

Liebe Leserinnen und Leser,

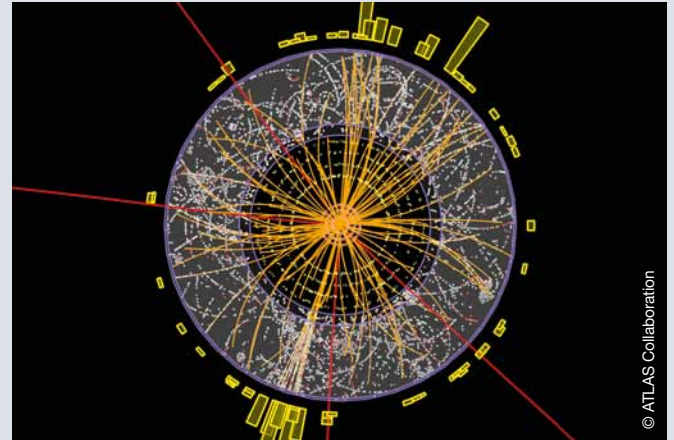
Jahreswechsel sind willkürliche Zäsuren. Üblicherweise geht das Leben im Neuen Jahr einfach weiter, ohne dass etwas Unerwartetes passiert. Das hoffen wir auch für unseren Universe Cluster. Der Verlängerungsantrag für die Jahre 2012 bis 2017 ist gestellt, nach der Begutachtung im Januar heißt es bis Juni 2012 warten: Dann gibt die DFG bekannt, welche Projekte der Exzellenzinitiative weiterhin gefördert werden.

Etwas „Neues“ hat sich dennoch zugetragen. Passenderweise kurz vor Weihnachten bescherte das CERN der Welt einen aktuellen Statusreport, wonach sich die Hinweise auf das gesuchte Higgs verdichten. Und noch eine kleine Neuigkeit: Künftig stellen wir in loser Abfolge Bücher vor, die sich mit der Physik des Universums beschäftigen (s. S. 8).

Im Namen des Universe Clusters wünsche ich Ihnen eine schöne Weihnachtszeit und ein gutes Jahr 2012!

Barbara Wankerl, PR Manager

BILD DES MONATS

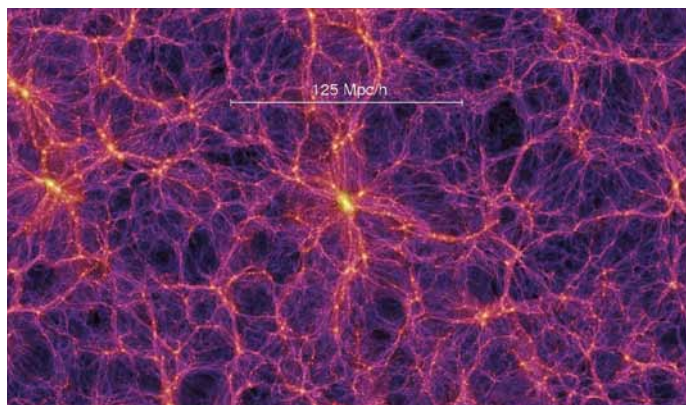


Für das Higgs wird es eng – Noch ist das Higgs-Boson, das der Materie ihre Masse verleiht, nicht gefunden. Allerdings fanden die beiden unabhängigen Experimente ATLAS und CMS Hinweise auf die Existenz des Higgs im winzigen Bereich von 124 bis 126 GeV. Vor den Wissenschaftlern liegt noch viel Arbeit, um diese Ergebnisse statistisch abzusichern. Sie müssen eine Vielzahl weiterer Zerfälle auswerten - und können dann vielleicht schon im Jahr 2012 die Entdeckung des Higgs bekannt geben.

FORSCHUNG

Gravitationslinsen: Dunkle Materie im Brennpunkt

Der Name sagt es bereits: Die Dunkle Materie im Universum ist unsichtbar. Denn anders als gewöhnliche Materie, zum Beispiel Sterne oder Gas, sendet sie keine Lichtwellen aus. Deswegen sind auch Teleskope „blind“ für diese Materieform: Teleskope beobachten elektromagnetische Strahlung, also Licht unterschiedlicher Wellenlänge. Es gibt einige Gründe warum Wissenschaftler dennoch von der Existenz Dunkler Materie überzeugt sind. Einer davon liegt im ungewöhnlichen Rotationsverhalten von Spiralgalaxien. Sterne im Außenbereich bewegen sich ähnlich schnell um das galaktische Zentrum wie weiter innen gelegene Sterne, eine Beobachtung, die sich nicht mit der Gravitationskraft der sichtbaren Bestandteile der Galaxien verträgt.



Diese Computersimulation („Millennium-Simulation“) zeigt die großräumige Struktur des Universums. Deutlich zu erkennen sind Knoten und Filamente mit einer dichten Verteilung von Galaxien und Galaxienhaufen.

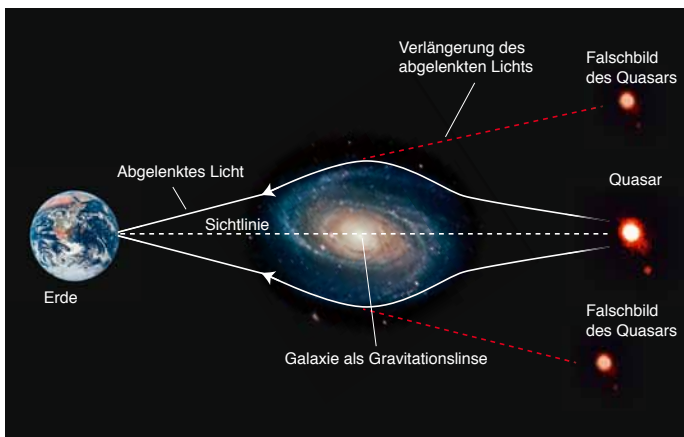
In den vergangenen Jahren haben Beobachtungsmissionen und Computersimulationen ein detailreiches Bild von der Struktur des Universums gezeichnet. Galaxien und Galaxienhaufen sind alles andere als gleichmäßig verteilt und formen ein grobmaschiges, dreidimensionales Netz, in dem sich Galaxienstränge und -knoten mit gigantischen Leerräumen abwechseln. Wissenschaftler glauben heute, dass dieser Aufbau der Dunklen Materie zu verdanken ist: Durch ihre Gravitation wirkt sie wie ein Kondensationskeim, an dem die sichtbare Materie andockt.

In den letzten Ausgaben dieses Newsletters haben wir über das CRESST-Experiment berichtet, mit denen Physiker Dunkle-Materie-Teilchen nachweisen wollen. Astronomen und Kosmologen haben ihre eigenen ausgeklügelten Verfahren, um unsichtbare Materie aufzuspüren und zu untersuchen. Eine dieser Methoden bezeichnet man als „gravitational lensing“ oder Gravitationslinse. Sie nutzt die von Albert Einstein entdeckte Eigenschaft von Materie, Licht abzulenken.

Zwei Research Fellows des Exzellenzclusters Universe, Dr. Lise Christensen und Dr. Claudio Grillo, haben sich kürzlich zusammengetan, um ein interessantes Gravitationslinsen-System zu erforschen. „Mit der Untersuchung von Gravitationslinsen können wir den Anteil dunkler im Vergleich zu sichtbarer Materie messen“, erklärt Claudio Grillo. „Die physikalischen Eigenschaften von Linsen in unterschiedlichen Regionen helfen uns zu verstehen, wie leuchtende und dunkle Materie wechselwirken.“

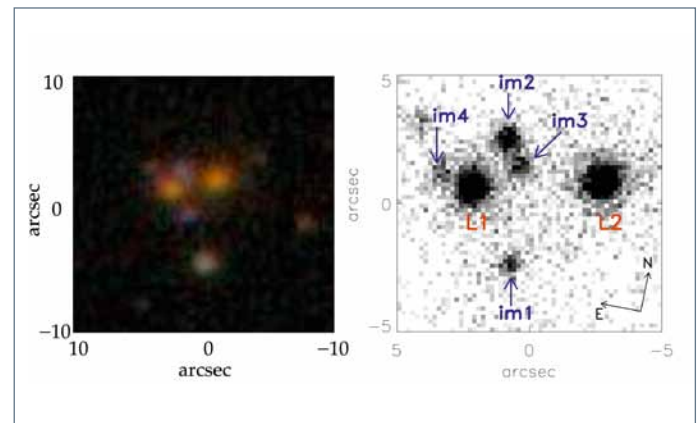
Das Prinzip einer Gravitationslinse folgt den gleichen physikalischen Gesetzen wie optische Linsen in einem Mikroskop oder einer Brille. Das Licht wird an der Linse gebrochen, und es entstehen Bilder, die vom Original abweichen, d.h. umgedreht, größer, kleiner oder verzerrt erscheinen. Kosmische Gravitationslinsen verursachen ähnliche Effekte. Ein Objekt, z.B. eine Galaxie, lenkt die Lichtstrahlen ab, die von einem zweiten Objekt, z.B. einem Quasar, ausgesandt werden. Ein Beobachter bzw. das Teleskop „sieht“ das verzerrte Abbild der Lichtquelle als so genannte Einstein-Ringe oder -Bögen. Die Form und räumliche Lage dieser Falschbilder verweisen auf die Masseeigenschaften der Linse – und verraten, wie dunkle und sichtbare Materie verteilt sind.

Christensen und Grillo untersuchten ein Linsensystem, das unter dem Namen Cassowary 5 (CSWA 5) bekannt ist (1). Das System besteht aus einer Lichtquelle bei einer Rotverschiebung von $z=1.069$ und zwei Galaxien bei einer Rotverschiebung $z=0,338$ (2). Bereits im Mai 2010 hatte Christensen das System untersucht und dabei bestätigt, dass es sich bei CSWA 5 tatsächlich um eine Linse handelt, die das Licht der Quelle als vier verschiedene Bilder projiziert. Alle Bilder lassen sich einer einzigen Quelle zuordnen.



Das Prinzip der Gravitationslinse

Im September 2011 veröffentlichte das Forscherteam eine wissenschaftliche Arbeit, in der sie die CSWA 5-Gravitationslinse genauer unter die Lupe nehmen. Sie fanden heraus, dass die beiden Galaxien der Linse einen gigantischen Ring aus Dunkler Materie ausformen, ein typisches Kennzeichen für ein sehr altes System: Der überwiegende Anteil des Gases wurde für die



Die linke Aufnahme zeigt die vier Falschbilder der Galaxie, die von der Gravitationslinse CSWA 5 erzeugt werden. Rechts: Aufnahme mit einem Instrument des Very Large Telescopes (ESO). Die Falschbilder sind mit blauer Schrift gekennzeichnet, die beiden Galaxien der Linse mit L1 und L2.

Entstehung von Sternen aufgebracht. Mit der Kombination verschiedener Beobachtungsdaten gelang es den Wissenschaftlern zum ersten Mal, den Anteil der Dunklen Materie exakt zu bestimmen. Dieser liegt etwa um das Vierfache höher als in Galaxien mit einer vergleichbaren Menge an leuchtender Materie: 80 Prozent der Materie in der CSWA 5-Linse ist dunkel. Zur präzisen Berechnung verwenden die Wissenschaftler den „halben Lichtradius“ als Bezugsgröße: Das entspricht der Distanz, in der man die Hälfte des sichtbaren Lichts messen kann.

„Das von uns charakterisierte CSWA 5-System ist zwar nur ein winziger Baustein in der gesamten Architektur des Universums,“ sagt Claudio Grillo. „Aber Übereinstimmungen mit bzw. Unterschiede zu isolierten Galaxien sind entscheidend, um zu verstehen, wie sich kosmologische Strukturen herausgebildet haben.“

Originalpublikation: <http://arxiv.org/abs/1108.0678>

(1) Das Akronym steht für CA mbridge Sloan Survey Of Wide ARcs in the SkY, einem Katalog, in dem die beiden Galaxien als mögliche Gravitationslinsen aufgeführt waren.

(2) Die Rotverschiebung ist weniger eine Distanz- als eine Zeitmessung: $z=0$ bezieht sich auf die heutige Raumzeit, $z=0,3$ bedeutet vor 3 Mrd. Jahren, $z=1$ vor 6 Mrd. Jahren (Alter des Universum: etwa 13,7 Mrd. Jahre).

Suche nach Antimaterie: mit neuer Kraft voraus

Science City, so nennt sich die Stadt Tsukuba, etwa 60 Kilometer nordöstlich von Tokio gelegen. Eine der Anlagen dieser Wissenschaftshochburg ist das KEK, das japanische Zentrum für Hochenergiephysik. Hier suchen Physiker nach etwas, das es im Universum gar nicht mehr gibt – die Antimaterie. Dafür jagen sie im Teilchenbeschleuniger KEKB Elektronen und ihre Antiteilchen, die Positronen, mit Hochgeschwindigkeit aufeinander. Auf den Teilchen-Crash folgt die Spurensicherung: Ein riesiger Detektor, der den schönen Namen „Belle“ trägt, registriert die Kollisionsereignisse und wertet sie aus.

Am 18. November 2011 fiel der Startschuss für umfangreiche Modernisierungsarbeiten in der Beschleunigeranlage. Für den Detektornachfolger „Belle II“ kommt Präzisionstechnologie „made in Germany“ zum Einsatz. Eine deutsche Kollaboration, an der auch der Exzellenzcluster Universe beteiligt ist (s. Newsletter 2/2011), baut dafür einen Pixel-Vertex-Detektor (PXD), der auf der neuartigen DEPFET-Technologie (1) basiert. Er wird unmittelbar am Hot-Spot des Experiments eingebaut – dort, wo die Teilchenpakete kollidieren. Bei dem Detektor handelt es sich um eine Art digitaler Hochleistungskamera mit 8 Megapixeln, die

das chaotische Durcheinander der Kollisionsspuren mit hoher Auflösung aufnimmt und analysiert.

Was die Messungen betrifft, steht Belle II vor einer wahren Herkulesaufgabe: Der Beschleuniger KEKB, der die Teilchen im 3-Kilometer langen, gegenläufigen Kreisverkehr auf Touren bringt, soll als „SuperKEKB“ bedeutend leistungsstärker wiederaufstehen. Dann fetzen die Teilchen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durch den Beschleuniger, zusätzlich werden sie dichter verpackt und die Pakete mit höherer Frequenz losgeschickt. Damit steigen auch die Chancen für einen Zusammenstoß. Die Betreiber gehen davon aus, dass mit dem Start des Nachfolgers die Kollisionsrate um das 40fache steigt. Belle II und insbesondere der PXD müssen dann gigantische Datenmengen verarbeiten.

„Pro Sekunde wird der PXD 30.000 Aufnahmen machen, damit wir die 8.000 zu erwartenden Kollisionen sicher ‚im Kasten‘ haben und auswerten können“, erklärt Professor Christian Kiesling vom MPP als Sprecher der Gruppe, die den PXD finanziert und baut. „Das bedeutet 30 Gigabyte an Daten in jeder Sekunde.“ Der PXD leistet dabei Präzisionsarbeit: Auf den Mikrometer genau misst er, welche Teilchen wo entstanden sind und in welche Richtung sie sich bewegen. Das liefert Rückschlüsse auf die Art der beim Zusammenprall produzierten Teilchen.



Links: Klein aber präzise – Jochen Schieck zeigt das Modell des PXD. Rechts: Schema von Belle II – der PXD wird zentral am Kollisionspunkt eingebaut.

Und was hat das alles mit Antimaterie zu tun? Professor Jochen Schieck vom Exzellenzcluster Universe und der LMU gibt Auskunft: „Kurz nach dem Urknall vor 13,7 Milliarden Jahren entstanden aus einer ungeheuren Energiedichte Materie- und Antimaterieteilchen. Wenn sich zwei dieser gegensätzlichen Teilchen



Blick auf den KEKB-Beschleuniger-Ring, der seit Sommer 2010 wegen der Modernisierungsarbeiten außer Betrieb ist.

treffen, zerstrahlen sie.“ Allerdings hätte sich in diesem Szenario niemals dauerhaft Materie formen können, also auch keine Sterne, Planeten und Galaxien. Schieck: „Irgendwann muss sich ein winziger Überschuss an Materie gebildet haben, aus dem das Universum, wie wir es kennen, entstanden ist. Wir sprechen hier von einer Symmetriebrechung, auch CP-Verletzung genannt. Und diese ‚passt‘ nicht in die herkömmliche Physik, wie sie im Standardmodell der Teilchenphysik beschrieben ist.“

Dem Materie-Antimaterie-Ungleichgewicht versuchen die Wissenschaftler mit Hilfe von Quark-/Antiquark-Paaren in so genannten B-Mesonen, auf die Spur zu kommen. B-Mesonen sind häufige Kollisionsprodukte der Elektron-Positron-Kollisionen im KEKB-Beschleuniger – und auch sie kommen in einer Materie- und einer Antimaterie-Variante vor. Durch das genaue Studium der B-Mesonen hoffen die Wissenschaftler, mögliche Abweichungen vom Standardmodell festzustellen und damit tatsächlich „neue Physik“ zu entdecken. „Dank der Präzisionsmessungen von Belle II lassen sich auch winzige Ortsverschiebungen aufzeichnen und analysieren“, sagt Kiesling. „Wenn die Zerfälle auch nur minimal anders als erwartet verlaufen sollten, stehen die Chancen gut, das mit diesem Experiment nachzuweisen.“

Allerdings müssen sich die Physiker noch etwas gedulden, bis sie mit dem Symmetrie-Rätsel weitermachen können: Die modernisierte Anlage SuperKEKB geht voraussichtlich 2014 an den Start, Belle II soll dann im Jahr 2015 die ersten Daten nehmen.

(1) DEPFET: Depleted P-Channel Field Effect Transistor

■ VERANSTALTUNGEN

Science Week 2011

In der Woche vom 28. November bis zum 1. Dezember 2011 fand die fünfte Auflage der Science Week des Universe Clusters statt. Den Besuchern bot sich ein interessanter und top-aktueller Themen-Mix aus allen Forschungsbereichen des Clusters. So blickte Bruno Leibundgut (ESO) als ehemaliges Mitglied der Gruppe um Adam Riess und Brian Schmidt auf die Entdeckung der beschleunigten kosmischen Expansion zurück, die in diesem Jahr mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Ramy Brustein von der Ben Gurion-Universität in Israel sprach in seinem Abend-

vortrag über das viel diskutierte Opera-Experiment, das kürzlich Neutrinos entdeckte, die schneller „als erlaubt“ – mit mehr als Lichtgeschwindigkeit – unterwegs sind.

Mehrere Themenvorträge der Science Week beleuchteten übergreifende Bereiche, zum Beispiel die Neutrinophysik, Sternentstehung oder die Suche nach dem Higgs-Boson. Daneben hielten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aller Research Areas (RA) Vorträge über ihre aktuellen Forschungsarbeiten. Am Donnerstag

stellten die Koordinatoren der sieben Research Areas die Forschungs-Highlights des vergangenen Jahres vor – diese Überblick-Vorträge dienten gleichzeitig als Diskussionsgrundlage für das Treffen des Research Boards mit Mitgliedern des wissenschaftlichen Beirats des Universe Clusters am 2. Dezember. Ein weiterer Höhepunkt war die Verleihung der „Universe Theses Awards 2011“. In diesem Jahr gingen die Promotionspreise an Dr. Hanna Kotarba von der LMU und Dr. Christoph Hinke von der TUM.



Professor Andreas Burkert überreicht den beiden Preisträgern ihre Urkunden.

Mitgliederversammlung 2011: ein Blick in die Zukunft des Clusters

Traditionell fand während der Science Week die jährliche Mitgliederversammlung statt, in der Cluster-Koordinator Stephan Paul die wichtigsten Aktivitäten im Jahr 2011 vorstellte. Zentrales Thema am 30. November 2011 war der Fortsetzungsantrag für die Jahre 2012 bis 2017, den die TUM am 1. September 2011 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) vorlegte. Nach einem Begutachtungstermin Anfang 2012 fällt die endgültige Entscheidung über die zweite Runde der Exzellenzinitiative im Juni desselben Jahres. Paul lobte den engagierten Einsatz der Cluster Community und bedankte sich bei allen, die aktiv an der Erstellung des Antrags mitgearbeitet hatten. Er zeigte sich zuversichtlich über den Erfolg des Vorhabens.

Vor diesem Hintergrund stellten die designierten RA-Koordinatoren die Ziele und Projektideen aller neun künftigen Research Areas vor: Neben den bestehenden sieben RAs mit klar umrissenen wissenschaftlichen Themengebieten wird es in der nächsten Förderperiode zwei weitere, übergreifende RAs geben. Das neue Computational Center C²PAP bietet die Grundlage (Hardware und Personalressourcen) für komplexe Kalkulationen und Simulationen in der Astro- und Teilchenphysik. Mit dem ^MIAPP plant der Cluster darüber hinaus ein Workshop-Zentrum, in dem Wissenschaftler

aus dem internationalen Umfeld für einen begrenzten Zeitraum interdisziplinär an übergeordneten Problemstellungen arbeiten können. Angegliedert ist ein internationales Gästeprogramm.

Großprojekte des Clusters der ersten Laufzeit sind die Beteiligung am Ausbau des Wendelstein-Observatoriums, der Bau der ultrakalten Neutronenquelle in der Forschungs-Neutronenquelle Maier-Leibnitz (FRM II), der Bau eines abgeschirmten Untergrundlabors zur Vorbereitung von Experimenten in der Astroteilchenphysik sowie Rechnerleistung im Bereich Teilchen- und Astrophysik. Diese Vorhaben und kleinere Projekte wurden erfolgreich beendet bzw. stehen kurz vor dem Abschluss.

Derzeit arbeiten am Cluster etwa 100 Forschungsgruppen an Fragestellungen, die von den Anfängen und dem Aufbau bis in die Zukunft des Universums reichen. Im Jahr 2011 besuchten 40 Forschungsgäste aus aller Welt den Cluster; in das Research Fellow-Programm sind derzeit sechs Wissenschaftler eingegliedert. Paul äußerte sich sehr zufrieden über den Karriereverlauf ehemaliger Fellows, die entweder Professuren an Universitäten oder Positionen im Wissenschaftsbetrieb bzw. in der Industrie erhalten haben.

Einblicke ins Universum – Tag der offenen Tür in Garching

Am 15. Oktober öffneten in diesem Jahr zahlreiche Lehrstühle und Institute im Garchingener Forschungszentrum ihre Türen. Auch der Exzellenzcluster Universe gab wieder Einblick in seine Forschung. Zusammen mit den anderen Münchner Exzellenzclustern war der Universe Cluster mit einem Stand im Exzellenzzentrum der Technischen Universität München (TUM) vertreten.

Hier konnten sich die Besucher verschiedene Demonstrationen zeigen lassen oder sogar selbst experimentieren. Eine Nebelkammer machte die kosmische Strahlung sichtbar und anhand einer Computersimulation konnten die Besucher Sterne entstehen oder Galaxien kollidieren lassen. Ein spezielles Fotoexperiment simulierte die Lichtablenkung an Schwarzen Löchern und zeigte den Besuchern „am eigenen Leib“ was mit Licht passiert, wenn es in die Nähe eines Schwarzen Loches gerät: Die Teilnehmer wurden fotografiert und erhielten eine Aufnahme, auf der sie extrem verzerrt und farblich verändert abgebildet waren. Dass



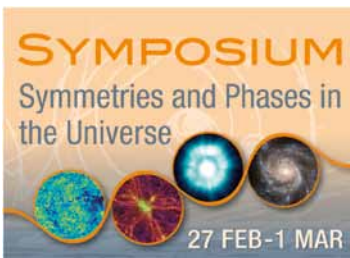
Faszinierten das Publikum: Kabarettist Georg Eggers und Nachwuchsgruppenleiter Jean-Côme Lanfranchi.

Wissenschaft nicht trocken und humorlos sein muss, demonstrierte auch der promovierte Physiker und Kabarettist Georg Eggers. In drei launigen Vorträgen erklärte er im großen Raum des Exzellenzzentrums die Physik des Scheiterns.

Ernsthafter aber nicht minder unterhaltsam informierten im „Science Café“ des Exzellenzzentrums Wissenschaftler die Gäste in Kurzvorträgen über ihre jeweiligen Forschungsschwerpunkte. So erzählte z.B. Dr. Jean-Côme Lanfranchi von seiner Suche nach Dunkler Materie und Professor Jochen Schieck berichtete über die ersten Ergebnisse des Large Hadron Colliders am CERN.

Als um 18.00 Uhr die Türen des Forschungszentrums wieder schlossen, stand fest, dass auch der diesjährige Tag der offenen Tür ein großer Erfolg war. Rund 10.000 Wissenschaftsbegeisterte füllten den Campus und erlebten das bunte und abwechslungsreiche Programm von TUM, den Max-Planck-Instituten und der ESO.

Symposium „Symmetries and Phases in the Universe“



Zum zweiten Mal veranstaltet der Exzellenzcluster Universe das Symposium „Symmetries and Phases in the Universe“. Die Veranstaltung findet vom 27. Februar bis zum 1. März 2012 erneut im Kloster Irsee (Allgäu) statt.

aktuelle Erkenntnisse und Entwicklungen sowie deren Auswirkungen auf angrenzende Fachgebiete. So spricht CERN-Direktor Rolf-Dieter Heuer über die aktuellen Ergebnisse des Large Hadron Colliders (LHC). Der theoretische Teilchenphysiker John Ellis diskutiert die Bedeutung der LHC-Physik für die Kosmologie. Johanna Stachel, Professorin für Experimentalphysik an der Universität Heidelberg, richtet mit ihrem Vortrag über Kollisionen schwerer Kerne ebenfalls einen Fokus auf Teilchenbeschleuniger.

Kosmologie und die Physik des Universums bilden ein weites, interdisziplinäres Forschungsfeld, das von Physikern verschiedener Bereiche adressiert wird. Das Programm des Universe Clusters zielt darauf ab, Wissenschaftler, die auf diesem Gebiet arbeiten zu vernetzen und die Disziplinen Teilchen-, Kern-, Plasma- und Astrophysik enger zu verbinden. Auf diese Weise bilden sich Synergien zwischen den einzelnen Gruppen; zugleich ergeben sich neue Forschungsansätze, mit denen sich offene Fragen in der Physik des Universums untersuchen lassen.

Auch auf dem Gebiet der Astronomie und Astrophysik konnten die Organisatoren namhafte Experten gewinnen, etwa Bruno Leibundgut von der Europäischen Südsternwarte, der im Team der diesjährigen Nobelpreisträger Brian Schmidt und Adam Riess an der beschleunigten Ausdehnung des Universums forschte. Er berichtet über neue Entwicklungen auf diesem Gebiet. In seinem Vortrag adressiert Jeremiah Ostriker von der Princeton University die Themen massereiche Schwarze Löcher und aktive galaktische Kerne (AGN) im Zusammenhang mit der Entwicklung von Galaxien.

In der einzigartigen Atmosphäre des ehemaligen Klosters diskutieren hochkarätige Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen

Anmeldung bis 31. Januar 2012:

<http://www.universe-cluster.de/irsee2012>

■ PORTRÄT

Sterngeburt aus Gas und Staub

Neue Sterne entstehen in den dunklen „Ecken“ des Universums: in riesigen Wolken aus molekularem Gas und Staub. Eine der bekanntesten Geburtskliniken für Sterne ist der Pferdekopfnebel im Sternbild des Orion, der sich über mehrere Lichtjahre hinweg ausdehnt. Im Exzellenzcluster Universe beschäftigen sich Professor Barbara Ercolano und ihre Gruppe „Theoretische Astrophysik“ mit den komplexen Vorgängen bei der Entstehung von Sternen und Planeten: Noch wissen Wissenschaftler nicht genau, wie viele Sterne tatsächlich Planetensysteme ausbilden und was die idealen Bedingungen dafür sind. Zudem veranstalten neugeborene Sterne einen ähnlichen Aufruhr in ihrer Umgebung wie ihre menschlichen Pendanten – in ihrem Fall im interstellaren Medium. Auch diese Effekte, die speziell bei massereichen Sternen auftreten, sind Teil von Ercolanos Forschungsarbeit.



Der Pferdekopfnebel – nicht nur ästhetisch eindrucksvoll, sondern eine der bekanntesten Sternentstehungsregionen in unserer Galaxie.

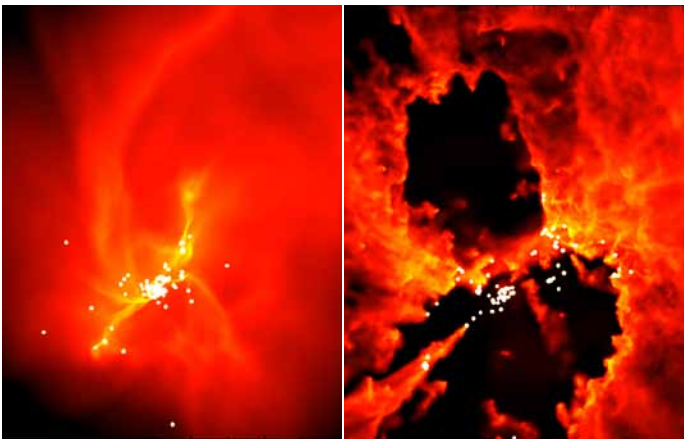
Im Prinzip sind die Abläufe der Sternentstehung bekannt: Die Himmelskörper werden in gigantischen Wolken gebildet, die sich überwiegend aus molekularem Wasserstoff – und in geringerem Ausmaß – aus Kohlenstoff, Sauerstoff, Neon, Magnesium, Schwefel und Stickstoff zusammensetzen. Silikate und Kohlenstoff-ba-

sierte Staubpartikel ergänzen den molekularen Mix im interstellaren Medium. Um Sterne und Planeten hervorzubringen, müssen die Wolken allerdings besondere Voraussetzungen erfüllen: eine

hohe Dichte und niedrige Temperaturen von wenigen Grad Kelvin (nahe dem absoluten Nullpunkt bei -273 Grad Celsius). Nur dann können sich Teile dieser Wolken unter dem Einfluss der Schwerkraft weiter zusammenballen und neue Sterne formen.

Allerdings muss die Schwerkraft an diesen Stellen stärker wirken als der Innendruck der Moleküle in der Wolke, der wegen der kinetischen Energie nach außen gerichtet ist. Sobald sich ein kompakter, dichter Klumpen aus Gas und Staub formt und eine Temperatur von 4 Million Grad Kelvin erreicht, kann der Stern „zünden“: Wasserstoffkerne fusionieren und setzen Energie in Form elektromagnetischer Wellen frei, die als sichtbares Licht zu beobachten sind. Abhängig von der Masse der Sterns wird der „Fusionsreaktor“ bis zu mehreren Milliarden Jahren Energie erzeugen – wie unsere Sonne.

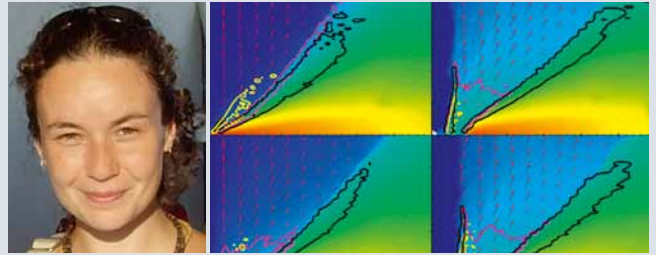
„Unsere Forschung konzentriert sich auf die Entstehung massereicher Sterne“, erklärt Ercolano. „Als massereich bezeichnen Astrophysiker Sterne, die mindestens acht bis zehn Sonnenmassen besitzen. Diese Sternklasse kommt eher selten vor, umso größer ist ihre Bedeutung für die chemische und dynamische Entwicklung des interstellaren Mediums.“ Anders als Sterne mit geringerer Masse produzieren sie auch schwerere Elemente als Helium, Kohlenstoff und Sauerstoff, zum Beispiel Kalzium oder Eisen. Wenn ein massereicher Stern am Ende seines Lebens als Supernova explodiert, verteilen sich chemischen Elemente wieder im Raum. Diese Wertstoffe werden in einem kosmischen Recycling-Verfahren zur Herstellung neuer Sterne verwendet.



Zwei Computersimulationen illustrieren den Einfluss massiver Sterne auf Molekülwolken. Links die Entwicklung der Wolke ohne massereiche Sterne. Rechts die gleiche simulierte Wolke mit massereichen Sternen: Deren Strahlung reißt Teile der Wolke auseinander. An anderen Stellen verdichtet sich die Wolke. Diese säulenartigen Strukturen lassen sich auch in echten Wolken beobachten, z. B. im Pferdekopfnebel (s. S. 5).

Ercolanos Team erforscht den Einfluss junger, massiver Sterne auf ihre Umgebung. Die Geburt eines Sterns ist kein isoliertes Ereignis: Mit dem Start der nuklearen Fusionsprozesse geben die Sterne energiereiche Strahlung im ultravioletten Spektrum ab. Dadurch können sie nicht nur das interstellare Medium verformen, sondern auch die Bildung neuer Sterne stark beeinflussen – auf zweifache Art, wie Ercolano beschreibt: „Massereiche Sterne produzieren Strahlung und stellare Winde, die sich rasend schnell in der Gaswolke ausbreiten und dabei Gas und Staub verdrängen. Dabei hinterlassen sie Regionen mit wenig oder sogar ganz ohne

Junior Research Group: Theoretical Astrophysics



Professor Barbara Ercolano leitet die Nachwuchsgruppe „Theoretical Astrophysics“ seit Dezember 2010. Ihre Promotion schloss die Wissenschaftlerin am University College in London ab. Danach durchlief sie mehrere Stationen als Postdoc an der Harvard University und der University of Cambridge. Im Jahr 2009 wurde für ihre theoretische Arbeit zur Stern- und Planetenentstehung in das Programm der „UK Science and Technology Facility Council Advanced Fellowship“ aufgenommen.

Ein Jahr später erhielt sie den Fowler-Preis der Royal Astronomical Society für die Entwicklung und Anwendung des MOCASSIN-Codes. Nach einem kurzen Aufenthalt als Dozentin an der University of Exeter in Großbritannien nahm Ercolano die Position als Professorin für Theoretische Astrophysik an der Universitätssternwarte der LMU an.

Forschungsgruppe

Barbara Ercolanos Team besteht aus den Postdocs Til Birnstiel und James Dale, den Doktoranden Cornelius Kaschinski und Giuseppe Rosotti sowie der Master-Studentin Christine Köpferl. Zusammen mit T. Birnstiel, G. Rosotti und Ch. Köpferl arbeitet Ercolano daran, die Bedingungen für die frühen Stadien der Sternentstehung zu untersuchen. Mit J. Dale und C. Kaschinski erforscht sie massereiche Sterne und ihre Auswirkungen auf das interstellare Medium.

Forschungsinteressen

Barbara Ercolano arbeitet auf dem Gebiet der Computational Astrophysics. Numerische und theoretische Modelle spielen eine wichtige Rolle für das Verständnis von Stern- und Planetenentstehung. Mit Hilfe des MOCASSIN-Codes untersucht Ercolano die Bedeutung von Strahlung in Sternentstehungsgebieten und in Supernova-Überresten.

Kooperationen

Innerhalb des Universe Clusters arbeitet Ercolanos Gruppe mit dem Team Computational Astrophysics (CAST) von Professor Andreas Burkert an der Universitätssternwarte der LMU zusammen. Sie unterhält darüber hinaus Kooperationen mit internationalen Experten auf dem Gebiet der Stern- und Planetenentstehung, darunter Professor Cathie Clarke (Cambridge University), Professor Al Glassgold (University of Berkeley) und Dr. Jeremy Drake (Harvard Smithsonian Center for Astrophysics).

Material, und verhindern so die Bildung neuer Sterne.“ Diese Ereignisse haben jedoch auch zur Folge, dass andere Bereiche der Molekülwolke zusammengepresst werden, was dort zu einer höheren Produktion von Sternen führt.

Die Astrophysiker gehen zudem davon aus, dass die Strahlungsemission massiver Sterne auch Gas und Staub aus protoplanetaren Scheiben, den Vorläufern von Planeten, wegblasen. Die Sterne verpassen damit die Chance, Planeten in die Welt zu setzen. „Wissenschaftler haben immerhin über 700 extrasolare Planeten in unserer Galaxie entdeckt“, sagt Ercolano. „Aber wir wissen wenig darüber, wie Planeten entstehen. Wir vermuten, dass die Strahlung sowohl des zentralen, massearmen Sterns als auch der umgebenden massereichen Sterne eine wichtige Rolle spielt. Sie beeinflusst die Entwicklung und die Auflösung der Vorläuferscheiben und damit auch die Entstehung von planetarem Nachwuchs.“

Um die Strahlungseffekte junger Sterne zu untersuchen, arbeiten Ercolano und ihr Team mit ausgeklügelten Computersimulationen. Mit diesen imitieren sie die Bedingungen in Molekülwolken

– Dichte, Temperatur und Bewegung. Ercolano hat dafür einen mehrfach ausgezeichneten Computercode namens MOCASSIN (Monte Carlo Simulations of Ionised Nebulae) entwickelt, mit dem sich speziell die Verbreitung elektromagnetischer Strahlung in Gas und Staub nachbilden lässt, zum Beispiel in Sternentstehungsgebieten, protoplanetaren Scheiben und staubhaltigen Supernova-Überresten. „Gaswolken sind komplexe dreidimensi-

onale Strukturen, die von starken Turbulenzen und thermodynamischem Ungleichgewicht geprägt sind“, erklärt Ercolano. „Mit MOCASSIN können wir die Auswirkungen von Strahlung auf verschiedene Geometrien und Dichtebedingungen nachstellen. Diese Daten helfen uns, die Rolle der Strahlung bei der Bildung von Sternen und Planeten einzuordnen.“

LEUTE

Mentoring für Schülerinnen



Katharina Fierlinger und Elisabeth Zistler

Mädchen und Jungen für die Naturwissenschaften zu begeistern ist das Ziel, das der Exzellenzcluster Universe mit seinem vielfältigen Schulprogramm verfolgt. Zahlreiche Cluster-Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen engagieren sich mit

Vorträgen an Schulen oder Führungen durch die Sonderausstellung „Entwicklung des Universums“ im Deutschen Museum.

Die Cluster-Doktorandin Katharina Fierlinger beteiligt sich darüber hinaus an dem Projekt CyberMentor, einem Mentoring-Programm für Schülerinnen, die sich für die sogenannten MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) interessieren. Jede Teilnehmerin erhält eine persönliche Mentorin aus dem MINT-Bereich, mit der sie sich regelmäßig per Email austauscht. Seit Mai 2011 steht Katharina Fierlinger mit der sechzehnjährigen Elisabeth Zistler aus einem kleinen Dorf im Bayerischen Wald

in Kontakt. Seit kurzem können die Beiden bereits einen ersten großen Erfolg ihres Austausches verbuchen: Beim diesjährigen CyberMentor-Wettbewerb „MINT zeigt Mut zur Nachhaltigkeit“ gewannen sie mit ihrem Projekt „das Klimaretterinnen-Frühstück“ den ersten Preis. Obwohl sich Katharina Fierlingers Forschungsschwerpunkt auf die Entstehung der schweren Elemente im Universum richtet, war sie sofort von dem Thema Nachhaltigkeit begeistert. „Wir haben uns das Projekt gemeinsam ausgedacht und uns gegenseitig Literaturtipps gegeben“, erzählen Katharina und Elisabeth. Während Katharina eine Website mit den wichtigsten CO₂-Daten erstellte, war Elisabeth schwerpunktmäßig in die Projektplanung, die Recherche und die Dokumentation eingebunden. Honoriert wird dieser 1. Platz mit einer dreitägigen Reise nach Sheffield in England. Dass dabei neue Ideen für zukünftige Projekte entstehen, ist nicht ausgeschlossen.

In zwei Jahren wird Elisabeth Abitur machen. Wie es danach für sie weitergeht, steht noch nicht fest, „ich könnte mir aber durchaus vorstellen, etwas im naturwissenschaftlichen Bereich zu machen“, verrät die Schülerin.

Andrzej Buras zum Mitglied der Polnischen Akademie der Wissenschaften ernannt



Andrzej Buras

Professor Dr. Andrzej Buras, Ordinarius für Theoretische Elementarteilchenphysik der Technischen Universität München und Gründungsmitglied des Exzellenzclusters Universe ist in Krakau zum Auswärtigen Mitglied der Polnischen Akademie der Wissenschaften und Künste ernannt worden.

Andrzej Buras wurde in Warschau geboren und emigrierte 1971 nach Dänemark, wo er am Niels-Bohr-Institut promovierte. Er gehört weltweit zu den führenden theoretischen Physikern auf dem Gebiet der angewandten Quantenfeldtheorie. Buras' Aufnahme in die Polnische Akademie der Wissenschaften und Künste ist eine Würdigung seiner Untersuchungen zur Quantenchromodynamik (QCD), einer Quantenfeldtheorie zur Beschreibung der starken Wechselwirkung, sowie seiner Forschung zur Physik jenseits des Standardmodells.

Alle Auswärtigen Mitglieder der 1872 gegründeten Akademie stehen in regelmäßigem Kontakt mit der polnischen Wissen-

schaftslandschaft. Der wissenschaftliche Schwerpunkt der Akademie liegt vor allem in der Veröffentlichung von Auftragsarbeiten. Jeder ihrer über zwanzig Fachbereiche veröffentlicht seine eigenen Schriften, Periodika und sonstige Publikationsreihen. Neben Andrzej Buras gehören auch die theoretischen Teilchenphysiker James Bjorken sowie die Nobelpreisträger Martinus Veltman und Frank Wilczek der Akademie an.

„Die Polnische Akademie der Wissenschaften und Künste genießt hohes Ansehen unter den Wissenschaftlern in Polen. Deshalb freue ich mich sehr über die Ernennung zu ihrem Auswärtigen Mitglied“, so Buras. Für seine Forschungsarbeit wurde er in den letzten Jahren außerdem mit einem Carl-von-Linde Senior Fellowship des Institute for Advanced Study (IAS) sowie mit der Mitgliedschaft in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ausgezeichnet. Zusätzlich erhielt er vom Europäischen Forschungsrat (ERC) in diesem Jahr Fördergeld in Höhe von 1,6 Millionen Euro, mit dem seine Forschung über die nächsten fünf Jahre unterstützt wird.

Andreas Burkert wird Präsident der Astronomischen Gesellschaft



Andreas Burkert

Der Vize-Sprecher des Universe Clusters, Professor Andreas Burkert, ist bei der Jahrestagung der Astronomischen Gesellschaft (AG) zu deren Präsident gewählt worden. Die AG ist die größte Vereinigung von Astronominen und Astronomen in Deutschland, wobei ihr auch Mitglieder aus anderen Ländern angehören. In den kommenden Jahren ist zudem der Zusammenschluss von AG und dem Rat der Deutschen Sternwarten (RDS), dem offiziellen Gremium der astronomischen Institute Deutschlands, geplant.

Aufgabe des Präsidenten ist es, die Astronomische Gesellschaft sowohl national als auch international zu vertreten und ihre Aktivitäten zu koordinieren. Dazu zählen die Durchführung wissenschaftlicher Veranstaltungen, die Förderung von Nachwuchsforschern sowie die Öffentlichkeitsarbeit. Mit besonderem Nachdruck verfolgt die AG das Ziel, astronomische Themen stärker im Schulunterricht zu verankern. Sie vergibt darüber hinaus auch Preise für

herausragende wissenschaftliche Arbeiten und zeichnet Personen für die erfolgreiche Kommunikation von Forschungsinhalten an die breite Öffentlichkeit aus.

In seiner dreijährigen Amtszeit will Burkert die internationale Sichtbarkeit der AG und die Kooperationen mit astronomischen Gesellschaften anderer Länder ausbauen. Dazu ist beispielsweise eine gemeinsame Frühjahrstagung mit der Royal Astronomical Society geplant. „In den nächsten Jahren wollen wir auch den medialen Auftritt der AG in Deutschland stärken - die AG soll der erste Ansprechpartner für alle Themen der Astronomie und Weltraumforschung werden“, erklärt der neue Präsident.

Neuer Research Fellow



Christoph Bobeth

Mit Dr. Christoph Bobeth hat der Exzellenzcluster Universe einen weiteren Wissenschaftler in sein Research-Fellow-Programm aufgenommen. Der theoretische Teilchenphysiker arbeitet in den nächsten zwei Jahren innerhalb des Forschungsbereichs „C“, der den Ursprung der Teilchenmassen und ihrer Hierarchie untersucht.

Bobeths Forschungsschwerpunkt ist die Flavour-Physik jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik. Nach seiner Promotion bei Professor Andrzej Buras an der Technischen Universität München (TUM) folgten Postdoc-Stationen in San Diego, Dortmund und Straßburg. Im Herbst 2010 kam Bobeth schließlich an die TUM zurück, wo er am Institute for Advanced Study (IAS) zur Phänomenologie der B-Meson-Zerfälle im Rahmen und jenseits des Standardmodells forscht. Diese Arbeit setzt er nun am Exzellenzcluster Universe fort.

IMPRESSUM

Produktion: Ulrike Ollinger (Layout), Barbara Wankler (Konzept & Text)
Redaktion: Barbara Wankler, Alexandra Wolfelberger-Essig
Bildquellen: Seite 1: (1) ATLAS Collaboration, (2) V. Springel/MPA; Seite 2: (1) UC, (2) X-shooter instrument am VLT / Sloan Digital Sky Survey; Seite 3: (1) UC, (2) KEK, (3) KEK; Seite 4: (1-4) UC; Seite 5: (1) ESO; Seite 6: (1-2) J. Dale, (3-4) B. Ercolano; Seite 7: (1) UC, (2) A. Buras; Seite 8: (1) A. Burkert, (2) UC
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.

BUCHTIPP

Schwimmen mit den Quantenfischen



In seinem Buch „Quantenfische – Die Stringtheorie und die Suche nach der Weltformel“ führt der Autor Dieter Lüst (1) zunächst eine neue Spezies ein: Die Quantenfische, die eines Tages von ganz normalen Fischen in einem Teich als Urbausteine ihrer Welt entdeckt werden. Für die Fische eine bahnbrechende Erkenntnis, aber nicht das Ende der Erzählung: Beobachtungen und Berechnungen lehren die Fische, dass ihr Teich-Kosmos nur eine von vielen Welten ist – und dass sie ihre Quantenfische in ferne Fischteiche aussenden können um diese zu erkunden.

Mit diesem Gleichnis bereitet Lüst seine Leser auf eine weite Reise vor, die er durch die Welt der Physik aus (bekannten) Teilchen und Kräften unternimmt, bevor er zu einer weiteren Expedition aufbricht: Ziel ist die Weltformel, mit der sich alle physikalischen Phänomene im Mikro- und Makrokosmos einheitlich erklären lassen. Bisher brauchen die Wissenschaftler dafür die Quanten- und die Gravitationstheorie. Dabei erklärt der Autor nicht nur den Weg zum String-Multiversum, sondern dokumentiert als „Reisejournalist“ auch die Geschichte und die Wegbereiter der Stringtheorie und der multiplen Universen.

Das Buch ist verständlich und unterhaltsam verfasst, auch wenn die beschriebenen Konzepte manchmal schwer zugänglich sind. Die Quantenfische und andere Bewohner des Fischteichs schwimmen dabei als ständige Begleiter durch die Kapitel. Den letzten Abschnitt seines Weltformelbuchs widmet Lüst der kritisch-philosophischen Betrachtung des eigenen Forschungsgebiets: Wegen der vielen möglichen mathematischen Lösungen kann die Stringtheorie derzeit nicht widerlegt, also im strengen wissenschaftlichen Sinn falsifiziert werden. Sie gilt vielen Physikern daher als „unwissenschaftlich“. Der Autor ist aber zuversichtlich, dass sich das Multiversum zu gegebener Zeit in den Kanon der empirischen Naturwissenschaften einreihen wird. Eines ist sicher: Die Geschichte der Quantenfische ist noch lange nicht zu Ende erzählt.

(1) Dieter Lüst ist Professor für theoretische Physik an der LMU und Direktor am Max-Planck-Institut für Physik. Am Universe Cluster leitet er die Gruppe „Stringtheorie“.