

ZEIT REISE.

Vom Institut X zum DESY –
eine deutsche Geschichte



DESY in Brandenburg hat eine mehr als 50-jährige Geschichte. Hervorgegangen aus dem Institut für Hochenergiephysik IfH der Akademie der Wissenschaften der DDR in Zeuthen ist es heute ein integraler Bestandteil von DESY. Die Zeuthener Gruppen leisten wichtige Beiträge zum DESY-Forschungsprogramm. DESY in Zeuthen ist fest in die Wissenschaftslandschaft der Region Berlin/Brandenburg integriert und mit seinem eigenen Forschungsprofil sowohl national als auch international anerkannt.

Beschleuniger | Forschung mit Photonen | Teilchenphysik

Deutsches Elektronen-Synchrotron

Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft



Luftbilder der beiden DESY-Standorte,
links Hamburg, rechts Zeuthen



Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY erforscht die Struktur und Funktion der Materie mit Großgeräten auf höchstem internationalem Niveau. Dank seiner Expertise ist das Forschungszentrum eines der weltweit führenden Labore bei der Entwicklung und dem Bau von Beschleunigern, der Forschung mit Photonen sowie der Teilchen- und Astroteilchenphysik.

DESY ist ein attraktiver Anlaufpunkt für jährlich mehr als 3000 Gastforscher aus über 40 Nationen und ein gefragter Partner in nationalen und internationalen Kooperationen und Projekten. Dem wissenschaftlichen Nachwuchs bietet DESY ein internationales und interdisziplinäres Forschungsumfeld und stellt für eine Vielzahl technischer und administrativer Berufe ein ansprechendes Ausbildungsprogramm bereit.

DESY wirkt in verschiedene Bereiche der modernen Gesellschaft hinein und kooperiert mit Industrie und Wirtschaft, um Innovationen zu fördern und neue Technologien voranzutreiben. Dies gilt insbesondere für die Metropolregionen an den beiden DESY-Standorten Hamburg und Zeuthen bei Berlin.

Das Forschungsprogramm reicht dabei weit über die Anlagen in Hamburg und Zeuthen hinaus. Wissenschaftler bei DESY arbeiten intensiv an internationalen Großprojekten mit. Beispiele sind der europäische Röntgenlaser European XFEL in Hamburg und der Protonenbeschleuniger LHC des Europäischen Zentrums für Kernforschung CERN in Genf.

Der Schwerpunkt in Zeuthen liegt auf dem Gebiet der Astroteilchenphysik. DESY-Gruppen sind wichtige Partner bei internationalen Projekten wie dem Neutrinoobservatorium IceCube am Südpol und dem Gammateleskop CTA. ●



RÜCK BLENDE.

DESY blickt in Zeuthen auf eine lange Tradition in der Forschung zurück

DESY in Brandenburg ist aus dem Institut für Hochenergiephysik IfH der Akademie der Wissenschaften der DDR hervorgegangen. Es liegt südöstlich von Berlin am Zeuthener See. Schon Theodor Fontane schätzte diesen Ort und erwähnte das idyllische Gelände in seinem Roman „Irrungen, Wirrungen“.

Die Zeit vor 1950

Im Sommer 1940 ließ der Reichspostminister Wilhelm Ohnesorge als Teil des Amtes für Physikalische Sonderfragen ein Laboratorium zur kernphysikalischen Forschung in Zeuthen errichten. Nach dem Abtransport sämtlicher Dokumente und Forschungsapparaturen in die Sowjetunion wurde das Gelände vorübergehend nicht mehr für Forschung genutzt. Das ehemalige Gasthaus am See wurde 1947 an eine Schokoladenfabrik verpachtet, die anderen Gebäude dienten zeitweise als Lager- und Wohnraum.

Von 1950 bis 1990

Der Neuanfang des Institutes geht auf das Jahr 1950 zurück. Die Deutsche Akademie der Wissenschaften beschloss die Gründung eines Institutes für Atom- und Kernphysik in Miersdorf/Zeuthen bei Berlin. In internen Dokumenten wurde es auch Institut X genannt, wobei das „X“ für Kernphysik stand, die damals durch den alliierten Kontrollratsbeschluss eingeschränkt war. Die Mission der Forscher war kernphysikalische Grundlagenforschung, die Herstellung radioaktiver Isotope für die Medizin sowie die Untersuchung kosmischer Strahlung. Ab 1957 wandte sich das Institut der Teilchenphysik zu, ab 1962 als Forschungsstelle für Physik hoher Energien und von 1968 an als Institut für Hochenergiephysik IfH.

Geschichte in Kürze

1940–45:	Teil des Amtes für Physikalische Sonderfragen
1950–62:	Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften (Institut X, Institut Miersdorf, Kernphysikalisches Institut)
ab 1962:	Forschungsstelle für Physik hoher Energien, Institut für Hochenergiephysik der Akademie der Wissenschaften der DDR
1990–91:	Evaluation durch den Deutschen Wissenschaftsrat
seit 1992:	Standort von DESY in Brandenburg

Die Teilchen- oder Hochenergiephysik setzte mit ihren großen Beschleunigern eine enge internationale Kooperation voraus. Daher arbeitete das IfH schon damals intensiv mit west- und osteuropäischen Forschungszentren und Hochschulen zusammen. Wichtigste Partner waren das Europäische Zentrum für Kernforschung CERN in Genf, das Vereinigte Institut für Kernforschung VIK in Dubna und das Institut für Hochenergiephysik IfH Serpuchow bei Moskau. Die Kooperation mit DESY musste 1968 aus politischen Gründen abgebrochen werden. Diese deutsch-deutsche Zusammenarbeit konnte erst 1985 wieder aufgenommen werden.



● Historische Postkarte vom Hotel „Seglerschloss“ auf dem Gelände von Hankels Ablage in Zeuthen, heute Verwaltungsgebäude von DESY

Das Jahr 1991

Der Wissenschaftsrat der Bundesrepublik Deutschland erkannte am 25. Januar 1991 das hohe wissenschaftliche Niveau des Zeuthener Institutes an und empfahl seinen Erhalt als einen Teil des Deutschen Elektronen-Synchrotrons DESY. Gemeinsam mit den Zeuthener Wissenschaftlern entwickelte DESY ein Konzept für die Zukunft des Institutes. Am 11. November 1991 wurde der Staatsvertrag zur Integration des IfH in das DESY unterzeichnet.

Die Vereinigung von DESY und IfH

Die formale Vereinigung wurde zum 1. Januar 1992 rechtskräftig. Vertragspartner waren die Bundesrepublik Deutschland, das Land Brandenburg und die Freie und Hansestadt Hamburg. Der Standort in Zeuthen wurde in die DESY-Forschung integriert und beteiligte sich an europäischen und internationalen Forschungsvorhaben bei DESY in Hamburg, am CERN in Genf sowie am Baikalsee und am Südpol.

Nach der Vereinigung begannen umfangreiche und langfristige Maßnahmen zur Modernisierung der Gebäude und der technischen Ausstattung. Über die Jahre entstand so eine hervorragende technische Infrastruktur in Zeuthen, damit war ein wesentlicher Grundstein gelegt für die erfolgreiche Beteiligung an Experimenten am Elektron-Proton-Beschleuniger HERA, am Large Hadron Collider LHC des CERN bzw. in der Astroteilchenphysik. DESY in Brandenburg ist heute sehr gut in der Region vernetzt und ein attraktiver und gefragter Partner bei der Ausbildung. ●

GRENZEN ÜBERWINDEN.

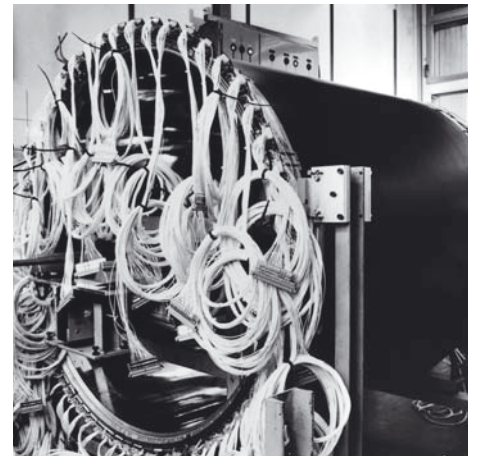
Bereits vor 1989 arbeitete Zeuthen mit West- und Osteuropa zusammen

Fast 20 Jahre lang konzentrierte sich die Forschung im Institut auf Blaskammer-Experimente. Ab den 1980er Jahren beteiligte man sich auch in Zeuthen vermehrt an elektronischen Experimenten an Beschleunigern. Nach der Vereinigung des IfH mit DESY entwickelten sich in Zeuthen Aktivitäten zu allen drei Schwerpunkten der DESY-Forschung. Zur Jahrtausendwende entstand mit dem Photoinjektor-Teststand PITZ der erste Beschleuniger in Brandenburg. In den letzten zehn Jahren gewann die Astroteilchenphysik zunehmend an Bedeutung. Auch in Zukunft wird DESY in Zeuthen ein wichtiger Partner für die internationalen Projekte auf diesem Gebiet sein.



Physik-Seminar, 1979

Zeuthener Laborantinnen bei der Vermessung von Blasenkammeraufnahmen, daneben die Z-Kammer für das L3-Experiment am LEP-Beschleuniger des CERN



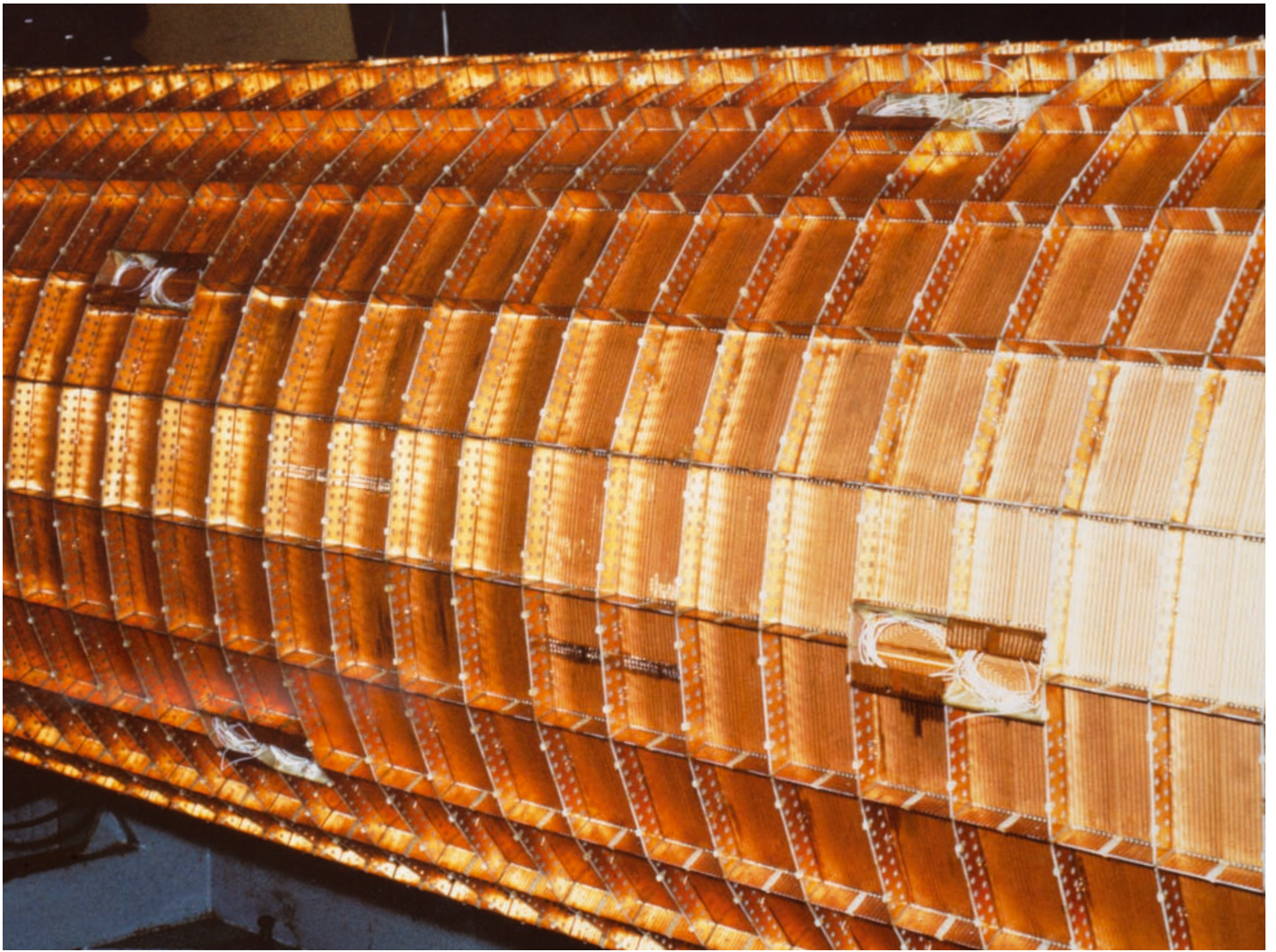
Die Mirabelle-Blasenkammer am IfH Serpuchow



Teilchenphysik – die Zeit vor 1991

Der Schwerpunkt der Forschung lag Ende der 1950er Jahre in der Auswertung der Fotografien von Teilchen-Wechselwirkungen, die an Beschleunigern in Berkeley (USA) und im VIK Dubna aufgezeichnet worden waren. Nach 1962 konzentrierte sich die Forschung auf Blasenkammer-Experimente in Dubna, am CERN, bei DESY sowie im IfH Serpuchow. Dies war über fast 20 Jahre ein zentrales Forschungsthema und bestimmte sowohl das Physikprogramm als auch die technischen Entwicklungen. Während mit DESY zwischen 1968 und 1985 aus politischen Gründen keine Kooperation möglich war, blieb durch gemeinsame Experimente am CERN der Kontakt zu westeuropäischen Kollegen und Einrichtungen erhalten. Damit konnte der Anschluss an die aktuelle Forschung erhalten werden.

In den 1980er Jahren wurde auch in Zeuthen der Schritt zu Experimenten mit elektronischen Detektoren vollzogen. Die Mitarbeit des IfH in der L3-Kollaboration am Elektron-Positron Speicherring LEP am CERN in Genf begann 1982. Eine Zeuthener Gruppe arbeitete bei Aufbau, Installation und Betrieb des Detektors sowie bei der Analyse der Messdaten mit. Die sogenannte Z-Kammer wurde als eine wichtige Komponente des zentralen Spurdetektors in Zeuthen entwickelt und gebaut.



● In Zeuthen wurde ab 1987 die Z-Kammer für das H1-Experiment am HERA-Beschleuniger in Hamburg gebaut.

1984 begannen bei DESY der Bau von HERA und die Planung der Experimente. Nach 15 Jahren Unterbrechung durfte das IfH 1985 seine Kontakte zu DESY wieder aufnehmen. Zeuthen beteiligte sich am Aufbau des H1-Detektors und entwickelte eine zylindrische Driftkammer. Es war eine Beteiligung von neuer Qualität, da erstmals nicht nur einzelne Physiker involviert waren, sondern Physiker, Ingenieure und Werkstätten beider Institute eng zusammenarbeiteten. Sichtbare Beiträge zu den Präzisionsergebnissen an den Experimenten am CERN und bei DESY lieferten auch theoretische Arbeiten aus dem IfH. Physiker aus den experimentellen Gruppen arbeiteten gemeinsam mit ihren Kollegen aus der Theorie an der Interpretation der Messungen.

Ab den 1980er Jahren begann sich das IfH an Neutrinoexperimenten zu beteiligen. Zeuthener Wissenschaftler engagierten sich am Blasenkammer-Experiment SKAT und am

Neutrino-Kalorimeter-Experiment in Serpuchow sowie am Aufbau des Baikalexperimentes zum Nachweis kosmischer Neutrinos höchster Energien. Dazu gehörten die Entwicklung eines Multiprozessorsystems zur schnellen Datenerfassung, die Detektoroptimierung sowie die Mitarbeit bei Betrieb und Analyse des Experiments am Baikalsee.

Ab 1990 beteiligten sich Zeuthener Wissenschaftler an der Vorbereitung zweier weiterer Experimente am HERA-Beschleuniger – dem ZEUS-Experiment und dem HERMES-Spektrometer – sowie am Experiment ARGUS am DORIS-Beschleuniger. Die Teilchenphysik spielte immer eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung neuartiger Technologien. So wurden im IfH z. B. Kapillar- und Faserdetektoren entwickelt sowie Komponenten für die Erfassung, Übertragung und Verarbeitung von Daten auf der Basis schneller Spezialprozessoren.



● Bau wichtiger Komponenten für die internationalen Großprojekte, an denen DESY beteiligt ist

DESY in Brandenburg

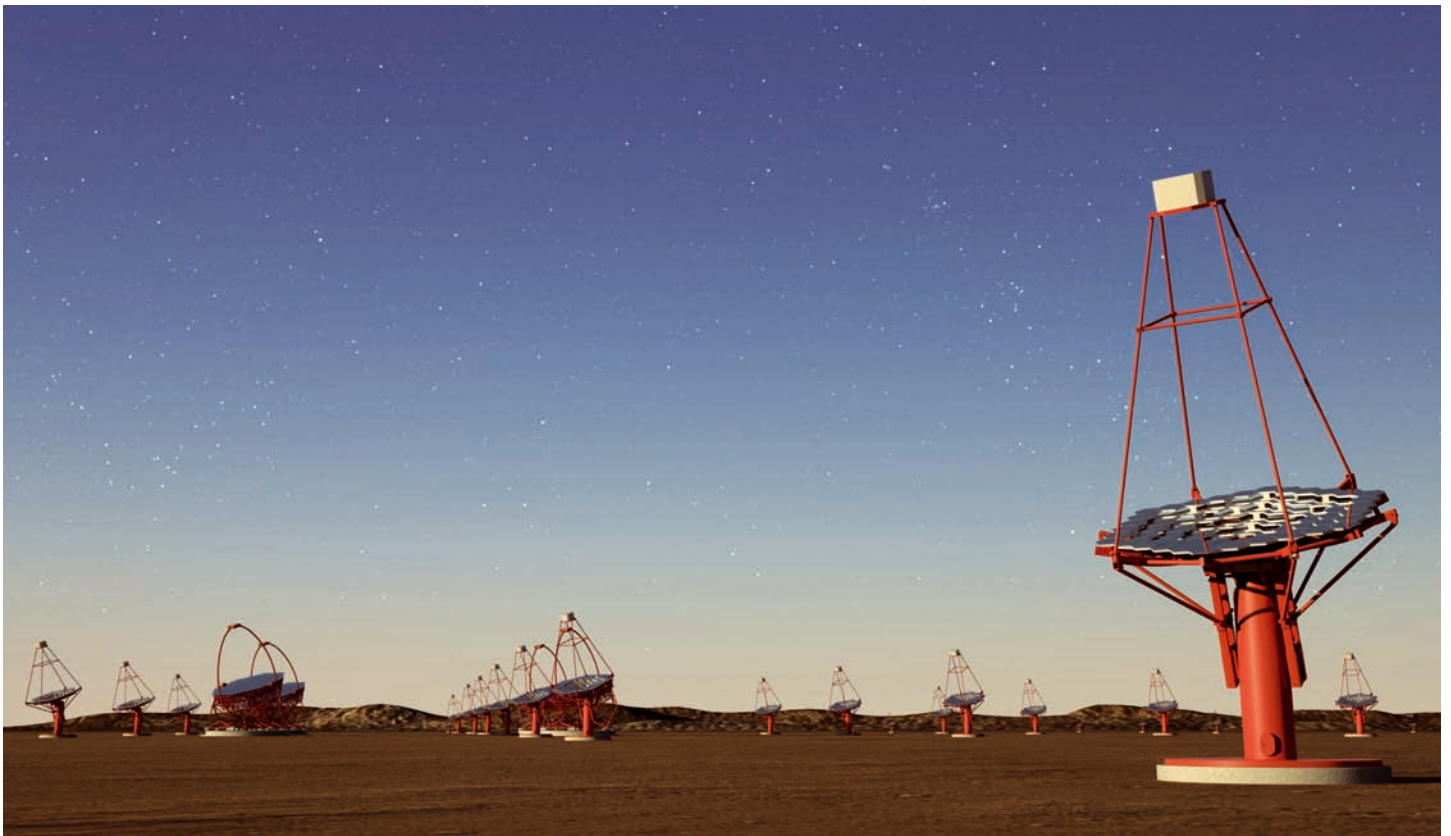
Umfassende Modernisierungen in Zeuthen nach der Vereinigung des IfH mit DESY schafften eine ausgezeichnete Infrastruktur, die es erlaubte, wichtige Beiträge zu den laufenden Experimenten zu leisten.

Zeuthener Wissenschaftler und Techniker waren an allen vier HERA-Experimenten und deren Auswertung beteiligt. Bis zum Betriebsende des Elektron-Positron Speicherrings LEP am CERN in Genf war Zeuthen ebenfalls am L3-Experiment aktiv. Heute arbeiten DESY-Forscher an zwei Experimenten am leistungsfähigsten Beschleuniger der Welt, dem Large Hadron Collider LHC des CERN.

Die theoretische Teilchenphysik schafft das große Bild, das den experimentellen Ergebnissen zugrunde liegt. Sie war und ist eine Säule der Zeuthener Forschung. Mitte der 1990er Jahre wurde sie durch die rechnergestützte theo-

retische Elementarteilchenphysik erweitert. Heute betreibt DESY standortübergreifend in Hamburg und Zeuthen große Rechen- und Speichersysteme für die weltweiten Forschergruppen der Experimente bei LHC, IceCube und CTA sowie für die Theoriegruppen.

Mit dem Photoinjektor-Teststand in Zeuthen PITZ stellt sich der Standort in Brandenburg seit 2001 einer neuen Herausforderung – der Beschleunigerphysik. Dieser Teststand dient der Entwicklung und Optimierung von Elektronenquellen für den zukünftigen Röntgenlaser European XFEL, der Quellen extrem hoher Qualität benötigt. Schon heute wird der Freie-Elektronen-Laser FLASH, eine große Nutzeranlage und Pilotprojekt für den XFEL, bei DESY in Hamburg mit einer bei PITZ optimierten Elektronenquelle betrieben. Damit ist Zeuthen im Kernprogramm von DESY verankert, der Beschleunigerphysik und -entwicklung.



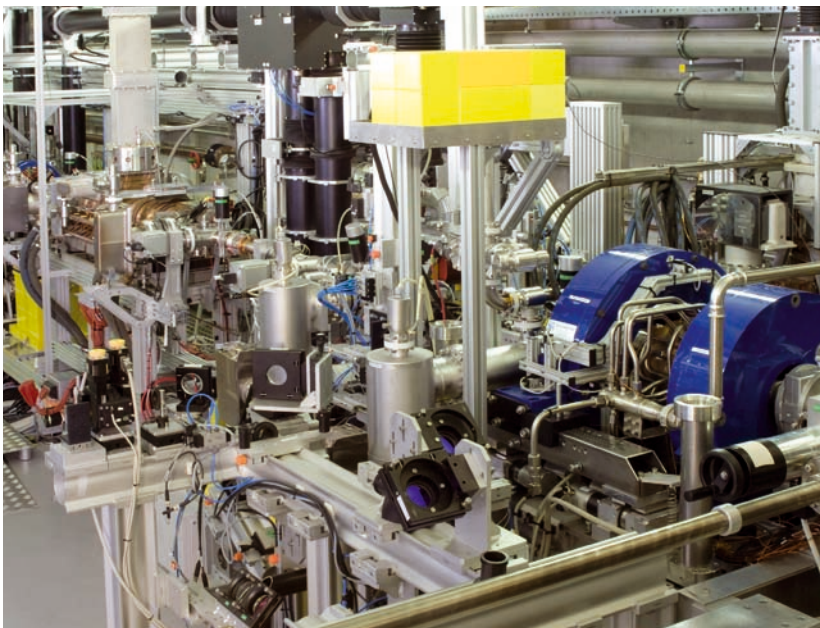
Zeuthener Wissenschaftler waren in den vergangenen Jahrzehnten an wesentlichen internationalen Forschungsprojekten der Astroteilchenphysik bei hohen Energien beteiligt. Zukünftig wird die Astroteilchenphysik in Zeuthen eine noch stärkere Rolle spielen. Dabei nutzen die Physiker verschiedene Himmelsboten, um den Geheimnissen von Sternexplosionen, kosmischen Teilchenbeschleunigern oder der dunklen Materie auf die Spur zu kommen.

Neben dem Baikal-Experiment in Sibirien engagierten sich die Astroteilchenphysiker ab 1994 auch am Südpol am internationalen Neutrinoobservatorium AMANDA. 2003 begannen die Arbeiten am Folgeexperiment, dem weltweit größten Neutrinoobservatorium IceCube. Es wurde im Dezember 2010 fertiggestellt. DESY ist der größte europäische Partner und leistete entscheidende Beiträge zum Experimentaufbau sowie zur Software-Entwicklung, Datenanalyse und Physik.

Andere Boten bei der Erforschung des Hochenergie-Universums sind Gammastrahlen. Gammateleskope wie MAGIC, Veritas und H.E.S.S. haben in den vergangenen Jahren zahlreiche Quellen für hochenergetische Teilchen entdeckt. Diese Erfolgsgeschichte soll das Cherenkov Telescope Array CTA fortsetzen. Dabei spielt DESY mit dem Bau eines Teleskop-Prototyps und mit Simulationsstudien eine wesentliche Rolle. ●

● Das Cherenkov Telescope Array CTA: schematische Darstellung des Observatoriums für hochenergetische Gammastrahlung

● Von oben nach unten:
der HERA-Beschleuniger bei DESY in Hamburg;
die optischen Module für das IceCube-Teleskop;
der Photoinjektor-Teststand in Zeuthen PITZ



Aktivitäten und Kooperationen

Das IfH und später das DESY in Zeuthen beteiligten sich an folgenden Experimenten und Anlagen:

vor 1991

- 1955–1960 Kernemulsion, Berkeley, USA
- 1962–1965 24-cm-Propan-Blasenkammer, VIK Dubna
- 1963–1967 81-cm-Wasserstoff-Blasenkammer, CERN
- 1963–1967 84-cm-Wasserstoff-Blasenkammer, DESY
- 1966–1980 2-m-Wasserstoff-Blasenkammer, CERN
- 1974–1982 Mirabelle, Wasserstoff-Blasenkammer, IfH Serpuchow
- 1974–1982 RISK-Streamer-Kammer, IfH Serpuchow
- 1976–1985 NA-4, Myon-Spektrometer, CERN
- 1980–1984 BEBC, 3,7-m-Blasenkammer, CERN
- 1980–1988 SKAT, Freon-Blasenkammer, IfH Serpuchow
- 1980–1990 Neutrino-Kalorimeter, IfH Serpuchow
- 1983–2002 L3 am LEP-Beschleuniger, CERN
- 1985–2010 H1 am HERA-Beschleuniger, DESY
- 1986–1991 Europäisches Hybrid-Spektrometer EHS, CERN
- 1988–2008 NT-200, Neutrinooteleskop, Baikalsee

nach 1991

- 1992–2007 ZEUS am HERA-Beschleuniger, DESY
- 1992–2012 HERMES am HERA-Beschleuniger, DESY
- 1995–2003 HERA-B am HERA-Beschleuniger, DESY
- ab 1994 Parallelrechner APE100, APEmille und apeNEXT, HLRZ/NIC
- 1994–2008 AMANDA-Neutrinooteleskop, Südpol
- ab 1996 TESLA/ILC-Linearbeschleuniger-Projekte
- ab 1996 TTF/FLASH/XFEL, Hamburg
- ab 2000 Photoinjektor-Teststand in Zeuthen PITZ
- ab 2003 IceCube-Neutrinooteleskop, Südpol
- ab 2005 Gammateleskope MAGIC, VERITAS, H.E.S.S., Fermi und CTA
- ab 2005 LINAC des European XFEL, Hamburg
- ab 2006 ATLAS und CMS am LHC-Beschleuniger, CERN
- ab 2006 weltweites GRID-Computing für die LHC-Experimente und IceCube

ZEIT ZEUGEN.

**Bewegende Momente werden durch
die Stimmen Beteiligten wieder lebendig**

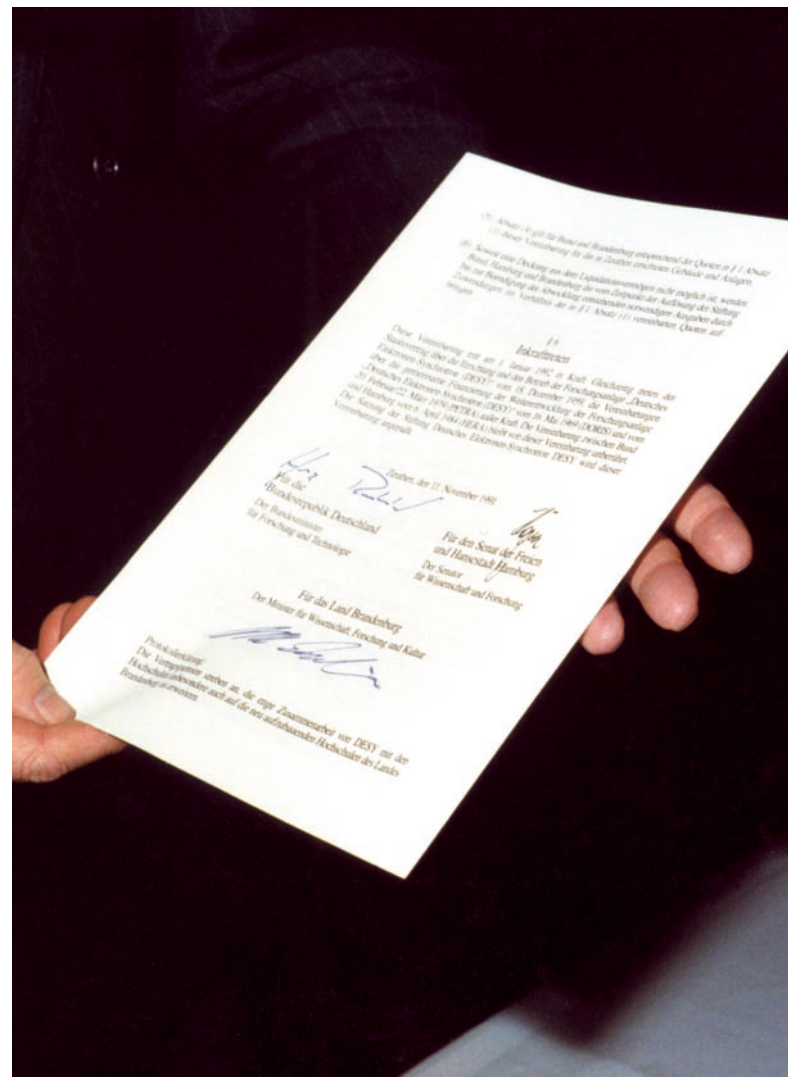
Mit der Unterzeichnung des Staatsvertrages am 11. November 1991 begann die Forschung des IfH und des DESY in einer gemeinsamen Einrichtung zusammen zu wachsen. Dieser Prozess wurde von Politikern und Wissenschaftlern sowohl damals als auch heute als etwas sehr Positives gesehen.

„Dies ist ein wichtiger Tag für das Institut. Er beendet die Unsicherheit, und er gibt dem Institut seinen definierten Platz in der Forschungslandschaft der Bundesrepublik Deutschland. Wir haben das Glück, eine der ersten Institutionen zu sein, wo die Wissenschaft aus dem Westen und dem Osten Deutschlands zusammenwächst, wo gute Forschung – und gute Forscher – der ehemaligen DDR auch im größeren Deutschland gute Chancen erhalten.“

Prof. Dr. Paul Söding
Rede zur Unterzeichnung des Staatsvertrages, 1991

„[Mit der Vereinigung der Institute] ist es gelungen, eine wissenschaftliche Einrichtung zu erhalten, die auch in der Vergangenheit international für ihre Leistungen auf dem Gebiet der experimentellen Hochenergiephysik anerkannt war und über die Integration mit dem Forschungszentrum DESY eine zukunftsreiche Arbeit gemeinsam fortzusetzen. Für die Gemeinde Zeuthen, den Landkreis Königs Wusterhausen und für das Land Brandenburg ist es erfreulich, dass eine neue Ost-West- Beziehung entstanden ist, die eine eigenständige Forschungsarbeit dieser Einrichtung garantiert.“

damaliger Landrat Hartmut Linke
Brief zur Unterzeichnung des Staatsvertrages, 1991



„Mit der Vereinigung des Institutes für Hochenergiephysik in Zeuthen und des Deutschen Elektronen-Synchrotrons in Hamburg erhalten zwei Edelsteine der deutschen Forschungslandschaft eine neue Fassung.“

Wissenschaftssenator a. D. Prof. Dr. Leonhard Hajen
Rede zur Unterzeichnung des Staatsvertrages, 1991

„Schließlich geht es in der Spitzenforschung darum, unbekanntes Terrain zu erkunden, grundlegend Neues zu finden und Antworten auf bohrende Fragen zu finden, die unsere Zukunft maßgeblich bestimmen. Manchmal aber lohnt sich auch der Blick zurück, in die Geschichte der Forschung. Die nämlich kann überaus spannend sein – so wie die Historie des Forschungszentrums DESY mit seinen Standorten Hamburg und Zeuthen.“

Prof. Dr. Helmut Dosch
Vorwort aus der Broschüre 50 Jahre DESY, 2009

„[Nach der Wende] herrschte natürlich große Ungewissheit. Aber das DESY-Direktorium um Volker Soergel hat sich sehr schnell und sehr stark für uns eingesetzt. Bei der Eingliederung ins DESY sind wir dann überaus fair behandelt worden – auch, was den Umgang mit der Stasi-Thematik anging. Im Nachhinein muss man sagen, dass es kaum einem Institut in der DDR so gut ergangen ist wie uns. Von den etwa 60 Instituten, die zur Akademie der Wissenschaften der DDR gehörten, ist Zeuthen das einzige, das praktisch komplett überlebt hat.“

Prof. Dr. Thomas Naumann
Interview aus der Broschüre 50 Jahre DESY, 2009

„Die Vereinigung der Forschungseinrichtungen in Hamburg und Zeuthen gehört zu den gelungensten Geschichten der deutschen Wiedervereinigung.“

Dr. Ulrich Gensch
Rede zum Abschiedskolloquium, 2011



IMPRESSUM.

Herausgeber

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Hamburg: Notkestraße 85, 22607 Hamburg
Tel.: +49 40 8998-0, Fax: +49 40 8998-3282
desyinfo@desy.de

Standort Zeuthen: Platanenallee 6, 15738 Zeuthen
Tel.: +49 33762 7-70, Fax: +49 33762 7-7413
desyinfo.zeuthen@desy.de

Literatur

Broschüre Teilchenphysik bei DESY Zeuthen, 1998
Broschüre 50 Jahre DESY, 2009
E. Lohrmann und P. Söding, Von schnellen Teilchen und hellem Licht: 50 Jahre Deutsches Elektronen-Synchrotron, WILEY-VCH, 2009
T. Stange, Institut X, B. G. Teubner, 2001
M. Walter, Institute stellen sich vor, DESY-IfH Zeuthen, Physikalische Blätter 48 (1992) Nr. 2

Nachdruck, auch auszugsweise, unter Nennung der Quelle gerne gestattet.

Aus Gründen der Lesbarkeit haben wir auf eine durchgängige Nennung der weiblichen und männlichen Personen verzichtet. Selbstverständlich beziehen sich alle Formulierungen auf beide Geschlechter.

Grafiken und Fotos

DESY
CERN
dpa/ZB (S. 9, rechts)
European XFEL
Peter Ginter, Lohmar (S. 1/S. 11)
IfH Serpuchow
David Parker/Science Photo Library, London (S. 1/S. 11)
Gabriel Pérez Díaz, IAC, SMM (S. 10)

Text und Redaktion

Ulrike Behrens
Ulrich Gensch
Thomas Naumann
Michael Walter

Design

Jung von Matt/brand identity GmbH, Hamburg

Layout

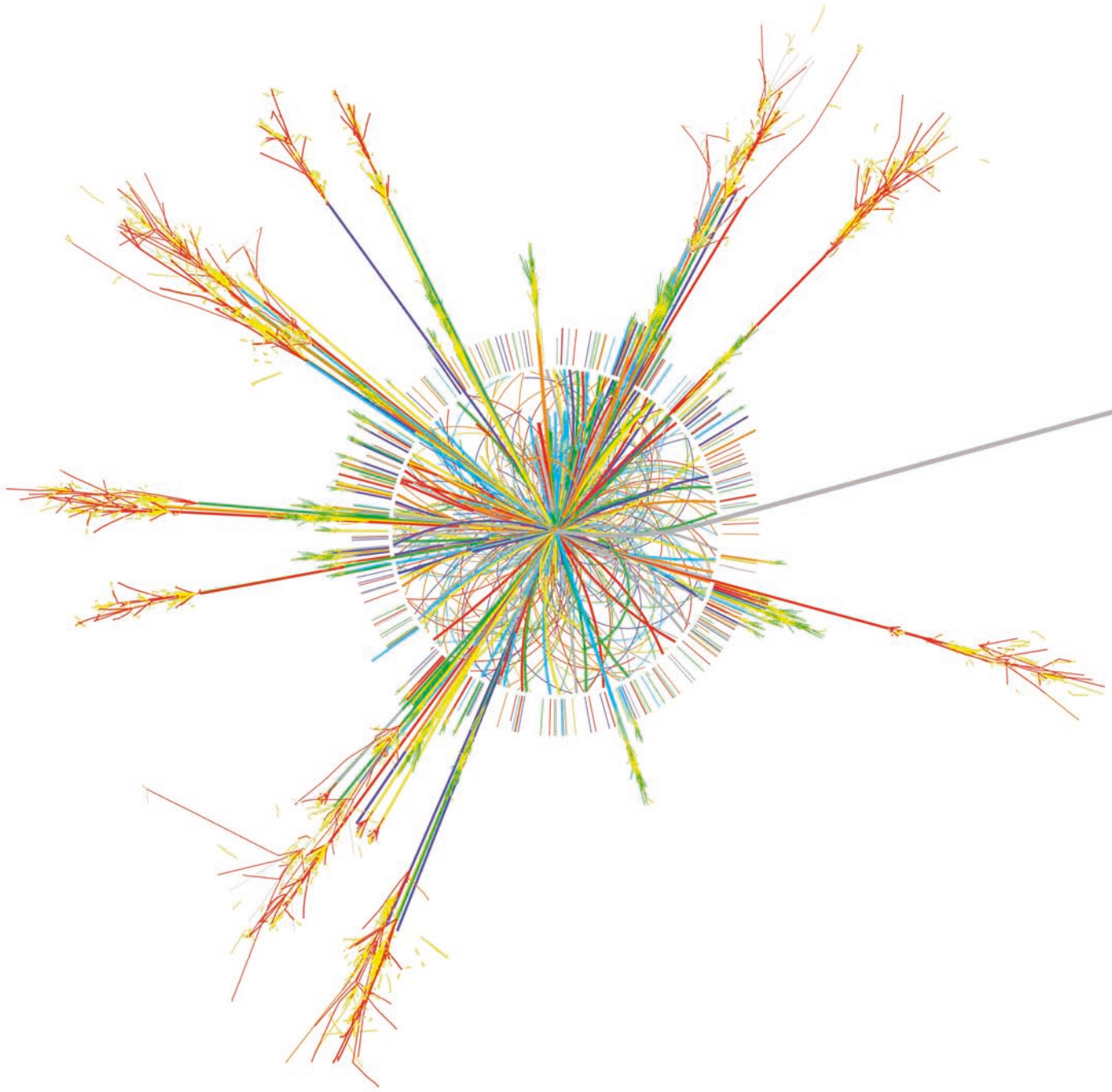
Christine Iezzi

Redaktionsschluss

Januar 2012

Druck

Druckhaus GALREV, Berlin



Deutsches Elektronen-Synchrotron Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

In der Helmholtz-Gemeinschaft haben sich 18 naturwissenschaftlich-technische und medizinisch-biologische Forschungszentren zusammengeschlossen. Ihre Aufgabe ist es, langfristige Forschungsziele des Staates und der Gesellschaft zu verfolgen. Die Gemeinschaft strebt nach Erkenntnissen, die dazu beitragen, Lebensgrundlagen des Menschen zu erhalten und zu verbessern. Dazu identifiziert und

bearbeitet sie große und drängende Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch strategisch-programmatisch ausgerichtete Spitzenforschung in sechs Forschungsbereichen: Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr.

www.helmholtz.de