

Übersicht F-Bereich

Experimentierbetrieb bei HERA

Im Berichtsjahr 1999 wurde HERA von Januar bis Dezember bei 27.5 GeV Elektronen/Positronen- und 920 GeV Protonen-Energie betrieben. Bis Juni wurden von jedem der beiden Experimente H1 und ZEUS Elektron-Proton-Daten entsprechend einer integrierten Luminosität von etwa 15 pb^{-1} und nach einer siebenwöchigen Unterbrechung Positron-Proton-Daten von etwa 20 pb^{-1} genommen. Die hohe Luminosität bei meist guten Strahlbedingungen machte 1999 zu dem bisher erfolgreichsten Betriebsjahr von HERA. Regelmäßige Unterbrechungen des Luminositätsbetriebs erlaubten dem HERA-B-Experiment, beinahe alle Detektorkomponenten zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Ein Schwerpunkt des HERA-Betriebs lag in der Optimierung des gleichzeitigen Betriebs aller vier Experimente. Es mussten viele Kompatibilitätsprobleme gelöst werden, bis gegen Ende des Jahres ein effizienter, gemeinsamer Betrieb gelang.

Anfang 2000 wurde das HERA-Programm bis zum Beginn der Betriebsunterbrechung 2000 festgelegt: Betrieb mit Positronen bis Ende April 2000 und ab dann bis 4. September Betrieb mit Elektronen. Anschließend beginnt der Umbau von HERA und der Experimente mit dem Ziel, die Luminosität um einen Faktor vier bis fünf zu erhöhen und polarisierte Elektronen in drei Wechselwirkungszonen zur Verfügung zu stellen.

Elektronen-Polarisation

Der Betrieb von HERA im Jahr 1999 zeichnete sich auch durch stabile und hohe Polarisation der Elektronen/Positronen aus, die für das HERMES-Experiment von entscheidender Bedeutung ist. Zum besseren Verständnis der systematischen Fehler wurde etwa einmal

pro Monat die Richtung der Polarisation am HERMES-Wechselwirkungspunkt umgekehrt. Der Wert der Polarisation wird mit Hilfe von zwei Compton-Polarimetern mit einer systematischen Genauigkeit von etwa 4% gemessen. Im Berichtsjahr wurden sehr große Fortschritte, besonders im Verständnis des longitudinalen Polarimeters, erzielt.

Nach der Betriebspause 2000 werden auch den Experimenten H1 und ZEUS longitudinal polarisierte Elektronen zur Verfügung stehen. Für eine präzise Messung der elektroschwachen Kopplungen und der empfindlichen Suche nach rechtshändigen geladenen Strömen muss eine Meßgenauigkeit von etwa 1% erreicht werden. Die Gruppe POL2000, die aus Mitarbeitern von HERA und allen an der Polarisation interessierten Experimenten besteht, hat einen entsprechenden Experimentierorschlag ausgearbeitet, der inzwischen vom Direktorium genehmigt wurde. Mit den vorbereitenden Arbeiten wurde begonnen.

Die Experimente H1 und ZEUS

Beide Experimente fanden gute Strahlbedingungen vor und nahmen zuverlässig und effizient Daten. Probleme mit den H1-Spurkammern, die Ende 1999 auftraten, konnten inzwischen behoben werden. Die gesamte integrierte Luminosität mit Elektronen konnte verdreifacht werden und beträgt nun etwa 18 pb^{-1} , die für Positronen erreicht inzwischen etwa 66 pb^{-1} .

Mit der präzisen Messung der Wirkungsquerschnitte für neutrale und geladene Ströme bei Impulsübertragsquadraten zwischen 150 und 50 000 GeV^2 konnten die genauen Vorhersagen des Standard-Modells der Teilchenphysik auch in dem Bereich überprüft werden, in dem schwache und elektromagnetische Kräfte gleich stark sind. Die gute Übereinstimmung mit den Daten ist

ein großer Erfolg für die elektroschwache Theorie und die perturbative Quantenchromodynamik (QCD). Aus den Daten lässt sich eine obere Grenze für die Größe der Quarks und Elektronen von $1.7 \cdot 10^{-16}$ cm, also einem Tausendstel des Proton-Radius, angeben, und neue Wechselwirkungen mit Energieskalen zwischen 2 und 5 TeV können ausgeschlossen werden. Der 1997 gefundene mögliche Überschuss von Ereignissen bei hohen Impulsüberträgen hat sich nicht verstärkt – für eine endgültige Klärung ist die höhere Luminosität nach dem Umbau im Jahre 2000 notwendig.

Bei kleinen Q^2 -Werten und Partonimpulsanteilen x_{Bj} bis hinab zu $2 \cdot 10^{-6}$, dem Grenzbereich der Gültigkeit perturbativer QCD, wurde die Proton-Strukturfunktion F_2 genau vermessen und mit verschiedenen Modellen verglichen. Weitere Untersuchungen zur QCD wurden durch die Messung der Wirkungsquerschnitte für Jet-Erzeugung, für die Erzeugung von Vektormesonen aus leichten sowie aus schweren Quarks und aus der Bestimmung des Energieflusses und der Impulsverteilung verschiedener Teilchen durchgeführt.

Beide Kollaborationen haben im Jahr 1999 intensiv an den Vorbereitungen für die Luminositätssteigerung gearbeitet, vor allem an Verbesserungen der Luminositätsmessung und der Spurdetektoren, an Präzisions-Vertexdetektoren sowie an Erweiterungen der Trigger.

Das HERMES-Experiment

Das HERMES-Experiment nahm im Berichtsjahr 2.3 Millionen Ereignisse der tiefunelastischen Streuung polarisierter Elektronen an einem longitudinal polarisierten Deuterium-Target auf. Zusammen mit den Daten von einem polarisierten Proton-Target, die bereits 1996/97 genommen wurden, erlaubt dies die präzise Vermessung der Spinstruktur des Nukleons. Außerdem wurden Daten mit unpolarisiertem Deuterium, Stickstoff, Krypton sowie, als Vorbereitung für das Physikprogramm nach 2000, Testdaten mit einem transversal polarisierten Wasserstoff-Target genommen. Ende 1999 konnte durch eine lateral kleinere Targetzelle die Targetdichte um 50% erhöht werden. Seit Anfang 2000 werden mit diesem Target erfolgreich Daten genommen. Die HERMES-Kollaboration hat im Berichtsjahr ein Physikprogramm für die Jahre 2001 bis 2006 vorgestellt, das vom PRC sehr positiv begutachtet und vom Direktorium genehmigt wurde.

Zu den wichtigsten physikalischen Ergebnissen zählen ein erster Hinweis auf den Gluonen-Beitrag zum Nukleon-Spin und die experimentell erstmals gefundene azimutale Spin-Asymmetrie positiver Pionen bezüglich der Lepton-Streuebene.

Das HERA-B Experiment

Ziel des HERA-B Experiments ist die Untersuchung von Teilchen, die Charm- und Bottom-Quarks enthalten. Zentrales Ziel ist die Messung der CP-Asymmetrie bei B-Zerfällen. Weitere Fragestellungen sind Oszillationen zwischen B_s -Mesonen und ihren Antiteilchen, seltene Zerfälle schwerer Quarks sowie das Studium der QCD mit Hilfe der hadronischen Erzeugung schwerer Quarks. Wegen des großen physikalischen Interesses an der CP-Asymmetrie werden an extra dazu gebauten Elektron-Proton-Speicherringen am SLAC (USA) und bei KEK (Japan) komplementäre Messungen durchgeführt.

Bei Wechselwirkungsraten von 40 MHz sind die Anforderungen an das Experiment außergewöhnlich und bisher unerreicht. Bezogen auf diese Wechselwirkungsrate muss für den Zerfallskanal, in dem die CP-Asymmetrie gemessen werden soll, ein Unterdrückungsfaktor von 10^{12} erreicht werden. Im Jahr 1999 hat das HERA-B-Experiment auf praktisch allen kritischen Gebieten entscheidende Durchbrüche erreicht: Langzeitbetrieb des Targets, weitgehende Fertigstellung und Inbetriebnahme der inneren und äußeren Spurkammern, Erprobung des Datennahmesystems, verschiedene Tests des Triggers und der Datenanalyse. Auch wenn noch weiterhin große Fortschritte im Einlaufen des Detektors und Triggers erzielt werden müssen, erscheint es möglich, dass bereits mit den Daten, die noch vor der HERA-Betriebsunterbrechung 2000 genommen werden, wichtige physikalische Ergebnisse erzielt werden können.

Forschung an Lepton Collidern

Im Rahmen der seit Frühjahr 1998 durchgeführten ECFA-DESY-Studie werden die physikalischen Fragestellungen, die mit TESLA beantwortet werden können, untersucht und erste Ideen für einen

TESLA-Detektor ausgearbeitet. Die von den Maschinenphysikern aufgezeigte Erhöhung der Luminosität erlaubt eine eindrucksvolle Erweiterung des TESLA-Physikprogramms. An der Studie nehmen zahlreiche Wissenschaftler aus vielen europäischen und außereuropäischen Ländern teil.

Aus den Untersuchungen ergibt sich, dass auch nach der Entdeckung der Higgs-Bosonen an einem Hadron-Collider ein Linearcollider wie TESLA notwendig sein wird, um durch präzise Messungen der Higgs-Eigenschaften die Frage nach dem Ursprung der Teilchenmassen zu beantworten. Dies gilt auch für die Frage nach der Vereinheitlichung der starken mit der elektroschwachen Kraft, wo zum Beispiel das von vielen Physikern als sehr attraktiv angesehene Konzept der Supersymmetrie mit ausreichender Präzision untersucht werden kann.

Die Detektorstudien haben zu einem wesentlich verbesserten Verständnis des Untergrundes von niederenergetischen Photonen und Elektron-Positron-Paaren von Strahl-Strahl-Wechselwirkungen und der Granularität und Messgenauigkeit des Detektors geführt, die für die Beantwortung der physikalischen Fragestellungen notwendig sind. Für die einzelnen Detektorkomponenten, wie Abschirmmasken, Vertexdetektor, Zentraldetektor, Magnetspule, Kalorimeter, Myon-Detektoren und Triggersystem, liegen inzwischen Konzepte vor. Mit kleineren Vorversuchen für einzelne Detektorkomponenten, wie zum Beispiel einer Time Projection Chamber (TPC), wurde in Hamburg begonnen.

In kleineren Studien werden physikalische Fragestellungen für die Optionen TESLA in Kombination mit HERA (Elektron-Proton-Wechselwirkungen) und TESLA mit Kollisionen an Kernen (Wechselwirkungen polarisierter Elektronen mit polarisierten bzw. unpolarisierten Kernen) untersucht.

Theorie der Elementarteilchen

In enger Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des II. Instituts für Theoretische Physik der Universität Hamburg und zahlreichen Gästen hat sich die DESY-Theoriegruppe auf folgende Themen konzentriert: Quantenchromodynamik, Flavor-Physik der schweren

Quarks und Neutrinos, Higgs-Mechanismus, Gravitation, Kosmologie, Stringtheorie, Gittereichtheorie und mathematische Physik.

Auf dem Gebiet der QCD wurden Fortschritte im Verständnis der für die HERA-Physik wichtigen Gebiete der Proton-Strukturfunktion und der diffraktiven Streuung erzielt. Auch die theoretischen und phänomenologischen Untersuchungen zu QCD-Instantonen wurden soweit fortgeführt, dass mit experimentellen Suchen bei H1 und ZEUS begonnen werden konnte.

In Hinblick auf Experimente am TESLA-Elektron-Positron-Collider wurden die präzise Massenbestimmung der Top-Quarks bei Paarerzeugung nahe der Schwelle, der Higgs-Mechanismus zur Erzeugung von Teilchenmassen und supersymmetrische Erweiterungen des Standard-Modells untersucht. Außerdem konnte für den Fall, dass der Higgs-Mechanismus in der Natur nicht realisiert sein sollte, gezeigt werden, dass W-Bosonen bei Energien von etwa 1 TeV stark wechselwirken. Dies kann an TeV-Elektron-Positron-Collidern getestet werden. Für Charginos, die supersymmetrischen Partner der W-Bosonen und der geladenen Higgs-Bosonen, wurde nachgewiesen, dass durch Messungen mit polarisierten Elektronen und Positronen die Fundamentalparameter des Chargino-Sektors experimentell vollständig rekonstruiert werden können.

Das starke Interesse an den experimentellen Hinweisen auf endliche Neutrino-Massen und Mischungen und am experimentellen Programm zum Nachweis der CP-Verletzung bei B-Mesonen hat zu einer Reihe theoretischer Untersuchungen auf dem Gebiet der Flavor-Physik geführt. Der Zusammenhang zwischen der Mischung im Lepton- und im Quark-Sektor wurde im Rahmen vereinheitlichter Theorien untersucht. Für supersymmetrische Theorien wurde unter anderem eine Wahrscheinlichkeit für den radiativen Zerfall des Myons in ein Elektron vorhergesagt, der in den nächsten Jahren experimentell überprüft werden kann. Ein weiterer Schwerpunkt der Theoriegruppe sind methodische Untersuchungen zu Quantenfeldtheorien in gekrümmten Räumen und das Studium von Stringtheorien.

Die Gittereichtheorie bietet einen Zugang zur Lösung von vielen Problemen, die im Rahmen der Störungstheorie nicht behandelt werden können. Schwerpunkte waren Untersuchungen zu chiralen Symmetrien in Eichfeldtheorien und Aspekte möglicher Theorien jenseits

des Standard-Modells. Außerdem wurden neue Algorithmen für die numerische Simulation fermionischer Quantenfeldtheorien entwickelt.

Experimente mit Synchrotronstrahlung

Für die Forschung mit Synchrotronstrahlung bei DESY wurden im Jahr 1999 am Speicherring DORIS 5500 Betriebsstunden dediziert und bei PETRA etwa 1800 Stunden zur parasitären Nutzung bereitgestellt. Mehr als 2100 Wissenschaftler und Ingenieure kamen für eine oder mehrere Messzeiten zu HASYLAB, davon führten über 500 Wissenschaftler Arbeiten zu biologischen Fragestellungen an den Instrumenten der EMBL Außenstation durch. Die Ergebnisse sind im HASYLAB Jahresbericht zusammengefasst, der über Internet zugänglich ist. In den vergangenen Jahren wurde es Wissenschaftlern aus dem europäischen Ausland mit Hilfe der Europäischen Kommission ermöglicht, Experimente bei HASYLAB durchzuführen. HASYLAB hat auch für die nächste Förderperiode entsprechende Mittel erhalten.

Im Berichtsjahr wurden wichtige Entscheidungen zu den mittel- und langfristigen Perspektiven der Forschung mit Synchrotronstrahlung bei DESY getroffen. Das langfristige Ziel besteht in Bau und Betrieb einer Röntgenlaser-Anlage als Teil des TESLA-Projektes. Der in Bau befindliche Freie-Elektronen-Laser (FEL) für den Spektralbereich des Vakuum-Ultravioletten (VUV) und weichen Röntgenlichtes ist zum einen als integrierter Systemtest für TESLA zu sehen, zum anderen eröffnet er neue, bislang einmalige Möglichkeiten zum Studium von Atomen, Molekülen, Clustern und von kondensierter Materie auf der Zeitskala von 400 Femtosekunden. Für diese Arbeiten ist eine enge Kooperation mit Laserexperten notwendig, und deshalb kommt der Entscheidung der Universität Hamburg, wonach das Laserinstitut aus der Innenstadt auf den DESY-Campus umzieht, besondere Bedeutung zu. Ein zusammen mit der GKSS eingereichtes HGF Strategiefonds-Projekt zur Realisierung der „Seeding Option“ am VUV FEL wurde bewilligt. Mit Hilfe dieser zusätzlichen Einrichtung wird die erzeugte Laserstrahlung auch auf der Zeitachse kohärent. Innerhalb des fünften Rahmenprogramms der Europäischen

Kommission wurde ein Projekt zum Aufbau der Infrastruktur für „pump&probe“ Experimente am VUV FEL genehmigt.

1999 wurden die Voraussetzungen für den Aufbau einer neuen Arbeitsgruppe für Strukturbiologie geschaffen. In diesem Zusammenhang ist auch die Entscheidung zu sehen, dass DESY während des Baus von TESLA und der Inbetriebnahme der Anlage Synchrotronstrahlung von Speicherringen zur Verfügung stellen wird. Es wurde eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die Möglichkeiten zur Verbesserung der Emittanz des DORIS-Speicherrings untersucht unter der Randbedingung, dass zumindest die jetzigen Wiggler-Strahlführungen erhalten bleiben. Eine zweite Arbeitsgruppe studiert weitere Möglichkeiten für die Forschung mit Synchrotronstrahlung am PETRA-Speicherring.

TESLA Test Facility

Zur TESLA Test Facility (TTF) hat die FDET Gruppe maßgeblich beigetragen. Schwerpunkte waren der Betrieb der TTF, die Entwicklung und Erprobung neuer Methoden zur Strahldiagnose, die vor allem für den FEL (Freie-Elektronen-Laser) wesentlich sind, und die Mitarbeit am Entwicklungsprogramm zur Erhöhung der Beschleunigungsgradienten in supraleitenden Niob-Resonatoren. Mehr Information findet man im Abschnitt M-Bereich dieses Jahresberichts.

Technische Entwicklungsgruppen

Die Technischen Entwicklungsgruppen unterstützen die Experimente bei HASYLAB und der Teilchenphysik auf den Gebieten digitale und analoge Signalverarbeitung, Opto- und Mikroelektronik, spezielle Programmentwicklungen, Reparaturservice für Elektronik und Rechner, Wartung von Detektorkomponenten, Bestückung- und Bond-Dienstleistungen, und die Betreuung der Videokonferenz-Anlagen. Außerdem werden eigenständige Entwicklungsarbeiten durchgeführt. Beispiele sind ein verteiltes Transienten-Rekorder-System für Beschleuniger und ein Multizellen-Silizium-Driftkammerdetektor-System für die Holographie mit Röntgenstrahlen bei HASYLAB.

Bibliothek und Dokumentation

Die Gruppe sammelt die von den DESY-Mitarbeitern benötigte Fachliteratur und verwaltet den Druck der am DESY erstellten wissenschaftlichen Veröffentlichungen (1999 sind dies 201 DESY-Berichte, 6 Diplom- und 40 Doktorarbeiten, 3 Konferenzabhandlungen und 133 Manuskripte in Fachzeitschriften). In enger Zusammenarbeit mit der Bibliothek des SLAC wird die gesamte Literatur der Hochenergiephysik dokumentarisch bearbeitet, in der Datenbank HEP aktualisiert und im WWW zugänglich gemacht. Die Zentralbibliothek in Hamburg und die Bibliothek in Zeuthen informieren ihre Benutzer elektronisch über das WWW und darüber hinaus in gedruckten Bibliotheksmitteilungen über Neuanschaffungen und Titel und Kurzfassungen von Publikationen in ausgewählten Zeitschriften.

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Die Gruppe Presse und Öffentlichkeitsarbeit (PR) ist der zentrale Ansprechpartner für Informationen über die Arbeit bei DESY. Sie stellt der Öffentlichkeit ein aktuelles und vielfältiges Spektrum an Informationsangeboten zur Verfügung. Dazu gehören der direkte Kontakt zu den Medien, die Herausgabe von Informationsschriften, ein Besichtigungsprogramm (11 000 Besucher im Jahr 1999) und die Präsentation bei Messen und Ausstellungen. Besonderen Wert legt DESY auch auf ein breitgefächertes Informationsangebot für Schüler und Lehrer. Beispiele sind das Projekt physik.begreifen@desy.de und die mit Begeisterung von Schülern aufgenommene Seminarreihe „Faszination Physik“. Nur dank der ak-

tiven Teilnahme aller DESY-Bereiche kann die relativ kleine PR-Gruppe dieses weit gefächerte Programm durchführen.

Ein besonderer Arbeitsschwerpunkt der PR-Gruppe ist die Vorbereitung der Ausstellung „Licht der Zukunft“, die im Rahmen der Weltausstellung EXPO-2000 vom 1. Juni bis 31. Oktober täglich am DESY-Gelände stattfinden wird.

Konferenzen und Workshops

Wie in jedem Jahr fanden in Hamburg und Zeuthen eine Reihe von Festveranstaltungen, Tagungen und Workshops statt.

Besonders hervorzuheben sind

– das Gedenkkolloquium am 7. Juli für Bjørn H. Wiik

und die folgenden Tagungen:

- DIS-99, International Workshop on Deep Inelastic Scattering and QCD, 19–23 April 1999, Zeuthen;
- Workshop on Polarized Protons at High Energies, 17–20 May 1999, Hamburg;
- Workshop on Physics with HERA as eA Collider, 25–26 May 1999, Hamburg;
- 21st International Conference on Free Electron Lasers and 6th FEL Application Workshop, 23–28 Aug 1999, Hamburg;
- ν -EWS from the Universe, 29 Sep–1 Oct 1999, Hamburg.