



# MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Ehemalige und Freunde des MPIK,



zum Jahreswechsel endet meine auf vier Jahre verlängerte Amtszeit als Geschäftsführender Direktor, und ich gebe den Stab an Werner Hofmann weiter.

Diese Gelegenheit möchte ich nutzen, um meinen Dank auszudrücken für die großartige Unterstützung aus allen Bereichen des Instituts – sowohl der Wissenschaft als auch der Infrastruktur. Ich persönlich sehe das Institut organisatorisch, administrativ und wissenschaftlich exzellent aufgestellt. Wir betreiben Spitzenforschung auf international höchstem Niveau, und mit zwei neu sberufenen jungen Direktoren sind wir für die Zukunft bestens gerüstet.

Allerdings hätte ich mir in diesen vier Jahren manchmal gewünscht, dass man sich mehr über positive Entwicklungen freut und nicht so sehr die negativen Aspekte diskutiert. Für mich war es eine interessante, aber auch anstrengende Zeit, und ich freue mich darauf, mich nun wieder mehr der Forschung widmen zu können.

Im Namen der Geschäftsführung wünsche ich Ihnen ein frohes Weihnachtsfest und alles Gute für 2016,  
Ihr

Prof. Dr. Klaus Blaum  
(Geschäftsführender Direktor)

## In dieser Ausgabe

Neues von der Suche nach Dunkler Materie .....	1
Holmium-163 und die Bestimmung der Neutrinomasse.....	2
FlashCam: Digitalkamera für CTA.....	2
Kurzmeldungen, Namen & Notizen.....	3
Wissenschaftstag und Institutsfest.....	4

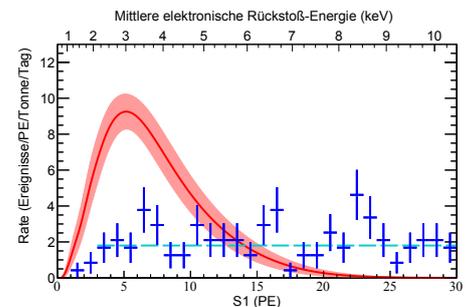
## Neues von der Suche nach Dunkler Materie

### Behauptetes Dunkle-Materie-Signal nicht durch Wechselwirkung mit Elektronen erklärbar

Schwach wechselwirkende schwere Teilchen (WIMPs) sind theoretisch bevorzugte Kandidaten für Dunkle Materie. Sie sollten sich gelegentlich durch Stöße mit Atomkernen des Detektormaterials bemerkbar machen. Die Bewegung der Erde um die Sonne sollte weiterhin zu einer jahreszeitlichen Modulation des Signals führen. Das DAMA/LIBRA-Experiment hat mit seinem Natriumiodid-Detektor zwar eine solche Modulation gemessen, diese als WIMP-Signal zu interpretieren steht aber im Widerspruch zu den Ergebnissen mehrerer anderer Experimente.

Weil DAMA/LIBRA nicht zwischen Streuungen am Atomkern oder den Elektronen der Atomhülle unterscheiden kann, wären leichtere Teilchen, die nur an Elektronen streuen, eine mögliche Erklärung. Im Gegensatz dazu kann XENON100 zwischen Streuung an Atomkernen und an Elektronen gut unterscheiden. Durch seine ausgezeichnete Abschirmung ist die Rate störender Hintergrundsignale mehr als 100 mal niedriger als bei DAMA/LIBRA und sogar geringer als die dort beobachtete Amplitude der jahreszeitlichen Modulation.

Deshalb haben die XENON-Forscher mit neuen Analysemethoden in ihren Daten nach Hinweisen auf Streuung an Elektronen der Atomhülle und zeitlichen Variationen gesucht. Entscheidend war dabei, dass der Detektor während der gesamten Messzeit stabil war. Dies konnte für einen Xenon-Detektor nun zum ersten Mal überhaupt gezeigt werden. Die Suche nach möglichen zeitlichen Variationen ergab keine signifikante Modulation über Zeiträume von bis zu 500 Tagen – im Wi-



Vergleich der XENON100-Daten (blau) mit DAMA/LIBRA: Die rote Kurve zeigt, wie das DAMA/LIBRA-Energie-Spektrum von XENON100 gesehen würde.

derspruch zur Beobachtung von DAMA/LIBRA.

Zudem wurde berechnet, wie das Signal von DAMA/LIBRA bei XENON100 aussehen würde, wenn es von an Elektronen gestreuten Dunkle-Materie-Teilchen verursacht wäre. Der Vergleich mit den XENON100-Daten aus 70 Tagen rund um das Maximum der jahreszeitlichen Modulation ist eindeutig: kein Signal, sondern nur der erwartete Hintergrund. Die berechnete Obergrenze für die Wahrscheinlichkeit einer solchen Wechselwirkung ist so niedrig, dass das DAMA/LIBRA-Signal komplett ausgeschlossen werden kann.

### XENONIT geht in Betrieb

Mit der Inbetriebnahme des Nachfolgeinstruments XENONIT, das am 11. November offiziell eingeweiht wurde, wird ein neues Kapitel bei der Suche nach Dunkler Materie aufgeschlagen: Durch die größere Menge flüssigen Xenons und eine verbesserte Abschirmung mit aktivem Veto wird XENONIT eine 100-mal höhere Sensitivität als XENON100 erreichen. XENONIT wird praktisch alle Dunkle-Materie-Theorien überprüfen können, die auf schwach wechselwirkenden Teilchen beruhen.

#### Kontakt:

Manfred Lindner, Teresa Marrodán, Hardy Simgen

#### Publikationen:

Exclusion of Leptophilic Dark Matter Models using XENON100 Electronic Recoil Data Science 349, 851-854 (2015), doi: 10.1126/science.aab2069

Search for Event Rate Modulation in XENON100 Electronic Recoil Data

PRL 115, 091302 (2015), doi: 10.1103/PhysRevLett.115.091302

## Holmium-163 und die Bestimmung der Neutrinomasse

### Hochpräzise Messung der Zerfallsenergie klärt einen Jahrzehnte bestehenden Widerspruch auf

Neutrinos sind überall, aber eine ihrer fundamentalsten Eigenschaften, ihre Masse, ist noch immer unbekannt. Beobachtungen belegen, dass Neutrinos eine winzige Masse haben müssen. Bis heute konnten aber nur obere Grenzen bestimmt werden. Die präzise Vermessung des Beta-Zerfalls oder des Elektroneinfangs ist einer der meistversprechenden Ansätze dafür. Dabei wird außer den Neutrinos sämtliche beim Zerfall freigesetzte Strahlung gemessen. Ein Vergleich mit der maximal zur Verfügung stehenden Energie des Zerfalls ergibt die Neutrinomasse.

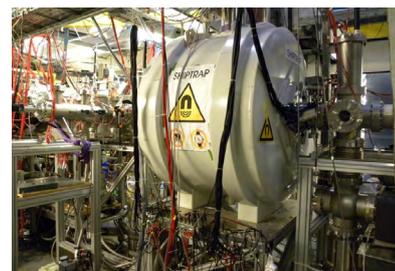
Das künstliche Isotop  $^{163}\text{Ho}$  steht im Fokus mehrerer großer Kollaborationen, u. a. der ECHO-Kollaboration. Diese wollen die Neutrinomasse aus Messungen der Energie bestimmen, die beim Elektroneinfang von  $^{163}\text{Ho}$  ins stabile Dysprosium-163 frei wird. Das bedingt eine vorherige präzise Bestimmung der Zerfallsenergie von  $^{163}\text{Ho}$ . In den letzten Jahrzehnten wurden dafür Werte veröffentlicht, die in einem breiten Bereich von 2400 bis 2900 eV liegen und aus indirekten Messungen mit unterschiedlichen Methoden stammen. Der in Datentabellen empfohlene Wert rangiert am unteren Ende der Skala, neuere Resultate liegen jedoch einige 100 eV höher als der empfohlene Wert, so dass dieser angezweifelt werden muss.

Da Einsteins berühmte Gleichung  $E = mc^2$  die für den Zerfall zur Verfügung stehende Energie mit der Masse der beteiligten Atome verbindet, kann hochpräzises Wiegen der beteiligten Atome das Rätsel lösen. Während  $^{163}\text{Dy}$  in der Natur vorkommt, müssen Proben von  $^{163}\text{Ho}$  erst aus natürlichem Erbium durch in-

tensive Neutronenbestrahlung hergestellt werden.

Um die Massendifferenz der beiden Isotope zu bestimmen, wurden die Frequenzen der Kreisbewegungen ihrer Ionen im starken Magnetfeld der Ionenfalle SHIPTRAP gemessen. Dabei wurde die neue Technik der phasenabbildenden Ionen-Zyklotron-Resonanz-Methode angewandt, die Messungen mit höchster Genauigkeit erlaubt, s. MPIK-NEWS Nr. 8 (6/2013).

Aus den Messdaten ergab sich eine Zerfallsenergie von 2833 eV mit einer Unsicherheit von nur wenigen zehn eV. Das bestätigt neuere Ergebnisse und den vorgeschlagenen Ansatz zur Neutrinomassenbestimmung. In der ersten Phase des ECHO-Experiments wird eine Empfindlichkeit von unter 10 eV/c<sup>2</sup> für die Neutrinomasse erreicht, was mehr als einen Faktor zehn unter der jetzigen Obergrenze ist. Künftige Massenmessungen mit der neuen PEN-TATRAP-Anlage am MPIK werden die Genauigkeit des Werts der Zerfallsenergie um eine Größenordnung verbessern.



Die SHIPTRAP-Anlage an der GSI.

#### Kontakt:

Klaus Blaum, Sergey Eliseev

#### Publikation:

Direct measurement of the mass difference of  $^{163}\text{Ho}$  and  $^{163}\text{Dy}$  solves Q-value puzzle for the neutrino mass determination PRL 115, 062501 (2015); doi: 10.1103/PhysRevLett.115.062501

## FlashCam: Digitalkamera für CTA

### Neuentwickelte Tscherenkow-Kamera „FlashCam“ im Funktionstest am MPIK

Kameras für Tscherenkow-Teleskope müssen die wenige Nanosekunden kurzen, schwachen Lichtblitze vor dem Hintergrund des normalen Sternenlichts auflösen können. Außerdem müssen sie in der Lage sein, viele Tausend Bilder pro Sekunde aufzunehmen.

Die CTA-Arrays werden aus zahlreichen Teleskopen in 3 verschiedenen Größen bestehen. Von den mittelgroßen 12-m-Teleskopen sind 24 am Süd- und 15 am Nordstandort geplant. Bei diesen Stückzahlen ist eine möglichst preisgünstige Kamerakonstruktion gefragt. Die Kameras sollen zudem wartungsfreundlich sein, wenig Strom verbrauchen und dabei zuverlässig und sicher arbeiten.

Das MPIK entwickelt zusammen mit mehreren europäischen Partnerinstituten einen neuartigen Kamerateyp, FlashCam, der diese Anforderungen erfüllt. Grundkonzept von FlashCam ist eine vollständig digitale Signalverarbeitung. Die analogen Signale der 1764 Lichtsensoren (Photomultiplier) werden direkt in der Kamera kontinuierlich mit einer Abtastrate von 250 MHz digitalisiert, bevor die Ausleseelektronik berechnet, ob ein Bild im Kamerarechner gespeichert werden soll („Trigger“). Sowohl der Lichtdetektor als auch die Ausleseelektronik sind modular aus identischen Komponenten aufgebaut.

So weit wie möglich werden für FlashCam kommerziell erhältliche Elektronikchips eingesetzt. MPIK-Eigenentwicklungen sind vor allem die Ausleseelektronik und die zugehörige Firmware und Software. Die digitalisierten Daten von je 24 Photomultipliern (72 Gbit/s) werden auf einer Platine zwischengespeichert und



MPIK-Elektronik: FPGA-Platine mit 2 aufgesteckten Analog/Digital-Konverter-Platinen für je 12 Photomultiplier.

aus dem Kamerarechner in Echtzeit Triggerinformationen berechnet. Je 8 solcher Platinen bedienen mit 200 Gbit/s jeweils eine der 12 Haupttriggerplatinen. Bei positiver Entscheidung wird das Kamerabild per Ethernet an den Kameraserver geschickt. So kann FlashCam mehr als 30000 Bilder pro Sekunde aufnehmen und ist damit gut 10-mal schneller als bisherige Kameras.

Das für FlashCam entwickelte Auslesesystem ist flexibel und skalierbar: die Hardware eignet sich mit angepasster Software für verschiedene Experimente und kommt bereits im Strahlmonitor des CSR zum Einsatz.

Lichtdetektor und Elektronik sind in ein geschlossenes, 2,9 × 3,0 × 1,1 m<sup>3</sup> großes Isoliergehäuse mit Kühlung für die Elektronik und Eintrittsfenster mit Lid eingebaut. Im Sommer verlief ein Test der von der Universität Zürich entwickelten mechanischen Konstruktion des FlashCam-Prototypen in einem Teleskop-Prototyp erfolgreich. Anschließend kam der FlashCam-Prototyp ans MPIK, wo derzeit seine Funktion auf Herz und Nieren geprüft wird.

#### Kontakt:

German Hermann, Christian Bauer

## + + + Kurzmeldungen + + +

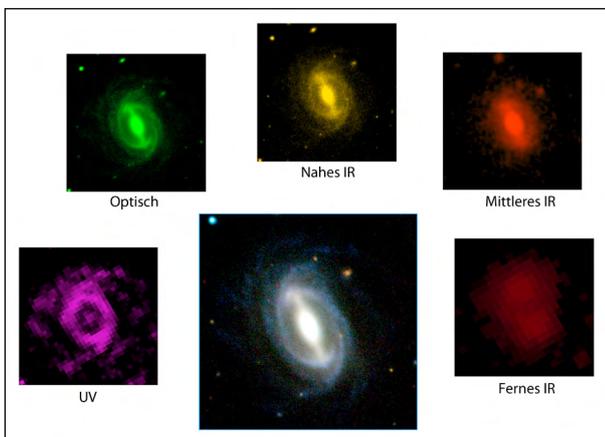
## Geoneutrinos durchleuchten die Erde

2010 gelang mit Borexino erstmals die Beobachtung von Antineutrinos aus dem Erdinneren (Geoneutrinos), die dem radioaktiven Zerfall von Uran und Thorium zugeordnet werden konnten. Während der langjährigen Messreihe von insgesamt 2056 Tagen wurden bislang 77 Antineutrinos registriert und hinsichtlich der Energie ausgewertet. Dies erlaubt die Unterscheidung der natürlichen Geoneutrinos (24 Ereignisse) von Reaktor-neutrinos. Aus den Daten ergibt sich ein Beitrag der Radioaktivität von U und Th zur Erdwärme von 23 bis 36 TW zur totalen Heizleistung von 47 TW. Die Unsicherheit liegt im Wesentlichen in der räumlichen Verteilung dieser Radionuklide im Erdinneren sowie im Beitrag von  $^{40}\text{K}$ , das sich diesem Nachweis entzieht.

Kontakt: Werner Maneschg, Hardy Simgen  
Meldung vom 03.07.2015

## Lichter im Universum gehen langsam aus

Ein internationales Team aus Astronomen hat im Rahmen des Projekts Galaxy and Mass Assembly (GAMA) mehr als 200 000 Galaxien untersucht und dabei die Energie, die in einem großen Teil des Weltalls freigesetzt wird, genauer als jemals zuvor gemessen. Die Studie bestätigt, dass die Energiemenge, die heutzutage im untersuchten Teil des Universums abgegeben wird, nur die Hälfte des Wertes von vor zwei Milliarden Jahren beträgt. Außerdem betrifft dieses Phänomen gleichermaßen alle 21 untersuchten Wellenlängenbereiche vom Ultravioletten bis zum fernen Infrarot.



Kollage des Erscheinungsbildes einer typischen Galaxie bei verschiedenen Wellenlängen der GAMA-Durchmusterung. (© ICRAR/GAMA und ESO)

Kontakt: Richard Tuffs, Meiert Grootes  
Meldung vom 11.08.2015

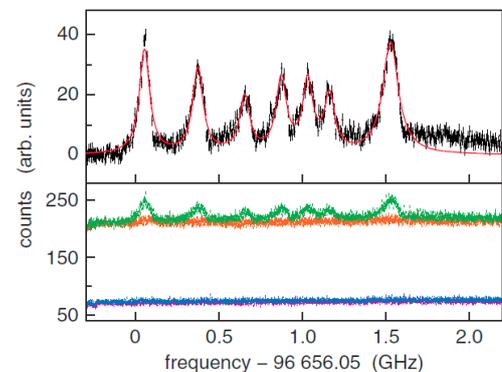
## Die Masse von Materie und Antimaterie

Im Rahmen des japanisch-deutschen Kooperationsprojekts BASE wurden am CERN hochpräzise Messungen des Ladung-zu-Masse-Verhältnisses von Antiproton und Hydridion durchgeführt. Daraus ergab sich, dass die Massen von Proton und Antiproton bis auf elf Nachkommastellen identisch sind. Das ist viermal genauer als bisher und bestätigt die Symmetrie zwischen Materie und Antimaterie. Aufbauend auf den aktuellen Ergebnissen sollen nun als nächstes die magnetischen Momente von Proton und Antiproton verglichen werden.

Kontakt: Klaus Blaum  
Meldung der MPG vom 13.08.2015

## Neue Einblicke in die Struktur von $\text{La}^-$

Bis heute ist es nicht möglich, negative Ionen bei ultratiefen Temperaturen zu untersuchen, weil Laserkühlen bislang auf negativ geladene Systeme nicht anwendbar ist. Einige wenige atomare Anionen, darunter das von Lanthan, besitzen prinzipiell zum Laserkühlen geeignete angeregte Zustände. Nun zeigen Messungen, dass der theoretisch vorhergesagte Übergang existiert und die zum Laserkühlen erforderlichen Voraussetzungen erfüllt. Hochpräzisions-Laserspektroskopie löst die Frequenzunterschiede auf, die aus der Wechselwirkung der Elektronenhülle mit dem Eigendrehimpuls des Atomkerns (Hyperfeinstruktur) resultieren. Aus den beobachteten Spektren ergibt sich, dass  $\text{La}^-$  mit lediglich drei in der Frequenz leicht gegeneinander verstimmt Laserstrahlen gekühlt werden kann. Mittelfristig soll die neue Technik am CERN genutzt werden, um kälteren Antiwasserstoff für Präzisions-Experimente mit Antimaterie herzustellen.



Absorptionsspektrum von  $\text{La}^-$  bei einer Ionenstrahlenergie von 5 keV (oben). Die untere Bildhälfte zeigt Signal (grün) und Untergrund (orange, blau, magenta).

Kontakt: Alban Kellerbauer, Elena Jordan  
Meldung vom 02.10.2015

## Namen & Notizen

### Preise und Ehrungen

**Prof. Dr. Werner Hofmann:** Stern-Gerlach-Medaille 2016 der DPG

**Dr. Kirsten Schnorr:** Ewald-Fellowship der VolkswagenStiftung und Minerva Fast-Track-Fellow der MPG/CPTS

**Lukas Dengel:** Kammersieger im Leistungswettbewerb und Urkunde für gute Leistungen in der Gesellenprüfung

### Max-Planck-Fellow

**Prof. Achim Schwenk:** „Starke Wechselwirkung und exotische Kerne“, seit 01.09.2015

### Rufannahmen

**Dr. Wen-Te Liao:** Tenure-track assistant professor at National Central University, Taiwan

**Dr. habil. Mihai Macovei:** Director Institute of Applied Physics, Academy of Sciences of Moldova

### Dienstjubiläen 25 Jahre MPG

**Andreas Seltner**  
**Ruth Alberts**  
**Volker Wieder**  
**Jürgen Lorentz**

## Wissenschaftstag und Institutsfest

Am 24. und 25. September hatten wir zwei besondere Tage am MPIK – nach dem Motto: erst die Arbeit und dann das Vergnügen.

Einen Überblick über die Forschung am Institut bot der Wissenschaftstag „Science at the MPIK“ mit insgesamt 15 Kurzvorträgen aus allen Abteilungen und Nachwuchsgruppen, gefolgt von einer Poster-Session am Abend bei Brezeln und Bier. Hier fand in entspannter Atmosphäre ein lebhafter wissenschaftlicher Austausch an den 41 Postern statt. Zusammengefasst hatten das Programm Robert Moshammer und Michael Schmelling.



*Live-Musik im Festzelt.*



*Beim EMBL im Hörsaal des ATC.*

Das Fest wurde von der Abteilung Hinton organisiert und war deshalb britisch inspiriert. Am Vormittag standen verschiedene Exkursionen zur Auswahl: Führung im EMBL sowie Wanderung und Schnitzeljagd mit Denk- und Sportaufgaben im Wald. Zu Mittag gab es außer Gegrilltem auch indische Snacks beim Festzelt, in dem Live-Musik und ein „Pub Quiz“ für Unterhaltung sorgten. Das bunte nachmittägliche Spieleprogramm reichte von Cricket und Tauziehen über Kicker und Dart bis zu Geschicklichkeitsspielen und Dalli-Klick; dazu Spiele für Kinder, organisiert vom Team der Kita. Im Hörsaal konnte man bei Kaffee, Tee und Kuchen zwischendurch eine Pause einlegen.



*Vor dem Start zur Schnitzeljagd.*



*Für das leibliche Wohl war bestens gesorgt.*



*„Very British“: Cricket.*



*Die Siegermannschaft beim Tauziehen in Aktion.*

### Impressum

Herausgeber:  
Redaktion:

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