



Abbildung 2: Die größte internationale Konferenz der Teilchenphysik, das Lepton Photon Symposium, fand 2009 in Hamburg statt.

# Forschung Teilchenphysik

## Überblick

Das Jahr 2009 war wegweisend für die weitere Entwicklung der Teilchen- und Astroteilchenphysik bei DESY. Im Februar fand die Evaluierung der Programmvor schläge für die zweite Periode (2010–14) der Programmorientierten Forschung (PoF) innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft statt, welche die Entwicklung unseres wissenschaftlichen Programms für die nächsten fünf Jahre und darüber hinaus entscheidend mitbestimmt. In allen Evaluationen haben DESY-Projekte sehr gute Beurteilungen erzielt und wurden nachdrücklich von den international bestückten Gutachtergremien unterstützt. Dies unterstreicht die Wertschätzung unserer Arbeit und Pläne für die Zukunft.

Das sehr positive Resultat dieses Evaluierungsprozesses gibt uns damit eine stabile Basis für die nächsten Jahre. Es bestätigt die langfristige DESY-Strategie, deren Kernpunkte die reiche wissenschaftliche Ernte des HERA-Programms, eine starke Beteiligung an den LHC-Experimenten ATLAS und CMS und Vorbereitung des *International Linear Colliders* (ILC) sind. Dieses experimentelle Programm wird ergänzt durch eine starke und thematisch breit aufgestellte Theoriegruppe, die insbesondere von großer Bedeutung für die Ausbildung junger Theoretiker in Deutschland und weit darüber hinaus ist. Eine ebenso zentrale und international wichtige Rolle spielt die Infrastruktur, die DESY großen Experimenten bieten kann: vom Entwurf, über den Bau und Test großer Detektoren bis hin zur Analyse der Experimente.

Ein wichtiges Element für die Zukunft der Teilchenphysik am DESY ist die Helmholtz Allianz *Physics at the Terascale*, die 2007 gegründet wurde und von der Helmholtz-Gemeinschaft unterstützt wird. Sie vereinigt unter der Führung von DESY alle deutschen Gruppen,

die Teilchenphysik an Experimenten bei höchsten Kollisionsenergien betreiben: 18 Universitäten, das Max-Planck-Institut München und das Forschungszentrum Karlsruhe. Die Allianz ist das wichtigste Instrument zur zukünftigen Strukturierung der Teilchenphysik in Deutschland und wurde zur Halbzeit ihrer ursprünglich genehmigten Projektdauer von einem international hochkarätig besetzten Gremium mit großem Erfolg begutachtet. Die Notwendigkeit eines solchen Instrumentes in Deutschland wurde eindrucksvoll bestätigt, ebenso der bisherige Erfolg bei der Implementierung des Programms. Die Gutachter empfehlen nachdrücklich die Weiterführung der Allianz auch nach dem Auslaufen der dafür genehmigten Helmholtz-Mittel in 2012.

Ein großer Erfolg ist auch der Forschungscluster *Connecting Particles with the Cosmos*, den wir zusammen mit unseren Partnern von der Universität Hamburg im Rahmen der Hamburger Landesexzellenzinitiative eingeworben haben. Dieses Projekt startete im Sommer 2009 und wird die Zusammenarbeit in der Teilchenphysik zwischen Universität und DESY weiter stärken. Darüber hinaus haben wir gemeinsam mit der Universität eine neue Professur an der Schnittstelle zwischen Beschleuniger, Experiment und Theorie eingerichtet. Die Position des leitenden DESY Wissenschaftlers in der Phänomenologie wurde besetzt, der ebenfalls sehr eng mit Kollegen der Universität zusammenarbeitet.

Die Analyse der einzigartigen HERA-Daten ist planmäßig fortgesetzt worden. Besonders durch die Kombination der Experimente konnte die Präzision bei der Aufklärung der Struktur des Protons weiter gesteigert werden. Unsere internationalen Partner sind weiterhin sehr in den Kollaborationen engagiert. Weitere Fortschritte wurden auch bei der Vorbereitung in Richtung ILC erreicht. Wichtige Experimente bei FLASH konn-

ten entscheidende Parameter für den XFEL und ILC erfolgreich testen. Eine internationale Expertengruppe hat das ILD-Detektorkonzept, zu dem Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker von DESY maßgeblich beitragen, validiert und die Kollaboration aufgefordert es weiter zu entwickeln. Diese Entscheidung war einer der Höhepunkte des Lepton-Photon Symposiums, der wichtigsten internationalen Konferenz in 2009 auf dem Gebiet der Teilchenphysik, das in Hamburg von DESY und der Universität ausgerichtet wurde.

Erfolgreich ist das Jahr 2009 auch für die Astroteilchenphysik bei DESY verlaufen. Die IceCube Kollaboration konnte weitere 19 Strings am Südpol installieren, so dass der Detektor im Sommer 2010/11 komplettiert werden kann. Mit der Beteiligung am *Cerenkov Telescope Array* (CTA) hat DESY auch ein Zukunftsprojekt begonnen.

Das wichtigste Ereignis für die Teilchenphysik weltweit war sicherlich der Start des LHC am CERN mit ersten Kollisionen bei 900 GeV und über 2 TeV. Die Experimente waren sehr gut darauf vorbereitet und konnten bereits nach kurzer Zeit erste Ergebnisse präsentieren. Die DESY-Gruppen bei ATLAS und CMS haben dazu an vielen Stellen beigetragen. Der LHC ist das zentrale Projekt der Teilchenphysik weltweit und wird die Zukunft des Forschungsfeldes bestimmen und damit auch großen Einfluss auf die weitere Entwicklung bei DESY haben.

Die Höhepunkte der Teilchen- und Astroteilchenphysik bei DESY im Jahre 2009 wurden erstmals in einer illustrierten, englischsprachigen Broschüre beschrieben (siehe CD).

## Helmholtz-Allianz

Die Helmholtz-Allianz *Physics at the Terascale*, in der DESY, das Karlsruhe Institute of Technology (KIT), das MPI München und alle am LHC und ILC beteiligten deutschen Universitätsgruppen eingegliedert sind, hat im Jahre 2009 weitere Fortschritte gemacht.

Zur Halbzeit des Projektes, 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahre nach ihrer Gründung, sind Ende 2009 die Strukturen der Allianz, wie

sie im Antrag entwickelt worden waren, weitgehend Realität geworden. Im November fand das dritte Jahrestreffen der Allianz bei DESY statt, das von fast 300 Mitgliedern der Allianz besucht wurde.

Ende 2009 wurde die Allianz von einem international und hochkarätig besetzten Panel unter der Leitung von Prof. Dr. Jos Engelen evaluiert. Das Ergebnis dieser Begutachtung ist außerordentlich positiv ausgefallen. Die Gutachter empfehlen nachdrücklich die Strukturen der Allianz auch dem deren offiziellem Ende nach dem Jahr 2012 weiter zu führen. In den letzten Monaten hat innerhalb Deutschlands eine breit aufgestellte Diskussion begonnen, wie eine solche Verstetigung der Allianz aussehen kann und soll. Breite Einigkeit besteht, dass die wesentlichen Elemente gut arbeiten und erhalten bleiben sollen. Offen ist allerdings die Frage der Finanzierung, insbesondere für die nicht bei DESY angesiedelten Aktivitäten. Lediglich das DESY-basierte Personal wurde im Rahmen der PoF-Evaluation für eine Verstetigung berücksichtigt. Die Finanzierung nach 2012 für alle weiteren Maßnahmen und Strukturen der Allianz, bei DESY und bei den Universitäten, ist weiterhin offen.

Die vier Säulen der Allianz waren auch im Jahr 2009 sehr aktiv und haben vielfältige Aktivitäten durchgeführt. Für die Detektorentwicklungsaktivitäten wurden neue Laborräume aufgebaut und bezogen (Abbildung 3). Im Sommer wurden aus Geldern, die an



Abbildung 3: Das neue Detektorlabor in der Nähe des HERA-B-Detektors.

anderer Stelle in der Allianz eingespart werden konnten, neue Projekte ausgeschrieben. Diese Ausschreibung fand eine breite Resonanz und resultierte in etwa zehn neuen Projekten, die von der Allianz gefördert werden. Diese Projekte wurden daraufhin ausgewählt, dass sie die Ziele der Allianz, gerade im Hinblick auf eine weitere Vernetzung zwischen den Partnern und die Nutzung der Allianz Infrastrukturen, besonders betonen. In mehreren Bereichen konnten Projekte gefördert werden, die neue Themen aufgreifen und untersuchen wollen.

Ein wichtiger Teil der Allianz ist ein Analyse-Zentrum der Allianz, angesiedelt bei DESY. Im Laufe des Jahres konnte das Analyse-Zentrum personell komplettiert werden. Vier Themenbereiche wurden identifiziert, in denen das Analyse-Zentrum in der nahen Zukunft seinen Schwerpunkt setzen will. Wesentliche Fortschritte konnten bereits bei der Optimierung von Monte Carlo Programmen für den LHC von Mitgliedern des Analyse-Zentrums gemacht werden.

Ausbildung von Physikern ist ein wichtiger Teil der Allianz. Auch im Jahre 2009 sind viele Schulen und spezielle Seminare durchgeführt worden. Nach wie vor sind diese Veranstaltungen sehr gut besucht. Das erste Mal fand im Jahre 2009 die Beschleuniger-Schule der Allianz nicht bei DESY statt, sondern wurde vom Allianz-Partner Dortmund ausgerichtet.

Wissenschaftlich haben Mitglieder an der Vorbereitung der Datennahme am LHC, sowohl auf der experimentellen als auch auf der theoretischen Seite, intensiv mitgearbeitet. Die Allianz konnte hier an mehreren Stellen, z. B. durch die Entsendung von Personen ans CERN, für die Übernahme wichtiger Funktionen sorgen. Mitglieder der Allianz waren an zentraler Stelle an der Erstellung des *Letter of Intent* für einen Detektor am Linear Collider beteiligt. Auch hier war die Unterstützung von Gruppen durch die Allianz von zentraler Bedeutung und half, den Beitrag der deutschen Community zu stärken.

Die im Folgenden beschriebenen Aktivitäten von DESY in der Teilchenphysik sind in die Allianz eingebunden.

## HERA

Die Datenanalyse der HERA-Experimente hat im Jahr 2009 sehr gute Fortschritte gemacht. Viele neue Resultate konnten auf den Konferenzen vorgestellt und publiziert werden.

Die Neu-Rekonstruktion der umfangreichen Daten von H1 und ZEUS mit optimierter Kalibration wurden weitgehend abgeschlossen, so dass nun homogene Datensätze mit höchster Datenqualität und großer Statistik für die Analysen zur Verfügung stehen. Neben den individuellen Analysen der Kollaborationen, die auf allen Themen des breiten Forschungsbereichs mit Hochdruck vorangetrieben werden, konnte auf einigen Gebieten durch Kombination der Resultate von H1 und ZEUS eine weitere Erhöhung der Genauigkeit erzielt werden. In vielen Fällen kann durch diese Kombination nicht nur der statistische, sondern auch der systematische Fehler der Messergebnisse durch die wechselseitige Kalibration der unterschiedlichen Detektoren reduziert werden. Die erste gemeinsame Analyse auf dem

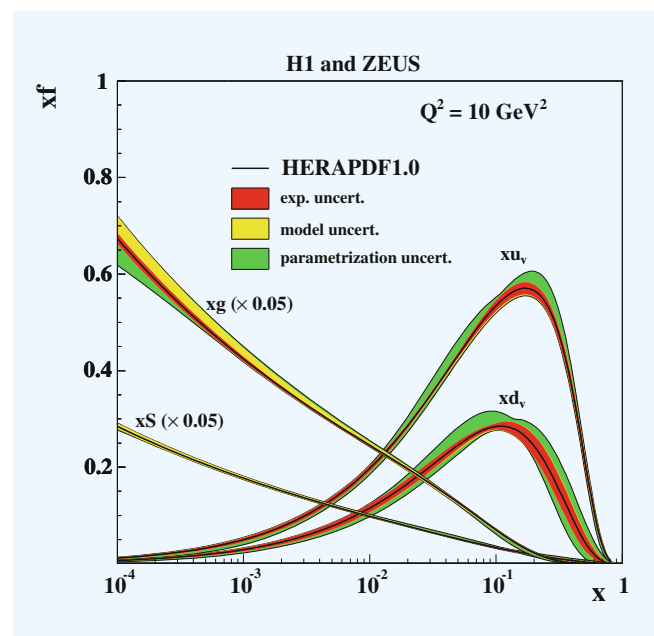


Abbildung 4: Parton Dichteverteilungen (PDF) im Proton, die aus kombinierten Messungen von H1 und ZEUS extrahiert wurden, dargestellt bei einem virtuellen  $Q^2 = 10 \text{ GeV}^2$ .



Gebiet der Suche nach neuer Physik befasst sich mit der Suche nach Ereignissen mit mehreren Leptonen, die einen hohen Transversalimpuls aufweisen. Im Rahmen der Statistik stimmt die Zahl der beobachteten Ereignisse mit den Erwartungen des Standardmodells überein.

Weitere kombinierte Analysen befassen sich mit inklusiven Streuquerschnitten und die davon abgeleitete QCD-Analyse bzw. Extraktion der Partondichten und haben international großes Interesse gefunden, da die erzielte Genauigkeit alle bisherigen entsprechenden Analysen übertrifft (Abbildung 4). Eine möglichst genaue Bestimmung der Partondichteverteilungen im Proton ist unter anderem für die Interpretation der zukünftigen LHC-Daten von großer Bedeutung (Abbildung 5).

Die von den HERA-Experimenten angeregte Initiative zur langfristigen Speicherung von Daten in der Hochenergiephysik wurde inzwischen von allen wesentlichen auf diesem Gebiet tätigen Laboren aufgegriffen. Es hat sich eine experimentübergreifende Arbeitsgruppe gebildet, die bereits mehrere internationale Workshops zu diesem Thema sowohl bei DESY als auch im Ausland veranstaltet hat, auf denen inhaltliche,

organisatorische und technologische Fragen und daraus resultierende Anforderungen diskutiert wurden. Die erarbeiteten Ergebnisse wurden in einem Dokument zusammengefasst und dem *International Committee for Future Accelerators* (ICFA) zur Begutachtung vorgelegt.

Ein wichtiges Feld für das HERMES-Experiment sind harte exklusive Prozessen, die einen Zugang zu den so genannten Generalisierten Parton-Verteilungen eröffnen. Diese ermöglichen eine drei-dimensionale Beschreibung der Struktur des Nukleons auf dem Niveau von Partonen, indem sie den Anteil eines Partons am longitudinalen Impuls des Nukleons mit seiner transversalen Position im Nukleon korrelieren. Ihre Messung hat insbesondere das Ziel, den Gesamtdrehimpuls der Quarks und – unter Verwendung der existierenden Information über den Beitrag der Quarkspins zum Spin des Nukleons – ihren Bahndrehimpuls in einem polarisierten Nukleon direkt zu bestimmen.

Weitere wichtige Arbeiten der HERMES-Kollaboration in 2009 sind die erstmalige Messung einer von Null verschiedenen Sivers-Verteilungsfunktion in der tief-unelastischen Elektron-Nukleon-Streuung (Abbildung 6), deren Existenz von Null verschiedene Bahndrehim-

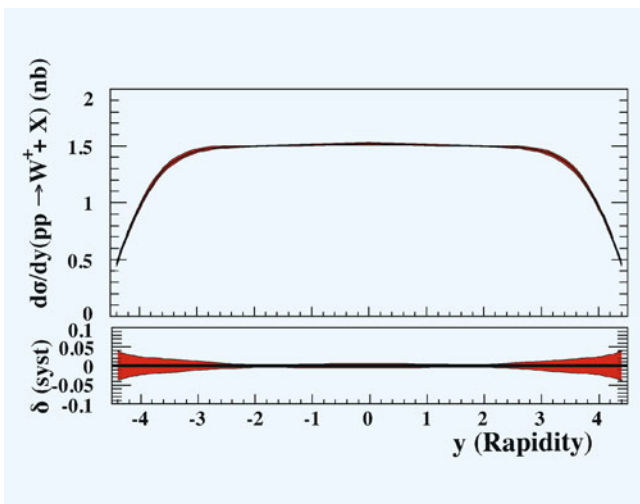


Abbildung 5: Vorhersage für den Produktionswirkungsquerschnitt einzelner  $W^+$ -Bosonen am LHC bei Energien von 14 TeV. Die untere Abbildung zeigt den entsprechenden Fehler, der aus der Unsicherheit der von H1 und ZEUS bestimmten PDF stammt.

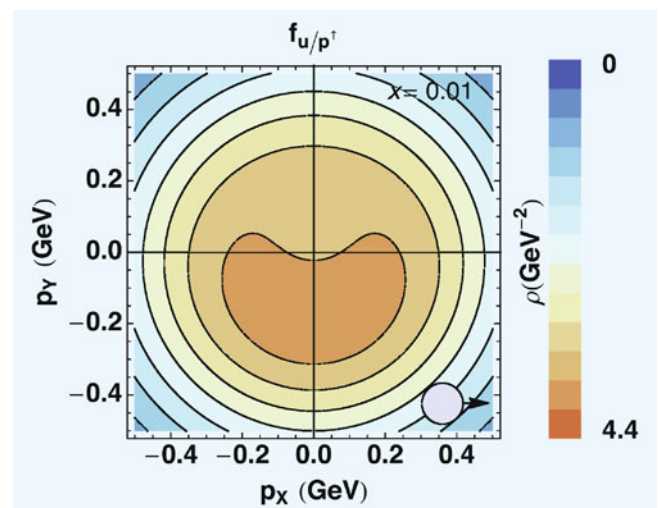


Abbildung 6: Modelvorhersage der Sivers-Verteilung von  $u$ -Quarks. Für ein rechts polarisiertes Proton bewegen sich mehr Quarks nach unten (d. h. mit negativem Impuls in  $y$ -Richtung) als nach oben.

pulse der Quarks voraussetzt, und die Suche nach einem Beitrag des Zwei-Photonen-Austauschs in der tief-unelastischen Streuung an einem transversal polarisierten Wasserstofftarget durch Messung einer Asymmetrie in der azimuthalen Winkelverteilung der gestreuten Elektronen. Innerhalb der experimentellen Genauigkeit von  $10^{-3}$  wurde kein derartiger Beitrag zum Wirkungsquerschnitt beobachtet.

Die Kalibration des Rückstoß-Detektors und das interne Alignment der einzelnen Detektorkomponenten wurden weitgehend abgeschlossen und die Analyse der mit diesem Detektor in den Jahren 2006–2007 aufgezeichneten Daten ist weit fortgeschritten.

## LHC

Bei den LHC-Experimenten war das Jahr 2009 geprägt durch Vorbereitungen auf die ersten Kollisionen, die dann bei 900 GeV und 2.36 TeV ab November erreicht wurden. Nach Analyse einer großen Anzahl kosmischer Myonen konnten die Experimente sehr gut kalibriert und die einzelnen Komponenten zueinander ausgerichtet werden. Als großer Erfolg ist zu werten, dass die Experimente von ersten Tag an voll funktionsfähig waren und in vielen Bereichen sehr schnell nahe an ihre volle Leistungsfähigkeit heran gekommen sind. Die Zeit bis zum Start des LHC wurde auch intensiv genutzt, um Verbesserungen an den Experimenten zu verwirklichen und noch fehlende, kleinere Komponenten einzubauen.

DESY ist am Aufbau, Betrieb und Optimierung des ATLAS Triggersystems beteiligt, in enger Zusammenarbeit mit deutschen und internationalen Partnern. Auf verschiedenen Gebieten wurden entscheidende Beiträge geliefert und Gruppenmitglieder konnten an zentralen Stellen Verantwortung übernehmen. Neben Arbeiten an der Verarbeitungssoftware der Triggerinformation lag der Fokus der DESY-Arbeiten auf dem Aufbau von wichtigen Komponenten zum Betrieb, der Konfiguration und der Überwachung des Triggersystems (Abbildung 7). DESY beteiligt sich aktiv am Betrieb des Triggersystems während der Datennahme.

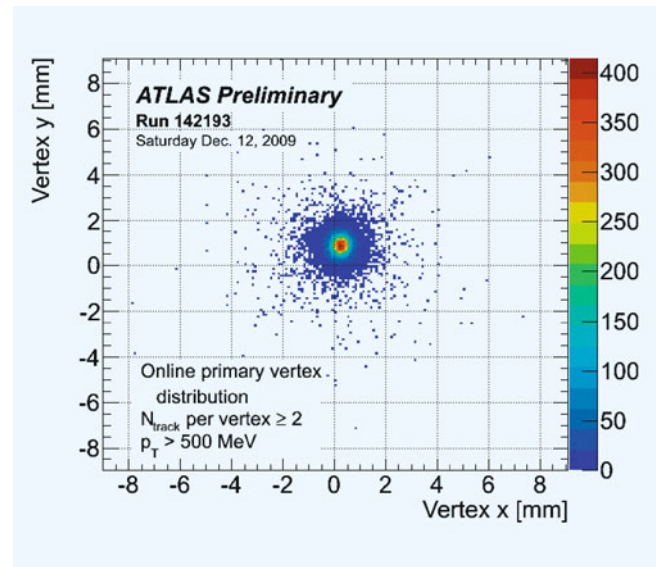


Abbildung 7: Kontrollhistogramm des ATLAS Triggersystems. Gezeigt ist die räumliche Verteilung der Kollisionspunkte in der Ebene transversal zur Strahlrichtung.

Eine weitere Aktivität der ATLAS-Gruppe ist der Bau des Luminositätsdetektors ALFA. Dabei hat die Gruppe die Präzisionsvermessung der szintillierenden Fasern, den Bau des Triggerdetektors, die Beschaffung der Photomultiplier und den Bau der Hochspannungsversorgung übernommen. Die Detektoren werden zurzeit gebaut und sollen in der Wartungsphase 2010/2011 in ATLAS eingebaut werden. Parallel dazu fanden unter Leitung eines DESY-Mitarbeiters Teststrahlungsmessungen statt.

DESY beteiligt sich an Physik-Analysen in ATLAS, insbesondere im Hinblick auf Messungen der Top-Quark-Produktion, der Suche nach Supersymmetrie und der Produktion von W- und Z-Bosonen. Die Gruppe hat Verantwortung in der Rekonstruktion von Tau-Leptonen übernommen und stellt einen Koordinator der ATLAS-Monte-Carlo-Gruppe. DESY spielt eine führende Rolle bei der Definition und Produktion von Datensätzen und stellt hier einen Koordinator sowie die Verantwortlichen für Elektronen, Tau-Leptonen und Top-Physik. DESY hat weiterhin die Verantwortung für die Implementierung von Ereignisgeneratoren in die

ATLAS-Simulation und liefert wichtige Beiträge auf dem Gebiet der schnellen Schauersimulation.

Die Beiträge der DESY-CMS-Gruppe zum Detektor liegen beim *Beam Condition Monitor* (BCM) und dem CASTOR-Kalorimeter. Der BCM dient zum Schutz des empfindlichen CMS-Spuredetektors vor Strahlenschäden durch ungünstige Strahlbedingungen. Nach dem Öffnen des CMS-Detektors Anfang 2009 wurde das System wieder eingebaut und erfolgreich in Betrieb genommen. Von den ersten Kollisionen an spielt dieses System eine wichtige Rolle im CMS Online-System. In 2009 ist es auch gelungen, das CASTOR-Kalorimeter fertig zu stellen, in den CMS-Detektor einzubauen (Abbildung 8) und in Betrieb zu nehmen. Für die DESY-Gruppe ist besonders die Datennahme in den ersten Jahren am LHC bei noch relativ geringen Luminositäten interessant, weil sich hier interessante Verbindungen zu Physik bei HERA ergeben.

DESY ist auch maßgeblich am Alignment, der exakten Ausrichtung der Komponenten, des CMS-Spuredetektors und der Qualitätsüberwachung der Daten beteiligt und hat hier wichtige Koordinationsaufgaben übernommen. Diese Arbeiten haben entscheidend dazu eingetragen, dass erste Resultate bereits kurz nach der Datennahme veröffentlicht werden konnten. Wie auch schon in der Vergangenheit, haben CMS-Mitglieder von DESY und der Universität Hamburg vom CMS Remote Center aus

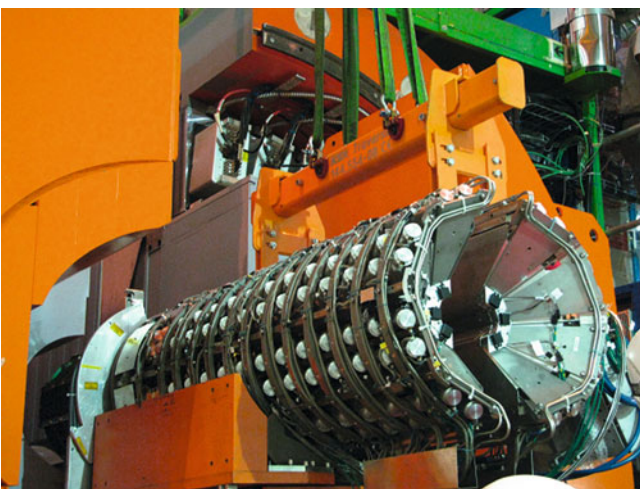


Abbildung 8: Das CASTOR Kalorimeter während des Einbaus im CMS Detektor.

alle Morgenschichten für die Datenqualitätssicherung übernommen

Die geplante Erhöhung der Luminosität (Hochluminositätsphase) ab ca. 2020 wird einen Kompletttausch der Spuredetektoren der Experimente mit sich ziehen. Dazu ist es notwendig, bereits jetzt mit den Entwicklungsarbeiten für schnellere und strahlenhärtere Detektoren zu beginnen. Die DESY-ATLAS-Gruppe hat Entwicklungsarbeiten zur Spannungsversorgung der Spuredetektoren sowie zur Simulation eines neuen Pixeldetektors begonnen. Aufgrund der hohen Strahlenbelastung muss bereits 2014 die innerste Lage des ATLAS Pixeldetektors ersetzt werden. Hier beteiligt sich DESY an der Entwicklung der Spannungsversorgung und der optischen Auslese sowie durch Teststrahlstudien neuer Sensoren.

An dem Upgrade des CMS-Experiments beteiligt sich DESY vorrangig an den R&D-Studien für einen neuen Spuredetektor. Ein Fokus der Aktivitäten auf Studien zu den Sensor-Eigenschaften, der andere Fokus auf dem Bau von den Detektor-Modulen, für die Finite-Elemente-Rechnungen für die mechanische Stabilität und die erforderliche Kühlung durchgeführt und mit entsprechenden Testständen überprüft werden sollen.

## ILC

Die Pläne zur Realisierung des *International Linear Collider* (ILC), ein  $e^+e^-$  Linearbeschleuniger mit Schwerpunktsenergien von 500 bis 1000 GeV, wurden in 2009 weiterhin global vorangetrieben. Die technische Design-Phase ist bis 2012 geplant; das Projekt durchlief im April bei einem Treffen in Tsukuba, Japan, den ersten großen internen Review nach Veröffentlichung des Reference Design Reports im Jahr 2007 (Abbildung 9). Die Arbeiten während dieser Phase konzentrieren sich auf die zwei kritischen Herausforderungen: Erreichen der höchsten Gradienten für supraleitende Resonatoren und Überwinden des electron-cloud Effekts in Positron-Dämpfungsringen, der den Maximalstrom begrenzen kann.



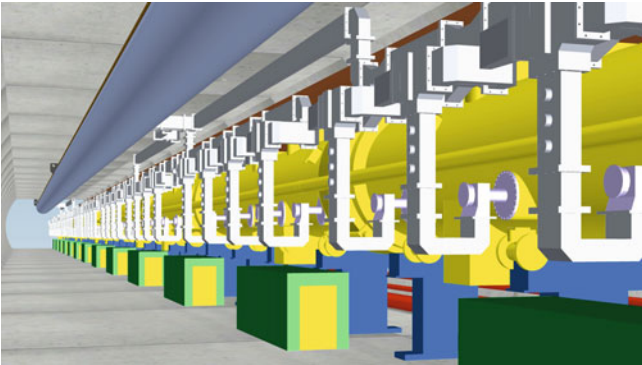


Abbildung 9: Dreidimensionale Beschleuniger-Visualisierung als DESY-Beitrag zum ILC.

Große Fortschritte gab es im Hochgradienten-Programm für die supraleitenden Resonatoren. Dieses Programm, das europäische Förderung (ILC-HiGrade) und Förderung durch die Helmholtz-Allianz erfährt, nutzt die Ausschreibung für den europäischen XFEL, um für die standardisierten Produktionsverfahren für die Resonatoren durch bessere Präparation und Diagnose höhere Gradienten, wie für den ILC erwünscht, zu erreichen. Diese Option ist weltweit einzigartig. Einen Vorgegeschmack auf den Betriebsmodus der ILC-Resonatoren gaben die Experimente bei FLASH. Im Herbst 2009 wurde ein dediziertes Experimentierprogramm am FLASH durchlaufen, in dem maximaler Strom, maximale Pulslänge und maximaler Gradient erprobt wurde. Dieser Betriebsmodus ist sowohl für den Europäischen XFEL als auch für ILC von ausschlaggebender Bedeutung und fand große internationale Beachtung.

Die Weiterentwicklung der Experimente für einen Linearbeschleuniger wurde international und bei DESY in 2009 mit Nachdruck betrieben. Die Experimente sind in Konzept-Gruppen organisiert. Nachdem Ende März die *Letter of Intents* fertig gestellt worden sind – DESY ist zentral am ILD-Detektor-Konzept beteiligt – wurden diese im Laufe des Sommers von einer internationalen Expertenkommission begutachtet. Das ILD-Konzept konnte aus dieser Begutachtung mit sehr guten Noten hervorgehen, und hat jetzt offiziell das Mandat bekommen, einen Vorschlag für einen der zwei Detektoren am ILC zu entwickeln. Eine sehr wichtige Rolle bei den Studien spielt die Software-Entwicklung. DESY hat hier an zentraler Stelle wichtige Beiträge geleistet und

ist wesentlich an der Entwicklung und dem Unterhalt der international genutzten ILC-Software beteiligt. Inzwischen wird diese Software auch vom CLIC-Projekt am CERN benutzt, mit dem eine enge Zusammenarbeit etabliert worden ist.

Die Arbeiten im Bereich der Detektorentwicklung gehen gut voran und sind national eingebunden in die Helmholtz-Allianz und international in mehreren R&D-Kollaborationen sowie auf europäischer Ebene durch die EU gefördert im Rahmen des EUDET-Projekts. Im Rahmen von EUDET ist am DESY ein hochauflösendes Strahlteleskop aufgebaut worden, welches am DESY und am CERN zum Einsatz kommt. Im Sommer des Jahres 2009 war das Teleskop für mehrere Monate am CERN im Einsatz und wurde dort sowohl im Rahmen von ILC als auch im Rahmen von ATLAS-Projekten für Upgrade-Studien verwendet. Der große TPC-Prototyp wurde im Jahre 2009 fast kontinuierlich von Gruppen aus Frankreich, den Niederlanden, Deutschland, Japan und Kanada verwendet um verschiedene Technologien im Strahl zu erproben. Ab 2010 werden alle wesentlichen Komponenten einschließlich 10 000 Auslesekanälen verfügbar sein und eine Fülle grundlegender Untersuchungen ermöglichen (Abbildung 10).

Nach dem Abschluss der Teststrahlkampagne des hadronischen Kalorimeters am Fermilab im Herbst 2008

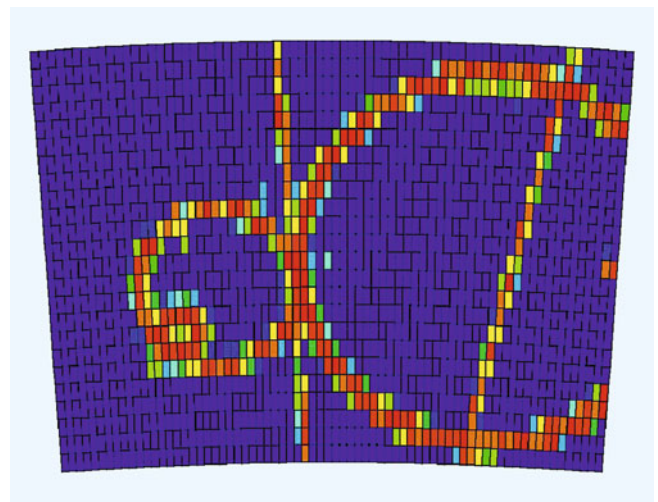


Abbildung 10: Rekonstruktion eines niederenergetischen Teilchens, nachgewiesen im TPC-Prototyp.



konzentrierten sich die Aktivitäten hier auf die Analyse der Daten, und die Entwicklung der nächsten Prototyp-Generation. Ausführliche Studien über den mechanischen Aufbau der geplanten Module wurden durchgeführt, um eine optimierte Struktur entwickeln zu können. Die Instrumentierung der Vorwärts Region am ILC stellt besondere Herausforderungen an die Strahlenhärte und Auslesegeschwindigkeit der Detektoren. Im Rahmen der FCAL Kollaboration gehen die Entwicklungsarbeiten planmäßig voran. Technologien, die im Rahmen des FCAL Projektes entwickelt wurden, finden inzwischen eine Anwendung für Instrumentierung der Strahlüberwachung im CMS Experiment.

## Theorie

Das Jahr 2009 war aus Sicht der DESY Theoriegruppe durch mehrere große wissenschaftliche Veranstaltungen geprägt. Im Juli kamen Teilnehmer aus aller Welt am DESY für eine Konferenz über *Particles, Strings and Cosmology* (PASCOS 2009) zusammen. Die hochkarätig besetzte Sprecherliste und sehr anspruchsvolle Parallelsitzungen inspirierten mehr als 200 Wissenschaftler zu einem angeregten und sehr interdisziplinären Gedankenaustausch. Eingebettet in diesen Rahmen hielt der renommierte Kosmologe Prof. J. Silk (Oxford) die Heinrich-Hertz-Lecture mit dem Titel *Dark matters*.

Ebenfalls im Juli fand im Rahmen des HISS-Programms (*Helmholtz Internatioal Summer Schools*) der Helmholtz-Gemeinschaft in JINR/Dubna/Russland die 10-tägige Schule *CALC – 2009 Calculations for Modern and Future Colliders* statt, die gemeinsam von DESY und dem Theorie-Labor des JINR organisiert wird. Insgesamt gab es über 100 Teilnehmer aus mehreren Ländern.

Der diesjährige Theorieworkshop war der *Collider Phenomenology* gewidmet. Unter der Leitung von W. Hollik (MPI München) hatte das Organisationskomitee ein interessantes und thematisch weit gefächertes Programm zusammengestellt. In 20 Plenar- und 35 Parallelvorträgen kamen zahlreiche aktuelle Themen der Teilchenphänomenologie zur Sprache.

Gleich in der sich anschließenden Woche vom 4. zum 9. Oktober 2009 fand in den Räumen der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften die Internationale Konferenz *QCD: The Modern View of the Strong Interactions* statt, an welcher 100 Teilnehmer aus 12 Ländern teilnahmen, darunter auch drei Nobelpreisträger. Die Konferenz wurde gemeinsam von DESY, LMU München und MPI für Physik München organisiert (J. Blümlein, H. Fritzsche, D. Lüst). In ca. 45 Vorträgen wurden zum einen Übersichten über verschiedene moderne Entwicklungen auf dem Gebiet der Quanten Chromodynamik gegeben, zum anderen wurden insbesondere durch junge Nachwuchswissenschaftler wichtige neue Einzelergebnisse vorgestellt. M. Veltman (Ann Arbor) gab einen öffentlichen Abendvortrag über *Challenges at Particle Accelerators: Past, Present, and Future*.

Seit dem 1. Oktober 2009 ist Herr Prof. Georg Weiglein (ex. IPPP Durham) als Leitender Wissenschaftler in der Theoriegruppe beschäftigt. Diese Stelle war seit der Emeritierung von Herrn Prof. P. Zerwas im Frühjahr 2007 vakant gewesen. Mit dem Eintreffen von Herrn Prof. Weiglein kann nun die Arbeitsgruppe *Collider Phenomenology* bei DESY Standort Hamburg wieder neu aufgebaut werden.

Im Rahmen einer gemeinsamen Berufung von DESY und der Universität Hamburg wurde Frau Prof. Gudrid Moortgart-Pick als W2-Professorin berufen. Sie nimmt ebenfalls zum 1. Oktober 2009 ihre Arbeit auf dem Gebiet der Phänomenologie an der Schnittstelle zu Collider-Experimenten auf. Diese Professur ist insbesondere auf die Zukunftsprojekte von DESY in der Teilchenphysik ausgerichtet.

In der Arbeitsgruppe *Stringtheorie* wurden im Berichtszeitraum große Fortschritte gemacht bei der Anwendung stringtheoretischer Methoden auf die Eichtheorie. Insbesondere ist es Mitarbeitern der Gruppe so zum ersten Male gelungen, die anomalen Dimensionen einer wechselwirkenden 4-dimensionalen Eichtheorie als Funktion der Eichkopplung exakt zu berechnen, ein Ergebnis, das weltweit große Beachtung gefunden hat.

Schwerpunkte der Forschung in der Arbeitsgruppe *Teilchenkosmologie* waren zum einen die Stabilität von Va-

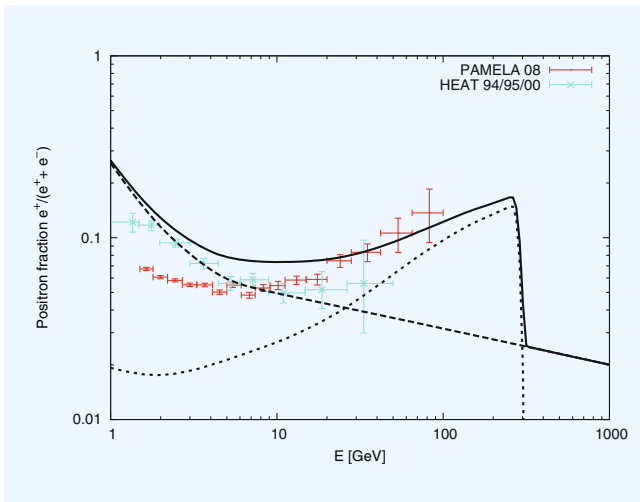


Abbildung 11: Der gemessene Anteil kosmischer Positronen bei hohen Energien übersteigt die Erwartung aus dem Zerfall primärer kosmischer Strahlung aus der Milchstraße (abfallende gestrichelte Linie). Dieser Anstieg könnte aus dem Zerfall von Gravitinos mit einer Masse von  $\sim 600$  GeV und einer Zerfallsdauer von  $\sim 1,5 \times 10^{26}$  s stammen (ansteigende gepunktete Linie).

kua in Theorien mit zusätzlichen Raumdimensionen. Es wurde gezeigt, dass die Existenz skalarer Teilchen mit Massen unterhalb der Gravitinomasse eine generische Eigenschaft ist. Zum anderen wurden Vorhersagen von dunkler Materie aus Gravitinos für die hochenergetische kosmische Strahlung von Positronen, Antiprotonen und Photonen untersucht (Abbildung 11).

Die Aktivitäten auf dem Gebiet der Gittereichtheorie wurden neu strukturiert und die langfristigen Planungen überarbeitet. Insbesondere sind nun alle „DESY Lattice Physiker“ in einer Gruppe zusammengefasst, die auch die DESY-Forschergruppe am Neumann-Institut for Computing (NIC) bildet.

## Astroteilchenphysik

Die weitere Komplementierung des IceCube-Experiments ist erfolgreich vorangeschritten. In der Saison 08/09 wurden 19 Strings installiert. Damit waren in Summe 59 von insgesamt 86 Strings im Eis. Die Fer-

tigstellung des Experiments wird daher wie vorgesehen im Jahr 2011 erfolgen können (Abbildung 12).

In der Datenanalyse wurde eine Winkelauflösung von besser als  $1^\circ$  durch den Nachweis des Mondschattens demonstriert. In der Winkelverteilung der geladenen kosmischen Strahlung konnte eine vom Nordhimmel her bekannte Anisotropie von der Größenordnung einiger zehntel Prozent erstmals auch am Südhimmel gemessen werden. Diese Beobachtungen werden jetzt mit Modellvorstellungen zu großräumigen galaktischen Magnetfeldern bzw. kosmischen Einzelquellen konfrontiert. Die Neutrino-Analysen haben zu wesentlich verbesserten oberen Grenzen für Neutrino-Quellen geführt. Dabei gelang es, die Suche von dem in Neutrinos für IceCube am besten sichtbaren Nordhimmel auch auf den Südhimmel auszudehnen. Die Aktivitäten in Zeuthen sind zunehmend auf die Analysen und „Physikernte“ konzentriert. In diesem Zusammenhang baut DESY seine Rolle als europäisches Daten- und Analyse-Zentrum für IceCube aus.

Das MAGIC Experiment hat ein zweites Teleskop mit 17 m Durchmesser in Betrieb genommen und damit das physikalische Potential deutlich erhöht. Die DESY-Gruppe hat für Multimessenger-Analysen ein Programm initiiert, bei dem IceCube Trigger-Signale

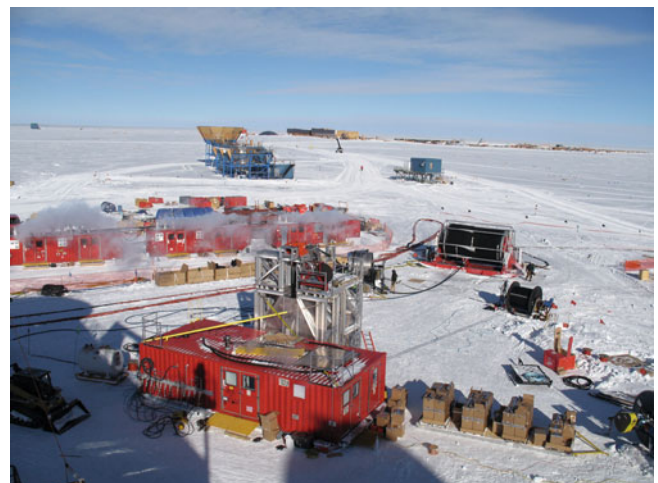


Abbildung 12: Ansicht der IceCube Bohrstation mit Heizgeräten, Pumpen und der Bohrhütte im Vordergrund. Im Hintergrund ein Radioteleskop und der Südpol.

zur Steuerung des MAGIC-Gamma-Teleskops auf La Palma verwendet werden. Außerdem ist die Gruppe in die Analyse von Aktiven Galaktischen Kernen involviert. Ein Teil der Daten wurde in einer Multi-Wellenlängen-Kampagne mit Röntgendaten und niederenergetischen Gamma-Strahlen verwandt.

Das CTA Experiment (*Cerenkov Telescope Array*) befindet sich in der R&D und Prototyp Phase und erhält große Unterstützung durch den *ASPERA Call* in dessen Fokus die Förderung des CTA Experiments und von *Dark Matter Searches* stehen. Das Konsortium ist auf 105 Instituten aus 22 Ländern angewachsen. DESY arbeitet an folgenden Aufgaben: Entwicklung eines Teleskop-Prototyps mit einem 12 Meter großen Spiegelträger, Optimierung des CTA-Arrays, Produktion simulierter Daten mit Grid-Software, Vorschlag einer digitalen Trigger-Elektronik, Entwicklung der Hochspannungs-Versorgung für die Photoröhren der Kamera und Design des Array Control Centers. Diese Arbeiten werden zum Teil in enger Kollaboration mit der Universität Erlangen, der HU Berlin, dem MPI Heidelberg und dem ANL durchgeführt. Eine Nachwuchsgruppe der Helmholtz-Gemeinschaft wird ab 2010 ihre Arbeit aufnehmen. Damit werden die DESY-Beiträge zur physikalischen Analyse- und Daten-Rekonstruktion wesentlich verstärkt.

In der Astroteilchentheorie hat Prof. Martin Pohl am 01.10.2009 seine Position als Leitender Wissenschaftler bei DESY und als Professor an der Potsdamer Universität angetreten. Seine Gruppe wird eine Klammer zum AIP Potsdam herstellen.

## DESY Grid Center

Das gemeinsame DESY Tier-2 an den beiden Standorten Hamburg und Zeuthen für die LHC-Experimente ATLAS und CMS wurde in 2009 entsprechend der Ausbaupläne weiterentwickelt. Neu hinzugekommen ist der Aufbau eines Tier-2 Zentrums für das LHCb-Experiment, der durch eine Anschubfinanzierung durch das BMBF ermöglicht wurde. Das DESY Tier-2 insgesamt zeichnet sich durch eine sehr hohe Verfügbarkeit

und Zuverlässigkeit im internationalen Vergleich aus, dieses wird durch regelmäßige Testprogramme innerhalb des weltweiten LHC-Computings extern überprüft. Gleichzeitig nimmt DESY mit einem etwa 70% Nutzungsanteil seine internationale Verpflichtung wahr. Das Tier-2 für CMS wird seit langem in einer Föderation mit der RWTH Aachen betrieben. Für das ATLAS Tier-2 Zentrum wurde eine ebensolche Föderation mit der Universität Göttingen aufgesetzt. Föderation bedeutet dabei eine Koordination der (IT-) Services und eine Vertretung in LHC-Gremien, die von DESY wahrgenommen werden.

Zusätzlich unterstützt DESY eine Vielzahl von weiteren Experimenten, im Grid als virtuelle Organisationen (VO) zusammengefasst. Hierzu gehören wesentlich die HERA-Experimente, ILC und IceCube, aber auch erste Communities auf der Forschung mit Photonen.

Der Aufbau der *National Analysis Facility* (NAF) im Rahmen der HGF-Allianz *Physics at the Terascale* wiederum an beiden Standorten konnte auch dank einer großzügigen Anschubfinanzierung durch das BMBF erfolgreich durchgeführt werden. Das System ist seit längerem betriebsbereit und wird intensiv und überwiegend von externen nationalen Nutzergruppen benutzt. Es wurde ein Nutzerausschuss eingesetzt, in dem Betrieb und weiterer Ausbau mit den Experimenten abgestimmt wird.

Im Rahmen der nationalen Grid-Initiative D-Grid ([www.d-grid.de](http://www.d-grid.de)) konnte wiederum erfolgreich ein Aufstockungsantrag in beträchtlichem Umfang für Investitionen im Hardwarebereich für das Grid-Computing gestellt werden. Gleichzeitig gelang es, in der D-Grid Initiative sowie im EU-Projekt EGEE III Folgeanträge erfolgreich zu platzieren.

Weiterhin hat das dCache Projekt ([www.dcache.org](http://www.dcache.org)) als eine insbesondere von DESY entwickelte und für die LHC-Datenspeicherung weltweit sehr zentrale Komponente die umfangreichen Grid-Aktivitäten (siehe auch <http://grid.desy.de>) geprägt. DESY hat hier eine sehr hohe Sichtbarkeit und Verpflichtung, denn etwa 70% der LHC-Daten außerhalb von CERN werden von dieser verteilt installierten Software verwaltet.



Daneben wird intensiv an der Inbetriebnahme der Computing-Infrastruktur für das offline-Computing an PETRA III gearbeitet. Gleichzeitig berät die IT-Gruppe den XFEL in der Erstellung eines *Computing Technical Design Reports* (CTDR). Bei DESY werden Vorkehrungen getroffen, um den XFEL mit Standard-DV-Leistungen zu unterstützen. Diese Dienste können auf der Basis einer Kosten-Leistungsrechnung gegenüber der XFEL-GmbH abgerechnet werden, entsprechende Basis-Vereinbarungen wurden dazu vorbereitet.

Im Rahmen der nationalen Grid-Initiative D-Grid ([www.d-grid.de](http://www.d-grid.de)) konnte wiederum ein Projektantrag erfolgreich zum Thema Datenmanagement in Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen gestellt werden. An der Fortführung des europäischen Projektes EGEE in einer neuen europäischen Gesamtstruktur EGI wird derzeit gearbeitet. Dazu ist DESY Mitglied der Gauß-Allianz geworden, einem Verein mit den wesentlichen nationalen großen Rechenzentren als Mitglieder. Ziel ist, die nationale Grid-Strategie mit zu gestalten und die Interessen der deutschen Teilchenphysik zu vertreten.

## Weitere Projekte

### ALPS

Zur Suche nach bisher unbekanntem sehr leichten und extrem schwach wechselwirkenden Teilchen mit dem Experiment ALPS (*Any Light Particle Search*) wird ein hochintensiver Laserstrahl durch die Hälfte eines HERA-Dipolmagneten bis zu einer Wand geführt und untersucht, ob in der zweiten Magnethälfte hinter der Wand Licht neu entsteht. Im Jahr 2009 konnte das Projekt erfolgreich abgeschlossen werden. In einer Kollaboration aus vier deutschen Instituten wurden die weltweit empfindlichsten Messungen in diesem Forschungsbereich durchgeführt. Dies gelang durch Steigerung der effektiven kontinuierlichen Laserleistung von 34 W auf bis zu 1300 W und dem Einsatz einer neuen empfindlicheren CCD-Kamera. Damit hat ALPS die ursprünglichen Projektziele deutlich übertraffen. Neben zahlreichen Konferenzbeiträgen ist die-

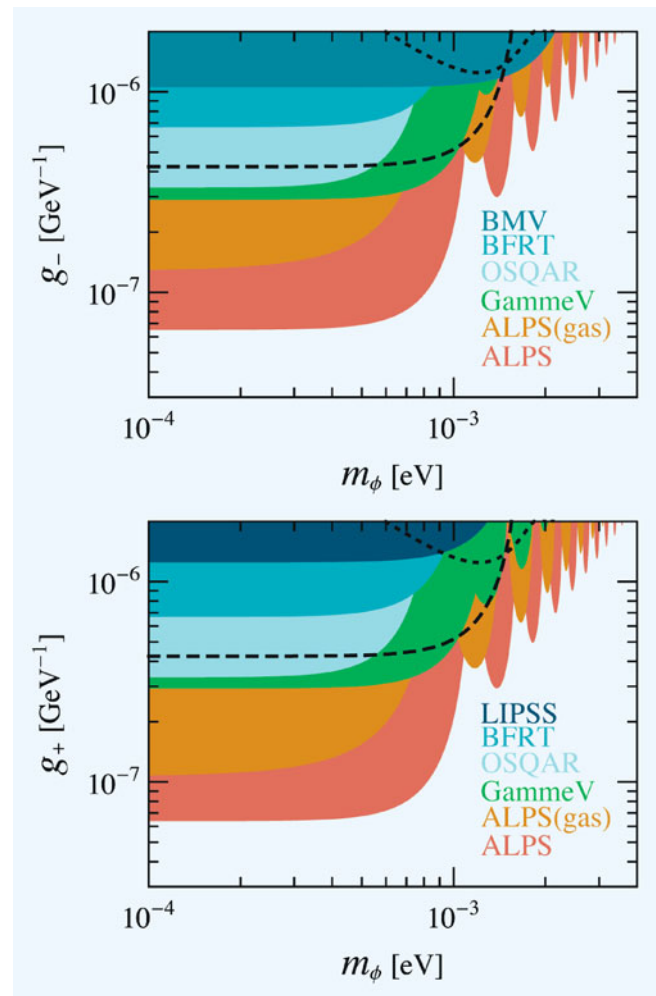


Abbildung 13: Ausschlussgrenzen für pseudoskalare (oben) und skalare (unten) Axion-ähnliche Teilchen von ALPS und anderen Experimenten.

ses wichtige Ergebnis inzwischen veröffentlicht worden (Abbildung 13).

Der Erfolg von ALPS beruht ganz wesentlich auf den Experimentiermöglichkeiten bei DESY sowie der Zusammenarbeit von Hochenergiephysikern und Experten zum Bau und Betrieb großer Laserinterferometer zum Nachweis von Gravitationswellen. Die an ALPS beteiligten Institute haben ihre grundsätzliche Bereitschaft zur Fortführung der Zusammenarbeit erklärt.

In den kommenden zwei Jahren sollen Voruntersuchungen über ein mögliches verbessertes Folgeexperiment durchgeführt werden.

## OLYMPUS

Aus der Hadron- und Kernphysik wurde unter Federführung des Massachusetts Institute of Technology (MIT) ein Vorschlag zur genauen Vermessung der  $e^+p/e^-p$  Wirkungsquerschnitte bei DORIS als OLYMPUS-Experiment eingereicht. Für das Verständnis des Aufbaus des Protons ist die Bestimmung der elektrischen (GE) und magnetischen (GM) Formfaktoren von besonderem Interesse. Diese Formfaktoren beschreiben die Verteilung von Ladung und Magnetismus im Proton. Die seit über 50 Jahren durchgeführten elastischen Elektron-Proton-Streuexperimente besagen, dass das Verhältnis GE/GM als Funktion des Impulsübertrags konstant ist. Neue Messungen mit Polarisation am Jefferson Laboratory zeigen dagegen eine signifikante Abweichung: das Verhältnis GE/GM fällt als Funktion des Impulsübertrags ab. Es wird vermutet, dass dieses durch den Austausch von zwei Photonen bei der Wechselwirkung verursacht wird. Das bisherige Verständnis des Protons basiert dagegen auf dem Austausch von nur einem Photon bei der elastischen Streuung.

Eine präzise Bestimmung des Zwei-Photonaustausches soll nun mit dem OLYMPUS-Experiment bei DORIS durchgeführt werden. Es handelt sich dabei um die erste Messung dieser Art überhaupt. Der Zwei-Photonaustausch lässt sich relativ einfach bestimmen, indem die Streumessungen sowohl mit Elektronen als auch mit Positronen durchgeführt werden. Bei bisherigen Messungen sind nur Elektronen verwendet worden. DORIS zeichnet sich dadurch aus, dass es der weltweit einzige Speicherring ist, der in dem gewünschten Energiebereich ein schnelles Umschalten von Elektron- auf Positronbetrieb mit hohen Strahlströmen ermöglicht.

Für das neue Experiment soll der *Bates Large Acceptance Spectrometer Toroid* (BLAST) verwendet werden, mit dem am Bates-Beschleuniger des MIT in den USA Messungen durchgeführt wurden. Der BLAST/OLYMPUS-Detektor soll dafür in den USA demontiert, zu DESY transportiert und wieder aufgebaut werden. Der Detektor ist im Vergleich zu den HERA-Experimenten relativ klein und einfach strukturiert. Für den Aufbau am DESY muss dazu die frühere

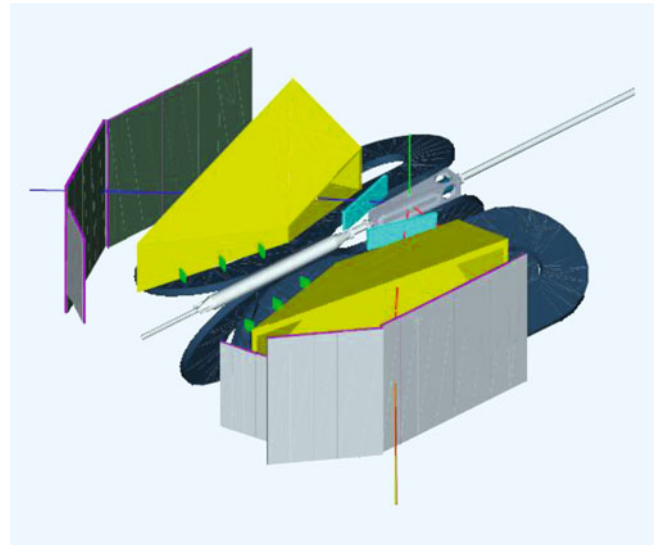


Abbildung 14: Schematischer Aufbau des OLYMPUS-Detektors: In der Mitte die Target-Kammer und das Strahlrohr, umgeben vom GEM Spurdetektor (hellblau), Driftkammern (gelb) und Driftzeit-Detektoren (grau). Die Spulen an der Unterseite sind blau dargestellt.

ARGUS-Wechselwirkungszone bei DORIS umgebaut werden.

Der Vorschlag für das OLYMPUS-Experiment wurde im Herbst 2008 eingereicht (Abbildung 14) und im September 2009 fand eine umfangreiche technische Begutachtung mit externen Gutachtern statt. Das Projekt wurde daraufhin vom DESY Direktorium genehmigt.

Der Zeitplan sieht vor, den BLAST-Detektor Anfang 2010 bei MIT zu demontieren, im Mai zu DESY zu transportieren und anschließend in der DORIS-Halle, unterhalb der Strahlposition, aufzubauen. Die DORIS-Wechselwirkungszone soll im Winter 2010/11 umgebaut werden, so dass im Sommer 2011 der Detektor in die Strahlposition gefahren werden kann. Die Datennahme ist für Januar–Februar 2012 (ein Monat) und Oktober–Dezember 2012 (zwei Monate) vorgesehen. Dieser Zeitplan ist abgestimmt mit dem Betrieb der DESY-Synchrotronstrahlungsquellen.

Die OLYMPUS-Kollaboration besteht zurzeit aus 57 Physikern und Ingenieuren aus 16 Instituten aus den

USA, Deutschland, Italien, Russland, Schottland und Armenien. Das Experiment bietet eine einzigartige Möglichkeit, eine für das Verständnis des Protons wichtige Messung mit relativ geringem Aufwand durchzuführen. Sowohl der Beschleuniger als auch der Detektor existieren bereits. Der Aufwand für die Modifikation von DORIS ist relativ gering.

## Schülerlabor

Das DESY-Schülerlabor *physik.begreifen* am Standort Hamburg bietet Schulklassen von der 4. bis zur 13. Klasse eintägige Praktika zu unterschiedlichen Themenbereichen der Physik an. Die Praktika sind so gestaltet, dass die Kinder und Jugendlichen in kleinen Forscherteams möglichst eigenständig experimentieren und durch eigenes Überlegen oder mit Hilfe von Informationsmappen die beobachteten physikalischen Phänomene erklären können. Die Schülerinnen und Schüler werden bei ihrer Arbeit von fachlich und pädagogisch qualifizierten Studenten unterstützt. Das Ziel dieser Veranstaltungen ist es, das Interesse der Jugendlichen an Naturwissenschaften, insbesondere an Physik, zu wecken und zu fördern. Über die positiven Erfahrungen im Schülerlabor lassen sich die Schülerinnen und Schüler schnell für Physik begeistern und sind sehr viel aufgeschlossener gegenüber dieser „harten Wissenschaft“.

Die Nachfrage für Veranstaltungen bei *physik.begreifen* ist sehr groß. Binnen weniger Stunden sind meist alle angebotenen Termine für Schulklassen und auch die Ferienaktionen ausgebucht. Der Schülerlaborpavillon wird in den kommenden Monaten aufgestockt. Die Baumaßnahmen werden mit Geldern aus dem Konjunkturpaket II finanziert, die uns über die Wissenschaftsbehörde in Hamburg zur Verfügung gestellt wurden.

Das Experimentierangebot im Vakuumlabor in Zeuthen wurde in 2009 von ca. 2500 Schülerinnen und Schülern aus 112 Klassen genutzt. Auch das Cosmic-Lab wurde von zahlreichen Jugendlichen zur Durchführung

von Projektwochen und Praktika besucht. Dabei wurden auch langfristige Arbeiten betreut: vier Schüler aus Cottbus arbeiten für zwei Jahre im Projekt mit, zwei Schüler machen ihre 5. Prüfungskomponente für das Abitur in dem Projekt

## Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Das Jahr 2009 stand für DESY ganz im Zeichen des 50-jährigen Bestehens des Forschungszentrums. Viele Veranstaltungen und Attraktionen begleiteten das Jubiläumsjahr.

Es begann am 2. März 2009 mit einer großen Auftaktveranstaltung, die zugleich die feierliche Amtübergabe des Vorsitzes des DESY-Direktoriums von Albrecht Wagner an Helmut Dosch darstellte. Regelmäßige öffentliche Abendveranstaltungen mit Vorträgen und Vorführungen begleiten durch das Jubiläumsjahr. Im März lud DESY zum *Science Photo Walk*, bei dem rund 100 Fotografen Gelegenheit hatten, bei DESY „Forschung live“ zu portraituren. Die besten Bilder wurden prämiert und in einer Ausstellung im Hamburger Leventehaus in der Mönckebergstraße präsentiert. Auch auf dem 820. Hamburger Hafengeburtstag mit Partnerland Schweiz präsentierte DESY publikumswirksam eine Ausstellung zur *Weltmaschine LHC am CERN in Genf* sowie Vorträge zum Thema Urknall. Eine große Veranstaltung mit Bundesforschungsministerin Schavan gab es am 21. Juli 2009 anlässlich der Grundsteinlegung für die Beschleunigermodul-Testhalle AMTF für den Röntgenlaser European XFEL.

Am 7. November 2009 folgte ein breit gefächertes Programm zur Nacht des Wissens in Hamburg, an der sich DESY beteiligt, und zusätzlich einen Tag der offenen Tür mit verlängerten Öffnungszeiten anbietet. Am 16. November folgte als weiterer Höhepunkt die Inauguration der neuen Lichtquelle PETRA III.

Am 13. Juni 2009 beteiligte sich DESY wieder gemeinsam mit der Humboldt-Universität an der Langen Nacht der Wissenschaften in Berlin.