



# MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, liebe Ehemalige,



neben einer Reihe schöner wissenschaftlicher Ergebnisse, von denen einige Highlights auf den folgenden Seiten nachzulesen sind, brachte das vergangene halbe Jahr auch

einige Veranstaltungen am Institut: eine Sommerschule, diverse Workshops und die sehr positiv verlaufene Begutachtung der IMPRS-QD. Außerdem beteiligte sich das MPIK am von der MPG initiierten Max-Planck-Tag und es gab wieder einen Betriebsausflug.

Das Institut engagiert sich bei der Exzellenzinitiative für die Universität Heidelberg und trägt zur Evaluierung von HGSEF und ‚Dritter Säule‘ bei.

Mit Fertigstellung der Arbeiten an den Außenanlagen geht die Sanierung der technischen Infrastruktur (STI2) zu Ende. Unser Campus hat dadurch optisch wie praktisch gewonnen. Restarbeiten im Hörsaalgebäude wurden abgeschlossen und der Saal mit neuen Tischen ausgestattet.

Nach dem Ende von STI2 laufen noch weitere kleine Baumaßnahmen: Derzeit wird die elektronische Zugangskontrolle für Labortüren installiert. Ferner laufen noch Umbauten im Technikgebäude, wo die ehemaligen Räume der Galvanik für die neuen Maschinen der Zentralen Feinwerktechnik vorbereitet werden. Deren Installation soll ab Januar 2012 erfolgen.

Zur Schaffung zukünftiger Laborflächen wurde der ehemalige Reinraum im Bothelabor entkernt. Geplante, aber noch nicht durchgeführte Maßnahmen im Gelände sollen später realisiert werden. Nach dem Auszug der Staubgruppe folgen weitere Arbeiten im Untergeschoss des Elektronikgebäudes.

Mit den besten Wünschen für die Feiertage und das Jahr 2012,  
Ihr

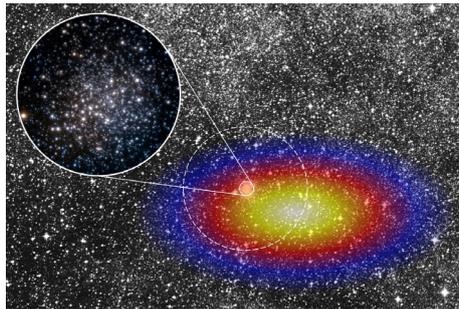
*Manfred Lindner*

Prof. Dr. Manfred Lindner  
(Geschäftsführender Direktor)

## Gammastrahlung aus Kugelsternhaufen?

Mit dem H.E.S.S.-Teleskopsystem wurde eine neue Quelle sehr hochenergetischer Gammastrahlung aus Richtung des Kugelsternhaufens Terzan 5 entdeckt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit befindet sie sich in dessen Außenbereichen.

Etwa 150 bekannte Kugelsternhaufen umkreisen als Teil des galaktischen Halos wie ein riesiger Schwarm das Zentrum unserer Galaxis und gehören zu deren ältesten Objekten. An Sterndichte übertrifft Terzan 5 die übrigen Kugelsternhaufen deutlich und enthält zudem die größte Zahl von Millisekunden-Pulsaren, rasch rotierenden Neutronensternen, die vermutlich Teil enger Doppelsternsysteme



sind. Besondere Aufmerksamkeit erhielt Terzan 5, als nachgewiesen wurde, dass er zwei verschieden alte Populationen von Sternen umfasst. Es wird vermutet, dass er der Überrest einer Zwerggalaxie ist, die von unserer Galaxis eingefangen wurde.

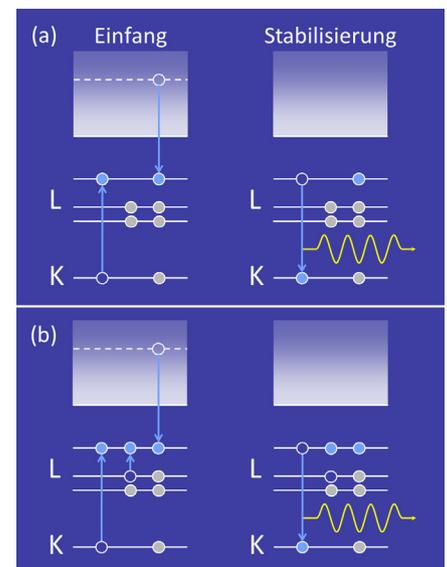
Wie viele neue Entdeckungen wirft auch diese eine Reihe von Fragen auf, die noch nicht abschließend geklärt sind. Bemerkenswert sind zunächst die längliche Form der Quelle und ihre Lage abseits des Haufenzentrums. Das eigentliche Quellobjekt – in Frage kommen die genannten Millisekunden-Pulsare oder Supernovaüberreste – könnte als Folge von nahen Sternbegegnungen in die Außenbereiche geschleudert worden sein. Es ist aber nach wie vor ein Rätsel, warum HESS J1747-248 eine „dunkle Quelle“ ist, also in den anderen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums bisher nicht nachweisbar leuchtet. Möglicherweise werden Messungen mit H.E.S.S. II weiterhelfen, das den benachbarten Bereich bisher nicht beobachtbarer niedrigerer Gammaenergien erfassen wird.

## Synchrone Quantensprünge

Rekombination, der Einfang eines Elektrons in ein Ion, ist ein fundamentaler atomarer Prozess mit hoher Relevanz für Plasmaphysik und Astrophysik. Dabei kann die freigesetzte Energie auf gebundene Elektronen des Ions resonant übertragen werden. Theoretische und experimentelle Studien haben gezeigt, dass dieser Prozess in einigen Fällen effizienter erfolgt, wenn statt zwei Elektronen (Abb. a) drei (Abb. b) oder gar vier daran beteiligt sind.

Die Prozesse, die mehrere Elektronen einbeziehen, sollten eigentlich unwahrscheinlicher sein. Rechnungen ergaben aber, dass die Stärke der mehrelektronischen Rekombination hin zu leichteren Elementen stark zunimmt. Diese einigermaßen überraschende Vorhersage wurde durch neue Messungen am Beispiel kohlenstoffartiger Eisen-, Krypton- und Argonionen eindrucksvoll bestätigt. Die Ionen werden hierzu in einer EBIT erzeugt

und ihre Röntgenemission in Abhängigkeit von der Elektronenenergie untersucht. Die erwähnten Rekombinationsprozesse zeigen sich als Resonanzen.



## Eigentlich unmögliche Molekülonen

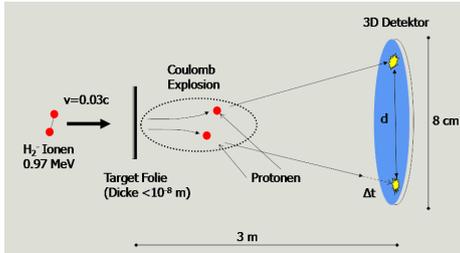
Über Jahrzehnte war es umstritten, ob negativ geladene Wasserstoffmoleküle,  $\text{H}_2^-$ , überhaupt existieren, und wenn ja, wie stabil – oder besser instabil – sie sind. Als kurzlebige Übergangszustände von einfachen Reaktionen wie im frühen Universum scheinen sie jedenfalls eine Rolle zu spielen. Vor wenigen Jahren wurden  $\text{H}_2^-$ -Ionen schließlich eindeutig nachgewiesen; sie existieren aber nur für

einige Mikrosekunden, sind also „metastabil“. Theoretiker interpretieren das als einander umkreisende  $\text{H}^-$ -Ionen und H-Atome.

Am MPIK wurde nun die Struktur von  $\text{H}_2^-$  mit der Methode der „Coulomb-Explosion“ untersucht. Die negativen Ionen werden in einer Ionenquelle erzeugt und auf wenige Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Danach treffen die Ionen auf eine extrem dünne Folie, in welcher sie sofort alle Elektronen verlieren. Die übrig gebliebenen Wasserstoffkerne fliegen durch die Folie hindurch und entfernen sich dabei „explosionsartig“ voneinander, da sie sich aufgrund ihrer positiven Ladung stark abstoßen. Die Protonen werden nach etwa 3 Metern Flugdistanz mit einem abbilden-

den Detektor aufgefangen. Dieser registriert, wann und wo die beiden Kerne eines explodierten  $\text{H}_2^-$ -Ions auftreffen. Daraus lassen sich die inneren Bewegungen des Molekülonens vor der Explosion ableiten.

Die Messungen zeigten, dass die metastabilen  $\text{H}_2^-$ -Ionen etwa dreimal so groß sind wie ein neutrales Wasserstoffmolekül und „wie verrückt“ rotieren, sich also in einem hoch angeregten Rotationszustand befinden. Nur so können sie überhaupt für einige Mikrosekunden existieren, bevor sie ein Elektron verlieren und zu neutralen Wasserstoffmolekülen werden. Die Ergebnisse bestätigen die theoretischen Vorhersagen vollständig, so dass nach Jahrzehnten der Spekulation nun die eigentlich unmöglich erscheinende Metastabilität von  $\text{H}_2^-$ -Ionen verstanden ist.



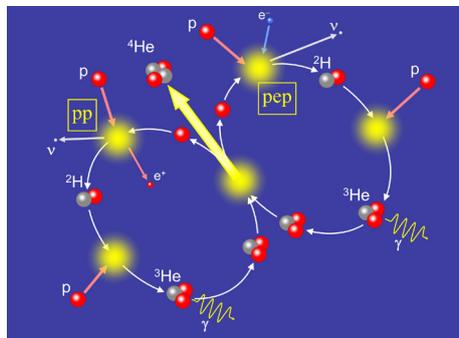
## Neue Details aus dem Fusionsreaktor Sonne

Nach dem gängigen Sonnenmodell dominiert der so genannte Proton-Proton-Zyklus, der mit der Verschmelzung zweier Protonen (pp-Reaktion) startet. Die hieraus entstehenden Neutrinos haben recht niedrige Energie und waren daher lange Zeit schwer aufzuspüren. Borexino hat aber in den letzten Jahren unter Einbeziehung der Vorgängerexperimente Gallex/GNO den pp-Neutrinofluss indirekt bestätigt und zwei weitere Komponenten ( $^7\text{Be}$ - und  $^8\text{B}$ -Neutrinos) aus diesem Fusionszyklus direkt nachgewiesen. Offen blieb noch der Nachweis einer alternativen Startreaktion, bei der zwei Protonen und ein Elektron zu einem Deuteriumkern unter Aussendung eines Neutrinos verschmelzen (pep-Reaktion). Dieses Neutrino hat höhere Energie und lässt sich besser nachweisen, jedoch ist diese Reaktion 400mal seltener, da sich hierfür drei Teilchen treffen müssen.

Mit Borexino können täglich etwa 50 solare Neutrinos beobachtet werden, aber

für den Nachweis der pep-Neutrinos waren weitere Tricks erforderlich. Ein Problem war das radioaktive Kohlenstoff-Isotop  $^{11}\text{C}$ , das durch Beschuss mit den wenigen restlichen Myonen aus der kosmischen Strahlung gebildet wird und eine Halbwertszeit von etwa 20 Minuten hat. Jedoch gelingt es, den Ort eines  $^{11}\text{C}$ -Kerns zu lokalisieren und diesen Bereich dann für eine gewisse Zeit von der Datenaufnahme auszuschließen, bis das  $^{11}\text{C}$  sicher zerfallen ist. Das übrige Detektorvolumen steht dabei weiter zur Verfügung.

Borexino konnte so Neutrinos aus der pep-Reaktion sehen, deren beobachtete Häufigkeit in guter Übereinstimmung mit der Vorhersage aus dem Sonnenmodell ist. Für den Nachweis von Neutrinos aus einem weiteren Fusionsprozess (CNO- oder Bethe-Weizsäcker-Zyklus), dessen Stärke in der Sonne noch unbekannt ist, war der Untergrund noch etwas zu hoch, aber immerhin konnte daraus eine neue Obergrenze für den CNO-Prozess ermittelt werden.



## Hochwertige energiereiche und dichte Ionenstrahlen

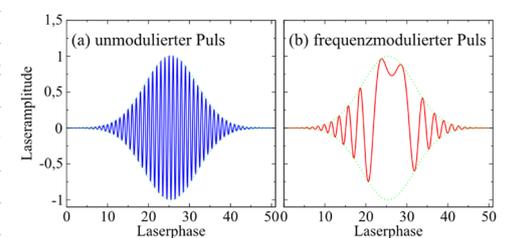
Bereits früher wurde untersucht, wie mittels extrem starker Lichtfelder für Tumorthherapie geeignete Ionenstrahlen erzeugt werden können. Kernpunkte waren dabei eine ausreichend große Beschleunigung für verfügbare Laserintensitäten sowie eine hohe Energieschärfe. Letztere war vor allem eine Schwäche der Beschleunigung in lasergenerierten extrem dichten Plasmen. Stattdessen wurde die direkte Beschleunigung von bereits erzeugten Ionen theoretisch modelliert.

Eine wesentliche Herausforderung liegt in der Entwicklung geeigneter Quellen zur Erzeugung der zu beschleunigenden Ionen in der erforderlichen Dichte. Eine alternative Möglichkeit stellen Laser-Ionenquellen dar, in denen ein Laser zunächst ein Target ionisiert und die so gewonnenen

Ionen beschleunigt. Nun konnte theoretisch gezeigt werden, dass durch Beschuss eines Wasserstoff-Gastargets mit speziellen hochintensiven Laserpulsen Protonenstrahlen mit bisher unerreichter Energie und Qualität erzeugbar sind.

Hierbei wird das Gas zunächst zu Beginn des Laserpulses bei ansteigender Intensität rasch ionisiert und die Elektronen von den schwereren Protonen weg beschleunigt. Bei genügend hoher Stärke des Laserfeldes werden schließlich auch die Protonen direkt durch das Feld beschleunigt. Effizient geschieht dies mit frequenzmodulierten Laserpulsen, deren Lichtfrequenz sich während der Dauer des Pulses ändert. In diesem Fall oszilliert in der mittleren Hälfte des Pulses das Feld langsam und mit einem Übergewicht in

eine Richtung. Mathematische Modellrechnungen und Computersimulationen unter realistischen Plasmabedingungen zeigen, dass mit verfügbaren Laserintensitäten (ca.  $10^{21}$  W/cm<sup>2</sup>) Protonen von 250 MeV Energie mit nur 1% Energiebereite in dichten Paketen von 10 Millionen Teilchen erzeugt werden können – dies entspricht den grundsätzlichen Anforderungen für eine mögliche Anwendung in der Tumorthherapie.



## H.E.S.S. II

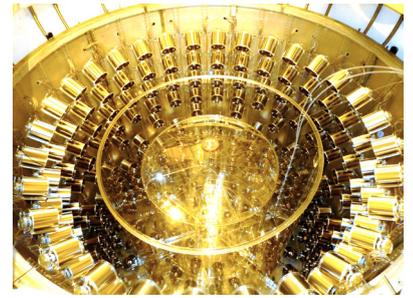
Seit kurzem ist die Stahlkonstruktion für H.E.S.S. II fertig, alle Antriebe sind montiert und bewegen das Teleskop! Antriebssteuerung, Spiegel (850 hexagonale Facetten) und Kamera (2048 ‚Pixel‘) werden im nächsten halben Jahr angebracht. Zum Anheben des kompletten Spiegelträgers auf die Teleskopmontierung wurden Litzenheber auf die Türme aufgesetzt. Dieser mit Spannung erwartete ‚Big Lift‘ konnte im August erfolgreich bewältigt werden. Nach Drehen des Spiegelträgers wurden das



Vierbein zur Kamerahalterung und die Elevationsantriebe montiert, und zum Schluss das Teleskop auf die sechs Radsätze des Azimutantriebs gesetzt. Der rechteckige Spiegelträger von H.E.S.S. II misst ca. (24 × 32) m, die Brennweite beträgt ca. 36 m.

## Neutrino-Oszillationen

Das Double-Chooz-Experiment widmet sich der Messung von Neutrino-Oszillationen, indem es Antineutrinos beobachtet, die in dem benachbarten Kernreaktor bei Chooz in Frankreich entstehen. Double-Chooz begann vor sechs Monaten zu messen.



Die Oszillationen hängen von drei Mischungsparametern ab, von denen zwei relativ groß sind und bereits gemessen wurden. Der dritte Mischungswinkel,  $\theta_{13}$ , war bisher nur ungenau bekannt; es konnte lediglich eine Obergrenze angegeben werden. Aus der Vermessung des ‚Verschwindens‘ von Elektron-Antineutrinos hat die Double-Chooz-Kollaboration Hinweise für eine Oszillation gewonnen, die auch den dritten Mischungswinkel mit dem folgenden Wert einbezieht:  $\sin^2(2\theta_{13}) = 0.085 \pm 0.051$ . Die Wahrscheinlichkeit, dass keine solche Oszillation vorliegt, ist gering.

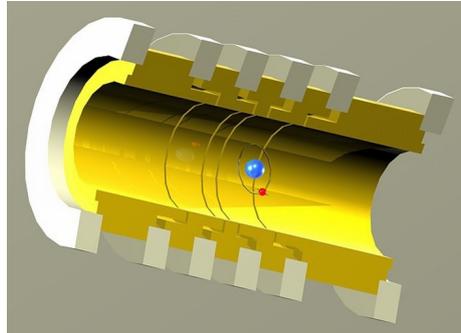
## Quantenelektrodynamik auf dem Prüfstand

Obwohl die Quantenelektrodynamik zu den am genauesten überprüften Theorien zählt, vermuten viele Physiker, dass sie bei sehr starken elektrischen Feldern versagen wird. Doch bei welchen Feldstärken tritt das ein?

In wasserstoffähnlichem Si herrscht eine enorme Feldstärke von etwa  $3 \cdot 10^{13}$  V/cm; für dieses  $\text{Si}^{13+}$ -Ion wurden nun einerseits extrem genaue QED-Rechnungen durchgeführt, und andererseits der g-Faktor des gebundenen Elektrons gemessen. Dazu kam eine Dreifach-Penningfalle zum Einsatz.

In der Erzeugungsfalle wird durch Elektronenbeschuss ein Gemisch unterschiedlich geladener Si-Ionen produziert, das dann zur Präzisionsfalle transportiert wird. Dort werden unerwünschte

Spezies mit einer gezielten Radiofrequenzanregung aus dem Gemisch entfernt. Anschließend wird das Fallenpotential so weit abgesenkt, bis nur noch ein einzelnes  $\text{Si}^{13+}$ -Ion übrig bleibt, das über Monate in der Falle gespeichert werden kann. In der Analysefalle wird schließlich die Spinausrichtung des Elektrons gemessen.



Zurück in der Präzisionsfalle werden dann die Zyklotronfrequenz der Kreisbewegung des Ions und die Larmor-Frequenz der Kreiselbewegung der Spinachse bestimmt.

Der Daraus berechnete g-Faktor des im  $\text{Si}^{13+}$ -Ion gebundenen Elektrons ist auf 9 Stellen hinter dem Komma genau und die bisher mit Abstand genaueste Messung – präziser als der theoretisch berechnete Wert. Beide stimmen aber perfekt überein, was die Quantenelektrodynamik erneut glänzend bestätigt. Die Messungen liefern somit auch präzise Werte der Elektronenmasse und des Radius des Silizium-Atomkerns.

Als nächstes sollen noch genauere Rechnungen und Experimente, auch mit schwereren Ionen und deshalb größeren Feldstärken, folgen.

## Die dunkle Seite des Universums

Vom 8. bis 15. Juli 2011 war das MPIK Gastgeber für gut 100 Doktoranden im Rahmen der International Summer School on Astro-Particle Physics (ISAPP) mit dem Thema „The dark side of the Universe“. Organisatoren waren die Abteilung von Manfred Lindner, der auch dem wissenschaftlichen Komitee der ISAPP angehört, und die IMPRS-PTFS.

In 14 Kursen gaben renommierte Wissenschaftler aus aller Welt Einblicke in die aktuelle experimentelle und theoretische Forschung zu Dunkler Materie und Dunkler Energie, Kosmologie und Elementarteilchenphysik: Nur ca. 4% des gesamten Energieinhalts des Kosmos besteht nach heutiger Erkenntnis aus gewöhnlicher, sichtbarer Materie (Sterne, Planeten und kosmische Staub- und Gaswolken), 23% macht die so genannte Dunkle Materie aus, welche sich u. a. durch ihre Gravitationswirkung zeigt, während der Rest, Dunkle Energie genannt, für die beschleunigte Expansion des Kosmos verantwortlich ist.

Neben dem Kursprogramm hatten die Teilnehmer Gelegenheit, ihre Forschungsergebnisse in über 50 Posterbeiträgen vorzustellen und durch Diskussionen auch voneinander zu lernen.

## IMPRS-QD positiv begutachtet

Nach 4-jährigem Bestehen wurde die International Max Planck Research School for Quantum Dynamics in Physics, Chemistry and Biology, IMPRS-QD, am 22. September von einer internationalen Kommission begutachtet. Nach dem Sprecher der IMPRS-QD, Christoph Keitel, und dem Koordinator, Carsten Müller, berichteten 5 Studenten über ihre Arbeiten. Daran schloss sich eine Poster-Präsentation über die Forschung aller Studenten der IMPRS-QD mit Diskussionen an.

Die Gutachter bescheinigten der IMPRS-QD eine außerordentlich hohe wissenschaftliche und organisatorische Qualität; besonders gelobt wurde der interdisziplinäre Ansatz und die hohe Motivation der Studenten. Die Kommission empfiehlt daher uneingeschränkt die weitere Förderung der IMPRS-QD über die bisher bewilligten 6 Jahre hinaus. Ein entsprechender Antrag wird im kommenden Jahr gestellt werden.

Derzeit hat die IMPRS-QD 43 Studenten und 23 Alumni aus 21 Nationen; etwa ein Viertel davon ist weiblich und rund 60% kommen aus dem Ausland. Die durchschnittliche Promotionsdauer beträgt 3,2 Jahre.

## Max-Planck-Tag

In diesem Jahr feiert die MPG die Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, ihrer Vorläuferorganisation, vor 100 Jahren. Für den 11.11. hatte sie alle Institute aufgerufen, einen ‚Max-Planck-Tag‘ zu veranstalten. Das MPIK beteiligte sich mit einer ‚Physik am Freitagmorgen‘ für Schüler und einem öffentlichen Besuchernachmittag im Hörsaalgebäude. Während die Vormittagsveranstaltung rasch ausgebucht war, hatten die Besucher am Nachmittag viel Platz. Auf dem Programm standen jeweils Vorträge und eine Ausstellung mit einem Exponat/Vorführung pro Abteilung und der Bibliothek.



## Betriebsausflug in die Pfalz

Nach dem Betriebsfest im vorigen Jahr stand dieses Jahr wieder ein Betriebsausflug auf dem Programm. Am 11.10. ging es in die Pfalz, organisiert von einem Team aus der Zentralen Elektronik.



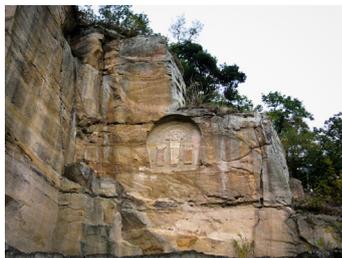
Vormittags in Worms standen drei verschiedene Themen-Stadtführungen zur



Auswahl. Nachmittags fuhr ein Teil der Teilnehmer nach Freinsheim zu einer Stadtführung und dann mit dem Bus nach Bad Dürkheim. Die anderen nahmen



an einer Wanderung vom Haardtrand hinunter nach Bad Dürkheim teil.



Dort trafen sich alle zum Abendessen im Riesenfass.



## Enceladus-Ozean bestätigt

Aus Brüchen in der Eiskruste am Südpol von Enceladus schießen Fontänen von Wasserdampf und Eiskörnchen. Als Cassini in geringer Höhe durch die Fontänen flog, konnten die frisch ausgestoßenen Eiskörnchen direkt analysiert werden. Der Staubdetektor des MPIK fand die gleichen drei Sorten von Eispartikeln wie im E-Ring, deren Anteile sich mit dem Abstand von der Quelle markant verändern: Nahe daran dominieren die salzhaltigen Eispartikel, während weiter entfernt die reinen Eispartikel überwiegen. Außerdem sind die salzhaltigen Eiskörnchen größer und langsamer als die salzfreien. Im Überschall-Jet einer Düse registrierte der CDA einen erhöhten Anteil der kleinen salzfreien Partikel im Vergleich zum Auswurf der übrigen Tigerstreifen.

Die einzig plausible Erklärung für diese Befunde sind große Salzwasserreservoirs, gespeist von einem Ozean zwischen Eiskruste und felsigem Kern, als Quellen der Fontänen.

## Personalia

### Preise und Ehrungen

**PD Dr. Dr. Carsten Müller** erhielt den Lehrpreis der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Heidelberg für seine Gruppentheorie-Vorlesung.

**Sebastian Meuren** erhielt den Otto-Haxel-Preis der Fakultät für Physik und Astronomie der Universität Heidelberg für seine Diplomarbeit.

**Jennifer Bartels** und **Marcel Chardon** erhielten Azubi-Preise der MPG.

**Marcel Chardon** wurde 1. Kammersieger im Beruf Feinwerkmechaniker beim Leistungswettbewerb des Deutschen Handwerks.

**Hans-Werner Walber** erhielt die Verdienstmedaille der IHK Rhein-Neckar in Gold für seine 30-jährige Prüfertätigkeit.

### ERC Grants

**Prof. Dr. Klaus Blaum** erhielt einen *Advanced Grant* für sein Projekt „Precision Measurements of Fundamental Constants (MEFUCO)“, das am 01.12.2011 startete.

**PD Dr. Alban Kellerbauer** leitet mit einem *Starting Grant* seit 01.07.2011 die selbstständige Forschergruppe „Ultracold negative ions by laser cooling (UNIC)“.

### Berufungen

**Dr. Christopher van Eldik** hat einen Ruf auf eine W2-Proessur für Experimentalphysik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg zum 01.09.2011 angenommen.

**PD Dr. Dr. Carsten Müller** hat einen Ruf auf eine W3-Proessur (Lehrstuhl) für Theoretische Physik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf zum 01.01.2012 angenommen.

### Dienstjubiläen

40 Jahre MPG: **Joachim Janicke**

25 Jahre MPG: **Thomas Schiffmann,**

**Dr. Richard James Tuffs**

## Impressum

Herausgeber: Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg · info@mpi-hd.mpg.de

Redaktion: Dr. Bernold Feuerstein, Dr. Gertrud Hönes

Weitere Informationen zu den Artikeln unter: [www.mpi-hd.mpg.de/mpi/de/aktuelles/presseinformationen](http://www.mpi-hd.mpg.de/mpi/de/aktuelles/presseinformationen)