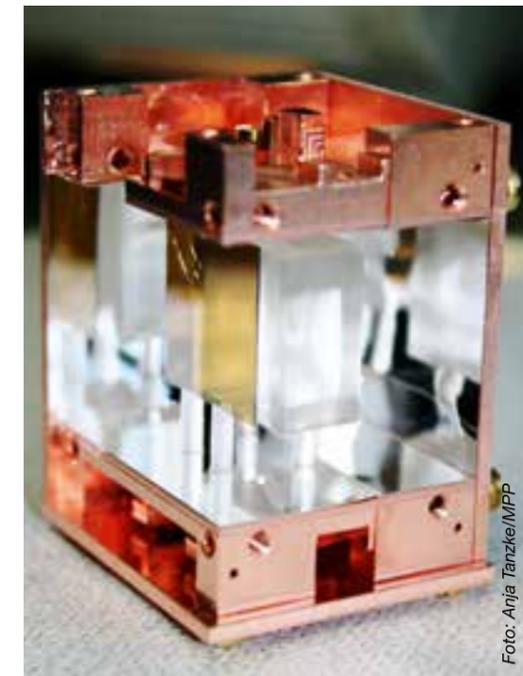
Auf Grundlage dieser Erkenntnisse statuen die Wissenschaftler nun das Experiment mit den neuen Detektoren aus. Der nächste Messzyklus von CRESST soll im Frühjahr 2016 beginnen und ein bis zwei Jahre dauern.

Geringe Radioaktivität

Kernstücke aller CRESST-Detektoren sind Kalziumwolframat-Kristalle. Treffen die gesuchten Teilchen auf eines der drei Kristallatome (Kalzium, Wolfram oder Sauerstoff), messen die Detektoren gleichzeitig die Energie und ein Lichtsignal der Kollision, was Aufschluss über die Art des Teilchens liefert.

Damit sich diese minimalen Temperatur- und Lichtsignale messen lassen, werden die Detektormodule bis fast auf den absoluten Nullpunkt (-273,15 Grad Celsius) gekühlt. Um Hintergrundereignisse soweit wie möglich zu minimieren, setzen die CRESST-Wissenschaftler nur Materialien mit möglichst geringer natürlicher Radioaktivität ein. Außerdem ist das Experiment im größten Untergrundlabor der Welt im italienischen Gran-Sasso-Massiv untergebracht. Dort ist es weitgehend vor kosmischer Strahlung geschützt.

Am Experiment CRESST sind beteiligt: das Max-Planck-Institut für Physik, die Universitäten in Tübingen und Oxford, die Technische Universitäten München und Wien, das Institut für Hochenergiephysik in Wien sowie die Laboratori Nazionali del Gran Sasso des Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.



Prototyp der zukünftigen CRESST-Detektoren: Der neue Kristall (Mitte) ist quaderförmig und kleiner als der Vorgänger. Die bisherige Kristallaufhängung aus Bronze wurde durch Komponenten aus dem Kristallmaterial ersetzt.



Dr. Jean-Côme Lanfranchi (l.) und Prof. Dr. Stefan Schöner vom Lehrstuhl für experimentelle Astroteilchenphysik der TUM vor dem Experiment CRESST im Gran Sasso Untergrundlabor.

Neue Weltrekord-Umgebung für Hochpräzisions-Experimente

Das kleinste Magnetfeld im Sonnensystem

Magnetfelder durchdringen Materie problemlos. Einen Raum zu schaffen, in dem es so gut wie keine magnetischen Felder mehr gibt, ist daher eine große Herausforderung. Ein internationales Team von Physikern um Prof. Dr. Peter Fierlinger vom Exzellenzcluster Universe der TUM hat nun eine Abschirmung entwickelt, die externe, niederfrequente Magnetfelder um einen Faktor von mehr als einer Million dämpft. Damit haben die Wissenschaftler in Garching einen Raum geschaffen, in dem das schwächste Magnetfeld dieses Sonnensystems herrscht. Hier wollen die Physiker nun Präzisionsexperimente mit Neutronen durchführen.

Auf der Erde sind wir stets von künstlichen und natürlichen Magnetfeldern umgeben. Das Erdmagnetfeld, das in Mitteleuropa eine Stärke von etwa 48 Mikrottesla hat, ist immer vorhanden. Dazu addieren sich örtlich weitere Magnetfelder, etwa von Transformatoren, Motoren, Kränen oder auch von Metalltüren.

Einer Gruppe von Physikern um Prof. Dr. Peter Fierlinger vom Exzellenzcluster Universe der Technischen Universität München (TUM) ist es nun gelungen, auf dem Garching Forschungscampus einen Raum mit 4,1 Kubikmetern Innenvolumen aufzubauen, in dem permanente und zeitlich veränderliche Magnetfelder um mehr als das Millionenfache reduziert sind.

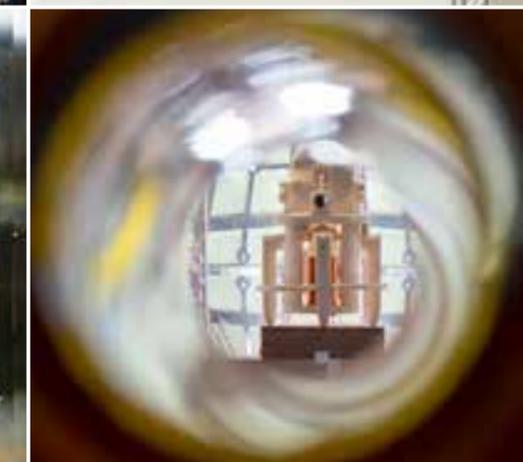
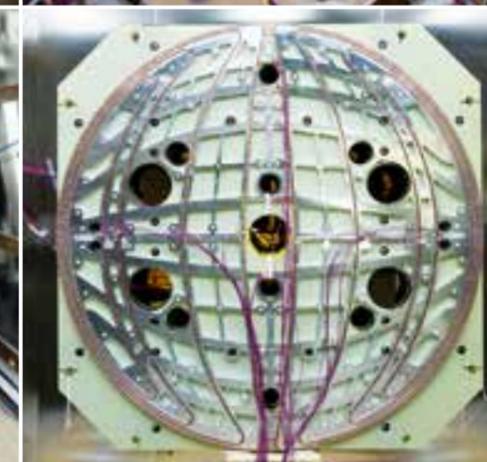
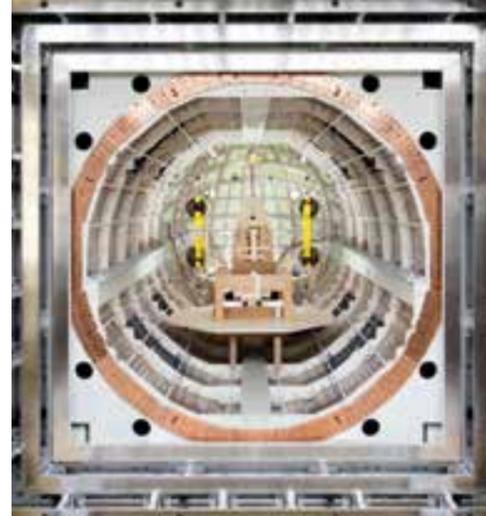
Dies wird durch eine magnetische Abschirmung aus verschiedenen Schalen einer hochmagnetisierbaren Legierung erreicht. Die dadurch erzielte magnetische Dämpfung sorgt dafür, dass das Rest-Magnetfeld im Inneren des Raums sogar kleiner ist als in den Tiefen unseres Sonnensystems. Es verbessert die bisherigen Dämpfungsmöglichkeiten um mehr als den Faktor zehn.

Magnetfeldfreie Präzisionsexperimente

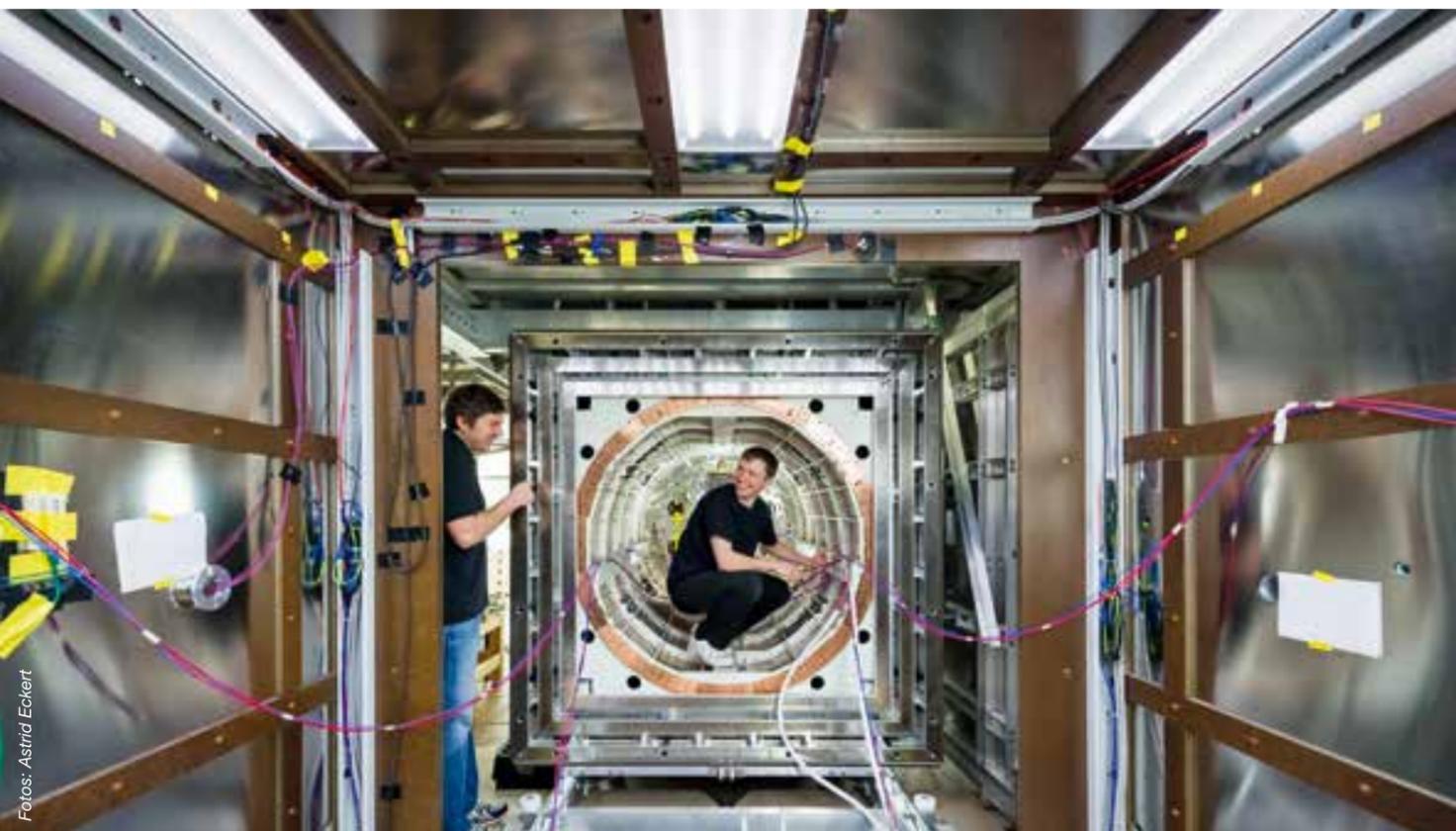
Die Reduzierung elektromagnetischer Störungen ist eine wichtige Voraussetzung für viele hochpräzise Experimente in der Physik, aber auch in der Biologie und der Medizin. In der Grundlagenphysik ist eine

maximale magnetische Abschirmung entscheidend für die Präzisionsmessungen winziger Effekte von Phänomenen, die im frühen Universum die Entwicklung unseres Universums vorangetrieben haben.

Die Gruppe von Peter Fierlinger entwickelt derzeit an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) der TUM ein Experiment, welches die Ladungsverteilung – Physiker sprechen vom elektrischen Dipolmoment – in Neutronen bestimmen soll. Neutronen sind Kernteilchen, die ein winziges magnetisches Moment besitzen, aber elektrisch neutral sind. Zusammengesetzt sind sie aus drei Quarks, deren Ladungen sich nach außen aufheben.



Innen- und Außenansichten des Raumes, in dem permanente und zeitlich veränderliche äußere Magnetfelder um mehr als das Millionenfache reduziert sind. Hier wollen die Physiker das elektrische Dipolmoment des Neutrons messen.



Blick in den Raum mit dem kleinsten Magnetfeld im Sonnensystem: Prof. Dr. Peter Fierlinger (l.) und der Doktorand Michael Sturm.

Wissenschaftler vermuten, dass Neutronen ein winziges elektrisches Dipolmoment besitzen. Die bisherigen Messungen konnten jedoch nicht die nötige Präzision erreichen. Der neue, nahezu magnetfeldfreie Raum schafft nun die Voraussetzungen, die Genauigkeit der bisherigen Messungen des elektrischen Dipolmoments des Neutrons um den Faktor 100 zu verbessern, und damit in die Dimension der theoretisch vorhergesagten Größe des Phänomens vorzudringen.

Physik jenseits der Grenzen des Standardmodells

„Eine solche Messung wäre von fundamentaler Bedeutung für die Teilchenphysik und würde die Tür zu einer neuen Physik jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik weit aufstoßen“, erklärt Peter Fierlinger. Das Standardmodell beschreibt mit hoher Präzision die Eigenschaften aller bisher bekannten Fundamentarteilchen.

Es bleiben jedoch Phänomene, die das Standardmodell nicht erklären kann: Die Schwerkraft etwa kommt in diesem Mo-

dell überhaupt nicht vor. Auch versagt es bei der Vorhersage des Verhaltens von Teilchen mit sehr hohen Energien, wie sie etwa im frühen Universum vorhanden waren. Und schließlich liefert es auch keine Begründung dafür, warum Materie und Antimaterie nach dem Urknall nicht vollständig zu Energie zerstrahlt sind, sondern ein kleiner Teil Materie übrig geblieben ist, aus dem wir und das uns umgebende, sichtbare Universum aufgebaut sind.

Physiker versuchen daher an Teilchenbeschleunigern wie dem Large Hadron Collider (LHC) am CERN kurzzeitig Bedingungen zu erzeugen, wie sie im frühen Universum geherrscht haben. Sie bringen Teilchen bei hohen Energien zur Kollision um auf diese Weise insbesondere neue Teilchen zu erzeugen.

Alternativen zur Hochenergiephysik

Die Experimente der TUM-Wissenschaftler ergänzen diese Hochenergiephysik: „Unsere Hochpräzisions-Experimente können die Natur von Teilchen in Energie-Größenordnungen untersuchen,

die von den gegenwärtigen oder zukünftigen Generationen von Teilchenbeschleunigern nicht erreicht werden dürften“, sagt der Doktorand Tobias Lins, der im Labor von Peter Fierlinger am Aufbau der magnetischen Abschirmung mitgearbeitet hat.

Suche nach unentdeckten Teilchen

Exotische, bisher unbekannte Teilchen können die Eigenschaften von bekannten Teilchen verändern. Daher könnten selbst kleine Abweichungen der Eigenschaften bekannter Teilchen Hinweise auf unentdeckte Partikel sein.

Am Aufbau und den Messungen der magnetischen Abschirmung waren neben der Forschungsgruppe von Prof. Dr. Peter Fierlinger von der TUM beteiligt: Physiker der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Berlin, der University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, der University of Michigan, USA, sowie der IMEDCO AG, Schweiz. Finanziell wurde die Arbeit gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem Exzellenzcluster Universe.

Magneticum Pathfinder eröffnet eine neue Ära in der computergestützten Kosmologie

Die Entwicklung des Universums in einzigartigem Umfang

Die weltweit aufwendigste kosmologische Simulation der Entwicklung unseres Universums haben theoretische Astrophysiker der Ludwig-Maximilians-Universität München gemeinsam mit Experten des Rechenzentrums C²PAP des Exzellenzclusters Universe und des Leibniz-Rechenzentrums realisiert. Diese bislang größte Simulation des „Magneticum Pathfinder“ Projekts verfolgt über Milliarden von Jahren die Entwicklung einer Rekordzahl von 180 Milliarden kleiner Raumelemente in einem bisher nicht erreichten Raumbereich von 12,5 Milliarden Lichtjahren Ausdehnung. Zum ersten Mal ist eine hydrodynamische kosmologische Simulation damit groß genug, um sie direkt mit großräumigen astronomischen Vermessungen unseres Universums zu vergleichen.

Der Urknall markiert in der modernen Kosmologie den Beginn unseres Universums und leitet die gemeinsame Entstehung von Materie, Raum und Zeit vor rund 13,8 Milliarden Jahren ein. Seither haben sich die heute sichtbaren Strukturen des Kosmos entwickelt: Milliarden von Galaxien, in denen Gas, Staub, Sterne und Planeten durch die Schwerkraft gebunden sind und in deren Zentren superschwere Schwarze Löcher sitzen. Wie aber konnten sich diese – sichtbaren – Strukturen aus den Startbedingungen des Universums formen?

Um diese Frage zu beantworten, führen theoretische Astrophysiker kosmologische Simulationen durch. Dazu bündeln sie ihr Wissen über die physikalischen Entwicklungsprozesse unseres Universums in mathematischen Modellen und bilden so auf Hochleistungsrechnern die Evolution unseres Universums über Milliarden von Jahren nach.

Simulation der großräumigen Strukturen

Ein Team von theoretischen Astrophysikern der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) unter Leitung von PD Dr. Klaus Dolag hat nun innerhalb des Magneticum Pathfinder Projekts eine neue, weltweit einzigartige hydrodynamische Simulation der großräumigen Verteilung der sichtbaren Materie unseres Universums durchgeführt. In ihr sind die aktuellen Erkenntnisse der Kosmologie über die drei kosmischen Bestandteile des Universums – die Dunkle Energie, die Dunkle Materie und die sichtbare Materie – eingeflossen.

Dabei haben die Wissenschaftler in ihren Berechnungen eine Vielzahl von physi-

kalischen Prozessen berücksichtigt, darunter drei, die als besonders wichtig für die Entwicklung des sichtbaren Universums gelten: die Kondensation von Materie zu Sternen, deren weitere Entwicklung, bei der durch Sternwinde und Sternexplosionen die umgebende Materie aufgeheizt und mit chemischen Elementen angereichert wird, sowie die Entwicklung von superschweren Schwarzen Löchern, die gewaltige Mengen an Energie abgeben.

Insgesamt umfasst diese Simulation den Raumbereich eines Würfels mit Kantenlängen von 12,5 Milliarden Lichtjahren. Dieser unvorstellbar große und in einer Simulation bisher nicht erreichte Ausschnitt des Universums wurde am Computer in eine bis dahin nicht erreichte Anzahl von 180 Milliarden Auflösungselementen aufgeteilt, von denen jedes einzelne die detaillierten Eigenschaften des Universums an dieser Stelle repräsentiert und ungefähr 500 Byte an Informationen enthält.

Vergleich mit astronomischen Beobachtungen

Diese zahlreichen Merkmale machen es erstmals möglich, eine kosmologische Simulation detailliert mit umfangreichen astronomischen Vermessungen unseres Universums zu vergleichen. „Das war bislang kaum möglich, weil anspruchsvolle kosmologische Simulationen viel zu klein waren, um sie Beobachtungen von Weltraumteleskopen wie Hubble oder Planck gegenüberzustellen, die große Teile unseres sichtbaren Universums durchmustern und abbilden“, sagt Klaus Dolag. „Magneticum Pathfinder markiert daher den Beginn einer neuen Ära in der computergestützten Kosmologie.“

Diesem Erfolg gingen rund zehnjährige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten voraus, die während dieser Zeit von Experten des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften begleitet wurden, einem der leistungsfähigsten wissenschaftlichen Rechenzentren Europas, das auf dem Forschungscampus Garching angesiedelt ist. „Eine der größten Herausforderungen bei einem so komplexen Problem ist es, den Simulations-Code zu optimieren und gleichzeitig die astrophysikalische Modellierung voranzutreiben“, erklärt Klaus Dolag. „Während der Code permanent an sich ändernde Technologien und neue Hardware angepasst werden muss, müssen die zugrunde liegenden Modelle verbessert und bessere oder zusätzliche Beschreibungen derjenigen physikalischen Prozessen eingebaut werden, die unser sichtbares Universum geformt haben.“

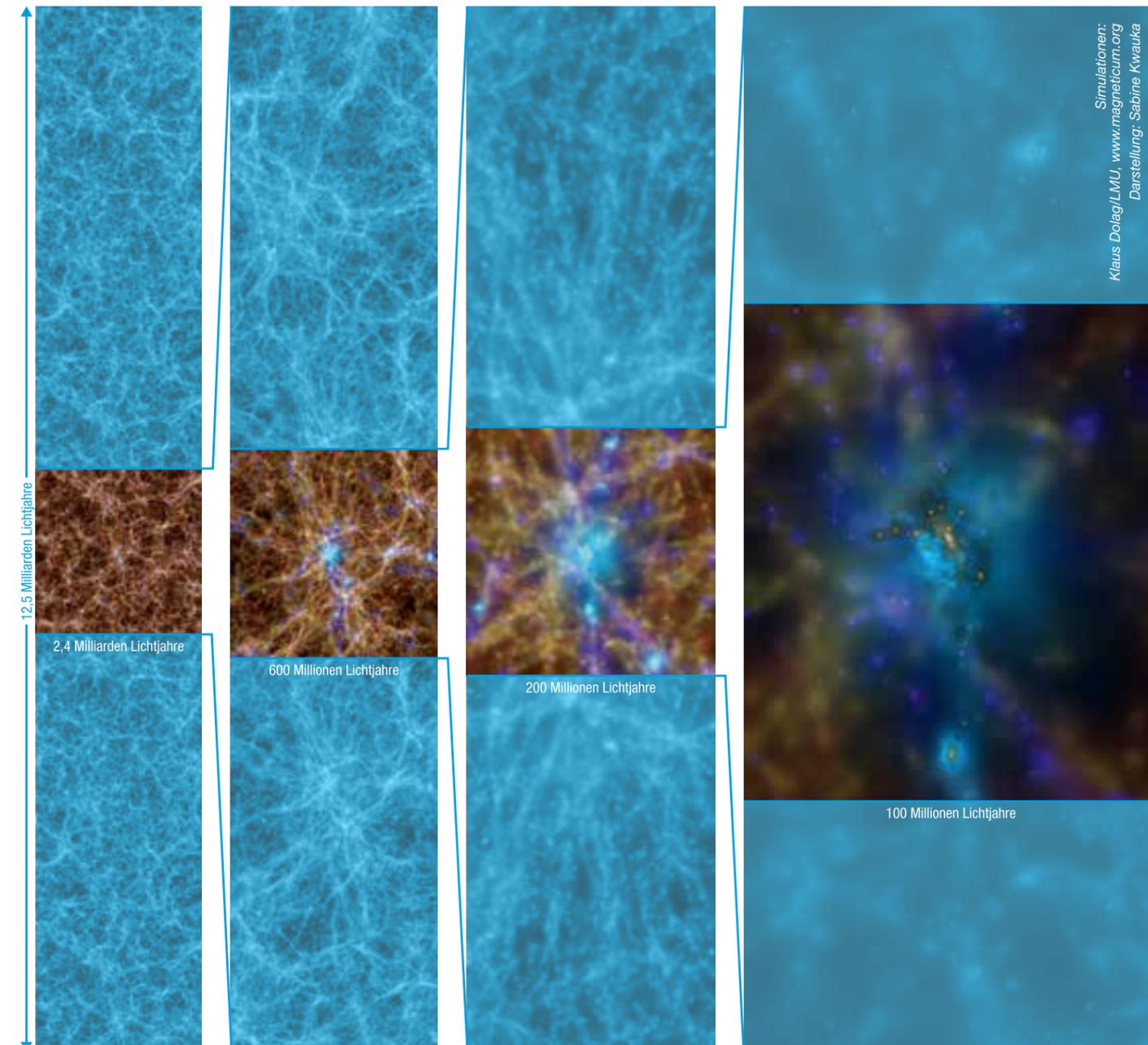
Die Realisierung dauerte zwei Jahre

Die Realisierung dieser größten Simulation innerhalb des Magneticum Pathfinder Projekts dauerte zwei Jahre. Dabei wurde die Wissenschaftlergruppe um Klaus Dolag zusätzlich von den Physikern des Rechenzentrums C²PAP unterstützt, das vom Exzellenzcluster Universe betrieben wird und am LRZ angesiedelt ist. Im Rahmen von mehreren einwöchigen Workshops bekam das Magneticum Pathfinder-Team in den vergangenen Jahren zudem die Gelegenheit, den gesamten Höchstleistungsrechner SuperMUC des LRZ nutzen. „Ich kenne kein Rechenzentrum, das mir den gesamten Rechner für so lange Zeit zur Verfügung gestellt hätte“, so Klaus Dolag.

Insgesamt beanspruchte die Magneticum Pathfinder-Simulation alle 86.016 Rechenkerne sowie den kompletten für Anwender nutzbaren Hauptspeicher – 155 von insgesamt 194 Terabyte – der kürzlich in Betrieb genommenen Ausbaustufe „Phase 2“ des SuperMUC. Die gesamte Simulationsrechnung benötigte insgesamt 25 Millionen CPU-Stunden und erzeugte 320 Terabyte an wissenschaftlichen Daten.

Diese Daten stehen nun weltweit interessierten Wissenschaftlern zur Verfügung. Die Münchner Astrophysiker sind bereits mit weitergehenden Projekten beschäftigt: Unter anderem arbeitet Klaus Dolag derzeit mit einem Wissenschaftlerteam der Planck-Kollaboration zusammen, um Beobachtungen des Planck-Satelliten mit den Berechnungen von Magneticum Pathfinder zu vergleichen.

Die umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Durchführung der hydrodynamischen Simulationen des Magneticum Pathfinder-Projekts wurden insbesondere unterstützt vom Bayerischen Kompetenznetzwerk für Technisch-Wissenschaftliches Hoch- und Höchstleistungsrechnen (KONWIHR), dem Astrolab am LRZ und dem Exzellenzcluster Universe mit seinem Rechenzentrum C²PAP.



Die weltweit aufwendigste kosmologische Simulation der Entwicklung unseres Universums zeigt die großräumige Verteilung der Materie mit ihren Galaxiengruppen und -haufen und dem weitverzweigten Netz aus Galaxienfilamenten.

Simulationen:
Klaus Dolag/LMU, www.magneticum.org
Darstellung: Sabine Kwauka

Künstlerische Darstellung einer Supernova und des damit verbundenen Gammastrahlenausbruchs. Das Ereignis wird von einem Magnetar angetrieben – einem sich schnell drehenden Neutronenstern, der ein starkes Magnetfeld erzeugt.

Neue Erkenntnisse zu ungewöhnlich lange dauernden Gammastrahlenausbrüchen

Die stärksten Magnetfelder erzeugen die größten Explosionen

Astronomen vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching und der Thüringer Landessternwarte Tautenburg konnten erstmals eine Verbindung zwischen einem sehr lange andauernden Gammastrahlenausbruch und einer ungewöhnlich hellen Supernova-Explosion aufzeigen. Ihre Beobachtungen zeigen, dass die Supernova nicht wie erwartet von radioaktiven Zerfällen, sondern durch ein abklingendes, sehr starkes Magnetfeld angetrieben wurde, das als Magnetar bezeichnet wird. Die Ergebnisse erschienen in der Zeitschrift *Nature*.

Die Ursache von Gammastrahlenausbrüchen (Gamma Ray Bursts – GRBs), sehr kurze und sehr intensive Pulse hochenergetischer elektromagnetischer Strahlung, die 1973 erstmals entdeckt wurden, waren Astrophysikern lange Zeit ein Rätsel. In den vergangenen Jahren konnten eine Reihe von Beobachtungsprogrammen die Natur dieses Phänomens immer besser aufklären. Unter den Gamma- und Röntgensatelliten spielt insbesondere der Satellit Swift eine große Rolle, weil er die kurzlebigen Gammablitz sehr schnell lokalisiert, damit andere Teleskope noch während des Nachleuchtens auf das richtige Objekt gelenkt werden können.

Für gewöhnlich dauern GRBs nur ein paar Sekunden. In ganz seltenen Fällen hält die Gammastrahlung allerdings für Stunden an. Ein besonders lang andauernder und sehr hell leuchtender GRB wurde am 9. Dezember 2011 vom Swift-Satelliten entdeckt und mit GRB 111209A bezeichnet.

Als das Nachleuchten des Ausbruchs langsam abklang, nahmen die Astrophysiker das Ereignis sowohl mit dem

GROND-Instrument am 2,2-Meter-Teleskop auf La Silla als auch dem X-Shooter-Spektrografen des Very Large Telescope (VLT) am Paranal genauer ins Visier. Die Beobachtungen erwiesen sich als charakteristisch für eine Supernova, daher erhielt das Ereignis die Bezeichnung SN 2011kl.

Astronomen haben beobachtet, dass nur bei etwa einer von 100.000 Supernovae ein GRB auftritt. „Daher muss ein solcher explodierender Stern etwas Besonderes haben“, sagt PD Dr. Jochen Greiner vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) und Mitglied des Exzellenzclusters Universe. Bislang sind die Astrophysiker davon ausgegangen, dass GRBs von sehr massereichen Sternen stammen – mit Massen von etwa dem 50-fachen der Sonnenmasse – und die Entstehung von Schwarzen Löchern signalisieren. „Unsere neuen Beobachtungen deuten allerdings darauf hin, dass der Zusammenhang mit Schwarzen Löchern für sehr lange dauernde GRBs nicht zutrifft.“

Die Physiker haben bisher angenommen, dass ein mehrere Wochen andauernder Ausbruch optischer und infraroter Strahlung vom Zerfall des radioaktiven Nickel-Isotops Ni-56 herrührt, das in der Supernova-Explosion entstanden ist. Die kombinierten Beobachtungen von GROND und VLT zeigten nun zum ersten Mal eindeutig, dass dies in diesem Fall nicht richtig ist. Auch andere Theorien konnten ausgeschlossen werden.

Als einzige zu den Beobachtungen passende Erklärung bleibt, dass der Ausbruch von einem Magnetar angetrieben wurde – einem sehr kleinen Neutronenstern, der sich hunderte Male pro Sekunde um die eigene Achse dreht und ein Magnetfeld erzeugt, das deutlich stärker ist als das normaler Neutronensterne, die als Radiopulsare bekannt sind. Physiker halten Magnetare für die stärksten Magnete im Universum.

„Erstmals haben wir hervorragende Belege für einen Zusammenhang zwischen GRBs, sehr hellen Supernovae und Magnetaren“, sagt Jochen Greiner. „Diese Ergebnisse bringen uns einen großen Schritt weiter auf dem Weg, die Ursachen von Gammastrahlenausbrüchen besser zu verstehen.“

erender Ausbruch optischer und infraroter Strahlung vom Zerfall des radioaktiven Nickel-Isotops Ni-56 herrührt, das in der Supernova-Explosion entstanden ist. Die kombinierten Beobachtungen von GROND und VLT zeigten nun zum ersten Mal eindeutig, dass dies in diesem Fall nicht richtig ist. Auch andere Theorien konnten ausgeschlossen werden.

Exzellenzcluster Universe PhD Preis 2015

Auszeichnung für herausragende Promotionen

Der Exzellenzcluster Universe vergab den Universe PhD Preis für das Jahr 2015 an die Nachwuchswissenschaftler Cora Uhlemann (LMU) und Peter Ludwig (TUM). Peter Ludwig konnte in seiner Arbeit Sternexplosions-Spuren in Meeressedimenten nachweisen, die vor etwa zwei Millionen Jahren auf die Erde gelangt sein müssen. Cora Uhlemann entwickelte in ihrer Dissertation Modelle für die bisher theoretisch wenig verstandene Bildung von Strukturen aus Dunkler Materie im nicht-linearen Bereich. Die Verleihung der mit 2.000 Euro dotierten Preise fand während der ScienceWeek 2015 des Exzellenzclusters Universe statt.

Abb.: NRAO/AUI/NSF/GBT/VLA, Chandra X-ray O., NASA/CXC/Rutgers, C.Schmidt opt. telescope, NOAO/AURA/NSF/CTIO and Digitized Sky Survey.



Überreste einer Supernova (hier: SN1006): Peter Ludwig gelang in seiner Arbeit der Nachweis von Supernova-Spuren in Meeressedimenten der Erde.



Ein Halo aus Dunkler Materie rund um eine Galaxie (künstlerische Darstellung): Cora Uhlemann beschäftigte sich mit der Bildung von Strukturen Dunkler Materie.

Peter Ludwig konnte in seiner Arbeit „Search for Fe-60 of Supernova Origin in Earth's Microfossil Record“ zeigen, dass sich in Bohrkernen von Meeressedimenten aus dem Pazifischen Ozean das Eisenisotop Fe-60 befindet, das nur in Supernovae produziert wird. In seiner interdisziplinären Arbeit gelang es Peter Ludwig außerdem erstmals, die zeitliche Verteilung eines solchen Fe-60-Signals zu bestimmen. Demnach haben die Supernova-Überreste vor rund zwei Millionen Jahren unser Sonnensystem durchquert. Der Durchgang dauerte etwa 750.000 Jahren.

Das Fe-60 war von Eisen-liebenden Bakterien, die in Ozeansedimenten leben, in etwa Nanometergroße Magnetite (Fe_3O_4) eingelagert worden. Die Bakterien entziehen das Eisen mikroskopischen, eisenhaltigen Staubkörnern, die mit dem Regen in die Ozeane kommen. Nach dem Absterben der Zellen bleiben die Magnetite auf dem Ozeanboden und versteinern über geologische Zeiträume. Die Bestimmung des Fe-60-Gehalts wurde am Beschleuniger-Massenspektrometer am Maier-Leibniz-Labor in Garching durchgeführt, wobei dessen Fe-60-Empfindlichkeit um den Faktor zehn verbessert werden konnte.

Prof. Dr. Wolfgang Hillebrandt (MPA) hob bei der Preisverleihung am 30. November im Rahmen der ScienceWeek 2015 die Qualität der Promotion hervor: „Eine herausragende, interdisziplinäre, sehr sorgfältige und engagierte experimentelle Arbeit.“

Die theoretische Arbeit von Cora Uhlemann „Theoretical Models for the Formation of the Large-Scale Structure in the Universe“ beschäftigt sich mit der theoretischen Beschreibung der Strukturbildung von Dunkler Materie. Sie widmet sich dabei zwei Aspekten: Der Entwicklung einzelner gebundener Strukturen aus Dunkler Materie, den sogenannten Halos, in denen die Galaxien eingebettet sind, und der Entstehung der großräumigen Strukturen des Universums entlang des kosmischen Netzes aus Dunkler Materie. Beide sind theoretisch bisher nicht richtig verstanden.

Für beide Probleme entwickelt Cora Uhlemann neue theoretische Ansätze. Sie stellt eine Methode vor, die auf der Korrespondenz zwischen klassischer Mechanik und Quantenmechanik basiert und zeigt anhand eines numerischen Beispiels, dass es damit gelingt, die Bildung eines Halos zu verfolgen. Außerdem entwickelt sie ein neuartiges Modell, um die Korrelationsfunktion im Rotverschiebungsraum zu berechnen. Ihre Kalkulationen vergleicht sie mit Resultaten der Standardstörungstheorie und kann zeigen, dass für ihren Zugang das Gaußsche Strömungsmodell ausreicht. Des Weiteren vergleicht sie ihre Resultate mit N-Teilchen-Simulationen.

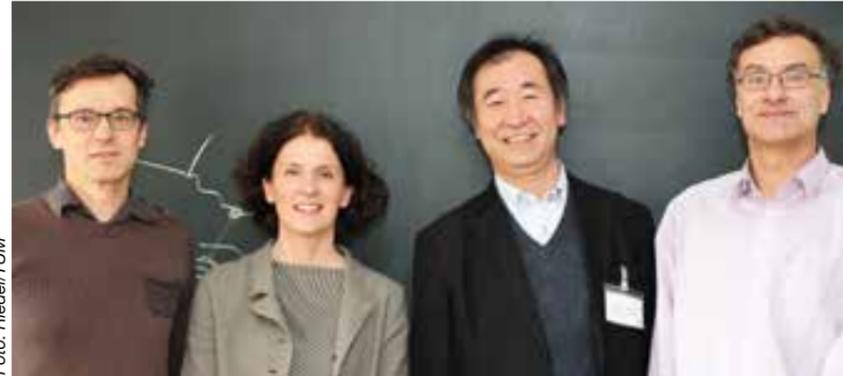
Prof. Dr. Hermann Wolter (LMU): „Eine originelle und umfangreiche Dissertation mit vielen neuen Ideen, Zugängen und Lösungen für Fragestellungen auf dem Gebiet der Kosmologie.“



Cora Uhlemann und Peter Ludwig mit den Laudatoren Prof. Dr. H. Wolter (LMU) und Prof. Dr. W. Hillebrandt (MPA) (r.)

Nobelpreisträger zu Gast am Exzellenzcluster

Der Nobelpreisträger Takaaki Kajita war im Rahmen des 1st Atmospheric Neutrino Workshop Gast am Exzellenzcluster Universe. Der Professor von der Universität Tokyo und Direktor des japanischen Institute for Cosmic Ray Research fungierte dabei als Mitglied des Organisationskomitees und einer der Sprecher. Der Workshop, der Anfang Februar 2016 in Garching stattfand, wurde von Prof. Dr. Elisa Resconi von der Technischen Universität München organisiert und brachte rund 35 internationale Wissenschaftler zusammen, die mit Hilfe von atmosphärischen Neutrinos das Rätsel der Neutrino-Massen-Hierarchie lösen wollen.



Trafen sich in Garching: Prof. Dr. Stefan Schönert (TUM), Prof. Dr. Elisa Resconi (TUM), Prof. Dr. Takaaki Kajita (University of Tokyo), Prof. Dr. Martin Beneke (TUM) (v.l.).

Das Standardmodell der Teilchenphysik beschreibt die fundamentalen Bausteine und ihre Wechselwirkungen und wurde vielfach getestet und bestätigt. Allerdings gibt es eine Reihe von offenen Fragen, auf die das Modell keine Antwort hat. Dazu gehört unter anderem die Frage nach den Neutrino-Massen.

Aus Experimenten wissen die Physiker, dass sich ein Neutrino einer bestimmten Art nach einer gewissen zurückgelegten Weglänge periodisch in ein Neutrino einer anderen Art umwandeln kann (das Standardmodell kennt dabei drei Neutrino-Arten: Elektron-, Muon- und Tau-Neutrinos). Physiker nennen dieses Phänomen Neutrino-Oszillation. Daraus ergibt sich, dass Neutrinos nicht masselos sein können, wie das Standardmodell beschreibt. Bisherige Messungen haben gezeigt, dass die Neutrino-Massen winzig klein sein müssen, doch eine exakte Bestimmung ist bislang nicht gelungen.

Nun wollen die Physiker klären, wie die Hierarchie der drei Massenzustände aussieht, also welcher Massenzustand der größte und welcher der kleinste ist. „Dieses wichtige Problem können wir mit Hilfe von atmosphärischen Neutrinos in relativ kurzer Zeit lösen“, sagt Prof. Dr.

Elisa Resconi vom Exzellenzcluster Universe der Technischen Universität München (TUM). „Atmosphärisch“ werden dabei Neutrinos genannt, die durch Kollision von kosmischen Teilchen, meist Protonen, mit den Molekülen der Erdatmosphäre entstehen.

Um die Wissenschaftler zusammenzubringen, die weltweit an solchen Experimenten arbeiten, hat Elisa Resconi in Garching den 1st Atmospheric Neutrino Workshop organisiert. Vom 7. bis 12. Februar 2016 trafen sich dazu rund 35 Wissenschaftler sowie zahlreiche Studenten am Munich Institute for Astro- and Particle Physics (MIAPP). Am Gastforschungszentrum des Exzellenzclusters Universe diskutierten sie die physikalischen Fragen und Herausforderungen rund um diese Experimente.

Über einen Teilnehmer freute sich Elisa Resconi dabei besonders: „Wir haben Takaaki Kajita bereits eine Weile vor seinem Nobelpreis nach Garching eingeladen, und fühlen uns sehr geehrt, dass er trotz seiner vielen neuen Verpflichtungen gekommen ist.“ Der japanische Teilchenphysiker hatte im vergangenen Jahr den Nobelpreis für Physik für die Entdeckung der Neutrino-Oszillation im Jahr 2003 am

Detektor Super-Kamiokande erhalten. In Garching stellte er nun das Konzept des Nachfolge-Experiments Hyper-Kamiokande vor, das etwa 20 Mal größer als sein Vorgänger werden soll.

„Die Größe des Detektors ist für die Neutrino-Experimente der nächsten Generation von entscheidender Bedeutung“, beschreibt Elisa Resconi, „denn für schnelle und aussagekräftige Ergebnisse müssen im Detektor mindestens 100.000 Neutrino-Ereignisse pro Jahr beobachtet werden, was in etwa einer Verdoppelung der heutigen Rate entspricht“. Die IceCube-Kollaboration, der Elisa Resconi und ihre Forschungsgruppe an der TUM angehören, verfolgt mit dem Projekt PINGU (Precision IceCube Next Generation Upgrade) einen Ausbau des Neutrino-Teleskops IceCube. Dieser in der Antarktis befindliche, mit der Größe von einem Kubikkilometer weltweit größte Neutrino-Detektor dient der Messung von hochenergetischen kosmischen Neutrinos. Die geplante Aufrüstung würde IceCube auch für atmosphärische Neutrinos empfindlich machen und könnte innerhalb weniger Jahre zur Aufklärung der Neutrino-Massen-Hierarchie beitragen.

Zu dem Workshop im Garching waren außerdem Wissenschaftler des Experiments DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment) am Sanford Lab in South Dakota, USA, gekommen, sowie des Mittelmeer-Neutrino-Teleskops Orca (Oscillation Research with Cosmics in the Abyss).

Insgesamt, so Elisa Resconi, war der Workshop ein großer Erfolg: „Durch die überaus angenehme und entspannte Atmosphäre am Gastforschungszentrum MIAPP sind die Wissenschaftler der verschiedenen Institute sofort miteinander ins Gespräch gekommen.“ Nächstes Jahr wollen sich die Forscher erneut treffen.

Terminvorschau

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

04. - 29.04.2016	MIAPP I: Cosmic Reionization	MIAPP, Boltzmannstr. 2, Garching
08.04.2016, 11:00 Uhr	Special Universe Talk: Dr. Leslie Sage (Nature Publ. Group): „How to write a Nature Paper“	MPE, Neuer Seminarraum, Gießenbachstraße, Garching
12.04.2016, 19:00 Uhr	Café & Kosmos: Dr. Marco Drewes (TUM): „Wie heiß war der Urknall?“	Muffatcafé, Zellstr. 4, München
19.04.2016, 16:15 Uhr	1. Hans-Peter Dürr Colloquium Prof. Dr. Rolf-Dieter Heuer (CERN/DPG): „Science and Society – Connecting Worlds“	MPP, Auditorium, Föhringer Ring 6, München
02. - 27.05.2016	MIAPP II: Higher Spin Theory and Duality	MIAPP, Boltzmannstr. 2, Garching
17.05.2016, 19:00 Uhr	Café & Kosmos: Dr. Wolfgang Kerzendorf (ESO): „Was uns historische Supernova-Überreste verraten“ weitere Termine: www.cafe-und-kosmos.de	Muffatcafé, Zellstr. 4, München
23. - 25.05.2016	MIAPP II Topical Workshop: Aspects of Higher Spin Theory Registrierung unter www.munich-iapp.de (bis 23.04.2016)	MPA, Raum E.0.11, Karl-Schwarzschild-Str. 1, Garching
30.05. - 01.06.2016	Interdisciplinary Cluster Workshop on Detectors and Instrumentation www.universe-cluster.de/detectors2016	wird noch bekannt gegeben
30.05. - 24.06.2016	MIAPP III: Why is there more Matter than Antimatter in the Universe?	MIAPP, Boltzmannstr. 2, Garching
06. - 08.06.2016	MIAPP III Topical Workshop: Baryogenesis – Status of Experiment and Theory Registrierung unter www.munich-iapp.de (bis 06.05.2016)	MPA, Raum E.0.11, Karl-Schwarzschild-Str. 1, Garching
06. - 08.07.2016 9:00 - 17:00 Uhr	Präsentations-Workshop für Studenten und Wissenschaftler des Exzellenzclusters Universe Anmeldung unter: andreas.mueller@universe-cluster.de	LMU, Raum C007, Pettenkoferstr. 12, München
19. - 21.07.2016 13:00 - 15:00 Uhr	Dr. Celine Peroux (CNRS Marseille): Lecture Series on Cosmic Flows	MIAPP-Seminarraum, Boltzmannstr. 2, Garching
25.07. - 19.08.2016	MIAPP IV: The Chemical Evolution of Galaxies	MIAPP, Boltzmannstr. 2, Garching
22.08. - 16.09.2016	MIAPP V: The Physics of Supernovae	MIAPP, Boltzmannstr. 2, Garching
12. - 16.09.2016	MIAPP V Topical Workshop: Supernovae: The Outliers Registrierung unter www.munich-iapp.de (bis 12.08.2016)	MPA, Raum E.0.11, Karl-Schwarzschild-Str. 1, Garching
24.10. - 18.11.2016	MIAPP VI: Flavour Physics with High-Luminosity Experiments	MIAPP, Boltzmannstr. 2, Garching
07. - 09.11.2016	Interdisciplinary Cluster Workshop on Data Analysis www.universe-cluster.de/dataanalysis2016	wird noch bekannt gegeben



Stefan Schönert

Professor für experimentelle Astroteilchenphysik an der TUM und Principal Investigator des Exzellenzclusters Universe, ist seit kurzem Max-Planck-Fellow am Max-Planck-Institut für Physik (MPP). Er wird dort im Bereich Dunkle Materie und Neutrino-Physik forschen. Mit dem Fellow-Programm will die Max-Planck-Gesellschaft die Zusammenarbeit ihrer Institute mit herausragenden Hochschullehrern und -lehrerinnen vertiefen.



Claudia Hagedorn

seit November 2013 Research Fellow am Exzellenzcluster Universe, folgte zum 1. Januar 2016 einem Ruf als Professorin an das Centre for Cosmology and Particle Physics Phenomenology (CP³ Orgins) an der Süddänischen Universität in Odense, Dänemark. Die theoretische Teilchenphysikerin arbeitet auf den Gebieten der Modellbildung, Flavour-Symmetrien, Neutrino-Physik, Lepton-Flavour-Verletzung und Leptogenese.



Andreas Weiler

wurde zum 1. Oktober 2015 zum Associate Professor für Theoretische Teilchenphysik an Collidern an die TUM berufen. Nach der Promotion an der TUM im Jahr 2005 war er bis 2009 PostDoc an der Cornell University, Ithaka, USA, dann CERN-Fellow und seit 2011 Mitarbeiter am DESY sowie seit 2013 auch Mitarbeiter am CERN. Sein Interesse gilt der theoretischen Hochenergiephysik, speziell den theoretischen Implikationen der Ergebnisse am LHC.



Bastian Märkisch

wurde zum 1. April 2015 zum Tenure Track Assistant Professor für Elementarteilchenphysik bei niedrigen Energien der TUM ernannt. Nach der Promotion im Jahr 2006 an der Universität Heidelberg, gefolgt von verschiedenen Forschungsaufenthalten, leitete er seit 2010 in Heidelberg eine DFG-Forschungsgruppe. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf Messungen zur schwachen Wechselwirkung im Zerfall freier Neutronen.

Fotos: Andreas Heddergott, Astrid Eckert, privat

Munich Institute for Astro- and Particle Physics
PROGRAMMES 2017

Astro-, Particle and Nuclear Physics of Dark Matter Detection
6. – 31. März 2017

Superluminous Supernovae in the Next Decade
2. – 26. Mai 2017

Protoplanetary Disks and Planet Formation and Evolution
29. Mai – 23. Juni 2017

In & Out. What rules the Galaxy Baryon Cycle?
26. Juni – 21. Juli 2017

Automated, Resummed and Effective: Precision Computations for the LHC and Beyond
24. Juli – 18. August 2017

Mathematics and Physics of Scattering Amplitudes
21. Aug. – 15. Sep. 2017

Registrierung unter:
www.munich-iapp.de



IMPRESSUM

Redaktion: Petra Riedel

Autoren: Petra Riedel, Dr. Hannelore Hämmerle, Stefanie Reiffert, Barbara Wankler

Gestaltung: Sabine Kwauka

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

Abonnement: www.universe-cluster.de/newsletter

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

Herausgeber:
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
Web: www.universe-cluster.de

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