



# MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Ehemalige und Freunde des MPIK,



seit April ist Jim Hinton im Hauptamt Direktor am MPIK und das Kollegium somit komplett. In dieser Ausgabe stellen wir ihn und sein Forschungsgebiet, ultrarelativistische

kosmische Teilchen, vor. Im Zusammenhang mit seiner Berufung laufen einige Baumaßnahmen in den Experimentierhallen und im Bothelabor.

In Anwesenheit von Oberbürgermeister Würzner, Vertretern der Generalverwaltung und des Trägers „Kunterbunt“ konnten wir im Mai die Einweihung der Kita auf dem Institutsgelände feiern. Dass es diese nun gibt, bedeutet eine enorme Steigerung der Attraktivität unseres Instituts als Arbeitgeber.

Es ist mir eine große Freude, dass wir im Frühjahr mit dem CSR ein neues, eigenes Großgerät in Betrieb nehmen konnten. Das war nur durch die enorme Leistung vieler Personen möglich. Mein Dank geht nicht nur an die Wissenschaftler um Robert von Hahn und Andreas Wolf, sondern insbesondere auch an die Kolleginnen und Kollegen des Konstruktionsbüros, der Werkstätten und der Haustechnik.

Herzlichst, Ihr

Prof. Dr. Klaus Blaum  
(Geschäftsführender Direktor)

## In dieser Ausgabe

- Tiefkalte Moleküle auf der Umlaufbahn.. 1
- Ein äußerst kraftvolles Trio in der LMC..... 2
- Eine Bremse für Röntgenstrahlen..... 2
- Kurzmeldungen; Namen & Notizen ..... 3
- Jim Hinton neuer Direktor am MPIK..... 4
- Festkolloquium; Kita-Einweihung ..... 4

## Tiefkalte Moleküle auf der Umlaufbahn

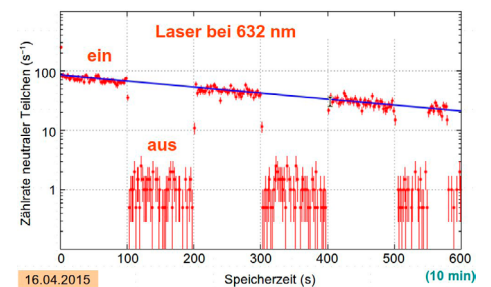
### Erstes Experiment im ultrakalten Speicherring CSR

Nach langjähriger Entwicklungs- und Bauzeit ist der neue ultrakalte Speicherring (CSR, Cryogenic Storage Ring) kürzlich in Betrieb gegangen. Fast drei Wochen dauerte es, bis er auf ca.  $-265\text{ }^{\circ}\text{C}$ , also wenige Grad über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt war. Dabei sank der Druck ersten Abschätzungen zufolge auf unter  $10^{-13}$  mbar, also 16 Größenordnungen niedriger als normaler Luftdruck und schwierig exakt zu messen. Bald darauf gelang es, positiv geladene Argonionen ( $\text{Ar}^+$ ) im Ring kreisen zu lassen. Diese Tests gaben grünes Licht für das erste Experiment: In der Ionenquelle wurden Hydroxidionen ( $\text{OH}^-$ ) präpariert, in den CSR eingeschossen und konnten dort für gut 10 Minuten auf der Umlaufbahn gehalten werden – das ist an sich schon ein Erfolg.

Um zu prüfen, wie stark die  $\text{OH}^-$ -Ionen während der Speicherung abgekühlt sind, kommt ein durchstimmbarer Laser zum Einsatz. Sein Strahl trifft die gespeicherten  $\text{OH}^-$ -Ionen, so dass diese ein Elektron verlieren. Es entstehen  $\text{OH}$ -Radikale, die – da ungeladen – aus der Bahn fliegen und auf einem Detektor landen. Bei welcher Laserfrequenz (Farbe) dies passiert, zeigt an, in welchem Energieniveau sich das getroffene  $\text{OH}^-$ -Ion befand, d.h., wie viel innere Energie es besaß. Eine erste Auswertung der Daten ergab, dass nicht nur die innere Schwingung der  $\text{OH}^-$ -Ionen, sondern auch ihre Rotation überwiegend den niedrigsten Zustand erreicht hatte: Anzeichen dafür, dass die Moleküle während der Speicherzeit im CSR tatsächlich interstellare Temperaturen annehmen.

Mit dem CSR hat das MPIK eine neuartige Konstruktion für einen ultrakalten Ionenspeicherring erfolgreich realisiert. Dessen wichtigste Merkmale sind die rein elektrostatische Ionenoptik, extrem niedriger Druck und sehr tiefe Temperaturen, die es erlauben, darin auch große Molekülonen in niedrigsten Quantenzuständen zu speichern. Mit dem CSR steht nun ein weltweit einzigartiges Werkzeug

zur Verfügung, um die Chemie in interstellaren Wolken auf der Erde zu erforschen und grundlegende Einblicke in das ‚Innenleben‘ von Molekülen zu gewinnen.



Beobachtung der im CSR mit 60 keV gespeicherten  $\text{OH}^-$ -Ionen durch Neutralisierung mit einem schwachen Laserstrahl. Die gespeicherten Ionen würden auch dann neutralisiert, wenn sie mit Gasmolekülen zusammenstoßen. Im CSR ist diese Rate, die auch ohne Laser zu beobachten wäre, jedoch unmessbar klein: ein Zeichen für das extrem gute Vakuum in der kryogenen Anlage.

Wegen der technologischen Herausforderungen wurde zunächst ein 4 m langer Prototyp entwickelt, an dem das kryogene und mechanische Konzept überprüft und die Erreichbarkeit eines Vakuums unterhalb von  $10^{-13}$  mbar in einem so großen System demonstriert wurde. 2011 und 2012 konnte ein erster Quadrant erfolgreich abgekühlt und damit die geforderten extrem tiefen Temperaturen an den Experimentiervakuumkammern sowie die Stabilität der Ionenoptik bestätigt werden.

Im März 2014 erreichte der CSR einen weiteren wichtigen Meilenstein, als ein injizierter  $\text{Ar}^+$ -Strahl auf einer stabilen Bahn im noch nicht gekühlten Ring gespeichert werden konnte (s. MPIK-NEWS Nr. 10).

Ionenstrahlen für die Speicherung im CSR werden in einer Ionenchemie-Plattform erzeugt und mit bis zu 300 kV Hochspannung in den Ring injiziert. Demnächst wird der CSR mit einer Apparatur zum Einschleusen von neutralen Atomstrahlen gekoppelt und erhält einen Elektronenkühler.

#### Kontakt:

Klaus Blaum, Robert von Hahn,  
Holger Kreckel, Andreas Wolf

## Ein äußerst kraftvolles Trio in der Großen Magellanschen Wolke

**H.E.S.S. entdeckt drei extrem leuchtstarke Gammaquellen in der Nachbargalaxie der Milchstraße.**

Die Große Magellansche Wolke (LMC) ist eine Zwerg-Satellitengalaxie unserer Milchstraße in einer Entfernung von etwa 170.000 Lichtjahren mit einer hohen Sternbildungs- und Supernovaratte. Insgesamt 210 Stunden waren die H.E.S.S.-Teleskope auf die größte Sternbildungsregion in der LMC, den Tarantelnebel, gerichtet. Dabei gelang es ihnen zum ersten Mal, mehrere Quellen höchstenergetischer Gammastrahlung in einer Galaxie außerhalb der Milchstraße aufgelöst abzubilden.

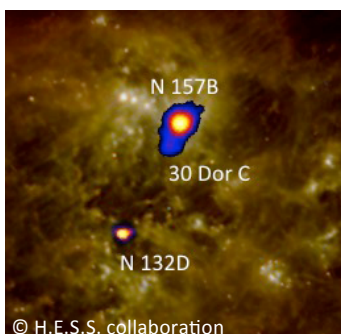
Bei der Superschale 30 Dor C handelt es sich um die größte bekannte Röntgenstrahlung emittierende Schale, die wohl durch mehrere Supernova-Explosionen und starke Sternwinde entstanden ist. Die Ergebnisse von H.E.S.S. zeigen, dass 30 Dor C eine Quelle hochenergetischer Teilchen ist. Sie ist der erste Vertreter einer neuen Klasse von Höchstenergie-Gammastrahlenquellen.

Pulsare sind hoch magnetisierte, schnell rotierende Neutronensterne, die einen Wind ultrarelativistischer Teilchen emittieren und so einen Nebel bilden. Der Pulsar PSR J0537-6910 mit seinem Nebel N 157B, den die H.E.S.S.-Teleskope in der LMC entdeckt haben, ist in vielerlei Hinsicht ein Zwilling des sehr starken Krebspulsars in unserer eigenen Galaxis. Allerdings leuchtet sein Pulsarwindnebel um eine Größenordnung heller als der Krebsnebel. Verantwortlich dafür ist sein schwächeres Mag-

netfeld und das intensive Sternenlicht aus benachbarten Sternbildungsgebieten.

Der Supernova-Überrest N 132D scheint einer der ältesten und stärksten Supernova-Überreste zu sein, der noch im höchstenergetischen Gammalicht leuchtet. Er ist zwischen 2500 und 6000 Jahre alt und immer noch heller als die stärksten Supernova-Überreste in der Milchstraße, obwohl Modelle vorhersagen, dass in diesem Alter die Supernova-Explosionsfront schon so langsam sein sollte, dass sie kein effizienter Teilchenbeschleuniger mehr ist. Die Ergebnisse bestätigen die Vermutung aus anderen Beobachtungen mit H.E.S.S., dass Supernova-Überreste wesentlich leuchtstärker sein können als bisher angenommen.

Sich teilweise überlappend und an der Nachweisgrenze des Instruments waren diese neuen Quellen eine Herausforderung. Die Entdeckungen gelangen nur mit neu entwickelten Methoden für die Interpretation der Daten, die insbesondere eine genauere Bestimmung der Richtung, aus der die Gammastrahlen kommen, ermöglichten.



Ausschnitt aus der LMC im Infrarotlicht mit darübergelegten H.E.S.S.-Daten.

### Kontakt:

Werner Hofmann, Felix Aharonian

### Publikation:

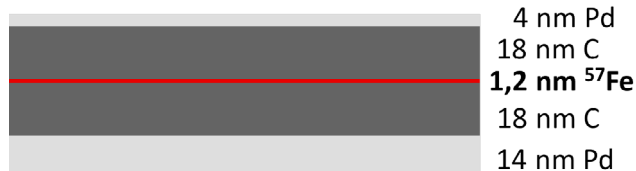
The exceptionally powerful TeV  $\gamma$ -ray emitters in the Large Magellanic Cloud

Science 347, 406-412 (2015), doi: 10.1126/science.1261313

## Eine Bremse für Röntgenstrahlen

**Nukleare Quantenoptik kontrolliert und verlangsamt Röntgenlicht.**

In Zusammenarbeit mit Gruppen vom Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY und der Universität Jena wurde in zwei neuen Experimenten nukleare Quantenoptik an Eisenkernen demonstriert. Im ersten Experiment diente das Röntgenlicht dazu, um nach der Wechselwirkung präzise Informationen über die untersuchten Eisenkerne zu erlangen. Im zweiten Experiment waren die Rollen vertauscht, und die Eisenkerne wurden verwendet, um die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Röntgenpulsen kontrolliert abzubremsen, was vielfältige Anwendungen erschließt.



Kernstück der Experimente ist eine am DESY hergestellte Dünnschicht-Probe aus Eisenatomen, eingebettet zwischen Röntgenstrahlung reflektierenden Schichten. Sie wird im flachen Winkel mit Röntgenlicht bestrahlt und das reflektierte Licht gemessen, wobei im gewählten Frequenzbereich die Eisenkerne resonant wechselwirken.

Im ersten Experiment, durchgeführt am Synchrotron PETRA III bei DESY, diente die Probe als sogenanntes Röntgen-Interferometer. Die reflektierte Strahlung enthält zum einen Beiträge, die durch die resonante Wechselwirkung mit den Eisenkernen verzögert wurden. Zum anderen enthält sie nicht-resonante Bei-

träge, die nicht an den Kernen gestreut wurden. Die Verzögerung durch die Eisenkerne führt zu einer Verschiebung der Wellenfronten der beiden Beiträge, wodurch sich ein sogenanntes Fano-Profil ergibt, dessen asymmetrische Linienform von der Verzögerung durch die Eisenkerne abhängt.

Basierend auf Modellrechnungen gelang es im zweiten Experiment, durchgeführt an der European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble, die Wechselwirkung mit den Eisenkernen derart zu kontrollieren, dass die eingestrahlten Röntgenpulse erheblich verlangsamt wurden – und zwar auf weniger als ein Zehntausendstel der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Zur Detektion des verlangsamteten Lichts nutzten die Physiker trickreich die Eigenschaft der Eisenprobe, bei resonanter Streuung die Polarisation des Röntgenlichtes zu drehen. Ein entsprechendes leistungsfähiges Polarimeter der Universität Jena unterdrückt den ungewünschten nicht-resonanten Anteil. Das „langsame“ Röntgenlicht kann die Wechselwirkung mit den Eisenkernen effektiv erhöhen. Damit hofft man, einen Zugang zu nichtlinearer Wechselwirkung im Röntgenbereich zu gewinnen, die bisher nicht beobachtet werden konnte.

### Kontakt:

Jörg Evers, Kilian Heeg, Thomas Pfeifer

### Publikationen:

Interferometric phase detection at x-ray energies via Fano resonance control

PRL 114, 207401 (2015), doi: 10.1103/PhysRevLett.114.207401

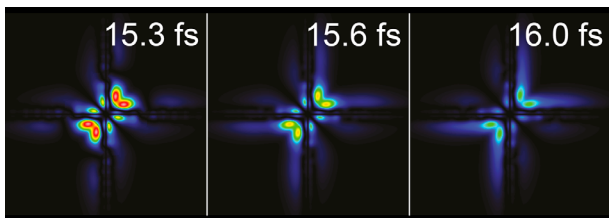
Tunable sub-luminal propagation of narrowband x-ray pulses

PRL 114, 203601 (2015), doi: 10.1103/PhysRevLett.114.203601

## + + + Kurzmeldungen + + +

### Die Choreografie eines Elektronenpaares

Erstmals konnte die Bewegung der beiden Elektronen eines Heliumatoms abgebildet und der elektronische Paartanz sogar gesteuert werden. Gelungen ist dies mit unterschiedlichen, zeitlich sehr genau aufeinander abgestimmten Laserblitzen, und zwar neben sichtbaren Lichtblitzen auch mit ultravioletten Pulsen, die nur einige hundert Attosekunden dauerten. Eine gezielte Manipulation der Elektronenpaare in Molekülen könnte die Chemie beeinflussen und bisher unmögliche Synthesen ermöglichen.

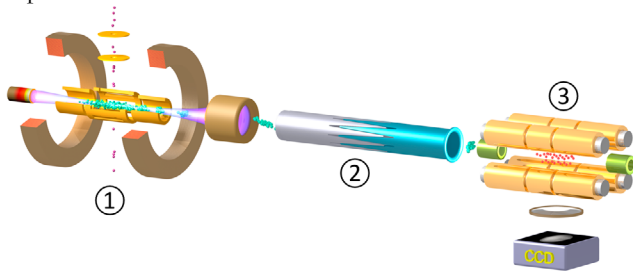


*Pulsierende Bewegung des Elektronenpaares in einem Heliumatom: Bei 15,3 fs befinden sich beide Elektronen dicht am Kern (Zentrum des Bildes) und entfernen sich dann von ihm, bevor sie wieder zurückkehren.*

Kontakt: Thomas Pfeifer, Andreas Kaldun  
Meldung vom 18.12.14

### Gefrorene hochgeladene Ionen

In Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der Universität Aarhus wurde erstmals die Coulomb-Kristallisierung von hochgeladenen Ionen (Highly Charged Ions, HCIs) demonstriert. In einer ultrakalten Radiofrequenz-Ionenfalle wurden HCIs durch Wechselwirkung mit lasergekühlten Beryllium-Ionen auf Temperaturen unterhalb von 1 Kelvin gekühlt. Die neue Methode eröffnet das Feld der Laserspektroskopie von HCIs und bildet die Grundlage für neuartige Atomuhren und hochpräzise Tests der Variabilität von Naturkonstanten.



*Aufbau zur Erzeugung, Speicherung und Kühlung hochgeladener Ionen (1): EBIT zum Erbrüten der HCIs, (2): Strahlrohr zum Abbremsen und Vorkühlen, (3) Paulfalle CryPTEx mit lasergekühlten Be<sup>+</sup>-Ionen. Deren Fluoreszenzlicht wird mit einer CCD-Kamera beobachtet.*

Kontakt: Lisa Schmöger, José Crespo López-Urrutia  
Meldung vom 12.03.15

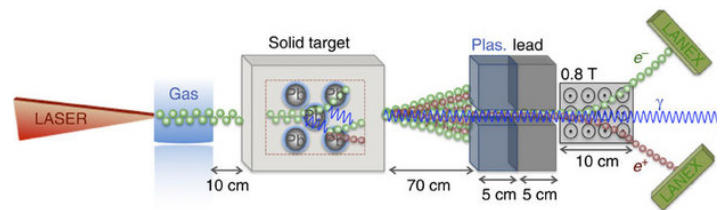
### Standortverhandlungen für CTA-Nord

Die Kanareninsel La Palma und San Pedro Mártir in Mexiko haben als mögliche Nord-Standorte für die Tscherenkow-Teleskope von CTA die Endrunde erreicht; als potenzieller weiterer Standort ist auch noch Arizona dabei. Es wird angestrebt, im November 2015 den endgültigen Standort festzulegen. Für den Standort auf der Südhalbkugel soll die Entscheidung zwischen Chile und Namibia schon im August fallen.

Kontakt: Werner Hofmann, Jim Hinton  
Meldung vom 27.03.15

### Ein Plasma aus Materie und Antimaterie

Ultrarelativistische Jets aus einem Elektron-Positron-Plasma (ein insgesamt neutrales, aber aus geladenen Teilchen bestehendes Gas) treten in astrophysikalischen Szenarien unter extremen Bedingungen auf. Die Erzeugung dieses speziellen Materiezustands im Labor gelang nun mit einem Experiment an der Astra Gemini Laser Facility des Rutherford Appleton Laboratory in Oxfordshire. In theoretischen Modellrechnungen erwiesen sich Bremsstrahlung von Elektronen und Positronen und Elektron-Positron-Paarerzeugung durch Photonen als die wesentlichen Mechanismen.



*Schemazeichnung des Experiments: Der Laserstrahl setzt aus einem Gasstrahl Elektronen frei und beschleunigt sie. Im Bleitarget werden Elektronen, Positronen und Gammastrahlen erzeugt. Der Magnet trennt Elektronen und Positronen, die mit speziellen Detektoren energieaufgelöst nachgewiesen werden.*

Kontakt: Antonino Di Piazza, Christoph H. Keitel  
Meldung vom 30.04.15

### Magische Neutronenzahl bestätigt

Dem ISOLTRAP-Team ist es erstmals gelungen, die Bindungsenergien von Atomkernen der exotischen Kaliumisotope <sup>52</sup>K und <sup>53</sup>K massenspektrometrisch zu bestimmen. Die Messungen am europäischen Forschungszentrum CERN erfolgten mit einem an der Universität Greifswald gebauten Flugzeitspektrometer. Die Resultate ergänzen Untersuchungsergebnisse, die vor zwei Jahren bei den entsprechenden Calciumisotopen erzielt wurden. Sie bestätigen die damals ermittelte neue magische Neutronenzahl N = 32 auch unterhalb der magischen Protonenzahl Z = 20.

Kontakt: Klaus Blaum  
Meldung der Universität Greifswald vom 21.05.15

## Namen & Notizen

#### Preise und Ehrungen

**Prof. Dr. Werner Hofmann:** Marian-Smoluchowski-Emil-Warburg-Preis 2015 der DPG und der Polnischen Physikalischen Gesellschaft, Yodh-Preis 2015

**Prof. Dr. Hans Weidenmüller:** Eugene Feenberg memorial lecture in physics 2015

**Dr. Vincent Marandon:** H.E.S.S.-Preis der H.E.S.S.-Kollaboration

**Dr. Julian Heck:** Otto-Hahn-Medaille

#### Dienstjubiläen 25 Jahre MPG

**Dirk Kaiser**

**Elmar Scheurich**

**Walfried Bernhardt**

**Bernd Knappe**

## Ultrarelativistische kosmische Teilchen verstehen: Jim Hinton neuer Direktor am MPIK



Prof. Dr. Jim Hinton hat den Ruf zum Wissenschaftlichen Mitglied und Direktor am MPIK angenommen. Er ist einer der führenden Wissenschaftler auf dem Gebiet der Hochenergie-Gammastrahlen-Astronomie.

Das astrophysikalische Forschungsinteresse von Jim Hinton konzentriert sich darauf, wie ultrarelativistische kosmische Teilchen auf ihre Umgebung einwirken, auf Skalen von Sternsystemen bis zu

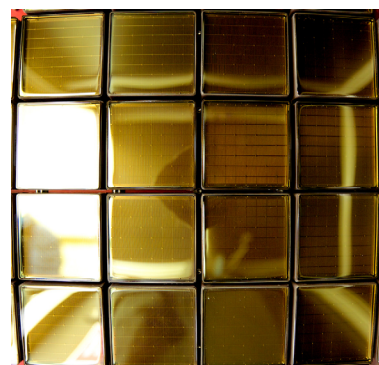
Galaxienclustern. Um die Funktionsweise kosmischer Beschleuniger zu verstehen, werden Daten von H.E.S.S. und später CTA mit denen anderer Observatorien, die Wellenlängen vom Radio bis zum Gammabereich beobachten, kombiniert.

Jim Hinton ist wesentlich an der Planung des Cherenkov Telescope Array (CTA) beteiligt, an dem unter Federführung des MPIK mit Werner Hofmann als Sprecher praktisch alle Institute weltweit vereinigt sind, die Gamma-Astronomie betreiben. CTA soll 10-mal empfindlicher sein und ein besseres Auflösungsvermögen haben als die derzeitigen Instrumente und einen großen Energiebereich von ca. 20 GeV bis 300 TeV erfassen. Um den gesamten Himmel zu beobachten, sind 2 Arrays von Tscherenkov-Teleskopen geplant, ein kleineres auf der Nord- und ein größeres auf der Südhalbkugel, die sich jeweils über mehrere km<sup>2</sup> erstrecken. Insgesamt sollen rund 100 Teleskope mit Spiegeldurchmessern von 23, 12 und 4 m errichtet werden.

Der experimentelle Schwerpunkt der Abteilung „Nichtthermische Astrophysik“ ist zunächst – in enger Zusammenarbeit mit

der Abteilung von Werner Hofmann – die Entwicklung von Hochleistungskameras für Tscherenkov-Teleskope, und zwar für den mittel- und hochenergetischen Bereich (0,1–300 TeV) von CTA. Der Bereich extrem hoher Energien um 100 TeV ist bisher noch völlig unerforscht. Zu der schon länger am MPIK laufenden Kameraentwicklung ‚FlashCam‘ für die mittelgroßen Teleskope von CTA bringt Jim Hinton das Kameraprojekt ‚CHEC‘ (Compact High Energy Camera) für die kleinen Teleskope mit. CHEC ist eine kompakte und kostengünstige Konstruktion für den Einsatz in Teleskopen mit Sekundärspiegel. Dadurch wird der Bau zahlreicher Teleskope erst erschwinglich, welche für die Erforschung der höchsten Energien notwendig sind.

Jim Hinton studierte Physik an der University of Leeds und promovierte dort 1998. Danach arbeitete er als Post-Doc und Forschungsstipendiat an verschiedenen Experimenten zur Gamma- und kosmischen Strahlung sowohl in Großbritannien und den USA als auch 4 Jahre lang hier am MPIK (2002–2006), wo er Mitglied der H.E.S.S.-Kollaboration wurde. 2010 übernahm er einen Lehrstuhl für beobachtende Astronomie an der University of Leicester. Seine Arbeiten wurden mit vier Forschungspreisen ausgezeichnet, jüngst mit dem Philip Leverhulme Prize und dem Royal Society Wolfson Award.



Teil des gewölbten Lichtsensors eines CHEC-Prototypen aus 32 Multi-Anoden-Photomultipliern mit je 64 quadratischen Pixeln.

## Festkolloquium zum 75. Geburtstag von Dirk Schwalm

Aus Anlass des 75. Geburtstags von Dirk Schwalm fand am 23. April ein Festkolloquium statt. Klaus Blaum begrüßte im Namen der Institutsleitung die Gäste und gratulierte Herrn Schwalm. Den Festvortrag mit dem Titel „One light and two heavy particles: a fresh view on the Efimov scenario“ hielt Matthias Weidemüller (Physikalisches Institut der Universität Heidelberg), der früher



in der Abteilung Schwalm die Forschungsgruppe „Laserkühlung“ leitete. Efimov-Zustände aus drei Teilchen verhalten sich wie borromäische Ringe: es ist nur das gesamte System, nicht aber die einzelnen Teilchenpaare gebunden. Matthias Weidemüller präsentierte neueste Ergebnisse für Gemische aus ultrakalten Alkaliatomen.

## Einweihung der Kita „Quantenzwerge“ am 7. Mai

Abschließender Höhepunkt der Feier war das gemeinsame Steigenlassen bunter Luftballons, von denen einige bei besten Windbedingungen bis in den Bayerischen Wald getragen wurden, nachdem die Kinder sie musikalisch mit einem „Luftballon-Lied“ verabschiedet hatten. Besonders gefreut haben sich die Kinder auch über die von Klaus Blaum im Namen des MPIK überreichten Geschenke, 2 knallrote Rutschautos.



Nach der 5 Jahre dauernden Planungs- und Umbauzeit des ehemaligen Kantinegebäudes konnte die Kita im Oktober 2014 endlich ihren Betrieb aufnehmen. Sie bietet Plätze für 30 Kinder im Alter von 6 Monaten bis 3 Jahren in 3 Gruppen und 20 Kinder in einer Kindergartengruppe.

### Impressum

Herausgeber:  
Redaktion:

Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg · info@mpi-hd.mpg.de  
Dr. Bernold Feuerstein, Dr. Gertrud Hönes