



MPIK-NEWS

Liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Ehemalige und Freunde des MPIK,



der wissenschaftliche Erfolg unseres Instituts basiert neben exzellenter Forschung auch auf einem guten Betriebsklima. So ist es mir in meiner Amtszeit als Geschäftsführender Direktor ein besonderes Anliegen, ein möglichst konfliktfreies Zusammenwirken der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Infrastrukturanlagen und wissenschaftlichen Abteilungen zu fördern. Dazu zählen auch die bereits durchgeführten bzw. noch anstehenden Mitarbeitergespräche, die es erstmalig in großem Umfang gibt.

Weiterhin steht das Jahr 2012 im Zeichen der Suche nach einem geeigneten Kandidaten für die Nachfolge von Joachim Ullrich, der seit Anfang des Jahres Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig ist. Zu diesem Zweck fand bereits Ende März ein zweitägiger „Workshop on Perspectives of Fundamental Physics“ statt, der Vorträge potenzieller Kandidaten mit Übersichtsvorträgen kombinierte. Im Teekolloquium des laufenden Sommersemesters sprachen bzw. sprechen noch weitere potenzielle Kandidaten. Das formelle Berufungsverfahren kann allerdings erst eingeleitet werden, wenn die einjährige Beurlaubung von Joachim Ullrich abgelaufen ist.

Außerdem war in diesem Frühjahr unser Institut gleich zweimal so etwas wie das Zentrum der MPG: anlässlich der Bibliothekstagung im April und der Verwaltungsleitertagung im Mai u. a. mit zahlreichen Teilnehmern aus der Generalverwaltung einschließlich des Generalsekretärs.

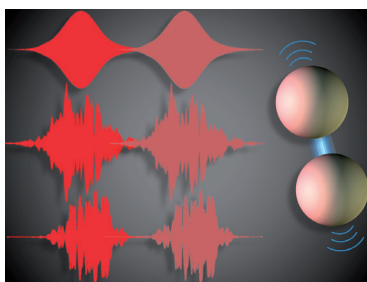
Ihnen allen ein herzliches Dankeschön für die gute und erfolgreiche Zusammenarbeit.

Ihr

Prof. Dr. Klaus Blaum
(Geschäftsführender Direktor)

Mit Trick zu extrem kurzen Zeiten

Bei Messungen sehr schneller Vorgänge mit der Pump-Probe-Technik bestimmt die Dauer der verwendeten Laserblitze die maximal erreichbare zeitliche Auflösung. Eine wichtige Eigenschaft von Laserblitzen ist ihr glatter (kohärenter) zeitlicher Verlauf, also die Abwesenheit von Rauschen. Denn Rauschen ist normalerweise ein Feind präziser Messungen. Jedoch ist es schwierig, immer noch kürzere geeignete Laserblitze zu erzeugen. Andererseits sind die Röntgenblitze der seit einigen Jahren bei großen Beschleunigeranlagen aufgebauten Freie-Elektronen-Laser verrauscht und haben einen von Blitz zu Blitz anderen zeitlichen Verlauf, wie in der Abbildung dargestellt.



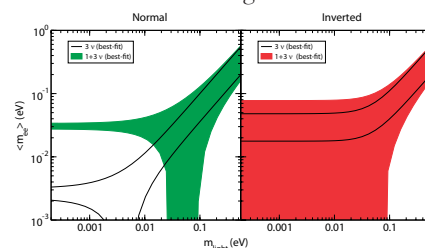
Aber das Rauschen kann man sich zu Nutze machen. Entscheidend dabei ist, dass Pump- und Probeblitz exakt dasselbe Rauschen aufweisen. Dies ist bei derartigen Experimenten üblicherweise der Fall, da Pump- und Probeblitz mit einem Strahlteiler und verschiedenen langen optischen Wegen aus dem Originalblitz erzeugt werden. Mittelt man über einige tausend Einzelmessungen, ergibt sich eine zeitliche Auflösung, die mehr als 10 mal kürzer sein kann als die Blitzdauer. Dass jeder Blitz seine eigene zeitliche Struktur hat, ist der Schlüssel hierzu. So kehrt sich der vermeintliche Nachteil von Freie-Elektronen-Lasern gegenüber konventionellen rauschfreien Lasern in einen Vorteil um.

Das Konzept der durch Rauschen verbesserten zeitlichen Auflösung ist universell und eröffnet neue Möglichkeiten für Ultrakurzzeitmessungen mit weniger aufwändigen Lichtquellen als bisher, die Untersuchung biologischer Proben in lebendem (und damit „rauschendem“) Gewebe und Anwendungen etwa in der Kommunikationstechnik.

Jenseits der Standard-Neutrino-Physik

Die Neutrinos des Standardmodells der Teilchenphysik sind sehr scheue Wesen. Ihre extrem schwache Wechselwirkung mit Materie sorgt z. B. dafür, dass wir von den 60 Milliarden Sonnenneutrinos, die jeden Quadratzentimeter unseres Körpers pro Sekunde durchströmen, nichts bemerken. Dennoch ist es in den letzten 15 Jahren gelungen, nicht zuletzt durch Experimente wie GALLEX oder Double Chooz, ein konsistentes Bild der Neutrino-Physik zu erstellen. Allerdings gibt es eine Reihe von unerklärten Beobachtungen und Messungen in der Teilchenphysik, Astrophysik und Kosmologie, die nicht ins Standardmodell der Neutrino-Physik passen. Eine Erklärung, die alle diese Messungen unter einen Hut bringt, kann die Annahme der Existenz von „sterilen Neutrinos“ liefern. Dies sind hypothetische Elementarteilchen, die sich wie Neutrinos verhalten, aber nicht direkt mit Materie wechselwirken.

Sterile Neutrinos sind zur Zeit eines der aktivsten Forschungsfelder der Neutrino-Physik, und experimentelle Tests der Sterile-Neutrino-Hypothese sind weltweit in Planung. Die Mitglieder der selbstständigen MANITOP-Gruppe haben wichtige Arbeiten zur Phänomenologie und Theorie dieser merkwürdigen Objekte geliefert. So konnten sie zeigen, dass diese sich problemlos in existierende Modelle der Teilchenphysik einfügen lassen. Außerdem hätten sterile Neutrinos spektakuläre Effekte in Experimenten zum neutrino-losen Doppelbetazerfall zur Folge, nach dem z. B. mit GERDA gesucht wird.



„Kalter“ Wind des Krebspulsars erzeugt Gammastrahlenpulse

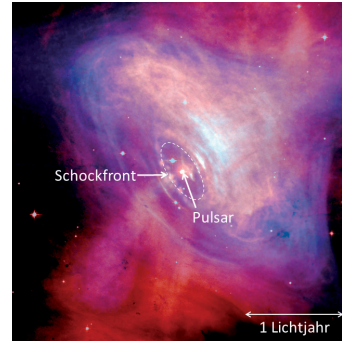
Eine der hellsten Hochenergie-Gammastrahlenquellen am Himmel ist der Krebspulsar, ein sich schnell drehender Neutronenstern mit einem starken Magnetfeld. Er hat fast 2 Sonnenmassen und einen Durchmesser von nur 28-30 km.

Astrophysiker gehen von der Existenz eines relativistischen Windes aus Elektronen und Positronen aus, der aus der Magnetosphäre des Krebspulsars entweicht und im interstellaren Medium endet. Sowohl der Krebspulsar als auch der Krebsnebel sind starke Gammastrahlenquellen, wobei der Pulsar im hohen und der Nebel vorwiegend im sehr hohen Energiebereich strahlen. Der Wind, der den Energietransport vom Pulsar zum Nebel ermöglicht, scheint auf den ersten Blick jedoch eine ‚unsichtbare Substanz‘

zu sein. Denn obwohl der Wind selbst relativistisch ist, sind im mitbewegten System die Elektronen „kalt“: sie weisen keine Relativbewegung zum Magnetfeld auf und emittieren daher keine Strahlung. Allerdings kann der Wind im Gammastrahlenlicht sichtbar werden, wenn Röntgen-Photonen aus der Magnetosphäre bzw. der Oberfläche des Neutronensterns durch die schnellen Elektronen und Positronen des Windes zu höheren Energien hin gestreut werden. Mit dieser inversen Compton-Streuung lassen sich die neuesten Entdeckungen gepulster sehr hochenergetischer Gammastrahlung

am besten erklären. Gepulste Röntgen-Photonen des Pulsars wechselwirken mit schnellen Elektronen des Windes in deren Beschleunigungszone; der Wind ist somit die Quelle der gepulsten Gammastrahlung.

Die Gammabeobachtungen ermöglichen eine gute Lokalisierung der Beschleunigungsstelle und gute Abschätzung der Geschwindigkeit dieses Übergangs. Die Ergebnisse zeigen eine nahezu plötzliche Beschleunigung des Windes auf ultrarelativistische Geschwindigkeiten im engen zylindrischen Abstandsbereich von 20-50 Tausend Kilometern um die Rotationsachse des Pulsars.



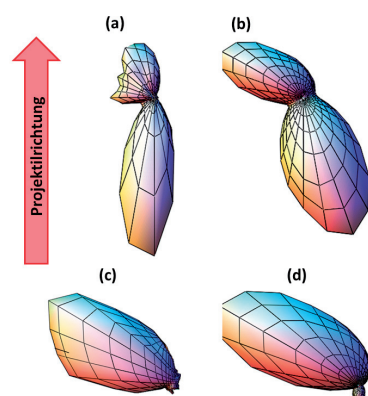
Elektronen im Rückwärtsgang

Bei der Transfer-Ionisation eines Helium-Atoms im Stoß mit einem Ion wird eines der beiden Elektronen des Atoms von dem Ion eingefangen und zugleich das andere freigesetzt. Eine umfassende experimentelle Studie dieses fundamentalen Vierkörpersystems wurde am TSR des MPIK und am Institut für Kernphysik der Universität Frankfurt mit einem Reaktionsmikroskop zum Nachweis der Reaktionsprodukte durchgeführt.

Im Ergebnis zeigte sich, dass das bei der Transfer-Ionisation freigesetzte Elektron vorzugsweise entgegen der Flugrichtung des Projektils beobachtet wird (Abb. a). Eine Tendenz zur Emission in Rückwärtsrichtung wurde bereits früher in Experimenten der Frankfurter Gruppe beobachtet, nicht aber in dieser Bündelung und Deutlichkeit. Als Erklärung dient ein

Mechanismus, der erst vor einigen Jahren vorgeschlagen und berechnet wurde. Die zugrunde liegende Idee ist recht einfach: das Projektil bewegt sich in den betrachteten Fällen deutlich schneller als das um den Heliumkern kreisende einzufangende Elektron. Das Elektron braucht einen Rückstoßpartner, um sich auf die Geschwindigkeit des Projektils zu beschleunigen. Eine Möglichkeit ist die Wechselwirkung mit dem anderen Elektron, welches dabei freigesetzt wird und einen Rückstoß in die entgegengesetzte Richtung erfährt.

Freilich kann auch das Projektil selbst das andere Elektron herausschlagen, welches dann aber eher seitwärts emittiert wird (Abb. d). Von der Charakteristik ähnelt dies dann einer direkten Ionisation des Heliumatoms im Ionenstoß (Abb. c). Beide Mechanismen zeigen sich deutlich im Experiment. Insgesamt bestätigen die Resultate die theoretischen Rechnungen recht zufriedenstellend (Abb. b). Offen bleibt noch die Frage, welche Rolle Quanteneffekte in Gestalt einer Interferenz beider Reaktionswege spielen. Hierfür gibt es Anzeichen in den Messergebnissen im Vergleich zur Theorie, in welcher beide Mechanismen noch unabhängig behandelt wurden.

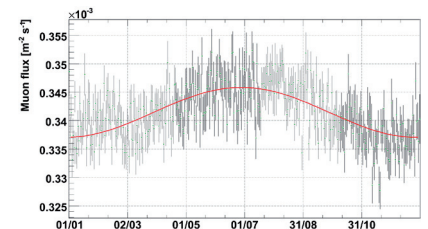


Kosmische Myonen

Unter Einwirkung der kosmischen Strahlung entstehen in der Atmosphäre Myonen. Die energiereichsten durchdringen Gestein soweit, dass sie unter Tage von Detektoren wie Borexino – neben den gesuchten Neutrinos – registriert werden. Die kugelförmige Geometrie von Borexino erlaubt eine vom Einfallswinkel unabhängige Messung. In den Daten aus 4 Jahren zeigte sich eine klare jahreszeitliche Modulation des Myonenflusses mit einer Amplitude von $\sim 1,3\%$ des Mittelwerts und Maximum am 28. Juni.

Die aus Beobachtungsdaten ermittelte effektive Lufttemperatur über dem Gran Sasso während der Messperiode korreliert direkt mit dem Myonenfluss.

Der gemessene Temperaturkoeffizient stimmt mit theoretischen Erwartungen überein, da die Produktionsrate von energiereichen Myonen in der Atmosphäre von der Luftdichte abhängt.



Phase-II-Dioden für GERDA

Im Herbst vergangenen Jahres hat GERDA den regulären Messbetrieb mit allen angereicherten Phase-I-Detektoren aufgenommen. Neue Obergrenzen für den neutrinolosen Doppelbetazerfall in ^{76}Ge werden für Ende des Jahres erwartet.

Die neuen Phase-II-Detektoren unterscheiden sich von den Phase-I-Detektoren durch ein neu entwickeltes Diodendesign. Sie sollen neben einer Erhöhung der Sensitivität durch viel mehr Detektormaterial (^{76}Ge) eine weitere Reduktion des Untergrunds mittels Pulsform-Analyse bei verbesserter Energie-Auflösung bringen. Inzwischen wurden neue angereicherte ($\sim 86\%$ ^{76}Ge) hochreine Ge-Kristalle gezogen, daraus Dioden gefertigt und im Untergrundlabor HADES nahe des Herstellers in Belgien getestet. Die ersten 5 Dioden haben den Test bestanden und kommen im Sommer in den GERDA-Kryostaten.



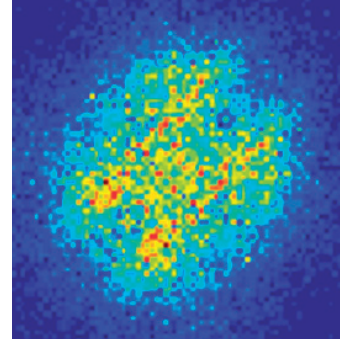
Tanz zweier Elektronen auf schwankender schiefer Ebene

Wie die Doppelionisation von Argon in ultrakurzen Infrarot-Laserimpulsen von wenigen Femtosekunden Dauer im Intensitätsbereich von knapp 10^{14} W/cm² abläuft, wurde kürzlich mit einem Reaktionsmikroskop untersucht.

Das oszillierende Laserfeld überlagert sich dem trichterförmigen Coulomb-Potentialtopf des Ar-Atoms wie eine hin und her schwankende schiefe Ebene. Im ersten Schritt tunnelt eines der Elektronen durch die Potentialbarriere heraus und wird anschließend vom Laserfeld beschleunigt und unter Energiegewinn zum Mutterion zurückgetrieben. Bei der betrachteten Laserintensität reicht die Energie aber nur aus, um ein zweites Elektron auf ein höheres Energieniveau anzuheben, wobei das erste Elektron in ein oberes Energieniveau des Atoms eingefangen wird (dielektronische Rekombination). Solche doppelt angeregten Zustände sind zwar nur schwach gebunden, aber es ist dennoch nicht ganz einfach, daraus beide Elektronen zugleich freizusetzen. Hier hilft jedoch das Laserfeld, da die Elektronen sich jetzt frei über die Barriere bewegen können und nicht durch diese hindurch tunneln müssen.

Die Geschwindigkeit, die ein Elektron durch Beschleunigung im Laserfeld erhält, hängt von der Feldstärke zum Zeitpunkt der Freisetzung ab und lässt sich mit einem Reaktionsmikroskop sehr genau bestimmen. Voraussetzung ist ein so kurzer Laserimpuls, dass der ganze Vorgang innerhalb einer Schwingungsperiode des Laserfeldes abgeschlossen ist, was bei Impulsen von 5 fs Dauer erreicht wurde. Die Häufigkeit der gemessenen Geschwindigkeiten der beiden Elektronen lässt sich in einem Diagramm darstellen, worin der Abstand von der Diagonalen der Geschwindigkeitsdifferenz entspricht. Diese wiederum lässt sich in eine Zeitdifferenz übersetzen.

Ein Vergleich mit Modellrechnungen ergab, dass der zeitliche Abstand etwa 200 Attosekunden betrug. Zudem bestätigt dies die Existenz doppelt angeregter Übergangszustände.



Heißes Molekül erklärt kalte Chemie im freien Raum

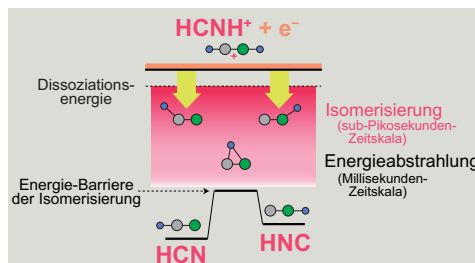
In kalten interstellaren Gaswolken kommen Blausäure (HCN – das H-Atom ist an das C-Atom gebunden) und die wesentlich energiereichere Isoblausäure (HNC – das H-Atom ist an das N-Atom gebunden) überraschenderweise in nahezu gleichen Mengen vor. HCN sollte bei den tiefen Temperaturen dort eigentlich weit überwiegen. Die Isomerisierung erfordert erhebliche Energie, entsprechend Temperaturen von vielen tausend Grad.

Schon lange wurde vermutet, dass die Bildung energiereicher Isomere auf die Art der Molekülbildung in interstellaren Wolken zurückzuführen sei. Sie erfolgt letztlich durch die ionisierende Strahlung, die das Weltall durchdringt. Hierbei bildet sich auf einem verschlungenen Weg zuerst ein symmetrischer Vorläufer, das

Ion HCNH⁺. Trifft ein HCNH⁺-Ion mit einem Elektron zusammen, wird es neutralisiert und zerfällt in Bruchstücke, wobei Energie frei wird. Auf diesem Weg ist die Bildung beider Isomere möglich.

Im TSR wurden nun DCND⁺-Ionen einzeln mit kalten Elektronen zum Stoß gebracht, die Bruchstücke mit dem EMU-Detektor aufgefangen und ihre Energie genau bestimmt. Hierbei zeigte sich, dass

die freigesetzte Bewegungsenergie viel geringer war als erwartet. Die Differenz kann nur im Produktmolekül stecken und ist extrem hoch – das Molekül ist also „heiß“, wie auch theoretisch vorhergesagt. Dies bedeutet jedoch, dass in dem heftig schwingenden Produkt immer noch häufige Umlagerungen möglich sind. Das in interstellaren Gaswolken gebildete Molekül kann daher beide geometrischen Formen annehmen, während es seine hohe innere Energie allmählich in die Umgebung abstrahlt. In etwa der Hälfte aller Fälle entsteht dabei das energiereiche Isomer. Sein Auftreten in den kalten interstellaren Molekülwolken spiegelt also – wie jetzt im Labor belegt – seinen dortigen Entstehungsprozess durch einen weiten Umweg über ionisierende Strahlung wider.

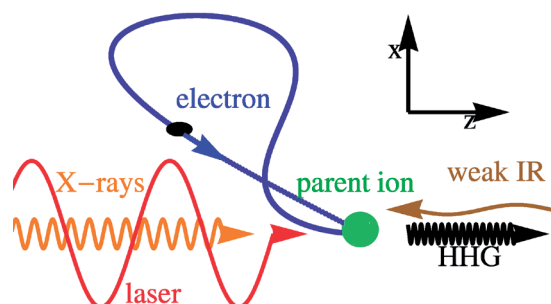


Extrem Hohe Harmonische

Kohärente weiche Röntgenpulse können schon heute als sogenannte Hohe Harmonische erzeugt werden. Sie entstehen bei der Rekollision freigesetzter und von einem starken Laserfeld hin- und hergetriebener Elektronen mit ihrem Mutterion. Eine weitere Erhöhung der Laserintensität führt im Prinzip zu noch höheren Photonenenergien, also kürzeren Wellenlängen der erzeugten Strahlung. Jedoch verhindert dann die relativistische Elektronendrift („Lichtdruck“) eine Rekollision, so dass die Ausbeute an Hohen Harmonischen dramatisch sinkt. Außerdem geht aufgrund der hohen Plasmadichte die Phasenanpassung verloren.

Neue Rechnungen zeigen nun, wie diese Schwierigkeiten mittels eines unterstützenden (weichen) Röntgenstrahls überwunden werden können. Dieses Röntgenfeld unterdrückt die relativistische Drift der Elektronen. Eine kollineare Anordnung des treibenden Infrarotlaserfeldes mit relati-

vistischer Intensität und des unterstützenden Röntgenfeldes, die auf ein Gas mehrfach geladener Ionen treffen, liefert die besten Ergebnisse hinsichtlich Ausbeute an Hohen Harmonischen und Phasenanpassung. Die Phasenanpassung kann durch ein schwaches gegenläufiges Infrarotlaserfeld noch weiter verbessert werden. Die entwickelte Theorie berücksichtigt explizit alle durch die extrem hohen Energien und kurzen Wellenlängen verursachten Effekte, und zwar sowohl für einzelne Ionen als auch makroskopisch.



Somit rückt die Erzeugung extrem kurzer, kohärenter harter Röntgenpulse mit relativ kleinen Apparaturen – im Vergleich zu Freie-Elektronen-Lasern – zumindest theoretisch in Reichweite. Im Vergleich zu der zuvor betrachteten Methode mit zwei gegenläufigen Laserpulsen dürfte der jetzt diskutierte Aufbau leichter experimentell zu realisieren sein.

Verleihung des Helmholtz-Preises

Wie magnetisch ist ein Atom, dem man fast alle seine Elektronen weggenommen hat? Für die Untersuchung dieser Frage, die tiefe Einblicke in die Struktur des Universums erlaubt, erhielten Sven Sturm, Anke Wagner und Prof. Dr. Klaus Blaum den diesjährigen Helmholtz-Preis für Präzisionsmessung.



Die Preisverleihung durch Dr. Nathalie von Siemens, die Schatzmeisterin des Helmholtz-Fonds, fand am 27.03.2012 im Anschluss an das Hermann-von-Helmholtz-Symposium in Braunschweig statt. Dieses wird regelmäßig von der PTB veranstaltet und stand dieses Jahr unter dem Motto „Metrology, the Universe and Everything“.

Der Helmholtz-Preis ist mit 20000 Euro dotiert und die bedeutendste deutsche Auszeichnung in der Welt der Metrologie. Mit ihm ehren der Helmholtz-Fonds und der Stifterverband für die deutsche Wissenschaft alle zwei bis drei Jahre Präzisionsmessungen in Physik, Chemie und Medizin.



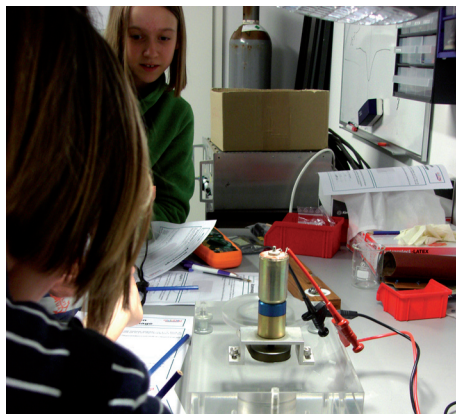
Die preisgekrönten hochpräzisen Messungen in einer Dreifach-Penningfalle an einem einzelnen Si^{13+} -Ion bestätigen quantenelektrodynamische Rechnungen eindrucksvoll. Ein ausführlicher Bericht darüber „Quantenelektrodynamik auf dem Prüfstand“, ist in MPIK-NEWS Nr. 5 auf Seite 3 zu finden.

Girls' Day

Zum dritten Mal hatte das Institut unter dem Motto „Die wundersame Welt der Quanten“ zum Girls' Day eingeladen und die 30 Plätze waren schnell ausgebucht. Mit dabei waren auch wieder einige Töchter von Institutsangehörigen. Mädchen von Klasse 5 bis 11 – aufgeteilt in 5 Altersgruppen – erkundeten die Welt der Physik und lernten die Berufe der Elektronikerin und der Feinwerkmechanikerin kennen. Selber Experimentieren stand dabei im Vordergrund, ergänzt durch fachkundige Erklärungen und Vorführungen.

Fasziniert beobachteten die Mädchen in der Feinwerkmechanik-Ausbildungswerkstatt, wie eine CNC-Maschine einen

Würfel herstellt. Im Elektroniklabor durften sie eine vorbereitete Platine mit Bauteilen bestücken. Einen Würfel mit eingraviertem Namen und ihre fertige Schaltung, einen Leuchtaugen-Smiley, bekamen sie als Erinnerungstücke mit.



Je nach Klassenstufe durchliefen die Kinder unterschiedliche Stationen zu Physikthemen rund um die Forschung am MPIK. Die älteren Mädchen wiesen mit einem Teilchendetektor kosmische Strahlung nach, erkundeten, wann sich Licht als Teilchen oder Welle zeigt und erfuhren, wie man mit Teleskopen kosmische Beschleuniger beobachtet. Währenddessen beschäftigten sich die jüngeren Mädchen mit dem Verhalten verschiedener Gase, bastelten ein Spektrometer aus CDs und lernten, wie man mithilfe eines starken Magneten Atome in einer Falle einsperrt und wiegt.

Personalia

Prof. Dr. Joachim Ullrich ist seit 01.01.2012 Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig. In 2012 ist er als Direktor am MPIK beurlaubt.

Preise und Ehrungen

Sven Sturm, Anke Wagner und **Prof. Dr. Klaus Blaum** erhielten den Helmholtz-Preis 2012 für Präzisionsmessung.

Dr. Melanie Schnell wurde mit einem Dozentenstipendium des Fonds der Chemischen Industrie ausgezeichnet.

Dr. Markus Kohler erhielt eine Otto-Hahn-Medaille 2011 der Max-Planck-Gesellschaft.

Nachwuchsgruppe

Dr. Werner Rodejohann erhielt von der MPG eine zweijährige Anschlussfinanzierung für seinen ERC Starting Grant.

Berufungen

Dr. Mattias Blennow hat einen Ruf als Assistant Professor an das Department of Theoretical Physics, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Schweden, zum 01.08.2012 angenommen.

Dr. Henning Gast hat einen Ruf auf eine Juniorprofessur für experimentelle Astroteilchenphysik an die RWTH Aachen zum 01.07.2012 angenommen.

Dienstjubiläen

40 Jahre MPG: **Karl-Joseph Hahn**

25 Jahre MPG: **Dr. Gertrud Hönes**

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/mpik/de/aktuelles/presseinformationen