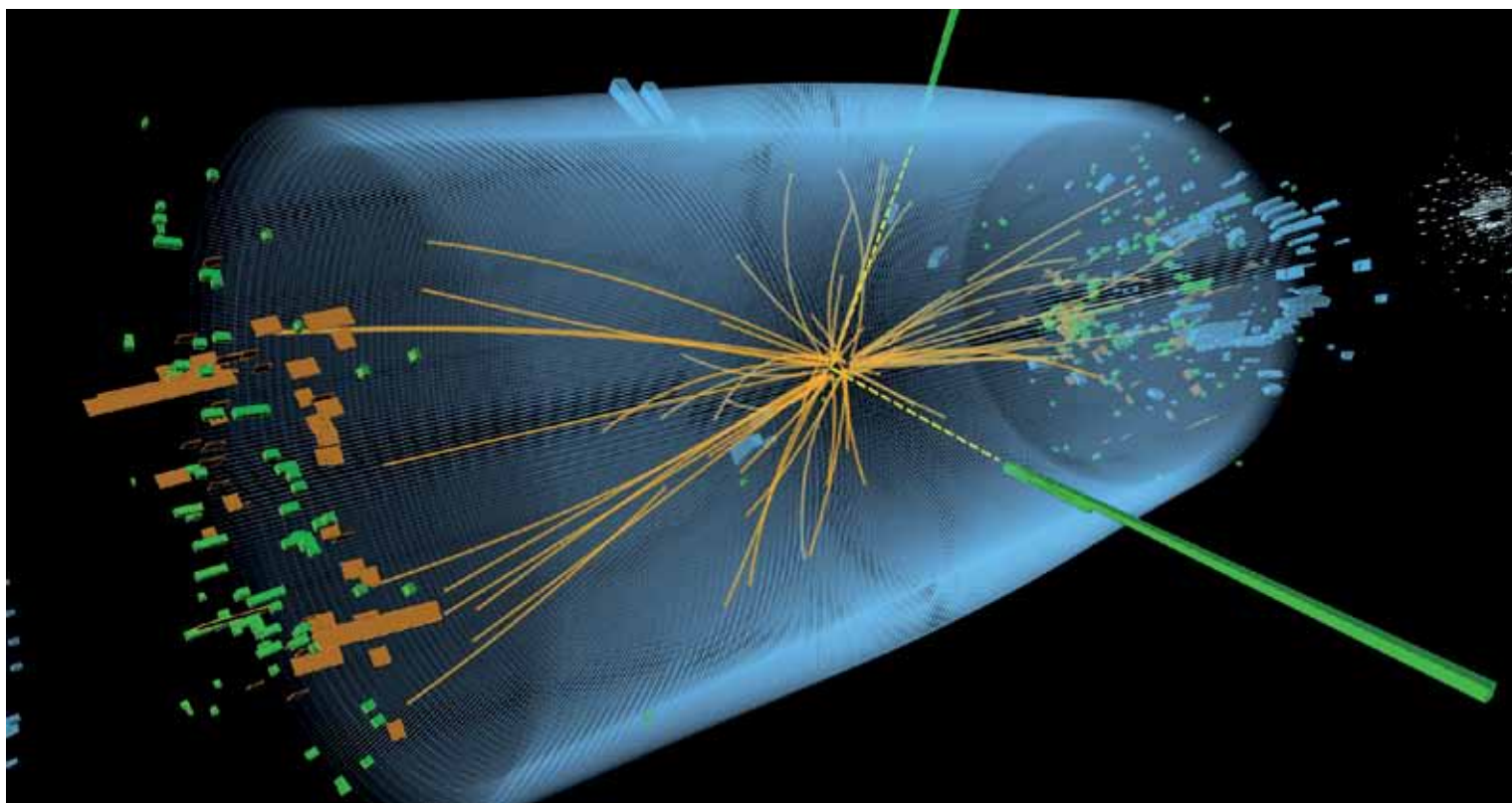


Higgsomanie – Neues Teilchen am LHC

Higgs-Seminar sorgt für Euphorie im DESY-Hörsaal



Voller Hörsaal bei DESY mit Live-Verbindung zum CERN: Das bedeutet Großes. Doch nicht nur zwischen den beiden großen Forschungszentren, sondern in die ganze Welt wurde das Seminar „Update der Suche nach dem Higgs“ übertragen. Was für eine Sensation sich hinter diesem schlichten Titel verbarg, war jedoch bis zur letzten Minute unklar, bis sich schließlich am 4. Juli um 9 Uhr der Vorhang öffnete: Sowohl am ATLAS- als auch am CMS-Detektor am LHC sehen Wissenschaftler ein neues Teilchen. Es könnte sich um das langgesuchte Higgs-Teilchen handeln, das helfen könnte, zu erklären, wie Elementarteilchen ihre Masse erhalten. „Was sich hier anbahnt, ist für mich bisher die Entdeckung des Jahrhunderts“, schwärmt DESYs Teilchenphysik-Direktor Joachim Mnich.

Seit 2010 werden im 27 Kilometer langen Large Hadron Collider LHC in Genf Protonen auf höchste Energien beschleunigt und zur Kollision gebracht. In ihren riesigen Nachweisgeräten, die um die Kollisionpunkte herum aufgebaut sind, haben die ATLAS- und CMS-Wissenschaftler inzwischen etwa zwei Milliarden dieser Kollision aufgezeichnet und stellten ihre vorläufigen Auswertungen in diesem Seminar vor. Bei der Live-Übertragung waren viele der beteiligten Wissenschaftler im rasselvollen DESY-Hörsaal mindestens so gespannt wie die ebenfalls anwesenden Journalisten. Denn schließlich steckt jahrelange Arbeit hinter den Ergebnissen und keiner kannte die Ergebnisse des anderen Teams. Entsprechend groß war der Applaus, als die Sprecher beider Experimente mit einer Sicherheit von fast zwei Millionen zu

Eine Möglichkeit, wie sich ein Higgs-Teilchen im Detektor verrät: der Zerfall in zwei Photonen (gestrichelte gelbe Linien und grüne Balken)

Ozonkiller enthüllt DORIS untersucht Vulkangestein	5
Kosmische Strahlung Symposium zur Entdeckung von 100 Jahren	8
Science Café DESY Fünf Jahre direkter Dialog	12

eins von der Beobachtung eines neuen Bosons bei einer Masse von etwa 125 bis 126 Giga-Elektronenvolt sprachen. „Es war sehr spannend, wir wussten auch bis kurz vorher nicht, was das Ergebnis in unserer Kollaboration sein



DIRECTOR'S CORNER

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

„Herr Scherf, wie steht es um die Finanzen von DESY?“ ist eine Frage, mit der ich mich als kaufmännischer Direktor ständig auseinandersetzen muss. 2012 ist ein besonderes Jahr. Wir bereiten die nächste Evaluationsrunde in der Helmholtz-Gemeinschaft mit finanzieller Auswirkung ab 2015 vor und kennen wesentliche Randbedingungen noch nicht. Der Betrieb des European XFEL wird ab 2015 viel Geld kosten. Die Verteilung der deutschen Beiträge ist noch offen. DESY hat angeboten, einen Teil seiner Grundfinanzierung

für den Betrieb des European XFEL aufzubringen. Eine Beteiligung über 10 Millionen Euro würde die Möglichkeiten für das DESY-Forschungsprogramm allerdings erheblich einschränken. Mit dem Bundesforschungsministerium und der Helmholtz-Gemeinschaft diskutieren wir die Beteiligung bis zum Ende der Sommerpause.

Erhebliche finanzielle Probleme drohen uns bei einer staubtrockenen Steuerfrage. Das Bundeszentralamt für Steuern prüft unsere Kollegen in Jülich und beim DLR. Dort wird die Unternehmereigenschaft der Forschungszentren in Frage gestellt. Das Bundes-

finanzministerium steht mittlerweile auf dem Standpunkt, reine Grundlagenforschung solle nicht mehr in den Genuss der Unternehmereigenschaft kommen. DESY müsste erstmals Mehrwertsteuer auf alle Beschaffungen zahlen. Das ist ein erhebliches Risiko der Finanzierung laufender Projekte und schafft ein Defizit in Höhe von circa 10 Millionen Euro im Jahr. Wir gehen aber davon aus, dass wir dieses Risiko abwenden können oder Ausgleichszahlungen der Zuwendungsgeber erhalten. Last but not least: Die Finanzlage des Bundes und der Länder ist mehr als angespannt. Es kommen schwierige

Zeiten, und wir müssen verstärkt eigene Lösungen für finanzielle Herausforderungen finden. Und meine Antwort auf die Eingangsfrage? Ich kann feststellen, dass DESY im Jahr 2012 einen soliden, ausgeglichenen Haushalt hat, und ich kann versichern, dass wir uns mit Kräften darum bemühen, auch in den kommenden Jahren genug Wasser unterm Kiel zu haben, um der internationalen Konkurrenz davonzusegeln zu können.

Ihnen allen wünsche ich zum beginnenden Sommer viele sorgenfreie und sonnenreiche Stunden.

Ihr Christian Scherf

würde, da die letzten Daten ja erst zehn Tage vor der Präsentation dazugekommen sind“, erzählt Kerstin Tackmann, Nachwuchsgruppenleiterin zur Higgs-Physik am ATLAS-Experiment bei DESY. Auch sie hatte bis zum Schluss tage- und nächtelang ihre Daten ausgewertet.

Die Sprecher der Experimente gaben sich noch sehr zurückhaltend bei Aussagen dazu, ob es sich bei diesem Teil-

chen um das erwartete Higgs-Boson handelt, CERN-Generaldirektor Rolf Heuer sagte hingegen: „Als Laie würde ich jetzt sagen: Ich glaube, wir haben es!“ Um nun wirklich herauszufinden, ob es sich um das lange gesuchte Higgs-Teilchen – oder vielleicht einen exotischen Zwilling handelt – stehen jetzt viele weitere Analysen an. Teilchen, die in den Kollisionen erzeugt werden, existieren nur sehr kurz und können nur

über ihre Zerfallsprodukte in den hochsensitiven Detektoren nachgewiesen werden. Wie oft das neue Teilchen dabei in welche anderen Teilchen zerfällt, wird den Wissenschaftler dabei Aufschluss darüber geben können, ob es das Higgs-Teilchen ist, das vom Standardmodell vorhergesagt wird oder etwas anderes.

„Letztendlich liegt ein Großteil der Arbeit noch vor uns“, sagt Kerstin Borras, Leiterin der DESY-CMS-Gruppe. „Wir haben jetzt ein neues Teilchen beobachtet, aber bevor wir genau sagen können, was dahinter steckt, müssen wir die Eigenschaften dieses Teilchens noch ganz genau unter die Lupe nehmen.“

Für Ende Juli haben die Wissenschaftler die nächsten Neuigkeiten angekündigt – dann wollen sie ihre Ergebnisse publizieren. Im Hörsaal wurde aber erst einmal zur Feier des Fundes eine riesige Flasche Champagner geöffnet. (gh)



Gespanntes Warten auf die Ergebnisse bei der Live-Übertragung des Seminars in den DESY-Hörsaal

INFO

www.weltmaschine.de

Was die Wissenschaft für Nutzen schafft

ERF-Workshop zur sozio-ökonomischen Relevanz von Forschungsinfrastrukturen

Von Frank Lehner

Wissenschaft hat wie kein anderes Kulturgut unsere moderne Welt tiefgreifend geprägt. Große Forschungseinrichtungen wie DESY, die wissenschaftliche Großgeräte wie beispielsweise Röntgenstrahlungsquellen zur Nutzung bereithalten, sind Eckpfeiler eines modernen Wissenschaftssystems. Als Orte der wissenschaftlichen Exzellenz und der Hochtechnologie ziehen sie Spitzenforscher unterschiedlichster Disziplinen aus aller Welt an und bieten mit ihren Einrichtungen hervorragende Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten – nicht nur für Studierende und Nachwuchsforscher, sondern auch für viele Ingenieure und Techniker.

Doch in Zeiten knapper Kassen und angesichts der großen Herausforderungen in den Bereichen Energie, Klima und Umwelt fragen Geldgeber und auch die Öffentlichkeit zu Recht nach dem direkten Nutzen für und den unmittelbaren Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft. Zwar sind sich alle Beteiligten über die große Bedeutung der Forschung für die Zukunft unserer Gesellschaft einig, doch ein vollständiges methodisches – ganz zu schweigen von einem quantitativen – Beschreiben und Erfassen aller direkten und indirekten sozioökonomischen Effekte fehlt bislang. Bisherige Studien berücksichtigen beispielsweise nur ökonomische Teilaspekte oder beschränken sich auf einzelne Fallstudien oder illustrative Beispiele.

Auch die sind oft schon beeindruckend genug: So hat etwa Wilhelm Pfähler von der Universität Hamburg die regionalen und sektoralen Nachfrageeffekte durch Bau und Betrieb des neuen Röntgenlasers European XFEL untersucht und dabei Arbeitsplätze und Einkommenseffekte in Zulieferer und Hochtechnologiebranchen auf Basis von Erfahrungen mit dem DESY-Teilchenbeschleuniger HERA quantifiziert. Von den angenommenen deutschen Aufwendungen für den Bau des European XFEL von jährlich 77 Millionen Euro über eine Laufzeit von acht Jahren werden demnach deutschlandweit jedes Jahr rund 120 Millionen Euro an Umsatz, 56 Millionen Euro an Ein-



Mehr als 120 Teilnehmer aus 20 Ländern kamen zum Hamburger Workshop.

kommen und 1400 Arbeitsplätze geschert. Knapp die Hälfte dieser Effekte ist nicht projektspezifisch, sondern wird anderswo erzeugt. Ebenso bedeutend sind die Auswirkungen im Bereich der Aus- und Weiterbildung, also der Aufbau von „Humanvermögen“. Der Beitrag, den hier die Forschungszentren leisten, ist ein wichtiger Aktivposten für die Wirtschaft und für die Region. 100 Promotionen jährlich bei DESY – 40 Prozent der Absolventen arbeiten anschließend in der Industrie – sprechen hier ebenso für sich wie rund 700 Nachwuchsforscher, die im DESY-Umfeld tätig sind. Und Forschung ist ein Innovationstreiber, wie sich etwa über neue Technologien, Spillover-Effekte, Ausgründungen oder Technologieparks manifestiert. Und nicht zuletzt stellt die Wissenschaft ein öffentliches Kulturgut dar, das unter anderem durch die zahlreichen populärwissenschaftlichen Aktivitäten und Initiativen an Forschungszentren einen gesellschaftlichen und kulturellen Mehrwert erzeugt.

Eine institutsübergreifende Arbeitsgruppe der European Association of National Research Facilities (ERF) soll nun Studien, Erfahrungsberichte und Analysen zum Thema sozio-ökonomische Relevanz sammeln und ein Methodengerüst entwickeln. Darauf hat sich der zweitägige ERF-Workshop „The Socio-Economic Relevance of Research Infrastructures“ mit mehr als 120 Teilnehmern aus 20 europäischen und einigen außereuropäischen Ländern

verständigt, der kürzlich bei DESY stattfand. Die ERF ist die Dachvereinigung der europäischen Forschungszentren und vertritt derzeit 18 Labore, unter ihnen DESY. Die Idee des Hamburger Workshops war, zahlreiche Experten aus unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen mit Vertretern aus Forschungspolitik, Regionalentwicklung und Wirtschaft zusammenzubringen, um die vielfältigen Aspekte sozio-ökonomischer Auswirkungen von Forschungseinrichtungen zu beleuchten und erste Schritte in Richtung eines gemeinsamen methodischen Vorgehens zu definieren. Sprecher von Forschungseinrichtungen, Förderagenturen, Industrie und OECD und weiteren Einrichtungen beleuchteten viele Facetten sozialer, kultureller und ökonomischer Wechselwirkung zwischen Forschungszentren und der Gesellschaft beziehungsweise Wirtschaft. Die Veranstaltung profitierte dabei sehr stark von seiner interdisziplinären Zusammensetzung. Gleichwohl ist der Weg zu einer systematischen Erfassung oder empirischen Untersuchung aller sozio-ökonomischen Auswirkungen von Forschungszentren noch weit. Einige der Effekte sind messbar, manche gegenwärtig nur grob beschreibbar. Sicher gilt bei diesem Thema auch das Wort Albert Einsteins: Nicht alles was zählt, kann gezählt werden, und nicht alles was gezählt werden kann, zählt.

INFO

<http://erf.desy.de/workshop>

Technologie für die Industrie

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat entschieden, die Kommerzialisierung von bei DESY entwickelten elektronischen Systemen mit Mitteln aus dem Helmholtz-Validierungsfonds zu unterstützen. In dem zweijährigen Vier-Millionen-Euro-Projekt „MTCA.4 for Industry“ wird die ursprünglich für die Linearbeschleuniger FLASH und European XFEL entwickelte Elektronik, das sogenannte Low-Level-RF-System für den Einsatz in Industrieunternehmen und anderen Großforschungsprojekten vorbereitet.

Für die Steuerung der supraleitenden Linearbeschleuniger haben die Wissenschaftler bei DESY eine Regelungshardware entwickelt, die aus gemessenen Kenngrößen eines gerade hindurchgeflogenen Teilchenpakets bereits auf die nächsten Teilchenpakete im selben Paketzug einwirken kann. Sie muss dafür allerdings eine große Bandbreite von Daten sehr schnell parallel verarbeiten. Die Elektronikarten, die auf dem neuen Elektronikstandard MTCA.4 (Micro Telecommunications Computing Architecture) basieren, erwiesen sich bei der Entwicklung als wahre Multitalente. Sie können mit analogen und digitalen Signalen umgehen. Das System liest bis zu 100 Kenngrößen in Echtzeit mit einer Rate von mehreren 100 Msp (Millionen Samples pro Sekunde) aus und lässt sich aus der Ferne bedienen und warten. Es bietet eine enorme Skalierbarkeit, ist also von kleinsten Einheiten bis zu komplexen Riesensystemen einsetzbar und erweiterbar. Die Module sind in genormten Elektronik-Einschüben, sogenannten Crates eingesetzt und können unterschiedlich kombiniert und bei laufendem Betrieb gewartet und ausgetauscht werden.

„Die von DESY entwickelten Komponenten werden nicht nur in der Grundlagenforschung und den neuen Beschleunigerprojekten gebraucht, sondern werden jetzt schon von der Industrie angefragt und sogar dringend benötigt“, sagt Katja Kroschewski, Leiterin DESY-Technologietransfer. DESY-TT hat zusammen mit den Entwicklern des Systems aus den DESY-Gruppen MSK, MCS 4 und FEB den Vorschlag für dieses Validierungsprojekt bei der Helmholtz-Gemeinschaft eingereicht. (tz)

Baubeginn für CTA-Prototypen

Muster für Gammastrahlen-Observatorium der Zukunft

Mit dem traditionellen ersten Spatenstich hat am 25. Juni in Berlin der Bau des ersten Teleskop-Prototypen für das Cherenkov Telescope Array CTA begonnen. Das Muster für den mittleren der drei unterschiedlichen CTA-Teleskoptypen soll bis Ende des Jahres auf dem Forschungscampus Adlershof entstehen. Das CTA, über dessen Standort noch nicht entschieden ist, wird eine Anlage zur Vermessung von höchstenergetischem Licht sein und ist eines der Zukunftsprojekte bei DESY. Mit bisher nicht erreichter Sensitivität wird CTA tausende der natürlichen Teilchenbeschleuniger im Kosmos beobachten können und damit das Observatorium der Zukunft in der Gamma-Astronomie sein.

Dem CTA-Konsortium gehören mehr als 1000 Mitglieder aus 27 Ländern an. DESY in Zeuthen hat die Verantwortung für das Design sowie den Bau der mechanischen Strukturen der Teleskope mit 12 Meter Spiegelflächen-Durchmesser und seine Antriebssysteme übernommen und koordiniert den Gesamtbau dieser Teleskope. Daneben liefert DESY wesentliche Beiträge zur Steuerung und Überwachung des geplanten Teleskop-Arrays, zur Elektronik, Optimierung der Leistungsfähigkeit von CTA und zu rechenintensiven Analysen und Simulationen.



Christian Stegmann von DESY in Zeuthen und Anke Kaysser-Pyzalla vom Helmholtz-Zentrum Berlin eröffneten die Baustelle.

Für den mechanischen Prototypen des *Medium-Size Telescope* mit einer Spiegelfläche von insgesamt 100 Quadratmetern wird im Juli das Fundament errichtet. Anschließend werden die einzelnen Baugruppen montiert. „Danach beginnt ein mehrmonatiges Messprogramm, um die Eigenschaften des Prototypen im Detail zu verstehen, das Antriebs- und Sicherheitssystem zu optimieren und Aspekte der Kalibrierung zu optimieren“, erläutert Stefan Schlenstedt das Aufgabenprofil für die nächsten Monate. (ub)

INFO

Cherenkov Telescope Array
www.cta-observatory.org

Auf der Plasmawelle surfen

Neues Virtuelles Institut zur Plasmabeschleunigung bei DESY

Die sogenannte Plasma-Wakefield-Beschleunigung kann Teilchen auf sehr kurzen Strecken auf höchste Energien bringen und ist damit eine vielversprechende Technik für zukünftige Beschleunigeranwendungen. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat jetzt die Förderung eines virtuellen Instituts bei DESY beschlossen, das die Grundlagen dafür erforschen soll, ob und wie man die hohen elektrischen Felder, die in einem Plasma entstehen, nutzen kann, um hochenergetische Elektronen zuverlässig zu beschleunigen.

In einem Plasma, einem besonders angeregten Zustand ionisierter Materie, können sich Elektronen frei zwischen

Atomkernen bewegen und so riesige elektrische Felder produzieren – ideal zur Beschleunigung von geladenen Teilchen. Der Haken: Man muss ein Teilchenpaket genau in dem Augenblick in das Plasma einschließen, in dem es auch beschleunigt wird – ein Experiment, das bisher noch nicht geglückt ist. Genau dieses Thema ist einer der Schwerpunkte des neuen virtuellen Instituts, in dem neben DESY die Uni Hamburg, das MPI München, das John-Adams-Institut (Großbritannien) sowie die Beschleunigerzentren SLAC, LBNL (USA) und CERN involviert sind. Die Forscher wollen in verschiedenen Experimentieranordnungen den Elektronen-

DORIS enthüllt Ozonkiller aus Vulkanausbrüchen

Analyse von bis zu 70 000 Jahre altem Vulkangestein aus Nicaragua

Vulkanausbrüche können zu großen Ozonlöchern führen. Das schließt ein Team von Kieler und Hamburger Helmholtz-Forschern aus der Analyse von Vulkangestein aus Nicaragua. Mit Hilfe einer neuen Röntgentechnik an DESYs Synchrotronlichtquelle DORIS konnten die Wissenschaftler dabei erstmals den Bromgehalt in den Vulkangasen abschätzen.

Das Team um Steffen Kutterolf vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel hatte 14 Vulkanausbrüche der vergangenen 70 000 Jahre in Nicaragua untersucht. Dabei interessierten sich die Forscher besonders für die Anteile von Chlor und Brom in den Vulkangasen. Beide Elemente gehören zu den Halogenen und bauen Ozon ab, wenn sie hoch genug in die Stratosphäre gelangen.

An DORIS durchleuchteten die Wissenschaftler feinste Glaseinschlüsse in Mineralen, die sich während vergangener Ausbrüche noch in der Magmakammer des Vulkans gebildet hatten. In diesen oft nicht einmal 0,1 Millimeter kleinen Einschlüssen ist die damalige Zusammensetzung der Schmelze gespeichert.

„Das Röntgenlicht regt die chemischen Elemente in den Einschlüssen zum Leuchten an“, erläutert DESY-Forscherin

strahl aus dem FLASH II-Beschleuniger durch eine Plasmazelle lenken und durch das Plasma weiter beschleunigen lassen.

„Mit FLASH haben wir die ideale Anlage, um diese Forschung einen großen Schritt voranzubringen“, sagt Brian Foster, Sprecher des virtuellen Instituts. „Um allerdings nicht nur einige Elektronen, sondern ganze Bündel zuverlässig zu beschleunigen, müssen wir noch viel Aufwand in unsere Strahldiagnose stecken – bei der Synchronisierung von Plasma und Elektronenstrahlprofil kommt es auf Femtosekunden an.“ Erste Experimente zur Einfädung des FLASH II-Strahls werden 2013 beginnen. (tz)



Stratovulkane wie der Mount St. Helens können Gas über 20 Kilometer hoch in die Atmosphäre schleudern.

(Foto: U.S. Geological Survey)

Karen Appel. „Dabei fluoresziert jedes Element bei anderen, typischen Wellenlängen, wodurch wir es identifizieren können. Die Stärke des Leuchtens erlaubt die Bestimmung der Elementgehalte.“ Die Ergebnisse verglichen die Wissenschaftler mit der Zusammensetzung von Lavagestein, das sich bei den jeweiligen Ausbrüchen gebildet hatte. Die Differenz erlaubt eine Abschätzung des Gasgehaltes.

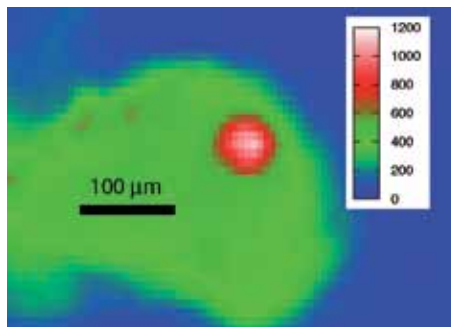
Die Analysen zeigten, dass die Brom- und Chlorkonzentrationen in der Stratosphäre durch die 14 untersuchten Eruptionen durchschnittlich jeweils auf das Zwei- bis Dreifache der Konzentration des Jahres 2011 stiegen. Allein die *Upper Apoyo Eruption* blies vor 24 500 Jahren

120 Megatonnen Chlor und 600 000 Tonnen Brom in die Stratosphäre.

„Wenn eine prähistorische Eruption Brom und Chlor zusammen mit Sulfat-Aerosolen in die Atmosphäre freisetzt, kann das zu einem massiven Ozonabbau führen“, betont GEOMAR-Meteorologin Kristin Krüger. Sie stellte die Untersuchungen jetzt auf einer Fachtagung in Island vor.

Der Ozonabbau kann große Teile der Erde betreffen. Denn in der Stratosphäre werden die Gase sehr weit transportiert – sogar bis in die Polarregionen. „Wie stark der chemische Ozonabbau auftritt, ist aber ein Thema für weitere Forschungen“, sagt Krüger. Vulkanische Gase können bis zu sechs Jahre in der Stratosphäre verweilen, auch wenn die deutlichsten Auswirkungen großer explosiver Eruptionen wie des Pinatubos 1991 auf den Philippinen innerhalb der ersten zwei Jahre zu beobachten sind.

„Als nächstes muss die Forschung herausfinden, wie viel Schaden vulkanische Gase der Ozonschicht in der Vergangenheit genau zugefügt haben, um daraus abzuleiten, welche Schäden zukünftige Subduktions-Eruptionen verursachen könnten“, betont Kutterolf. (tim)



Verteilung von Brom in einer Probe mit Glaseinschluss

Ausgebohrt

Beim Bau des Röntgenlasers European XFEL ist ein wichtiger Meilenstein erreicht: Der Bau des knapp 5,8 Kilometer langen Tunnelnetzes zwischen Hamburg-Bahrenfeld und Schenefeld in Schleswig-Holstein ist beendet. Die Tunnelbauer feierten die letzte Ankunft der Tunnelbohrmaschine AMELI mit Tunnel-Patin Cordelia Andreßen und AMELI-Patin Christiane Küchenhof.



WAS IST LOS BEI DESY

Juli

- 4.** Sonderseminar
Update on the search for the Higgs boson
DESY, Hamburg, Hörsaal, 9 Uhr
- 13.** Öffentlicher Abendvortrag
Lachen Sie mit Stan und Olli – Physik macht Spaß
Metin Tolan, DESY, Hamburg, Hörsaal, 19.30 Uhr
- 15.** SRI 2012 Satellite Meeting
(<http://science-at-fels-2012.desy.de>)
Science at FELs 2012
DESY, Hamburg, Hörsaal
- 30.7.-** Konferenz (www.qq12.org)
1.8. Mathematical Aspects of Quantum Field Theory and Quantum
Statistical Mechanics
DESY, Hamburg, Hörsaal

August

- 6.-8.** Festsymposium (www.desy.de/2012vhess)
100 Years Cosmic Rays – Anniversary of Their Discovery by V.F. Hess
Bad Saarow/Pieskow
- 10.-15.** Symposium (www.desy.de/isyhcri2012)
International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions
Berlin-Brandenburg, Akademie der Wissenschaften, Berlin
- 22.** Vortragsreihe „Gesund bleiben“
Hirndoping? Neuroenhancement: Hirnleistung mit Medikamenten
steigern?
Dr. med. Martin Eichenlaub
DESY, Hamburg, Geb. 1b, Seminarraum 4a, 16 Uhr
- 22.** 5 Jahre Science Café DESY (<http://sciencecafe.desy.de>)
100 Jahre Röntgenstrukturanalyse – Von Max von Laue bis zum
Röntgenlaser
Helmut Dosch, DESY-Bistro, 17 Uhr
Anmeldung erbeten unter: science.cafe@desy.de

September

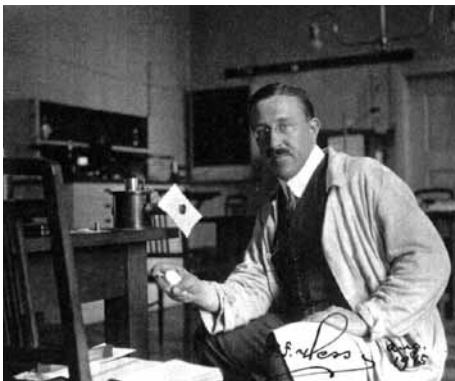
- 18.** Betriebsversammlung
DESY, Hamburg, Hörsaal, 9.30 Uhr
- 19.** Max von Laue-Fest
DESY, Hamburg, 15.30 Uhr
- 26.** Science Café DESY (<http://sciencecafe.desy.de>)
Hollywoods Filmtricks Part III – Die physikalischen Irrtümer von
Spielberg, Tarrantino & Co
Marc Wenskat, DESY-Bistro, 17 Uhr

100 Jahre kosmische Strahlung

1912 entdeckte Victor Hess die Höhenstrahlung – DESY-Festsymposium in Brandenburg

Von Michael Walter

Als Victor Franz Hess am 7. August 1912 in den Zug nach Berlin stieg, hatte er eine Entdeckung im Gepäck, deren weitreichende Konsequenzen ihm sicherlich noch nicht bewusst waren. Gegen Mittag war der österreichische Physiker mit seinem Wasserstoffballon im brandenburgischen Bad Saarow/Pieskow gelandet. Bei dieser siebten Ballonfahrt hatte Hess in 5300 Metern Höhe über dem Schwielochsee im Südosten Brandenburgs mit drei Ionisationsmessgeräten die Existenz einer durchdringenden Höhenstrahlung nachgewiesen. Erst später sollte sich jedoch herausstellen, dass es sich bei dieser sogenannten kosmischen Strahlung um einen Teilchenhagel handelt. Die Entdeckung, die Hess 24 Jahre später den Nobelpreis einbrachte, erwies sich damit unter anderem als ein Eckpfeiler einer ganz neuen Forschungsrichtung, der Elementarteilchenphysik.



Victor Hess 1915 in seinem Labor

DESY organisiert zusammen mit der Astrophysikgruppe der Universität Potsdam und dem Berliner Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte ein Symposium zum 100. Jahrestag der Entdeckung. Vom 6. bis 8. August werden sich in Bad Saarow/Pieskow Wissenschaftler aus aller Welt treffen, um die Entwicklung der vielen Teilgebiete von den historischen Anfängen bis zu Ideen für neue Projekte zu präsentieren und zu diskutieren. Es wird ein Gedenkstein enthüllt, Teilnehmer können Ballonfahrten

buchen, DESY bereitet eine Posterserie und eine Broschüre zur Chronologie der wissenschaftlichen Meilensteine vor, und es werden die Elektroskope gezeigt, mit denen damals weltweit Ionisationsmessungen durchgeführt wurden.

Auch hundert Jahre nach ihrer Entdeckung ist die kosmische Strahlung alles andere als enträtselt. So ist selbst ihre Herkunft noch nicht im Detail verstanden. „Das Universum ist voller natürlicher Teilchenbeschleuniger, etwa in Supernova-Explosionen, Doppelsternsystemen oder aktiven galaktischen Kernen. Bisher kennen wir nur etwa 150 dieser Objekte und haben ein erstes physikalisches Verständnis dieser faszinierenden Systeme“, erläutert Christian Stegmann, Leiter des DESY-Standorts Zeuthen. Neue Observatorien wie das internationale Cherenkov Telescope Array (CTA), für das DESY gerade den ersten Prototypen baut, sollen das physikalische Verständnis verbessern. „Das Cherenkov Telescope Array wird Tausende dieser Beschleuniger mit bisher nicht erreichter Sensitivität beobachten können“, betont Stegmann.

Die Entdeckungsgeschichte der kosmischen Strahlung ist keineswegs so geradlinig und zweifelsfrei verlaufen, wie man heute vermuten könnte. Im Gegensatz zur Röntgenstrahlung, deren zufällige Entdeckung sofort weltweit gefeiert wurde und nach wenigen Jahren eine Revolution in der medizinischen Diagnostik bewirkte, benötigte die kosmische Strahlung mehr als 15 Jahre, um unter den wissenschaftlichen Kollegen allgemein anerkannt zu werden. Mit der Verleihung des Nobelpreises für Physik an Hess im Jahre 1936 wurde der Streit beigelegt, den Robert Millikan 1926 mit der Behauptung ausgelöst hatte, die kosmische Strahlung eindeutig nachgewiesen zu haben. Dennoch gibt es noch heute Diskussionen, ob die Entdeckung nicht schon 1910 durch Albert Gockel in der Schweiz oder Domenico Pacini in Italien erfolgte, oder vielleicht doch erst eindeutig 1914 durch Werner



So könnte es ausgesehen haben: Fotomontage eines Ballons über dem Scharmützelsee in Brandenburg

Kolhörster nachgewiesen wurde. Er startete mit einem Ballon in Bitterfeld und konnte eine exponentielle Zunahme der Strahlung bis in eine Höhe von 9300 Metern messen.

Die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts sind reich an verpassten Entdeckungen. In einer Publikation des Berliner Meteorologen Franz Linke aus dem Jahre 1904 sind die Ergebnisse seiner Messungen bei Ballonfahrten in den Jahren 1902 und 1903 beschrieben.



Während sechs Fahrten bis auf 5600 Meter Höhe hatte auch er die Ionisation der Atmosphäre gemessen. Seine Ergebnisse, dass die Ionisation mit dem Abstand zur Erde zunächst abnimmt, in etwa 2000 Metern wieder denselben Wert hat und dann bei 5600 Metern auf das Vierfache ansteigt, stimmen vollkommen mit den Messungen von Hess überein. Allerdings kam Linke nicht auf den Gedanken, dass die Zunahme durch eine extraterrestrische Strahlung bewirkt wird.

Ein Jahr vor der Entdeckung durch Hess hat Charles Thomson Rees Wilson in England seine Nebelkammer in Betrieb genommen und Fotografien von Alpha- und Beta-Teilchenspuren gemacht. In der Publikation sind zwei lange Spuren geringer Ionisation zu sehen, die Wilson als Beta-Spuren in der Frühphase ihrer Existenz interpretierte. Es waren, wie später Paul Kunze schrieb, mit großer Wahrscheinlichkeit kosmische Teilchen. Aber auch Kunze selbst blieb von einer verpassten Entdeckung nicht verschont. In derselben Arbeit beschrieb er zwei Spuren, die er mit seiner Nebelkammer in Rostock 1932 aufgenommen hatte. Eine davon war das Myon, das vier Jahre später von Seth Henry Neddermeyer und Carl David Anderson entdeckt werden sollte.

In der zweiten Hälfte der 1920er Jahre begann die Erforschung der Eigenschaften der kosmischen Teilchen. Neu entwickelte Detektoren, wie Wilsons Nebelkammer und das Geiger-Müller-Zählrohr sowie die Entwicklung der Koinzidenz-Schaltung durch Walther Bothe führten zu spektakulären Entdeckungen. So konnte gezeigt werden, dass die kosmische Strahlung im Gegensatz zu bisherigen Annahmen eine Teilchenstrahlung ist, die in der Atmosphäre Luftschauer erzeugt.

Die Entdeckung des Positrons durch Anderson 1932, dem von Paul Dirac eingeführten Antiteilchen zum Elektron, leitete den Beginn der Elementarteilchenphysik ein. In den folgenden 15 Jahren bis zur Inbetriebnahme des ersten Teilchenbeschleunigers in Berkeley wurden die Erkenntnisse der Teilchenphysik mit kosmischen Teilchen gewonnen. Hideki Yukawa entwickelte 1934 eine Theorie der Kernkraft, die für die Bindung der Protonen und Neutronen im Kern ein Teilchen erforderte, mit einer Masse zwischen der des Elektrons und des Protons. Dieses Teilchen glaubte man 1936 entdeckt zu haben. Aber die Durchdringungsfähigkeit und die Lebensdauer des „Mesotrons“ (später

Myon bezeichnet) passten nicht zu den für das Yukawa-Teilchen erwarteten Eigenschaften. Erst 1947 wurde das Problem mit der Entdeckung des Pions gelöst. Donald Perkins und Cecil Frank Powell konnten Pionen in mit kosmischen Teilchen bestrahlten fotografischen Emulsionspaketen nachweisen.

Mit Beginn der 1950er Jahre verlagerte sich die Elementarteilchenphysik zu Experimenten an Beschleunigern. Die Astroteilchenphysik konzentrierte sich zunächst auf die Untersuchung hochenergetischer Luftschauer. Die Herkunft der kosmischen Strahlung blieb lange nebulös. Denn ihre energiereichen, elektrisch geladenen Teilchen werden auf dem Weg durch den Kosmos von interstellaren und intergalaktischen Magnetfeldern abgelenkt, so dass ihre Ankunftsrichtung auf der Erde nicht mehr zu ihrem Ursprung zurückweist.

Nur der kleine Anteil energiereicher Gammaquanten in der kosmischen Strahlung verrät bisher etwas über die Quellen. Vor allem mit Hilfe von abbildenden Cherenkov-Teleskopen haben Astrophysiker inzwischen Methoden entwickelt, zwischen den sehr ähnlichen Luftschauern der kosmischen Teilchen- und Gammastrahlung zu unterscheiden. Cherenkov-Teleskope wie das zu Ehren des Entdeckers der kosmischen Strahlung getaufte H.E.S.S. in Namibia, MAGIC auf der Kanareninsel La Palma und VERITAS in den USA, an denen auch DESY beteiligt ist, haben mittlerweile mehr als hundert Quellen hochenergetischer kosmischer Gammastrahlung aufgespürt. Das geplante Cherenkov Telescope Array CTA soll diese Erfolgsgeschichte mit bislang unerreichter Empfindlichkeit fortsetzen.

INFO

Mehr zur Jubiläumskonferenz „100 Years Cosmic Rays“:
www.desy.de/2012vhess

Forscher „röntgen“ Rußpartikel im Flug

Freie-Elektronen-Laser enthüllt Struktur von Schwebeteilchen



Shanghai im Smog. (Foto: Michael Bogan, SLAC)

Mit dem stärksten Röntgenlaser der Welt haben Forscher erstmals einzelne Rußpartikel nanometergenau im Flug abgelichtet. Das internationale Team unter Beteiligung von DESY berichtet im britischen Fachblatt „Nature“ über seine Untersuchung der Luftschadstoffe. „Zum ersten Mal können wir tatsächlich die Struktur individueller Aerosolpartikel in ihrem ‚natürlichen Habitat‘ sehen, schwebend in der Luft“, betont DESY-Forscher Henry Chapman vom Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) in Hamburg. „Das ist für verschiedene

Felder von Bedeutung, von der Klimamodellierung bis zur Medizin.“

Aerosole wie Ruß spielen in vielen Bereichen eine wichtige Rolle, zum Beispiel in der Umwelttoxikologie und der Klimaforschung. Trotz ihrer Bedeutung sind ihre Eigenschaften überraschend schwierig zu messen. Sichtbares Licht bietet nicht die nötige Auflösung für die feinen Details der Schwebstoffe. Röntgenquellen ermöglichen zwar eine hohe Auflösung, sind aber in der Regel nicht hell genug, um einzelne Partikel abzulichten. Und für die Untersuchung im Elektronenmikroskop müssen die Aerosole erst auf ein Substrat gebracht werden, was ihre Struktur verändern kann und das Zusammenklumpen fördert.

Das Team nutzte daher den gegenwärtig stärksten Röntgenlaser der Welt, die *Linac Coherent Light Source* LCLS am US-Beschleunigerzentrum SLAC in Kalifornien. Dort konnte das Team insgesamt 174 einzelne Rußpartikel abgelichten, die durch den Laserstrahl schwebten. Die Untersuchung konzentrierte sich auf Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 tausendstel Millimetern (Mikrometern). Aerosole dieser Größe dringen leicht in die menschliche Lunge vor und gelten als zweitwichtigster Faktor bei der globalen Erwärmung.

Die Forscher schlugen die winzigen Rußpartikel mit elektrischen Funken aus einem Stück Graphit und schickten sie in einem Trägergas aus Argon und Stickstoff durch eine sogenannte aerodynamische Linse. Diese Linse formte einen dünnen Gasstrahl mit Rußteilchen darin, der den Weg des Röntgenlasers kreuzte. Der Laser erzeugt zahlreiche kurze Röntgenpulse. Jedes Mal, wenn ein solcher Röntgenblitz zufällig ein Rußteilchen trifft, entsteht ein charakteristisches Beugungsmuster, aus dem sich die individuelle Struktur jedes abgelichteten Rußpartikels rekonstruieren lässt.

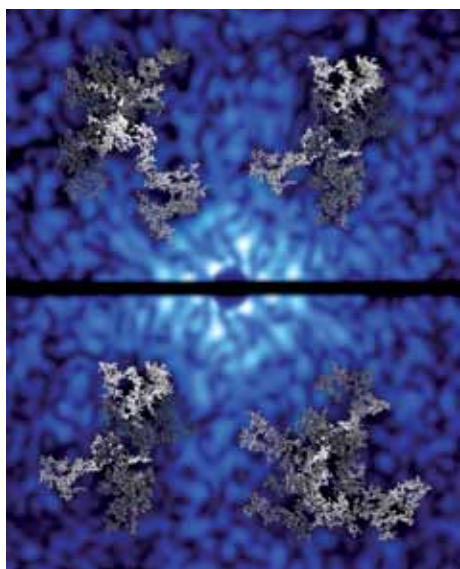
„Die Struktur der Rußteilchen bestimmt, wie sie Licht streuen, und das ist wichtig um zu verstehen, wie Sonnenenergie von der Erdatmosphäre absorbiert wird“, erläutert Co-Autor Andrew Martin von DESY. „Darüber hinaus existieren zahlreiche Verbindungen zwischen Schwebeteilchen mit einer Größe von etwa zwei Mikrometern und nachteiligen Gesundheitsfolgen. Mit Freie-Elektronen-Lasern sind wir jetzt in der Lage, die Form und die Zusammensetzung individueller Schwebeteilchen zu untersuchen. Damit können wir vielleicht besser verstehen, wie diese Partikel die Funktion von Lungenzellen beeinträchtigen.“

Eines der wichtigsten langfristigen Ziele der Arbeit ist es daher, Schnappschüsse von den Schwebeteilchen aufzunehmen, während sie Größe, Form und chemische Zusammensetzung als Reaktion auf unterschiedliche Umgebungen ändern. „Wissenschaftler können nun hoffen, einmal in der Lage zu sein, die Entstehung von Ruß aus den molekularen Bausteinen direkt im Verbrennungsmotor zu beobachten oder vielleicht sogar die ersten Schritte der Eiskristallbildung in Wolken“, sagt Forschungsleiter Michael Bogan vom SLAC. (tim)

INFO

Originalveröffentlichung:

“Fractal morphology, imaging and mass spectrometry of single aerosol particles in flight”; Duane Loh et al.; „Nature“, DOI: 10.1038/nature11222



Computergenerierte Rußpartikel vor einem Röntgen-Beugungsbild. Bild: Duane Loh et al.

Laser-Synchronisationsrekord bei FLASH

Relativer Gangunterschied nur noch ein Hundertrillionstel

DESYs Röntgenlaser FLASH besitzt seit kurzem einen der genauesten Taktgeber der Welt. Pulsgeber dieses Synchronisierungssystems ist ein höchststabiler Erbium-Laser. Dieser Pulsgeber erzeugt Zeitmarken, deren Abstand nur im Bereich von wenigen milliardstel Sekunden (Femtosekunden) schwankt. Ein wesentlicher Durchbruch ist dem FLASH-Synchronisationsteam um Sebastian Schulz nun gelungen, indem sie zwei solcher Pulsgeber über einen Zeitraum von 35 Stunden zu einem absoluten Gleichtakt zwingen konnten. Im Normalfall können die Laser durch Umwelteinflüsse wie schwankende Temperaturen über diesen Zeitraum um mehrere hundert Femtosekunden auseinanderlaufen. Durch ein neuartiges, maßgeblich bei DESY vorangetriebenes Verfahren zur Phasentrückkopplung konnte diese Verschiebung praktisch komplett unterdrückt und der Takt auf 1,2 Femtosekunden stabil gehalten werden. Die Demonstration dieses relativen Gang-



Laboraufbau zur ultragenauen Synchronisation zweier Lasersysteme.

unterschiedes von nur noch 10^{-20} ist eine der wichtigsten Voraussetzungen, um bei einer großen Beschleunigeranlage wie dem europäischen Röntgenlaser European XFEL absolut synchrone Zeitmarken für die Steuerung der Anlage und vor allem für Nutzerexperimente zur Verfügung zu stellen. Nur so lassen sich die ultrakurzen Laserpulse, die in FLASH und künftig im European XFEL erzeugt werden, optimal zur Erforschung von Vorgängen auf atomaren Zeitskalen nutzen. (tim)

PETRA III hat den Rekord-Röntgenblick

Röntgen-Rastermikroskop erreicht weltbeste Auflösung

Ein neuartiges Mikroskop bei DESY bietet einen Rekord-Röntgenblick. Dank der außergewöhnlichen Brillanz von DESYs Röntgenquelle PETRA III kann das Mikroskop noch bis zu zehn Nanometer kleine Details abbilden – das ist Weltspitze. Nur an wenigen Orten auf der Welt ist eine so feine optische Auflösung möglich. Das Instrument wurde von einem Team um Christian Schroer von der Technischen Universität Dresden gemeinsam mit DESY-Forschern gebaut und vom Bundesforschungsministerium gefördert. Es steht bereits allen Nutzern zur Verfügung. Die Gruppe um Schroer beschreibt die Technik im Fachjournal „Applied Physics Letters“ (DOI: 10.1063/1.4729942).

Das Rasterröntgenmikroskop setzt auf die Technik der sogenannten Ptycho-

graphie. Das heißt, es bildet die Untersuchungsobjekte nicht direkt ab, sondern registriert die Beugungsmuster, die entstehen, wenn die Probe mit einem feinen Röntgenstrahl abgerastert wird. Aus der Gesamtheit der Beugungsbilder entsteht dann ein Abbild der Probe. „Mit der Ptychographie umgeht man die Beschränkung der Auflösung in der konventionellen Mikroskopie“, erläutert Schroer. Je mehr Details sich im Außenbezirk des Beugungsbilds aufzeichnen lassen, desto genauer wird die Abbildung. Durch die enorme Helligkeit von PETRA III ist das Beugungsbild auch weit in den Außenbezirken noch erkennbar. So erreicht das Rasterröntgenmikroskop bei DESY eine mindestens doppelt so hohe Auflösung wie in der konventionellen Mikroskopie möglich. (tim)

Exzellenzinitiative fördert Hamburg Centre for Ultrafast Imaging

Erfolg für die Hamburger Physik: Ab November wird die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder das Hamburg Centre for Ultrafast Imaging (CUI) fördern. Im Mittelpunkt des Forschungsclusters steht die Echtzeit-Beobachtung der Bewegungen von Atomen, zum Beispiel in chemischen Reaktionen. Zentrales Ziel ist, die Dynamik fundamentaler physikalischer und chemischer Prozesse auf allen relevanten Längen- und Energieskalen detailliert zu untersuchen, zu verstehen und sie gezielt und präzise steuern zu können. Der Projektantrag, den die Universität Hamburg eingereicht hatte, war zusammen mit DESY, CFEL und der European XFEL GmbH erarbeitet worden.

Lyn Evans wird Chef der neuen Linear-Collider-Organisation

Das Internationale Komitee für zukünftige Beschleuniger ICFA hat den ehemaligen LHC-Projektleiter Lyn Evans zum neuen Linear-Collider-Direktor ernannt. Evans nimmt im Sommer 2013 seinen Dienst auf, wenn der Technical Design Report des International Linear Collider (ILC) veröffentlicht worden ist. Dieser Report beendet das Mandat des ILC-Design-Teams GDE, und eine neue Organisationsstruktur tritt in Kraft. Evans, der neue Direktor, der auch einem neuen Kontrollgremium berichten wird, führt dann drei verschiedene Abteilungen: ILC, CLIC und Physik und Detektoren. Damit vereint er die Planungsteams der Linearbeschleuniger ILC und CLIC, die in freundlicher Konkurrenz zueinander stehen, aber schon länger auf überschneidenden Gebieten zusammen arbeiten.

Giulio-Rampa-Promotionspreis geht nach Hamburg

Thomas-Paul Hack vom II. Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg bekommt den Giulio-Rampa-Promotionspreis. Hacks Dissertation „Über die Rückwirkung skalärer und spinorieller Quantenfelder in gekrümmten Raumzeiten“ markiert einen Durchbruch für die Analyse von Quanteneffekten der Materie in der Kosmologie, urteilte die deutsch-italienische Jury. Die Arbeit liefere eine wertvolle Referenz auf dem Gebiet von Quantenfeldern in gekrümmten Raumzeiten und ihren kosmologischen Anwendungen. Hack bekommt die mit einem Preisgeld von 2000 Euro verbundene Auszeichnung im Dezember zur Auftaktfeier für das akademische Jahr an der Universität Pavia in Norditalien überreicht. Der Preis war 2011 in Erinnerung an den früh verstorbenen italienischen Physiker Giulio Rampa ins Leben gerufen worden.

Zeppelin für die Klimaforschung

Seit Mai ist der Klimaforschungszeppelin PEGASOS auf Messflügen unterwegs. Die erste Mission führte von Friedrichshafen bis Rotterdam, die zweite geht nach Italien, wo Messungen in der Po-Ebene und über der Adria geplant sind. 2013 starten die Atmosphärenforscher ab April zur dritten Mission für zwei Monate in Richtung Nordeuropa. Sowohl die Routen als auch die Messplätze sind auf bestehende Bodenmessstationen abgestimmt. Die Forscher können dadurch Daten aus dem Flug direkt mit Messungen der Wissenschaftler vor Ort vergleichen.

Im Fokus der Kampagne stehen zum einen Schwebeteilchen in der Luft, zum anderen das „Waschmittel“ der Atmosphäre, das Hydroxyl-Radikal. Es leitet den Abbau der meisten Schadstoffe ein und ist somit ein Maß für die Reinigungskraft der Atmosphäre. In Sachen Schwebeteilchen (Aerosole) geht es unter anderem um die Fragen: Aus welchen Quellen stammen sie? Wie lagern sie sich zusammen? Welche chemischen und physikalischen Auswirkungen haben sie auf das Klima und die Luftqualität? Und welche Rolle spielen sie beim Recycling des natürlichen „Waschmittels“?

Die Kampagne ist Teil des EU-Großforschungsprojekts PEGASOS, in dem 26 Partner aus 14 europäischen Staaten sowie Israel Zusammenhänge zwischen Atmosphärenchemie und Klimawandel erforschen.

www.helmholtz.de/hermann



5 Jahre Science Café DESY

Direkter Dialog weckt Begeisterung für Wissenschaft

Von Ilja Bohnet

Manche Ideen entstehen eher zufällig. So heißt es, dass Newton über die Gravitation zu sinnieren begann, als er an einem Baum sitzend von einem herunterfallenden Apfel getroffen wurde. Das Science Café DESY ist entstanden, nachdem Waldemar Tausendfreund zufällig davon erfahren hat, dass solche Diskussions- und Informationsforen in England schon lange existieren. Warum sollte etwas Ähnliches bei DESY nicht auch möglich sein? Tausendfreunds Idee war, dass DESY-Wissenschaftler zu verschiedensten Themen einem zum Teil sehr jungen Publikum im engen, direkten Kontakt Rede und Antwort stehen.

Das erste Science Café hat Rolf Heuer bestritten. Er hat sich im Direktorium eines der Poster von der Wand genommen, unter den Arm geklemmt und ist damit, einfach ins Bistro gestiefelt. Hier warteten bereits etwa 60 Gäste sehr gespannt auf die Premiere, und Rolf Heuer gelang es auf die für ihn typische, eindrucksvolle Weise, das Publikum für Physik zu begeistern. Die Jugendlichen fanden es offensichtlich cool, wie Heuer so zwischen ihnen herumlief, sie direkt ansprach und sich und auch mal sie auf die Schippe nahm. Für die weitere Rekrutierung der Vortra-

genden, aber auch für inhaltliche Begleitung standen Tausendfreund seitdem die Kollegen Werner Brefeld (DESY-FS) und Britta Liebaug (DESY-PR) zur Seite. Und auch wenn das Anwerben von Vortragenden nicht leicht war und ist, kann das Team inzwischen auf eine eindrucksvolle Themensammlung zurückblicken. Von der Physik des Knotens, den Schneeflocken als mathematische Winterwunder, den Schaltjahrregeln bis hin zum Higgs-Teilchen hat das Science Café DESY einfach alles zu bieten, was man sich wissenschaftlich-technisch vorstellen kann.

Wenn nun am 22. August Helmut Dosch 100 Jahre Röntgenstrukturanalyse vorstellt, dann blickt das Science Café zurück auf erfolgreiche fünf Jahre der wissenschaftlichen Diskussion. Es leistet damit einen einzigartigen Beitrag zur Ausbildung von Nachwuchs und zur Wissenschaftskommunikation im unmittelbaren Kontakt mit den Menschen. Und das hilft dabei, den wichtigen Grundstein für die Begeisterung für die Naturwissenschaften zu legen. Danke, Science Café!

INFO

Mehr zum Science Café DESY unter:
<http://sciencecafe.desy.de>

Impressum

Herausgeber
 DESY-PR
 Notkestraße 85
 22607 Hamburg

Kontakt
 E-Mail: inform@desy.de
 Telefon: 040/8998-3613
www.desy.de/inform
 (Onlineversion + Newsletter-Abonnement)

Redaktion
 Gerrit Hörentrup
 Till Mundzeck (Chefredaktion)
 Barbara Warmbein
 Ute Wilhelmsen
 Thomas Zoufal

Produktion
 Britta Liebaug (Layout)
 Veronika Werschner (Übersetzung)
 Kopierzentrale DESY (Druck)

