

Abbildung 2: Der Wirkungsquerschnitt der tief-unelastischen Elektron-Proton Streuung sowohl für Ereignisse des Neutralen Stroms (NC, blaue Symbole) als auch für Ereignisse des Geladenen Stroms (CC, rote Symbole). Diese Darstellung basiert auf den Daten von H1 und ZEUS aus beiden Datennahmeperioden bei HERA und demonstriert ein weites Spektrum zentraler Eigenschaften des Standardmodells der Teilchenphysik: Der Wirkungsquerschnitt des neutralen Stroms fällt über mehrere Größenordnungen mit der Virtualität, Q^2 , des ausgetauschten Bosons. Bei Werten von $Q^2 \approx m_W^2$ sind beide vergleichbar groß, eine sehr direkte Demonstration der Vereinigung von Elektromagnetischer und Schwacher Wechselwirkung.

Forschung Teilchenphysik

Im Jahr 2008 wurde die zweite Periode der Programmorientierten Förderung (PoF) der Helmholtzgemeinschaft vorbereitet und die Programmentwürfe 2010-14 zur Teilchen- und Astroteilchenphysik erstellt. Damit verbunden ist die Formulierung der strategischen Ausrichtung von DESY in den nächsten Jahren, was insbesondere für die Neuausrichtung der Elementarteilchenphysik bei DESY von großer Wichtigkeit ist. Die in den Programmen dargelegten Strategien werden im Frühjahr 2009 von führenden internationalen Wissenschaftlern beurteilt.

Grundlage der strategischen Planung in der Teilchenphysik am DESY ist die langfristige Entwicklung von HERA über eine signifikante Beteiligung an den großen LHC-Experimenten hin zum ILC. Die experimentellen Aktivitäten werden unterstützt durch eine starke, thematisch breit aufgestellte Theoriegruppe sowie eine in Deutschland einzigartige Infrastruktur, die vom wissenschaftlichen Computing bis hin zu Teststrahleinrichtungen und anderen technischen Kapazitäten zur Detektorentwicklung reicht.

Ein wichtiges Ergebnis dieser Strategieplanung war die detaillierte Planung und Prioritätensetzung für die verbleibenden Arbeiten zur Auswertung der HERA-Daten, in den noch ein großes wissenschaftliches Potential steckt. Die Analysen werden voraussichtlich im Jahre 2014 abgeschlossen, unter tatkräftiger Hilfe der vielen an den Experimenten beteiligten Kollaborationspartnern. Die bei HERA freiwerdenden Kapazitäten sollen zur Weiterführung dem Ausbau der DESY-Beteiligung an den LHC-Experimenten ATLAS und CMS genutzt werden. Im Vordergrund stehen dabei in den nächsten Jahren die physikalischen Analysen der LHC-Daten und die Vorbereitungen für Detektorupgrades.

Die Entwicklung des ILC Beschleunigers und Detektors wird bei DESY in den nächsten Jahren mit glei-

chem Elan vorangetrieben werden. Insbesondere in der Beschleunigerentwicklung ist DESY durch das Ausnutzen von Synergien mit dem in gleicher Technologie bereits existierenden FLASH-Beschleuniger und dem European XFEL, mit dessen Bau in 2009 begonnen wurde, in einer weltweit einzigartigen Position.

Dieses experimentelle Programm wird unterstützt durch eine thematisch breit aufgestellte Theoriegruppe, die eine wichtige Rolle weit über DESY hinaus in Deutschland und der Welt spielt. DESY betreibt deutsche Tier-2 Zentren für drei der vier LHC-Experimente (ATLAS, CMS und LHC-b) und spielt hier eine wichtige Rolle für die Teilchenphysik in Deutschland und weit darüber hinaus.

Der Aufbau der im Jahre 2007 gegründeten Helmholtz-Allianz *Physics at the Terascale* ist weiter voran gebracht worden. Diese Allianz, die DESY mit allen Hochenergiephysik-Instituten in Deutschland verbindet, ist von hoher strategischer Bedeutung und auch ein zentrales Element des Programmantrages. Ein wichtiges Ziel ist die langfristige Sicherung der Strukturen und Instrumente, wie zum Beispiel das Analysezentrum, die National Analysis Facility (NAF) und anderes, zur Neuorganisation der Teilchenphysik in Deutschland.

Im Bereich der Astroteilchenphysik verfolgt DESY wissenschaftlich die Multi-Messenger-Strategie, d.h. das Ergänzen der seit vielen Jahren erfolgreich betriebenen Neutrino-Astronomie durch Experimente mit Photonen als zweite kosmische Botenteilchen. Der Aufbau des IceCube Neutrinoobservatoriums am Südpol machte sehr gute Fortschritte. DESY hat seinen Beitrag zum Detektor inzwischen erbracht, so dass die wissenschaftliche Analyse der IceCube-Daten immer mehr in den Vordergrund rückt. Daneben beginnen wir nun mit vorbereitenden Arbeiten zum Cerenkov Telescope Array

(CTA), ein europäisches Projekt mit DESY-Beteiligung mit dem hochenergetische Gamma-Strahlen aus dem Weltraum beobachtet werden sollen.

HERA

Die nach Beendigung des HERA-Betriebs im Sommer 2007 begonnenen Abbauarbeiten an den HERA-Detektoren wurden im Laufe des Jahres 2008 abgeschlossen. Die Experimente HERMES und ZEUS wurden nahezu vollständig abgebaut. Bei H1 wurden mit Ausnahme des Haupt-Solenoiden und des Eisenjochs mit integriertem Myonsystem, die gemeinsam als möglicher Teststand erhalten bleiben sollen, alle anderen Detektorkomponenten abgebaut.

Im Berichtsjahr veröffentlichte die H1 Kollaboration insgesamt zehn Analysen, die im Folgenden näher beschrieben werden. Im Bereich der Suche nach neuer Physik wurden fünf Arbeiten publiziert und eine Reihe weiterer Analysen der gesamten HERA-Daten steht unmittelbar vor dem Abschluss. Es ist geplant, die verbleibenden Analysen auf diesem Gebiet im Laufe des Jahres 2009 noch vor dem Start des LHC abzuschließen. Der in einigen Kanälen in den HERA-I-Daten beobachtete Überschuss von Ereignissen konnte mit der erhöhten HERA-II-Statistik nicht bestätigt werden. Vier der Veröffentlichungen zu Studien auf dem Gebiet des hadronischen Endzustands beruhen noch auf den HERA-I-Daten, deren Analyse damit weitgehend abgeschlossen ist. Die in den letzten Betriebsmonaten des Jahres 2007 bei reduzierter Protonenergie aufgezeichneten Daten wurden für eine erste direkte Messung der longitudinalen Strukturfunktion F_L bei kleinen Werten der Skalenvariablen x verwendet. Nachdem erste vorläufige Resultate bereits auf den Frühjahrskonferenzen vorgestellt wurden, konnte die Analyse eines Teils der Daten inzwischen veröffentlicht werden.

Das Jahr 2008 war für die ZEUS Kollaboration das erste Jahr, das ausschließlich der endgültigen Datenanalyse gewidmet war. Folglich wurden insgesamt 18 wissenschaftliche Artikel veröffentlicht. Darüber hinaus wurden große Anstrengungen unternommen die

endgültige Kalibration der Daten abzuschließen und das entsprechende konsistente *Grand Reprocessing* aller im HERA-II-Run aufgenommenen Daten durchzuführen.

Die Aktivitäten der HERMES-Kollaboration konzentrierten sich auf die Fortführung und den Abschluss der Analyse des großen Datensatzes von über 100 Millionen tief-unelastischen Streueignissen, die seit Beginn der Datennahme im Jahr 1995 aufgezeichnet wurden. Die Analyse der Daten aus der ersten Phase der Datennahme bis zum Jahre 2000, in der vor allem die tief-unelastische Streuung von longitudinal polarisierten Elektronen bzw. Positronen an longitudinal polarisierten Targets von atomarem Wasserstoff, Deuterium und Helium-3 untersucht wurde, ist weitgehend abgeschlossen. Diese Messungen dienen hauptsächlich der detaillierten Untersuchung der inneren Spinstruktur des Nukleons und der Bestimmung der Beiträge der Spins der einzelnen Quarksorten und der Gluonen zum Spin des Nukleons. Der Gesamtbeitrag der Quarkspins zum Spin des Nukleons wurde durch diese Messungen mit sehr kleinem Fehler zu etwa 1/3 festgelegt.

LHC

DESY war 2008 im dritten Jahr am Experiment ATLAS am Large Hadron Collider am CERN beteiligt. Die DESY-ATLAS-Gruppe besteht mittlerweile aus 11 permanenten Mitarbeitern, 13 Post-Doktoranden und 13 Doktoranden. Darin enthalten sind zwei Nachwuchsgruppen aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der HGF. Die von DESY übernommenen Aufgaben im Rahmen der Beteiligung an ATLAS werden in enger Kooperation mit einer Gruppe der Humboldt-Universität zu Berlin und einem Juniorprofessor der Universität Hamburg bearbeitet. Die Aufgaben umfassen Arbeiten an Software und Computing, den höheren Trigger Stufen, dem Luminositätsmonitor ALFA (siehe Abbildung 3), der Vorbereitung der Physikanalysen sowie Entwicklungsarbeiten für den Upgrade des Pixeldetektors für den SLHC. Diese Aktivitäten werden im Weiteren näher beschrieben.



Abbildung 3: Ein ALFA Prototyp in einer Plexiglas-Nachbildung des Roman Pots.

Der ATLAS Detektor wurde 2008 vollständig in Betrieb genommen und mit Myonen aus der kosmischen Strahlung getestet. Auch konnten in kurzen Perioden, während ein einzelner Strahl im LHC war, testweise Daten genommen werden. Dabei zeigte sich, dass der Detektor, die Trigger- und Datennahmekette sowie die Softwarekette im Wesentlichen einwandfrei funktionierten.

Seit dem Beitritt von DESY in die CMS Kollaboration im Jahre 2006 ist die am CMS Experiment beteiligte Gruppe am DESY stetig gewachsen. Mit dem Zugang von neuen Mitgliedern wurden die bestehenden Tätigkeitsbereiche verstärkt. Mittlerweile umfasst die CMS Gruppe 16 Physiker, neun PostDocs und acht Doktoranden, die voll oder zeitweise für CMS arbeiten. Sie werden von einem Ingenieur und drei Technikern unterstützt. Im letzten Jahr ist es gelungen, erfolgreich zwei neue Nachwuchsgruppen einzuwerben, die im Frühjahr bzw. im Sommer 2009 ihre Arbeit aufnehmen werden. Mit diesen beiden Nachwuchsgruppen wird das Spektrum der Physik-Analysen um die zwei noch fehlenden Bausteine erweitert, der Suche nach dem Higgs-Boson sowie der Suche nach neuen Teilchen aus der Theorie der Supersymmetrie. Durch die personelle Ausstattung der Nachwuchs-Gruppen wird die Mitgliederzahl der CMS Gruppe signifikant um zwei Physiker, drei PostDocs und drei Doktoranden erhöht.

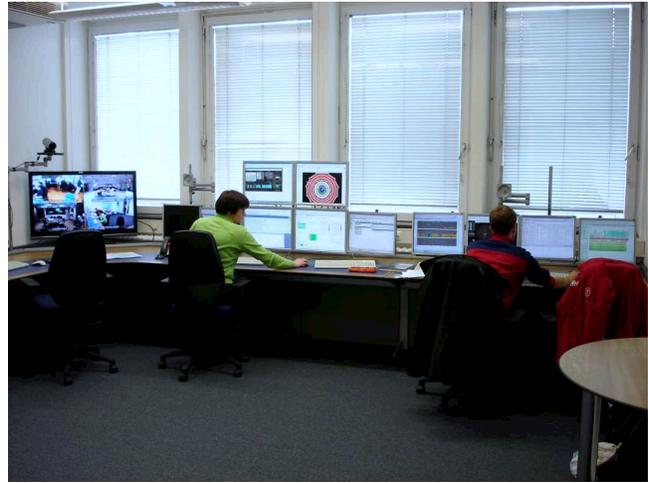


Abbildung 4: Das CMS Remote Operation Center am DESY in Hamburg.

Aufgrund ihrer Erfahrungen mit dem Aufbau und Betrieb von Großexperimenten und der Physik-Analyse von Daten erfüllen zahlreiche Mitglieder der DESY CMS Gruppe wichtige und sehr sichtbare Verantwortlichkeiten in der Koordination von unterschiedlichen Arbeitsgebieten in der CMS Kollaboration. Als Stellvertreter des Technischen Koordinators sowie als Koordinator des CMS-weiten Computings, sind zwei DESY Mitarbeiter im Management-Board der CMS Kollaboration vertreten und tragen zu richtungsweisenden Entscheidungen bei. Weitere DESY Mitarbeiter koordinieren die Arbeitsgruppen Data Quality Monitoring und Data Certification, Kalibration und Alignment, die Projektleitung für das CASTOR Kalorimeter und das GRID Software Deployment. Diese langfristig übernommenen Verantwortlichkeiten verleihen der DESY Gruppe eine herausragende Rolle innerhalb der CMS Kollaboration.

In Ergänzung zu den oben erwähnten Bereichen gibt es Beteiligungen am High Level Trigger und am Beam Condition Monitor, sowie den Aufbau und die Inbetriebnahme eines Remote Operation Centers für das CMS Experiment am DESY (siehe Abbildung 4). Mithilfe dieses Centers, das über eine direkte Videostandleitung verfügt, war es möglich, den Detektorbetrieb und Aktivitäten am Experiment von DESY aus zeitnah zu verfolgen und direkt zur Sicherung der Datenqualität beizutragen.

ILC

Die Hochenergiephysik steht kurz vor dem ersten Schritt in die Terascale: erste Strahlen konnten bei LHC innerhalb kürzester Zeit gespeichert werden und demonstrierten eindrucksvoll die Leistungsfähigkeit und gute Auslegung der Strahlführungssysteme dieses komplexen Colliders. Auch wenn technische Probleme im Kältesystem der supraleitenden Magnete einen sofortigen weiteren Fortschritt verhinderten, so sind Hochenergiephysiker umso gespannter auf die zu erwartende Physik, die auch bei der Auslegung der Parameter des International Linear Colliders (ILC) eine Rolle spielen kann. Die gegenwärtige technische Planungsphase für den ILC soll 2012 abgeschlossen sein.

Weltweit konzentrierten sich die Anstrengungen beim ILC auf die Auslegung der kritischen Komponenten. Für den Beschleuniger selbst sind das die Resonatoren, die auch für den European XFEL verwendet werden, beim ILC aber bei deutlich höherem Gradienten betrieben werden sollen.

Bei den Detektoren werden ernsthafte Studien angestellt, die darlegen sollen, dass die gewünschte Messpräzision sich mit den Detektoren realisieren lässt. Gleichzeitig soll gezeigt werden, dass sich die Detektoren mit überschaubarem Arbeitsaufwand in den Strahl in eine einzige Wechselwirkungszone hinein und heraus fahren lassen (Push-Pull Konzept).

Wegen der offensichtlichen Synergie mit dem XFEL-Projekt, aber auch den gemeinsamen Interessen, die FLASH-Anlage in fortgeschrittenere Betriebsmodi zu bringen, fällt DESY im internationalen Konzert der Anstrengungen für den ILC eine besondere Rolle zu. DESY ist weltweit das einzige Labor in dem auf absehbare Zeit Elektronen mit supraleitenden Beschleunigern in den GeV Bereich beschleunigt werden. Es gibt deshalb ein erhebliches Interesse von auswärtigen Physikern, sich an diesen Experimenten zu beteiligen.

Wie in den Vorjahren wurde auch 2008 an hochauflösenden Strahl diagnosesystemen für FLASH und den XFEL gearbeitet. Ein wichtiges Projekt dabei ist ein optisches Synchronisationssystem für supraleitende Linacs mit Femtosekunden-Genauigkeit, das für den

Röntgenlaser XFEL von zentraler Bedeutung sein wird und gegenwärtig am FLASH-Linac erprobt wird.

Ein zentraler Teil der ILC Aktivitäten am DESY sind Entwicklungen neuer Detektortechnologien. DESY ist an mehreren Projekten beteiligt, die alle im Rahmen des ILC angesiedelt sind, aber deutliche Spuren auch außerhalb der ILC Community hinterlassen. Hier soll nur die Arbeit an strahlenharten Vorwärtskalorimetern genannt werden, die unmittelbar im CMS Experiment am CERN Anwendung finden. Das internationale Steering Board der ILC Aktivitäten, ILCSC, hatte im Jahre 2007 die experimentellen Teilchenphysiker eingeladen, in der Form von Letter-of-Intents (LoI) Konzepte für Experimente am ILC auszuarbeiten und bis Anfang 2009 fertig zu stellen. DESY ist führend am ILD Detektor (siehe Abbildung 5) beteiligt, und hat eine zentrale Rolle bei der Erstellung des LoI übernommen. Daneben sind die laufenden experimentellen Arbeiten intensiv weiter verfolgt werden. Arbeiten finden im Bereich der Vertex-Detektorentwicklung, der Zeitprojektionskammer, und der Kalorimetrie statt.

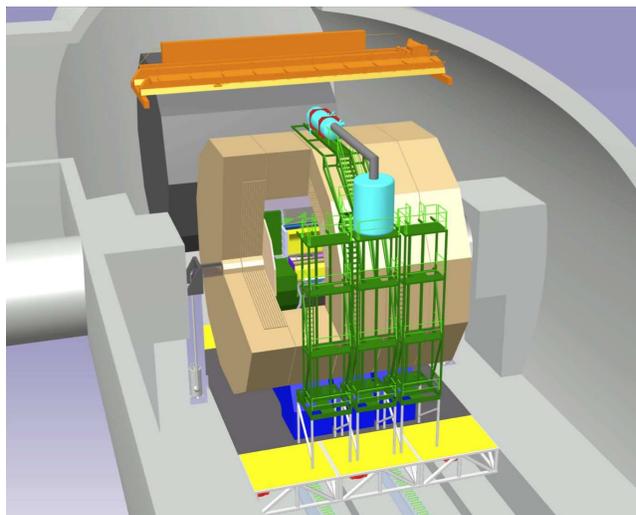


Abbildung 5: Der ILD Detektor in der unterirdischen Detektorhalle.

Astroteilchenphysik

DESY hat sich im Jahr 2008 an drei Experimenten der Astroteilchenphysik beteiligt: an dem weltweit größten Neutrino-Teleskop IceCube am Südpol, über eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe an MAGIC, dem Gamma-Teleskop auf La Palma, und - 2008 auslaufend - an dem ersten Experiment der Hochenergie-Neutrinoastronomie, NT200 am Baikalsee.

Die Hardware-Beiträge von DESY zu IceCube sind 2008 erfolgreich abgeschlossen worden; die Analyse von IceCube-Daten hat nun die höchste Priorität. Die Untersuchungen zum akustischen Nachweis von Neutrinos in Eis wurden weitergeführt. Darüber hinaus wurde mit Arbeiten an der Entwurfsphase von CTA (Cherenkov Telescope Array), einem Gammateleskop der nächsten Generation begonnen. Die Entwicklung in DESY erfolgt auch im Rahmen der Brandenburger/Berliner Forschungslandschaft, zum Beispiel durch eine gemeinsam mit der Humboldt-Universität getragene Nachwuchsgruppe und durch die Besetzung einer gemeinsamen Professur für theoretische Astroteilchenphysik an der Universität Potsdam.

ALPS

Das ALPS-Experiment bei DESY sucht jenseits des Standardmodells nach neuen leichten Teilchen, die sehr schwach an Photonen koppeln. Mithilfe eines supraleitenden HERA-Magneten und eines sehr leistungsstarken Lasers wird die Produktion von sub-eV Teilchen in einem Licht durch die Wand Experiment untersucht. Das Experiment wurde nach Vorlage des Letter-of-Intent Anfang 2007 vom DESY Direktorium genehmigt. Der experimentelle Aufbau wurde kontinuierlich verbessert und in mehreren Datennahmepetoden wurde die Leistungsfähigkeit des Experimentes untersucht. Im Jahre 2008 wurde erfolgreich ein Fabry Perot Resonator im HERA-Magneten aufgebaut und betrieben (siehe Abbildung 6). Dieser wird derzeit weiter verbessert. Zusammen mit einem neuen Photodetektor kann ALPS dann im Jahre 2009 die weltweit sensitivsten Messungen liefern und in einen bisher unerforschten

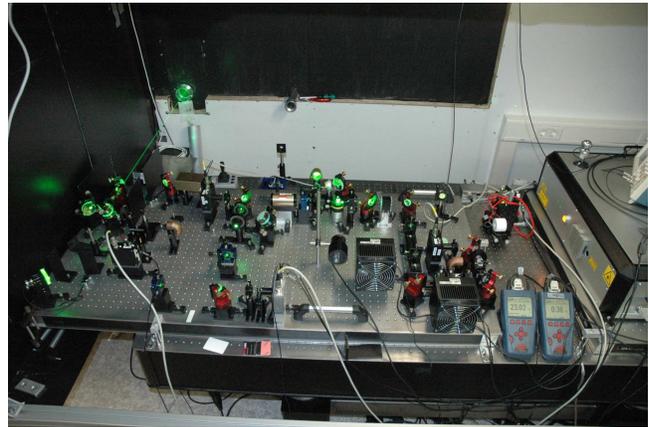


Abbildung 6: *Laseraufbau für den ALPS Fabry Perot Resonator. Rechts ist der geschlossene infrarote Laser zu sehen, dessen Frequenz in dem Kristall etwa in der Mitte des Bildes verdoppelt wird. Die Reflexe des grünen Lichtes sind danach deutlich zu erkennen. Ganz links sieht man den im Resonator verstärkten Laserstrahl zum Magneten.*

Parameterbereich dieser hypothetischen neuen Teilchen vorstoßen.

Resume

In allen wissenschaftlichen Themen sind im Jahre 2008 sehr gute Fortschritte gemacht worden. Es hat sich nachdrücklich gezeigt, dass auch nach Ende der HERA-Datennahme DESY ein wichtiges Zentrum der Teilchenphysik weltweit ist und durch seine hervorragenden wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Mitarbeiter und Infrastruktur entscheidende Beiträge leisten kann.