



WISSENSCHAFTLICHER JAHRESBERICHT **DESY** 1983





Freigabe Nr. 262181, LA Hamburg

Wissenschaftlicher Jahresbericht 1983 Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Organigramm	8
Organe der Stiftung und Gremien	9
Kollaborationen	15
Bereich Forschung	19
Bereich Maschine	185
Bereich Zentrale Datenverarbeitung, Entwicklung und Betrieb	227
Veröffentlichungen und Vorträge	259

Vorwort

Am 6. April 1984 wurde die Hadron-Elektron-Speicherringanlage HERA genehmigt, die Ausubarbeiten für die Halle Süd begannen am 19. Mai, und zum Zeitpunkt der Drucklegung des hier vorgelegten wissenschaftlichen Jahresberichtes 1983 sind die Bauarbeiten an dieser Halle weit fortgeschritten, der Aushub für eine weitere Halle annähernd abgeschlossen. So berichtet DESY im Jahresbericht 1983 über das letzte Jahr vor Beginn des HERA-Baus, in dem sich die Arbeiten des Laboratoriums auf die beiden Elektron-Positron-Speicherringe PETRA und DORIS und natürlich auf die HERA-Vorbereitungen konzentrierten.

- Das Programm zur Energieerhöhung von PETRA wurde 1983 abgeschlossen; PETRA erreichte eine Schwerpunktsenergie von über 46 GeV.
- Bei DORIS II wurden gute Luminositäten erreicht, und die beiden Experimente ARGUS und Crystal Ball konnten schon über interessante Ergebnisse berichten.
- Die Entwicklung der supraleitenden Dipolmagnete für HERA wurde erfolgreich fortgesetzt. Der erste 6 m lange Dipol wurde gebaut und erreichte im Test die erforderliche Feldstärke bei guter Feldqualität.

Forschungsgebiete

Das zentrale Forschungsgebiet von DESY ist die Elementarteilchen- oder Hochenergiephysik, deren Ziel es ist, die kleinsten Bausteine der Materie und die zwischen ihnen wirkenden Kräfte zu erforschen. Die experimentellen Forschungsarbeiten werden an den beiden Elektron-Positron-Speicherringanlagen DORIS und PETRA durchgeführt, die heute die wichtigsten Forschungsinstrumente von DESY sind. An den „Wechselwirkungspunkten“ dieser Speicherringe, an denen Positronen und Elektronen aufeinandertreffen, sind umfangreiche, sehr komplexe Nachweisgeräte, sogenannte Detektoren, aufgebaut. In ihnen werden die Teilchen registriert, die bei den Positron-Elektron-Stößen entstehen. An PETRA sind vier Experimente, an DORIS zwei Experimente installiert. Die Detektoren wurden in internationaler Zusammenarbeit gebaut, und die Forschungsarbeiten werden von Gruppen durchgeführt, denen jeweils Wissenschaftler aus mehreren Ländern angehören.

Hochenergiephysik

Ein weiteres interessantes Arbeitsgebiet bei DESY, das in seiner Bedeutung laufend zunimmt, sind die Experimente mit der Synchrotronstrahlung am DORIS-Speicherring. Hier werden die kurzwelligen elektromagnetischen Strahlen im Ultraviolett- und Röntgenbereich, die von den Elektronen auf ihrer Bahn in den Speicherringmagneten ausgesandt werden, für eine Vielzahl von Untersuchungen verwendet, die von der Atom- und Festkörperphysik bis zur Polymerchemie und Molekularbiologie reichen und die auch praktische Anwendungen eröffnen, zum Beispiel im Röntgenlithographieverfahren. In einem internationalen Forschungsprojekt wird jetzt auch die Möglichkeit untersucht, die Synchrotronstrahlung in der Medizin zur Darstellung der Herzkranzgefäße einzusetzen. Im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB, das im Januar 1981 eröffnet worden war, sind mittlerweile 26 Meßplätze in Betrieb.

Synchrotronstrahlung

Wirtschaftsplan

DESY ist eine Stiftung, die von der Bundesrepublik Deutschland und von der Freien und Hansestadt Hamburg getragen wird. Die Mittel für den jährlichen DESY-Wirtschaftsplan werden zu 90 % von der Bundesrepublik, zu 10 % vom Hamburger Senat zur Verfügung gestellt. Im Jahr 1983 betrugen die Zuwendungen für Betriebsmittel und Investitionen 148,1 Mio DM.

Nationale und internationale Zusammenarbeit

Gastwissenschaftler

Die Forschungsarbeiten bei DESY werden in enger Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern, die bei DESY angestellt sind, und wissenschaftlichen Gästen aus dem In- und Ausland durchgeführt. Im Jahr 1983 waren in den Hochenergie-Experimenten 80 wissenschaftliche Mitarbeiter von DESY (von rund 1100 DESY-Mitarbeitern) und etwa 400 wissenschaftliche Gäste beteiligt, die von deutschen Universitäten und Forschungsinstituten und von 36 ausländischen Instituten zu DESY kamen. (Die beteiligten Institute sind auf S. 15 ff. aufgeführt.)

An Experimenten mit der Synchrotronstrahlung im HASYLAB waren 10 wissenschaftliche Mitarbeiter von DESY und mehr als 300 Gäste von über 50 überwiegend deutschen Universitäten und Forschungsinstituten beteiligt.

Ausbildung junger Wissenschaftler

Durch die enge Zusammenarbeit mit den Universitäten leistet DESY auch einen wichtigen Beitrag zur Ausbildung junger Wissenschaftler: Zahlreiche Diplomanden und Doktoranden fertigen ihre Examensarbeiten und Dissertationen im Rahmen der Forschungsarbeiten an den Speicherringen an. Sie haben hier die Gelegenheit, während ihres Studiums an der Front der Forschung mitzuarbeiten, die modernen Einrichtungen eines großen Labors kennenzulernen und mit den neuesten Techniken und Meßmethoden vertraut zu werden. Darüber hinaus lernen sie im täglichen Umgang Wissenschaftler aus vielen Ländern kennen und erfahren in jungen Jahren die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit in der Wissenschaft.

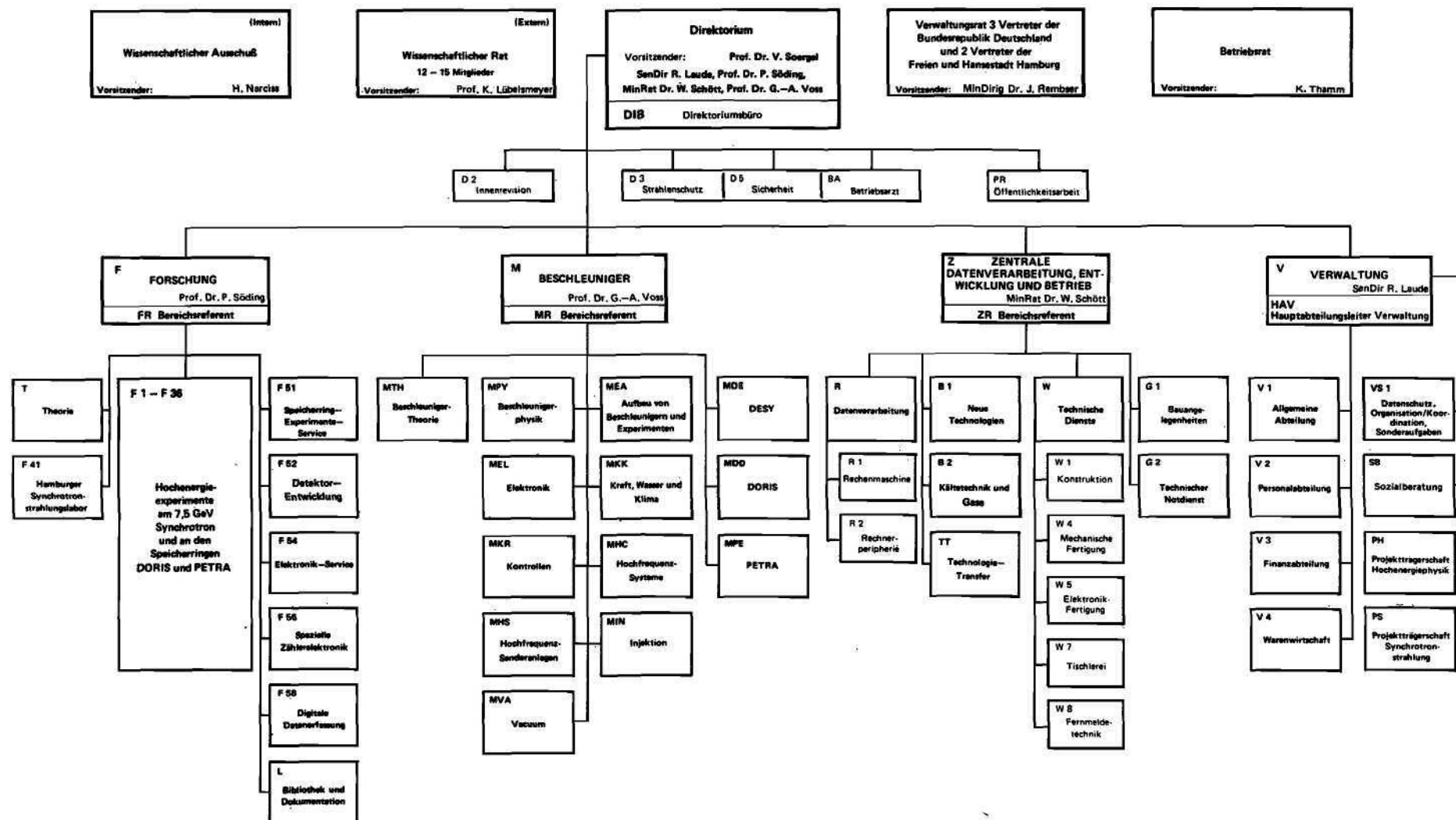
5

17

12

DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON DESY

Organigramm für das Geschäftsjahr 1983
Stand: 1. Juni 1983



Organe der Stiftung und weitere Gremien

Verwaltungsrat

Vertreter der Bundesrepublik Deutschland:

MinDirig Dr. **J. Rembser** — (Vorsitzender)

Stellvertreter: RegDir Dr. **H. Deyda**

ab 1. 10. 83: MinR **V. Knoerich**

MinDirig **C. A. Lutz**

Stellvertreter: MinR Dr. **E. Haffner**

(Bundesministerium für Forschung und Technologie)

MinR **W. Hofbauer**

Stellvertreter: RegDir Dr. **H. Behr**

ab 13. 9. 83: RegDir **R. Wessels**

(Bundesministerium der Finanzen)

Vertreter der Freien und Hansestadt Hamburg:

SenDir Dr. **H. Freudenthal** — (stellvertr. Vorsitzender)

Stellvertreter: Ltd. RegDir Dr. **H. Braun**

(Behörde für Wissenschaft und Forschung)

Ltd. RegDir Dr. **H. Schröder**

Stellvertreter: RegDir Dr. **J. Mediger**

(Finanzbehörde)

Direktorium

Prof. Dr. **V. Soergel**

(Vorsitzender)

SenDir **R. Laude**

(kaufmännisches Mitglied)

Prof. Dr. **P. Söding**

(Bereich Forschung)

MinR Dr. **W. Schött**

(Bereich Zentrale Datenverarbeitung,
Entwicklung und Betrieb)

Prof. Dr. **G.-A. Voss**

(Bereich Maschine)

Wissenschaftlicher Rat (WR)

Prof. Dr. **S. Brandt**

Fachbereich Physik der Universität Siegen

Prof. Dr. **G. Buschhorn**

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Werner-Heisenberg-Institut für Physik, München

Prof. Dr. **J. Drees**

Fachbereich Physik der Universität Wuppertal

Prof. Dr. **H. M. Fischer**

Physikalisches Institut der Universität Bonn

Prof. Dr. **G. Flügge**

Kernforschungszentrum KfK, Karlsruhe
Institut für Kern- und Teilchenphysik

Prof. Dr. **W. Jentschke**

II. Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg
(Ehrenmitglied)

Prof. Dr. **H. Lehmann**

II. Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg

Dr. **E. Lorenz**

Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Werner-Heisenberg-Institut für Physik, München

Prof. Dr. **K. Lübelmeyer**

I. Physikalisches Institut der RWTH Aachen
(Vorsitzender)

Prof. Dr. **H. Piel**

Fachbereich Physik der Universität Wuppertal

Prof. Dr. **H. Schopper**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf

Prof. Dr. **B. Stech**

Institut für Theoretische Physik der Universität Heidelberg

Prof. Dr. **G. Weber**

II. Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg
(Stellvertretender Vorsitzender)

Dr. **H. Wenninger**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf

Dr. **M. Wilkens**

Max-Planck-Institut für Metallforschung
Institut für Physik, Stuttgart

Dr. **C. Zettler**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf

Erweiterter Wissenschaftlicher Rat (EWR)

Prof. Dr. **J. Als-Nielsen**

Risø National Laboratory, Roskilde/Dänemark

Prof. Dr. **G. Barbiellini**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf/Schweiz

Dr. **P. Darriulat**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf/Schweiz

Prof. Dr. **A. N. Diddens**

National Institute for Nuclear Physics and High Energy Physics NIKHEF
und University Amsterdam/Niederlande

Prof. Dr. **P. Lehmann**

Dept. de Phys. des Part. Elém. (DPHPE) CEN, Saclay/Frankreich

Prof. Dr. **D. H. Perkins**

Department of Nuclear Physics, Oxford University/England

Prof. Dr. **R. Taylor**

Stanford Linear Accelerator Center SLAC, Stanford/USA

Physics Research Committee (PRC)

Prof. Dr. **G. Altarelli** (Rom)

Prof. Dr. **J. Heintze** (Heidelberg)

Dr. **W. Bartel** (DESY)

Prof. Dr. **E. Hilger** (Bonn)

Prof. Dr. **U. Becker** (Cambridge, USA)

Prof. Dr. **H. Meyer** (Wuppertal)

Prof. Dr. **I. Butterworth** (London)

Prof. Dr. **O. Nachtmann** (Heidelberg)

Prof. Dr. **H. M. Fischer** (Bonn)

Dr. **B. Naroska** (DESY)

Dr. **E. Gabathuler** (CERN)

Prof. Dr. **P. Söding** (DESY)

Dr. **J. Gayler** (DESY)

Prof. Dr. **V. Soergel** (DESY, Vorsitzender)

Prof. Dr. **B. Gittelman** (Cornell, USA)

Prof. Dr. **D. Treille** (CERN)

Prof. Dr. **G. Goldhaber** (LBL, USA)

Prof. Dr. **G.-A. Voss** (DESY)

Prof. Dr. **J. Haissinski** (Orsay)

Wissenschaftlicher Ausschuß (WA)

Dr. A. Bäcker (F 33)
Universität Siegen

Prof. Dr. J. K. Bienlein (F 31)

Dr. D. Degèle (MPE)

Dr. G. Drews (F 15)

C. Falland (MVA)

Dr. E. Freytag (R)

Dr. W. Fues (F 36)
KfK Karlsruhe, IEKP

Dr. G. Grindhammer (F 36)
MPI München

Dr. D. Haidt (F 22)

Dr. H. Hartmann (F 12)
Universität Bonn

H.-R. Heller (MDE)

Dr. R. D. Heuer (F 11)
Universität Heidelberg

Dr. G. Horlitz (B 1)

Dr. F. Janata (F 1)
Universität Hamburg

Prof. Dr. H. Joos (T)

Dr. W. Koch (F 31)

Dr. V. Korbelt (F 21)

H. Narciss (MKK)
(Vorsitzender)

W. Niemann (F 41)
FU Berlin, Universität Kiel
MPI Stuttgart

R. Pamperin (W)

Dr. M. Pohl (F 13)
RWTH Aachen

Dr. R. Rossmanith (MPY)

Prof. Dr. H. Wegener (F 31)
Universität Nürnberg-Erlangen

Prof. Dr. D. Schmidt (F 32)
Universität Wuppertal

Dr. A. Schwarz (F 31)
Universität Hamburg

Dr. J. Spengler (F 15)
Universität Dortmund

Dr. K. Steffen (MTH)

Dr. H.-J. Stuckenberg (F 56)

Prof. Dr. K. Symanzik (T)
(verstorben am 25. 10. 83)

Dr. U. Timm (F 33)

Prof. Dr. P. Waloschek (PR)

Dr. T. Walsh (T)
(bis 31. 8. 83)

Dr. G. Wolf (F 1)

Forschungsbeirat Synchrotronstrahlung (FBS)

Prof. Dr. **B. Buras**
(CERN/Genf)

Prof. Dr. **L. Genzel**
(Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart)

Dr. **E. E. Koch**
(DESY/HASYLAB)

Prof. Dr. **C. Kunz**
(DESY/HASYLAB)

Prof. Dr. **W. Mehlhorn**
(Universität Freiburg, Vorsitzender)

Prof. Dr. **P. Söding**
(DESY)

Prof. Dr. **H. G. Zachmann**
(Universität Hamburg)

Internationale Zusammenarbeit bei den Experimenten

Am Speicherring DORIS II:

ARGUS

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg

Physikalisches Institut der Universität Dortmund

Inst. für Hochenergiephysik der Universität Heidelberg

Canadian Inst. of Particle Phys. IPP, Toronto (Canada)

Inst. of Physics, Kansas University, Lawrence KS (USA)

Inst. of Physics, University of Lund (S)

Dept. of Physics, South Carolina Univ., Columbia SC (USA)

Crystal Ball

Lauritsen Laboratory of Physics, California Inst.
of Technology CALTECH, Pasadena CA (USA)

Dept. of Physics, University of Cape Town (South Africa)

Department of Physics,
Carnegie-Mellon University, Pittsburg PA (USA)

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg

Physikalisches Institut der Universität Erlangen

Dept. of Physics, Univ. and Istituto Nazionale di Fisica
Nucleare INFN, Firenze (I)

I. Inst. für Experimentalphysik der Univ. Hamburg

Dept. of Physics, Harvard University, Cambridge MA (USA)

High Energy Physics Laboratory,
Institute of Nuclear Physics, Cracow (PL)

Physics Laboratory, University and National Inst. for
Nucl. and High Energy Phys. NIKHEF, Nijmegen (NL)

Elementary Particles Laboratory,
Princeton University, Princeton NJ (USA)

Stanford Linear Accelerator Center SLAC, Stanford CA (USA)

High Energy Physics Laboratory and
Dept. Physics, Stanford Univ., Stanford CA (USA)

Physikalisches Institut der Universität Würzburg

Am Speicherring PETRA:

CELLO

Centre d'Etudes Nucléaires CEN, Saclay (F)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
Dept. of Natural Philosophy, University of Glasgow (GB)
II. Inst. für Experimentalphysik der Univ. Hamburg
Institut für Experimentelle Kernphysik der Universität Karlsruhe
Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Institut für Kern- und Teilchenphysik
Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire LAL, Orsay (F)
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Werner-Heisenberg-Institut für Physik, München
Laboratoire de Physique Nucléaire et Hautes Energies,
Université de Paris-VI (F)
Department of Physics and Astronomy,
University of Tel Aviv (Israel)

JADE

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
II. Inst. für Experimentalphysik der Univ. Hamburg
Institut für Physik der Universität Heidelberg
Department of Physics, University of Lancaster (GB)
Department of Physics, University of Manchester (GB)
Department of Physics and Astronomy,
Maryland University, College Park MD (USA)
Rutherford Appleton Laboratory, Chilton (GB)
Lab. of Int. Coll. on Elementary Particle Physics
and Inst. of Physics, University of Tokyo (Japan)

MARK J

III. Physikalisches Institut der RWTH Aachen
California Inst. of Technology CALTECH, Pasadena CA (USA)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg

Institute of High Energy Physics IHEP
Chinese Academy of Science, Peking (VR China)

Junta de Energia Nuclear JEN, Madrid (E)

Laboratory of Nuclear Science, Massachusetts
Institute of Technology MIT, Cambridge MA (USA)

National Inst. for Nuclear Physics and High Energy
Physics NIKHEF, Amsterdam (NL)

PLUTO

I. Physikalisches Institut der RWTH Aachen

Department of Physics, University of Bergen (N)

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg

Dept. of Natural Philosophy, University of Glasgow (GB)

II. Inst. für Experimentalphysik der Univ. Hamburg

Department of Physics and Astronomy,
Maryland University, College Park MD (USA)

Fachbereich Physik der Universität Siegen

Department of Physics and Astronomy,
University of Tel Aviv (Israel)

Fachbereich Physik der Universität Wuppertal

TASSO

I. Physikalisches Institut der RWTH Aachen

Physikalisches Institut der Universität Bonn

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg

II. Inst. für Experimentalphysik der Univ. Hamburg

Department of Physics, Imperial College, London (GB)

Department of Nuclear Physics, University of Oxford (GB)

Rutherford Appleton Laboratory, Chilton (GB)

Fachbereich Physik der Universität Siegen

Weizmann Institute, Rehovot (Israel)

Dept. of Physics, Wisconsin University, Madison WI (USA)

Bereich Forschung

Inhalt

	Seite
Übersicht	21
Experimente am Speicherring PETRA:	
CELLO-Kollaboration	26
JADE-Kollaboration	48
MARK J-Kollaboration	60
PLUTO-Kollaboration	74
TASSO-Kollaboration	96
Experimente am Speicherring DORIS II:	
ARGUS-Kollaboration	118
Crystal Ball-Kollaboration	132
Myon-Streuung am CERN SPS:	
Europäische Myon-Kollaboration EMC	152
Experimente mit der Synchrotronstrahlung:	
HASYLAB, das Hamburger Synchrotronstrahlungslabor (Kurzbericht)	162
EMBL, Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie	
Außenstelle Hamburg bei DESY	168
Theoretische Physik	170
Technische Entwicklungen und Dienste	172
Bibliothek und Dokumentation	180

Übersicht

Der Herbst 1982 markiert einen neuen Abschnitt in der Hochenergiephysik bei DESY. Er ist gekennzeichnet zum einen durch den Vorstoß von PETRA in einen bis dahin unerforschten Bereich hoher Energien in der Elektron-Positron ($e^+ e^-$)-Wechselwirkung; zum anderen durch den Beginn eines systematischen Programms zur Untersuchung der Wechselwirkungen des schwersten bekannten Quarks, des Bottom (b)-Quarks, mit Hilfe der beiden neuen Detektoren Crystal Ball und ARGUS am neu gebauten Speicherring DORIS II. Beide Programme wurden im Berichtsjahr vorangetrieben und haben erste Ergebnisse erbracht.

Am Speicherring **PETRA** sind in den ersten vier Jahren des Experimentierbetriebs, vom Herbst 1978 bis Herbst 1982, in vier Wechselwirkungszone eine große Anzahl von $e^+ e^-$ -Wechselwirkungen bei Schwerpunktsenergien hauptsächlich um 35 GeV beobachtet und vermessen worden. Das wohl bedeutendste Ergebnis war der Nachweis des Gluons. Es wurde in Gestalt des bei seiner Fragmentation entstehenden sogenannten Jets, eines Bündels von Mesonen und Baryonen, entdeckt. Das Gluon ist nach heutiger Auffassung das Bindeteilchen der starken Wechselwirkung, einer der vier grundlegenden Wechselwirkungen der Natur; bis zu seinem Nachweis an PETRA kannten wir nur ein einziges solches Bindeteilchen, dasjenige der elektromagnetischen Wechselwirkung, das Photon oder Lichtquant. Die Beobachtung des Gluons war ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu der Erkenntnis, daß die grundlegenden Naturkräfte ihrer mathematischen Natur nach Eichwechselwirkungen sind, wie sie zuerst 1922 von Herman Weyl diskutiert worden sind. Ein weiteres wichtiges Ergebnis an PETRA war der Nachweis und die Messung der Interferenz zwischen der schwachen und der elektromagnetischen Wechselwirkung. Hiermit bestand die Glashow-Weinberg-Salam (GWS)-Theorie, welche die elektromagnetische und schwache Wechselwirkung zu einer einheitlichen elektroschwachen Wechselwirkung zusammenfaßt, einen entscheidenden Test.

So groß einerseits die Befriedigung über diese Entdeckungen an PETRA war, so groß war andererseits die Verwunderung darüber, daß eine beinahe allgemein erwartete Entdeckung nicht gelang: Das einzige noch nicht aufgefundene der sechs Quarks, das Top (t)-Quark, für das man eine Masse um 15 GeV vermutete und das man mit PETRA in der Form von Quark-Antiquark-Paaren sicher erzeugen zu können glaubte, wurde trotz sorgfältiger Suche nicht gefunden. Gleichzeitig mußte man aber aus den Messungen der Eigenschaften der b-Quarks an PETRA und DORIS und an amerikanischen $e^+ e^-$ -Speicherringen den Schluß ziehen, daß ein Schema mit nur fünf Quarks zu Widersprüchen mit den Beobachtungen führt. Es muß mindestens noch ein unentdecktes Quark als Partner des b-Quarks geben. Als einzige Erklärungsmöglichkeit blieb, daß das sechste Quark wesentlich schwerer ist als bisher vermutet, so daß die Energie von PETRA zu seiner Erzeugung nicht ausreichte.

Top-Quark-Suche

Daraufhin wurde für PETRA ein Ausbauprogramm beschlossen, das eine schrittweise Erhöhung der Strahlenergie weit über die ursprünglich geplante Maximalenergie hinaus vorsah. Im Herbst 1982 wurde zunächst die Leistung der Hochfrequenzsender verdoppelt, was die Schwerpunktsenergie auf etwa 40 GeV brachte; danach wurde in zwei Schritten die Zahl der Beschleunigungsresonatoren auf das Doppelte erhöht, so daß Anfang 1984 eine Endenergie von 46.78 GeV erreicht war. Die Energie von PETRA wird derzeit nur von dem Proton-Proton-Speicherring ISR und dem Antiproton-Proton ($\bar{p}p$)-Kollider (SPS) im europäischen Forschungszentrum CERN übertroffen. Die letztere Maschine ist die einzige, mit der die schwachen Vektorbosonen $W^\pm$ und Z^0 erzeugt und entdeckt werden konnten. Die Experimente an diesen Maschinen sind aber größeren Unsicherheiten in der Vorausberechnung der Erzeugung neuer Teilchen sowie einem stärkeren Untergrund von störenden Prozessen unterworfen als diejenigen an $e^+ e^-$ -Speicherringen, bei denen man erwarten kann, ein neues Quark auch sicher zu finden, sofern nur die Energie des Speicherrings zur paarweisen Erzeugung ausreicht.

Um nun die gebundenen Zustände aus $t\bar{t}$ aufzuspüren, welche die ersten Anzeichen für die Existenz der t -Quarks liefern sollten, wurde der Energiebereich bis 45.22 GeV im Schwerpunktsystem in Schritten von 0.030 GeV systematisch abgesucht. Hieran beteiligten sich die Detektoren CELLO, JADE, MARK J und TASSO; der Detektor PLUTO war nach achtjährigem Betrieb an DORIS und PETRA im Herbst 1982 stillgelegt worden. Um rascher voranzukommen, wurde dieses Programm in enger Zusammenarbeit zwischen den vier Kollaborationen ausgeführt, und die Meßdaten aller vier Experimente wurden kombiniert. Leider wurden keine Hinweise auf $t\bar{t}$ -Zustände gefunden, woraus wir schließen müssen, daß wenn das t -Quark existiert, seine Masse jedenfalls größer als 23 GeV sein muß. Ein Nebenprodukt dieser Untersuchung ist eine verbesserte Kenntnis darüber, wie groß der Radius der fünf bekannten Quarks höchstens sein kann; diese Grenze beträgt nunmehr 7×10^{-17} cm.

Suche nach neuen Teilchen

Die während der Top-Suche angesammelten Meßdaten lieferten auch reichlich Material, um nach anderen in dem neuen Energiebereich möglicherweise erstmals auftretenden Teilchen oder Phänomenen zu forschen. Hierzu gehören neben den spekulativen Higgs-Teilchen insbesondere eventuelle weitere Leptonen oder angeregte Zustände der uns bekannten Leptonen Elektron, Myon oder Tau. Solche Zustände würde man analog zu den angeregten Zuständen der Atome oder der Hadronen erwarten, wenn die Leptonen wiederum aus noch kleineren Bausteinen zusammengesetzt sind. Auch wurde nach aus einer neuen Art von Materie bestehenden Teilchen gesucht, deren Existenz durch die sogenannte Supersymmetrie oder Supergravitation vorhergesagt wird. Das Auffinden solcher Teilchen wäre ein äußerst bedeutender Schritt auf dem Weg zu einem Verständnis der Schwerkraft und ihres Zusammenhangs mit den anderen Naturkräften. Zwar können manche Eigenschaften dieser hypothetischen Teilchen vorhergesagt werden, leider aber nicht ihre Masse; daher wird die Suche nach ihnen bis zu den höchsten erreichbaren Energien von PETRA fortgesetzt werden.

Test der GWS-Theorie

Die PETRA-Kollaborationen haben sich aber nicht nur mit der Suche nach neuen Phänomenen bei den höchsten Energien beschäftigt, sondern sie haben unter Einbeziehung der Meßdaten der Vorjahre auch viele andere Fragestellungen verfolgt. So konnte etwa die Interferenz der schwachen mit der elektromagnetischen Wechselwirkung jetzt so genau und über einen so großen Energiebereich bestimmt werden, daß sich, unter Annahme der Gültigkeit der vereinheitlichten Theorie von GWS, Anzeichen für eine kleine Abweichung von der Punktförmigkeit der Wechselwirkung deutlich zeigten. Dies ist eine direkte Evidenz dafür, daß die schwache Wechselwirkung eine endliche Reichweite von etwa 2×10^{-16} cm hat. Diese endliche Reichweite weist auf den Austausch von Bosonen mit einer Masse der Größenordnung 100 GeV hin. Die im gleichen Jahr am $p\bar{p}$ -Speicherring im CERN gelungene Entdeckung eines in e^+e^- zerfallenden Bosons von 94 GeV Masse paßt hiermit vorzüglich zusammen; insgesamt bedeutet dies eine glänzende Bestätigung unserer heutigen theoretischen Vorstellungen über die elektroschwache Wechselwirkung.

Wurden diese Untersuchungen zunächst ausschließlich an Leptonen durchgeführt, so gelingt nunmehr in den PETRA-Experimenten die partielle Identifizierung der Jets von Charm (c)- und Bottom (b)-Quarks, und damit ließen sich die Messungen auf diese Quarks ausdehnen. Die Erwartungen des GWS-Modells wurden so auch für diese Quarks bestätigt gefunden.

Fragmentation in Jets

Darüber hinaus konnte man nun die Fragmentation identifizierter c - und b -Quarks in Jets von Mesonen und Baryonen genauer verfolgen. Hier zeigte sich ein anderes Verhalten, als es von den leichten Quarks her bekannt war: Es entstehen nicht wie bei diesen vorzugsweise nieder-

energetische Hadronen, sondern meist ist eines der Fragmentationsprodukte, nämlich dasjenige, welches das schwere Quark oder Antiquark enthält, durch eine besonders hohe Energie ausgezeichnet. Diese Tatsache wird sich in der Zukunft sicher für eine noch verbesserte Identifizierung der schweren Quarks ausnutzen lassen. In der Fragmentation der Quarks wurden auch erstmals Hadronen beobachtet, die zugleich Strange- und Antistrange-Quarks enthalten (Ξ^- und η) sowie solche, die aus Charm- und Antistrange-Quarks zusammengesetzt sind (F^+). Diese Befunde sind wichtig zur Aufklärung des Mechanismus der Quark-Fragmentation, über den von theoretischer Seite viele Untersuchungen angestellt werden. Zu der offenen Frage, ob es sich bei den beobachteten Jets um die Fragmentationsprodukte einzelner Quarks oder eher um die Fragmentation sogenannter „Strings“ aus gluonischen Feldern handelt, konnte weitere die String-Fragmentation favorisierende Evidenz beigebracht werden.

Untersuchungen über die Korrelation von Quantenzahlen in den Jets, über die Kaskadennatur der Fragmentation, und über die Wahrscheinlichkeit der Abstrahlung von Gluonen durch schwere Quarks trugen weiter dazu bei, ein genaueres Bild über die bei allen hochenergetischen Prozessen so entscheidend beteiligte Quark-Fragmentation zu erhalten. Die Frage, worin sich die Fragmentation der Gluonen eigentlich von derjenigen der Quarks unterscheidet, erhielt durch die Beobachtung von Jets am $p\bar{p}$ -Kollider im CERN besondere Aktualität, da es sich bei diesen vorzugsweise um Gluon-Jets handeln sollte. Bisher kann diese Frage eigentlich nur an PETRA untersucht werden; trotz weiter verfeinerter Untersuchungsmethoden zeigten sich nach wie vor die charakteristischen Merkmale der Gluon-Jets als nicht stark ausgeprägt.

Viel Aufmerksamkeit wurde darauf verwandt, die von der Quantenchromodynamik (QCD) in der zweiten störungstheoretischen Ordnung vorhergesagte Gluon-Abstrahlung durch Quarks sowohl der absoluten Wahrscheinlichkeit als auch der Winkel- und Energieverteilung nach mit den experimentellen Befunden zu vergleichen. Die Schwierigkeit hierbei liegt in der Berücksichtigung der Fragmentationseffekte. Die Vorhersagen der QCD wurden in allen Fällen bestätigt gefunden, doch erwies sich eine präzise Bestimmung der absoluten Größe der starken Feinstrukturkonstante α_s , welche die Gesamtwahrscheinlichkeit für die Gluon-Emission beschreibt, als nicht möglich oder zumindest kontrovers.

*Tests der
Quantenchromo-
dynamik*

Neben den direkten e^+e^- -Wechselwirkungen, bei denen sich Elektronen und Positronen gegenseitig in reine Energie vernichten, welche sich dann in Quark- oder Leptonpaaren wieder materialisiert, beobachtet man an e^+e^- -Speicherringen auch die Erzeugung von Quarks und Leptonen durch Photon-Photon-Wechselwirkungen. Diese kommen durch Kollision der aufeinander zulaufenden Elektronen und Positronen umgebenden elektromagnetischen Felder zustande. Alle PETRA-Experimente haben solche Kollisionen beobachtet und analysiert; mit die interessantesten neuen Ergebnisse stammen aus der Auswertung der mit dem hierzu besonders ausgelegten PLUTO-Detektor im Vorjahr aufgenommenen Daten. Die Erzeugung von Materie durch „Zusammenstoß von Licht mit Licht“ ist als ein nichtlinearer, nicht klassischer Prozeß nicht nur von grundsätzlichem Interesse; diese Untersuchungen gestatten auch in einzigartiger Weise, den Quark-Antiquark-Aufbau der Mesonen „auszuleuchten“ und viele Eigenschaften ihrer inneren Quark-Wellenfunktionen zu bestimmen. Auch die Erzeugung quasi-freier Quarkpaare durch Photon-Photon-Kollisionen mit anschließender Fragmentation der Quarks in Jets wurde untersucht. Dem Photon selber kann man eine Struktur aus fluktuierenden Lepton- und Quarkpaaren zuschreiben; diese Struktur konnte vermessen werden. Alle diese Untersuchungen liefern auch wichtige Tests für die Quantenelektrodynamik und die Quantenchromodynamik.

*Zwei-Photon-
Prozesse*

Y-Mesonen

An **DORIS** wurde, nach dem Umbau und dem Einfahren des neuen DORIS II-Ringes sowie dem Einbau des Crystal Ball-Experiments und der Fertigstellung und dem Einbau des ARGUS-Detektors, im Jahre 1983 bereits ein großer Teil des von der Crystal Ball-Kollaboration vorgeschlagenen Meßprogramms abgewickelt. Der Speicherring wurde auf die Energie des ersten Anregungszustandes des S-Wellen ($b\bar{b}$)-Systems, des sogenannten Y' , eingestellt. Das Ziel war die Beobachtung und Identifizierung der elektromagnetischen Übergänge vom Y' in die P-Wellen-Zustände des ($b\bar{b}$)-Systems (auch χ_b -Zustände genannt). Beide Experimente konnten zwei der durch Feinstrukturwechselwirkung als dreifach aufgespalten erwarteten Linien sicher identifizieren; erste Anzeichen für das Vorhandensein einer dritten Linie wurden ebenfalls gefunden. Daneben wurden auch die Zerfälle des Y' in Hadronen untersucht.

Die besondere Bedeutung des $b\bar{b}$ -Systems („Bottomium“) für die Teilchenphysik liegt darin begründet, daß dieses System für die starke Wechselwirkung von ähnlich grundlegendem Interesse ist wie das Wasserstoffatom für die elektromagnetische Wechselwirkung. Nirgendwo sonst läßt sich die Dynamik von durch starke Kräfte gebundenen Zuständen an einem so einfachen System prüfen, denn leichte Quarks haben keine oder zu wenige stabile Bindungszustände, und außerdem bewegen sie sich sehr schnell, was die Berechnung schwierig und unzuverlässig macht. Systeme aus noch schwereren Quarks als das Bottom-Quark, also das (noch zu entdeckende) Topponium-System, wären zwar von diesem Standpunkt aus noch besser geeignet, doch selbst wenn sie gefunden sein werden, wird die benötigte Meßzeit wegen der geringeren Größe des Systems etwa 10mal länger sein als für das Bottomium. Das Bottomium-„Atom“ ist daher ein ideales Studienobjekt; durch seine genaue Vermessung kann man den Verlauf des Potentials zwischen Quark und Antiquark im Bereich von Abständen zwischen 10^{-14} und 10^{-13} cm bestimmen, das heißt gerade dort, wo es aus einem Verlauf ganz ähnlich wie er von elektrischen Kräften her bekannt ist, allmählich in den für die starke Wechselwirkung charakteristischen linearen (Confinement) Verlauf übergeht. Die endgültigen Ergebnisse aus den Messungen am Y' , welche im Frühjahr 1984 abgeschlossen werden sollen, werden daher mit großem Interesse erwartet.

Es sei noch erwähnt, daß sowohl der nach seinem Transport von Kalifornien nach Hamburg hier wieder aufgebaute Crystal Ball als auch der erst 1982 fertiggestellte ARGUS-Detektor auf Anhieb einwandfrei gearbeitet und die in sie gesetzten Erwartungen hinsichtlich des Auflösungsvermögens für Energien, Impulse und die Identifikation von Teilchen erfüllt haben.

Synchrotronstrahlungs-Experimente

Einen wichtigen zweiten Schwerpunkt der Arbeit an DORIS bildeten die Untersuchungen mit der **Synchrotronstrahlung**. Konnte im Vorjahr wegen des Neubaus von DORIS II nur während eines Teils des Jahres experimentiert werden, so zeichnete sich das Berichtsjahr durch einen im allgemeinen effizienten Betrieb aus. Insgesamt 35 Wochen, mehr als ursprünglich vorausgesehen, standen für Experimente zur Verfügung. Davon wurden gemäß der vereinbarten Aufteilung 23 Wochen bei etwa 5 GeV Strahlenergie den Hochenergie-Experimenten zugeteilt; der größte Teil dieser Zeit konnte auch zugleich durch Synchrotronstrahlungs-Experimente genutzt werden, insbesondere durch Experimente mit Röntgenstrahlung. Für die übrigen 12 Wochen wurde der Betrieb ausschließlich zur Erzeugung von Synchrotronstrahlung mit Elektronen von 3.7 GeV Strahlenergie und gespeicherten Strahlströmen bis zu 100 mA vorgesehen. Während des überwiegenden Teils dieser Zeit war DORIS II gut bis sehr gut für die Experimente nutzbar.

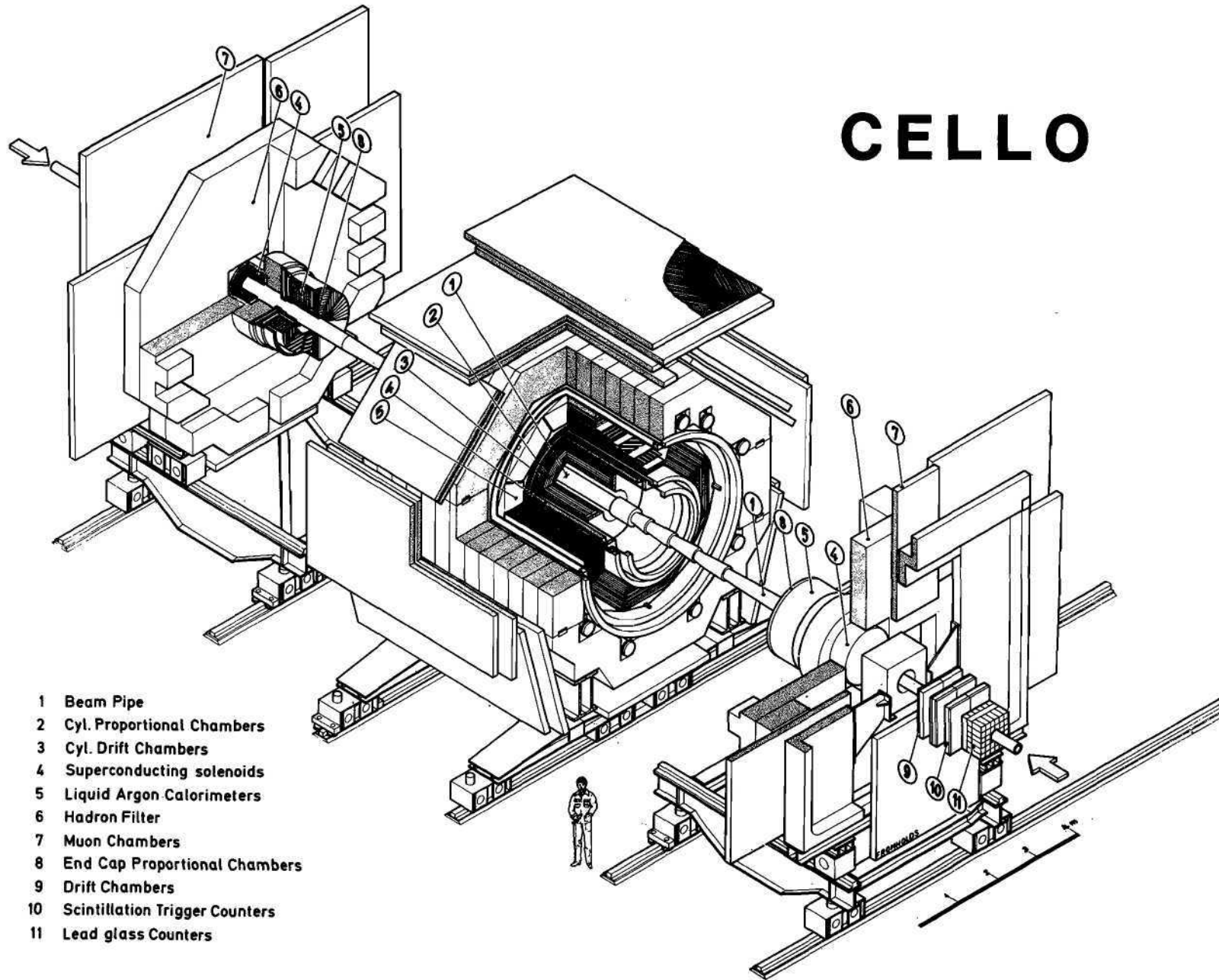
Die Experimente umfaßten wie bisher das ganze Spektrum von der Atomphysik bis zur Molekularbiologie. Aus der Vielzahl von Ergebnissen seien hier nur einige beispielhaft genannt: die erste Ausmessung der Röntgenreflexe eines nur 6 Mikrometer großen Kristalles, die Entwicklung einer Spektroskopie laserangeregter Festkörper, erste vielversprechende Ergebnisse mit einer Guinier-Kamera, Röntgenabsorption an Metaldämpfen, ein reiches Programm zur Untersuchung der Strukturänderung zahlreicher Polymere bei mechanischer Verformung in verschiedenen Temperaturbereichen, Untersuchungen zur Charakterisierung von Katalysatoren, die stroboskopische Sichtbarmachung laufender Oberflächenwellen auf Siliziumniobat, der Valenzwechsel an der Oberfläche und im Volumen seltener Erden, die zeitliche Auflösung schnell veränderlicher Fluoreszenzvorgänge und vieles mehr. Erwähnt seien auch die Vorversuche zur Koronar-Angiographie.

Insgesamt stand an nunmehr 26 Meßplätzen Strahl zur Verfügung. Mit besonderem Nachdruck wurde der Entwurf und die Konstruktion eines Strahl-Wigglers verfolgt; nach seinem für 1984 vorgesehenen Einbau wird den Experimenten ein ganz besonders intensiver Röntgenstrahl zur Verfügung stehen.

Wie in der Vergangenheit wurden auch im Berichtsjahr die experimentellen Programme durch mannigfache **theoretische Untersuchungen** angeregt, unterstützt und begleitet. Einige der experimentellen Arbeiten, so die Tests der QCD, wären ohne die direkte Mitwirkung von theoretischen Physikern nicht durchführbar gewesen. Neben mehr phänomenologischen Problemen, wie Fragen der Jet-Erzeugung und der Fragmentation, wurden aber auch grundsätzliche Fragen der Theorie der Elementarteilchen und der Felder bearbeitet, zum Beispiel das Problem des „Confinement“, des Eingesperrtseins der Quarks in hadronische Bindungszustände. Weiter vorangetrieben wurden auch, sowohl in grundsätzlichen Untersuchungen als in numerischen Anwendungen, die Gittereichtheorien, mit deren Hilfe wohl die Berechnung der Eigenschaften der Hadronen einmal möglich sein wird. Eine besondere Gelegenheit für intensive Diskussion und Zusammenarbeit zwischen einheimischen und auswärtigen Theoretikern sowie zwischen Theoretikern und Experimentalphysikern bot der im September durchgeführte internationale Theorie-Workshop, der Eichtheorien und Jets zum Thema hatte.

Theorie

CELLO



- 1 Beam Pipe
- 2 Cyl. Proportional Chambers
- 3 Cyl. Drift Chambers
- 4 Superconducting solenoids
- 5 Liquid Argon Calorimeters
- 6 Hadron Filter
- 7 Muon Chambers
- 8 End Cap Proportional Chambers
- 9 Drift Chambers
- 10 Scintillation Trigger Counters
- 11 Lead glass Counters

Abb. 1.1: Aufbau des CELLO-Detektors.

CELLO-Kollaboration

Beteiligte Institute: CEN Saclay, DESY, Univ. Glasgow, Univ. Hamburg, Univ. und KfK Karlsruhe, LAL Orsay, MPI München, Univ. Paris-VI, Univ. Tel Aviv.

Überblick

Das Ziel der Kollaboration ist die Durchführung von Experimenten am PETRA-Speicherring mit dem magnetischen Detektor CELLO. Der Aufbau des Detektors ist in Abb. 1.1 schematisch dargestellt. Der zentrale Teil des Detektors besteht aus einem Solenoidmagneten mit einer sehr dünnwandigen supraleitenden Spule. Im Inneren des Magneten werden mit zylindrischen Proportional- und Driftkammern die Spuren geladener Teilchen gemessen. Der Magnet ist umgeben von einem Flüssig-Argon-Blei-Kalorimeter für den Nachweis von Elektronen und Photonen. Das Eisenjoch des Magneten dient gleichzeitig als Hadronabsorber. Myonen mit Impulsen oberhalb von 1 GeV/c können diesen Filter durchdringen und werden in großflächigen Drahtkammern nachgewiesen. Den Bereich kleiner Winkel zur Strahlachse überdecken wiederum Spurkammern, Kalorimeter und Myonkammern, so daß Leptonen, Hadronen und Photonen über den nahezu vollständigen Raumwinkelbereich nachgewiesen werden können.

Im Berichtsjahr wurden Daten bei Schwerpunktsenergien zwischen 38 und 45 GeV genommen, die in erster Linie der Suche nach dem Top-Quark sowie anderen schweren Teilchen dienten. Es wurde eine integrierte Luminosität von ca. 7 pb^{-1} gesammelt. Gleichzeitig wurde die Analyse der Daten aus der ersten Meßperiode (März 1980–August 1981) fortgesetzt. Diese Daten wurden bei Schwerpunktsenergien von 14, 22 und 34 GeV genommen. Wesentliche Zielpunkte dieser Analysen sind:

- Einfluß von Fragmentationsmodellen auf die Bestimmung der QCD-Kopplungskonstanten α_s in zweiter Ordnung
- Test des Skalenverhaltens in der inklusiven Erzeugung neutraler π -Mesonen
- Bestimmung von Zerfallsparametern schwerer Quarks
- Untersuchung von Eigenschaften des τ -Leptons
- Untersuchungen zur hadronischen Struktur des Photons
- Messung von Eigenschaften der $\gamma\gamma$ -Wechselwirkung durch Isolierung der exklusiven Kanäle $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-$ und $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$
- Suche nach Jets bei den $\gamma\gamma$ -Prozessen

Pysikalische Ergebnisse

Hadronische Endzustände

Schwerpunkt der Messungen im vergangenen Jahr bei PETRA war die Fortsetzung der Suche nach dem t-Quark. Man erwartet bei der Anregung des Grundzustandes von $t\bar{t}$ (Toponium) – unter der Annahme einer kleinen Resonanzbreite und einer Quarkladung von $2/3$ – für $R = \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen})/\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ ein Maximum von $R = 13$.

Top-Quark-Suche

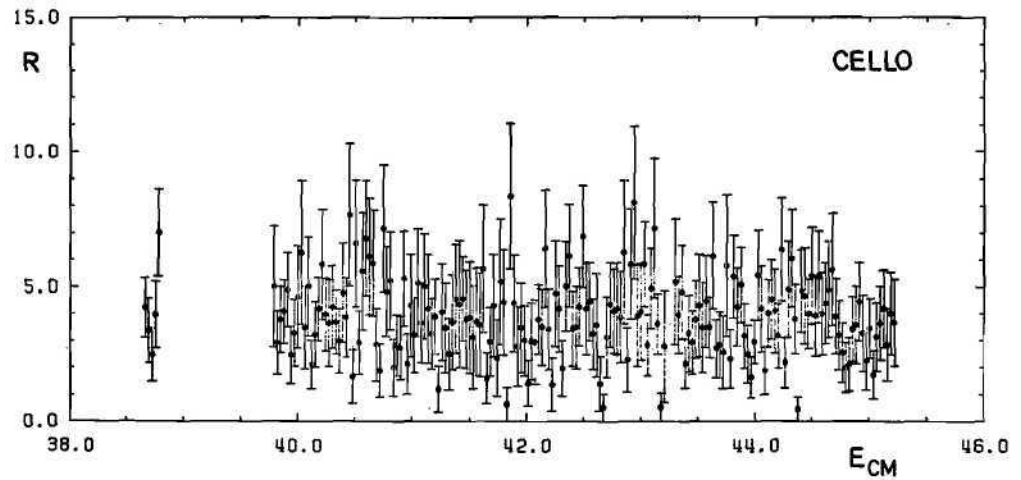


Abb. 1.2: $R = \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen})/\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ als Funktion der Schwerpunktsenergie.

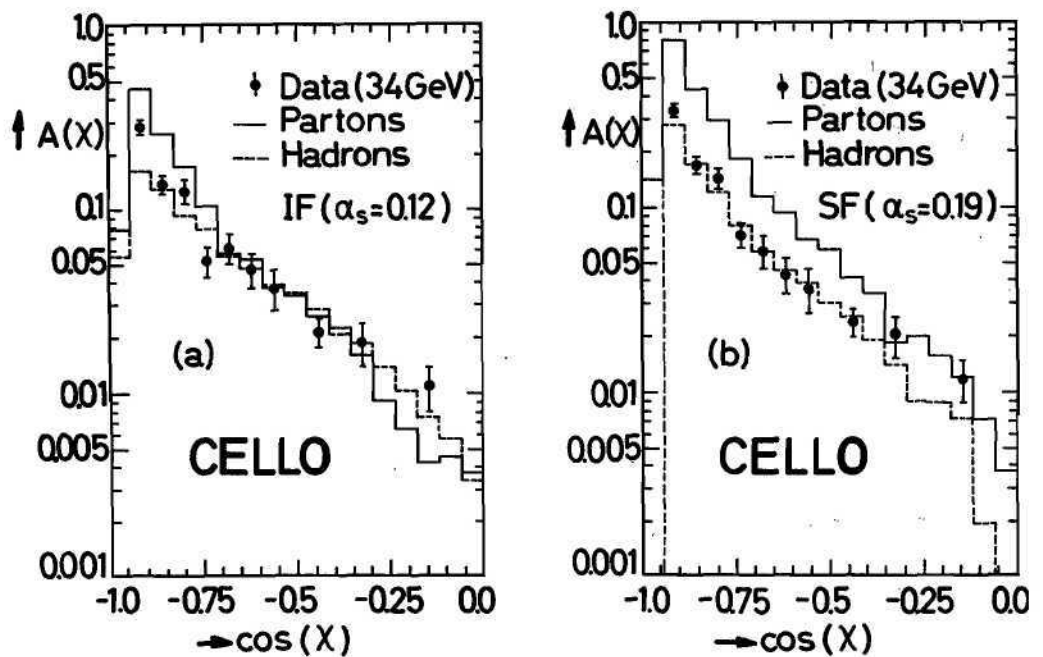


Abb. 1.3: Asymmetrie der energiegewichteten Winkelkorrelation für die Daten und M.C.-Vorhersagen (gestricheltes Histogramm). Zusätzlich sind die entsprechenden Vorhersagen für die Partonen eingezeichnet. a) IF-Modell, b) SF-Modell (siehe Text).

Außerdem setzt einige GeV oberhalb der Resonanzenergie die Paarproduktion von t-Mesonen $e^+e^- \rightarrow t\bar{q} + \bar{t}q \rightarrow \text{Hadronen}$ ein. Im Quark-Parton-Modell erwartet man

$$R = \sum_{i=1}^N Q_i^2$$

N ist dabei die Anzahl der verschiedenen Quarks und Q_i deren Ladung. Oberhalb der Schwelle für die Produktion eines zusätzlichen t-Quarkpaares sollte damit R von $R = 11/3$ auf $R = 15/3$ ansteigen.

Die Messungen wurden durchgeführt, indem die Strahlenergie von 19 GeV in Schritten von 30 MeV auf die bis Ende Dezember maximale Energie von 22.61 GeV erhöht wurde, mit einer Luminosität von 60 nb^{-1} pro Meßpunkt.

Um die Resonanzsuche effektiv durchzuführen, wird der Wert von R kontinuierlich während der Datennahme von den beiden Online-Rechnern bestimmt. Dies geschieht durch Erkennung von hadronischen Ereignissen

$$e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$$

und von Bhabha-Ereignissen

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^-$$

Voraussetzung dafür ist ein effizienter und redundanter Trigger (Spurtrigger, Flüssig-Argon-Schauerenergie-trigger und kombinierte Trigger), eine schnelle Spursuche durch einen Hardware-Prozessor und eine schnelle Messung der Gesamtschauerenergien in den Flüssig-Argon-Schauerzählern. Ausgehend von einer Triggerrate von 2 bis 6 Hz (hauptsächlich Untergrund in Form von Strahl-Gas- und Strahl-Strahlrohr-Wechselwirkungen) werden von den Online-Rechnern auf der Basis der Resultate der schnellen Spursuche und der Schauerenergien Ereignisse der beiden Reaktionen ausgewählt. Diese Ereignisse werden auf einem Display dargestellt, von den Physikern am Experiment beurteilt und damit R bestimmt. Danach werden die Daten automatisch offline mit dem Standard-Rekonstruktions- und Selektionsprogramm analysiert. Innerhalb weniger Stunden erlaubt damit die Offline-Analyse eine Überprüfung der Online-R-Werte

In Abb. 1.2 sind die R-Werte von CELLO im untersuchten Energiebereich dargestellt. Es gibt bis zu den höchsten Energien keinerlei Anzeichen für das Auftreten einer schmalen $t\bar{t}$ -Resonanz oder für eine $t\bar{t}$ -Schwelle. Auch der Durchschnittswert von R sowie die Topologie der hadronischen Endzustände schließen die Existenz eines neuen Quarks mit der Ladung $\frac{2}{3}e$ aus. Ein Beitrag zum Kontinuum von einem neuen Quark mit Ladung $\frac{2}{3}e$ und einer Masse zwischen 9 und 21.875 GeV ist aufgrund der Zahl der aplanaren Ereignisse mit zwei Standardabweichungen ausgeschlossen.

Die Beobachtung von 3-Jet-Ereignissen in der e^+e^- -Vernichtung bei hohen Energien wird auf den Prozeß

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g \quad (1)$$

zurückgeführt. Hier erzeugt ein virtuelles Photon ein Quark-Antiquark-Paar, von dem anschließend ein Gluon abgestrahlt wird. Das Gluon ist das Feldquant in der Quantenchromodynamik (QCD). Die Rate, mit der Quarks Gluonen abstrahlen, ist durch die QCD-Kopplungskonstante α_s gegeben, dem einzigen freien Parameter in der QCD.

Kopplungskonstante
 α_s in 2. Ordnung

Quarks und Gluonen sind nur als Jets von Hadronen beobachtbar. Über die Fragmentation von Partonen in Hadronen macht die QCD keinerlei Aussagen. Um von den gemessenen Jet-Wirkungsquerschnitten auf die Zahl der produzierten Partonen schließen zu können, muß man deshalb phänomenologische Modelle, die den Fragmentationsprozeß beschreiben, zu Hilfe nehmen.

Die starke Abhängigkeit von Fragmentationsmodellen bei der Bestimmung der starken Kopplungskonstante ist bereits gezeigt worden. Hier wurden Monte-Carlo(M.C.)-Programme verwendet, die auf QCD in erster Ordnung basieren. Um die Modellabhängigkeit der α_s -Bestimmung auch in zweiter Ordnung QCD zu untersuchen, sind M.C.-Simulationen verwendet worden, die Reaktionsprozesse zweiter Ordnung in α_s mit einschließen:

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}gg \quad (2)$$

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}q\bar{q} \quad (3)$$

sowie alle virtuellen Korrekturen zweiter Ordnung für den 3-Jet-Wirkungsquerschnitt.

In dem M.C.-Programm können verschiedene Fragmentationsmodelle verwendet werden, so daß man deren Einfluß auf die Bestimmung von α_s mit identischen Parton-Anfangszuständen und identischen Zerfällen der primären Hadronen untersuchen kann. Wir haben zwei Extremfälle von Modellen untersucht. Das erste basiert auf dem Field-Feynman-Ansatz mit unabhängiger Fragmentation der Partonen (IF). Das zweite ist das sogenannte LUND-Modell, in dem Quarks mit „colour strings“ verbunden werden, die dann in Hadronen fragmentieren (SF). Mit den beiden Modellen wurde α_s bestimmt zu:

$\alpha_s = 0.12 \pm 0.02$	IF-Modell
$\alpha_s = 0.19 \pm 0.02$	SF-Modell

Diese Werte von α_s sind ca. 20 % niedriger als die entsprechenden Werte, die mit erster Ordnung QCD-M.C.-Programmen erhalten worden sind. Die Abhängigkeit vom Fragmentationsmodell ist jedoch geblieben: Das SF-Modell führt zu 40 % bis 50 % größeren α_s -Werten. Anschaulich heißt das, daß im SF-Modell die Hadronen stärker kollimiert sind. Der Unterschied zwischen beiden Modellen wird sehr deutlich am Beispiel der Asymmetrie der energiegewichteten Winkelkorrelation geladener Hadronen (Abb. 1.3). Die Asymmetrie in der Winkelkorrelation ist ein direktes Maß für die Stärke der 3-Jet-Struktur in den Ereignissen. Beide Modelle beschreiben die Daten gleich gut. Im SF-Modell ist jedoch die Asymmetrie der Hadronen deutlich geringer als die Asymmetrie der Partonen. Im Gegensatz dazu ändert der Fragmentationsprozeß im IF-Modell die Asymmetrie kaum.

Skaleninvarianz bei π^0 -Erzeugung

In dem Quark-Parton-Modell wird erwartet, daß die e^+e^- -Vernichtung in Hadronen über die Paarerzeugung von Quarks verläuft. Diese fragmentieren anschließend in Hadronen. Nach gängiger Vorstellung soll dieser Fragmentierungsprozeß nur von einer Variablen bestimmt sein, nämlich dem Energieanteil $X = 2E/W$ des erzeugten Hadrons an der Schwerpunktsenergie W . Hierbei bezeichnet E die Energie des Hadrons. Es wird also erwartet, daß die relative Wahrscheinlichkeit, ein Hadron mit einem festen Energieanteil X zu erzeugen, konstant ist. Da die Gesamtwahrscheinlichkeit für die e^+e^- -Vernichtung in Hadronen mit dem Quadrat s der Schwerpunktsenergie abnimmt, wird für den skaleninvarianten Wirkungsquerschnitt $sd\sigma/dx$ eine von der Schwerpunktsenergie unabhängige Verteilung erwartet.

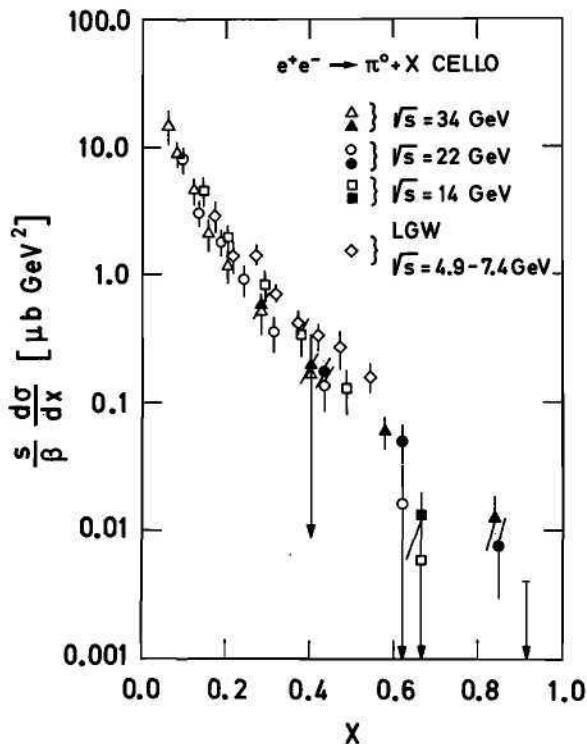


Abb. 1.4: Skaleninvarianter Wirkungsquerschnitt $s d\sigma/dx$ für die inklusive Erzeugung neutraler Pi-Mesonen bei Schwerpunktsenergien $W = 14, 22$ und 34 GeV im Vergleich mit früheren Messungen bei niedrigeren Energien.

Die Quantenchromodynamik (QCD) führt nun die Idee der Abstrahlung von Gluonen von den Quarks ein. Die Rate dieser Gluon-Bremsstrahlung steigt mit zunehmender Schwerpunktsenergie logarithmisch an. Dadurch steht den einzelnen Quarks eine entsprechend geringere Energie zur Fragmentierung zur Verfügung. Folglich wird es weniger Hadronen bei großen Werten von x und mehr bei kleinen geben, das heißt, daß die Verteilung des Wirkungsquerschnittes mit ansteigender Energie steiler werden sollte.

Es wurde versucht, diese Vorhersagen anhand der Erzeugung von neutralen Pi-Mesonen zu testen. Diese wurden aus den im Flüssig-Argon-Kalorimeter gemessenen Schauern, die keiner Spur im Innendetektor zugeordnet werden konnten, rekonstruiert. Die Untersuchungen sind dadurch erschwert, daß aufgrund der Teilchenbündelung häufige Überlagerungen der von Photonen herrührenden Schauer untereinander und mit denen von geladenen Spuren und anderen neutralen Teilchen (K, n) auftreten. Durch die gute Tiefenunterteilung des Kalorimeters ist es jedoch möglich, die Schauer in ihrer longitudinalen Entwicklung zu verfolgen und somit weitgehend von Untergrund zu befreien. Es gelang hier zum ersten Mal, neutrale Pi-Mesonen über den gesamten Energiebereich zu vermessen. Die Ergebnisse für die drei Schwerpunktsenergien $W = 14, 22$ und 34 GeV sind in Abb. 1.4 dargestellt. Sie werden mit Resultaten bei noch niedrigeren Energien (ca. 6 GeV) verglichen. Es ist offensichtlich, daß die Werte nicht auf einer Kurve liegen. Bei höheren Schwerpunktsenergien folgen die Werte steileren Kurven als bei niedrigen Energien. Es wird also eine Brechung des Skalenverhaltens des Wirkungsquerschnittes für die inklusive Erzeugung neutraler Pi-Mesonen beobachtet. Detailliertere numerische Analysen zeigen, daß das Ausmaß der Brechung mit den Vorhersagen aus der QCD gut übereinstimmt.

*Inklusive Leptonen-
erzeugung in multi-
hadronischen Ereignissen*

Die e^+e^- -Vernichtung in Hadronen wird bei PETRA-Energien gut durch die Annahme von Paarproduktion von u -, d -, s -, c - und b -Quarks und Gluon-Bremsstrahlung erklärt. Das Studium der schwachen Zerfälle von solchen Hadronen, die leichte Quarks (u , d , s) enthalten, hat das Verständnis für die elektroschwache Wechselwirkung geleitet und zu einer gemeinsamen Beschreibung von elektromagnetischer und schwacher Wechselwirkung im Glashow-Weinberg-Salam(GWS)-Modell geführt. Es ist daher von großer Bedeutung, die schwachen Zerfälle solcher Hadronen zu untersuchen, die schwere Quarks (c , b) enthalten. Es wird in den gängigen Theorien erwartet, daß das b -Quark dominant in c zerfällt und dieses in s . Jeweils 10 %–15 % dieser Zerfälle erfolgen semileptonisch in die Endzustände $e \nu X$ und $\mu \nu X$.

Die Leptonen, die aus dem semileptonischen Zerfall der schweren Quarks herrühren, besitzen einen hohen Transversalimpuls p_T bezüglich der Quarkrichtung, die durch die Sphärizitätsachse der Endzustandsprodukte angenähert beschrieben wird. So dominieren zum Beispiel die Leptonen aus dem b -Zerfall den p_T -Bereich oberhalb von 1 GeV/c. Diese Eigenschaft kann zusammen mit der Topologie des Endzustandes benutzt werden, um Ereignisse mit schweren Quarks zu selektieren.

Elektronen werden identifiziert, indem ihre im Flüssig-Argon-Kalorimeter gemessene Energie mit dem im Spurdetektor bestimmten Impuls verglichen wird. Die Tiefenentwicklung des Schauers muß mit der Erwartung für einen elektromagnetischen Schauer übereinstimmen. Die Kriterien reduzieren den Untergrund von Hadronen im erwarteten Elektronensignal zu weniger als 8 %, den von Konversions- und Zerfallselektronen zu weniger als 10 %. Die Verteilung des Transversalimpulses aller so identifizierten Elektronen ist in Abb. 1.5a dargestellt. Die durchgezogene Kurve zeigt zum Vergleich die aus einer M.C.-Simulation erwartete Verteilung aller Elektronen. Sie stimmt sehr gut mit dem beobachteten Spektrum überein. Die ge-

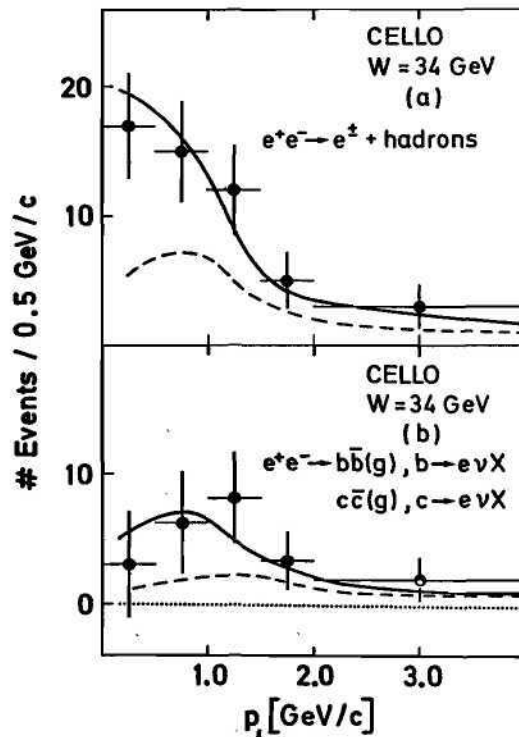


Abb. 1.5: Verteilung des Transversalimpulses p_T für Elektronen im Vergleich mit M.C.-Vorhersagen für a) alle Elektronen, b) Elektronen aus dem Zerfall schwerer Quarks.

gestrichelte Linie demonstriert die Erwartung für den Beitrag von den semileptonischen Zerfällen schwerer Quarks. Nach der Subtraktion aller Untergrundelektronen reduziert sich die Verteilung auf die in Abb. 1.5b gezeigten Elektronen. Die durchgezogene Kurve entspricht wieder der für die schweren Quarks erwarteten Verteilung, die gestrichelte dem Anteil aus dem Zerfall des b-Quarks allein.

Myonen werden durch Verfolgen einer Spur aus dem Innendetektor durch das Flüssig-Argon-Kalorimeter und den Hadronabsorber bis zu dem Myondetektor untersucht. Wird ein Signal in der Nähe des Auftreffpunktes auf der Myonkammer beobachtet, wird die Spur einem Myon zugeordnet. Untergrund für das Myonsignal von den schweren Quarks resultiert vor allem vom Zerfall von π/K -Mesonen (ca. 10 %) und von sekundären Hadronen, die den Hadronabsorber durchdringen (ca. 20 %).

Nach den Korrekturen der beiden Leptonspektren auf die verschiedenen Akzeptanzen und Untergrundverhältnisse ergeben sich die folgenden Werte für die semileptonischen Verzweigungsverhältnisse der schweren Quarks:

$$\begin{aligned} \text{BR}(c \rightarrow \mu \nu X) &= 12.3 \pm 2.9 \text{ (stat.)} \pm 3.9 \text{ (syst.)} \% \\ \text{BR}(b \rightarrow \mu \nu X) &= 8.8 \pm 3.4 \text{ (stat.)} \pm 3.5 \text{ (syst.)} \% \\ \text{BR}(b \rightarrow e \nu X) &= 14.1 \pm 5.8 \text{ (stat.)} \pm 3.0 \text{ (syst.)} \% \end{aligned}$$

Unter Benutzung der durch die Leptonen selektierten Ereignisse wurde die Ladungsasymmetrie in der Erzeugung von b-Quarkpaaren gemessen. Die Thrust-Achse des Ereignisses wurde als Maß für die Quarkrichtung und das Ladungsvorzeichen des Zerfallsleptons als Maß für die Quarkladung behandelt. Das GWS-Modell sagt eine Ladungsasymmetrie von -27.3% voraus, die sich in einer im Detektor beobachteten Asymmetrie von -5.8% für den Elektronzerfall und von -8.0% für den Myonzerfall bei $W = 34 \text{ GeV}$ widerspiegelt. Mit der bis jetzt begrenzten Statistik haben wir in Übereinstimmung mit den Vorhersagen Asymmetriewerte von $(-38 \pm 21)\%$ für den Elektronfall und von $(-43 \pm 31)\%$ für den Myonfall gemessen.

Eigenschaften des τ -Leptons

Die Messung von leptonischen Endzuständen ist eine der wesentlichen Stärken des CELLO-Experimentes.

Polarisation

Bei den Ein-Photon-Austauschprozessen wurden bisher die Reaktionen

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^- \text{ (Bhabha-Streuung)} \quad (4)$$

$$e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^- \quad (5)$$

$$e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^- \quad (6)$$

untersucht. Dabei ergaben sich vor allem präzise Messungen der Ladungsasymmetrie in der Erzeugung von μ -Paaren und τ -Paaren, die die Vorhersagen des Glashow-Weinberg-Salam(GWS)-Modells bestens bestätigten. Insbesondere die Reaktion $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ hat sich als eine Quelle für reiche Information über die elektroschwache Wechselwirkung erwiesen: So lieferte die beobachtete Ladungsasymmetrie eine Bestimmung der Axialvektor-Kopplungskonstanten des τ -Leptons an den neutralen schwachen Strom. Die Messungen stimmen mit den Vorhersagen des GWS-Modells überein.

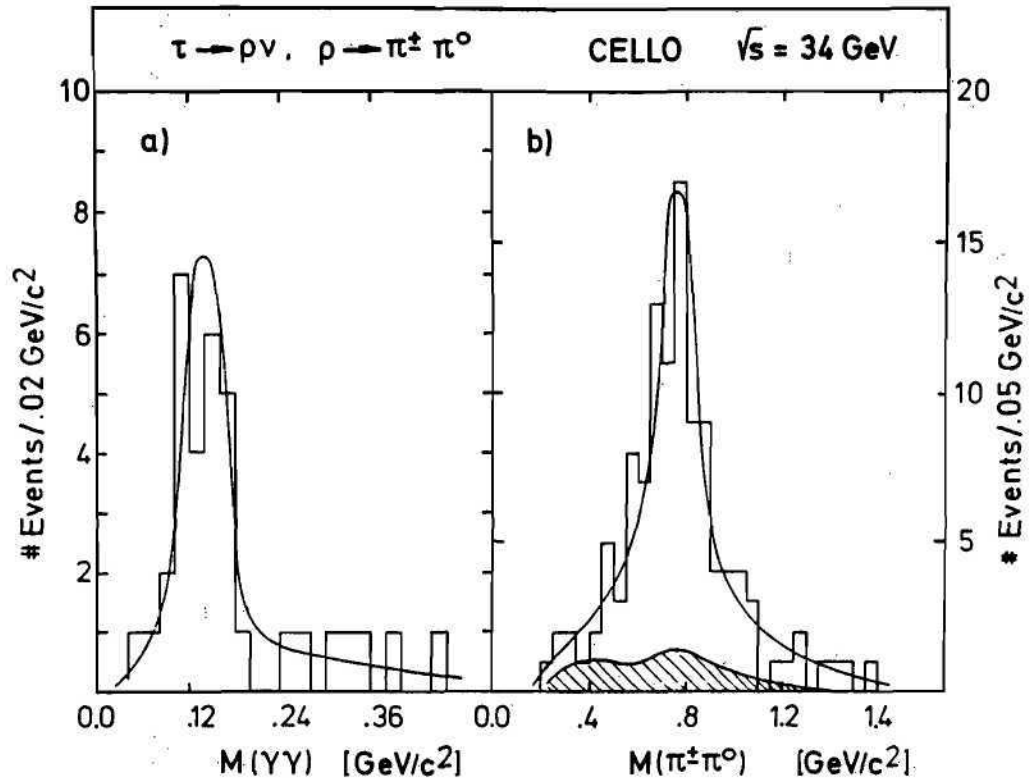


Abb. 1.6: a) Verteilung der invarianten Masse der zwei Photonen für Ereignisse $\tau \rightarrow \rho \nu, \rho \rightarrow \pi^\pm \pi^0$. Die durchgezogene Kurve ist die M.C.-Vorhersage. b) Invariante Masse von $\pi^\pm \pi^0$. Die durchgezogene Kurve zeigt die M.C.-Vorhersage.

Im Rahmen des Tests des GWS-Modells wurden weitere Untersuchungen der Endzustände mit τ -Leptonen bei $W = 34$ GeV durchgeführt. Der schwache Zerfall des τ -Leptons kann als Analysator einer eventuellen Polarisation von τ^+ und τ^- benutzt werden. Dies gibt die Möglichkeit, auch die Vektor-Kopplungskonstante des τ an den neutralen schwachen Strom zu messen. Bei einem Zweikörperzerfall eines polarisierten τ (z. B. $\tau \rightarrow \rho \nu$) nimmt die Laborimpulsverteilung des Zerfallshadrons (hier ρ) folgende Form an:

$$\frac{df}{dx} = 1 + \alpha \cdot P \frac{x - 0.5}{0.5}$$

x ist der Bruchteil des maximal möglichen Laborimpulses, P die Polarisation des τ und α ein Maß für die Analysierfähigkeit des gewählten Zerfalls (hier: $\alpha = 0.46$).

Die Polarisation ist eine Funktion des Laborstreuwinkels Θ zwischen ein- und auslaufendem Lepton und hängt von der Vektor-Kopplungskonstanten v_τ des τ an den neutralen schwachen Strom ab. Im GWS-Modell wird bei $W = 34$ GeV eine sehr kleine Polarisation ($\sim 2\%$) erwartet, da v_τ nahe bei Null liegt.

Zur Messung der Polarisation wurden die Zerfälle $\tau \rightarrow \rho \nu$, $\tau \rightarrow \pi \nu$, $\tau \rightarrow \mu \nu$ und $\tau \rightarrow e \nu$ untersucht. Die Trennung von π , μ und e wurde mit Hilfe der charakteristischen Energiedeposition dieser Teilchen im Flüssig-Argon-Kalorimeter durchgeführt. Die ρ -Mesonen wurden durch die invariante Masse aus der geladenen Spur (angenommen als π) und den rekonstruierten Photonen im Kalorimeter gefunden. Das resultierende ρ -Signal ist in Abb. 1.6 zusammen mit der invarianten Masse der beiden Zerfalls-Photonen des π^0 dargestellt. Die korrigierten Laborimpulsverteilungen für die 4 genannten geladenen Zerfallsteilchen ρ , π , e und μ sind in Abb. 1.7 dargestellt. Ebenfalls angegeben ist die Erwartung für $\pm 100\%$ Polarisation des τ -Leptons. Fits an diese Verteilungen ergaben eine Polarisationsasymmetrie von $(+1 \pm 22)\%$. Dies führt zu einer ersten Messung der Vektor-Kopplungskonstanten v_τ des τ an den neutralen schwachen Strom von $v_\tau = -0.1 \pm 2.8$. Der Vergleich mit den Werten für v_μ und v_e zeigt, daß schon wie im Falle der Axialvektor-Kopplungskonstanten auch die Vektor-Kopplungskonstante anscheinend universell ist, das heißt $v_e = v_\mu = v_\tau = v$.

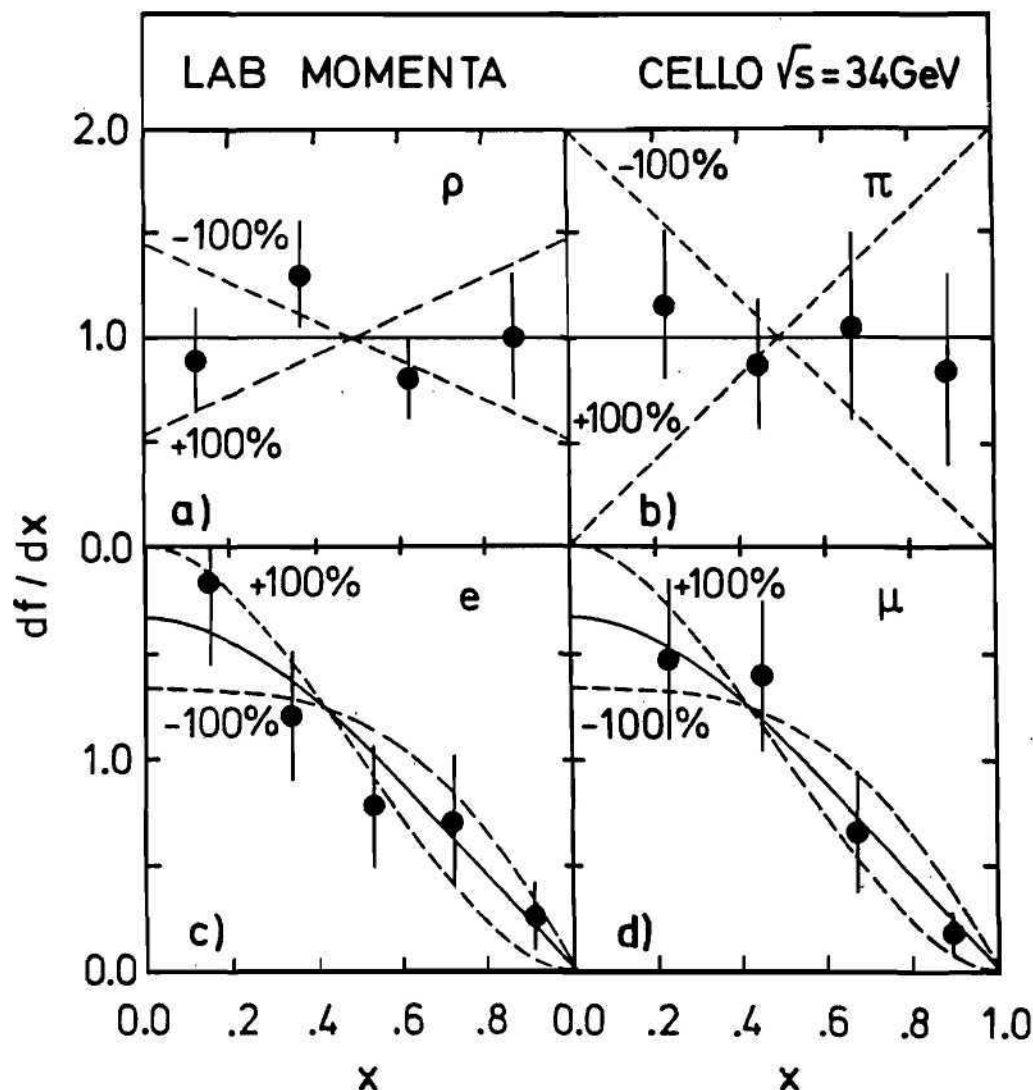


Abb. 1.7: Laborimpulsspektrum für ρ , π , e und μ . Die durchgezogene (gestrichelte) Kurve ist die Vorhersage für Polarisation $P = 0$ ($\pm 100\%$).

τ -Zerfälle

Die Verzweigungsverhältnisse für den Zerfall des τ -Leptons wurden für die bei der Polarisationsmessung benutzten Kanäle bestimmt (siehe Tabelle 1.1a). Die Werte stimmen gut mit den Ergebnissen anderer Experimente und der Erwartung aus dem V-A-Ansatz der schwachen Wechselwirkung überein. Der Fehler des Verzweigungsverhältnisses $\tau \rightarrow \nu \nu$ konnte gegenüber den bisherigen Experimenten verringert werden.

Eine weitere Untersuchung bei $W = 14$ und 22 GeV beschäftigte sich mit den τ -Zerfällen in Endzustände mit einem oder mehreren neutralen Pi-Mesonen, Zerfälle, die bisher noch nicht gemessen wurden. Die niedrigeren Energien des τ -Leptons ermöglichten erstmals eine ausreichende geometrische Trennung von Photonschauern und Hadronkaskaden im Argon-Kalorimeter, so daß eine Messung der multineutralen Endzustände möglich wurde (siehe Tabelle 1.1b). Die Kriterien für die Photonerkennung wurden anhand der Eichreaktion $\tau \rightarrow \nu \nu$ entwickelt; das Verzweigungsverhältnis stimmt mit der Messung bei $W = 34$ GeV gut überein. Die Summe der mit CELLO gemessenen Verzweigungsverhältnisse beträgt 98.1% , so daß alle wesentlichen Zerfallsarten des τ -Leptons als bekannt angesehen werden können.

Tab. 1.1a: Verzweigungsverhältnisse des τ -Leptons bestimmt bei $W = 34$ GeV.

Zerfall	Verzweigungsverhältnis
$\tau \rightarrow \nu \nu$	$0.228 \pm 0.025 \pm 0.021$
$\tau \rightarrow \pi \nu$	$0.099 \pm 0.017 \pm 0.013$
$\tau \rightarrow \pi^0 \nu$	$0.183 \pm 0.024 \pm 0.019$
$\tau \rightarrow \mu \nu \nu$	$0.176 \pm 0.026 \pm 0.021$

Tab. 1.1b: Verzweigungsverhältnisse des τ -Leptons bestimmt bei $W = 14, 22$ GeV.

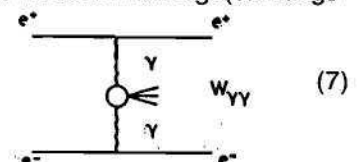
Zerfall	Verzweigungsverhältnis
$\tau \rightarrow \nu \nu$	$0.221 \pm 0.019 \pm 0.016$
$\tau \rightarrow \pi \pi^0 \nu$ (nicht π^0)	$0.003 \pm 0.001 \pm 0.003$
$\tau \rightarrow \pi \pi^0 \pi^0 \nu$	$0.060 \pm 0.030 \pm 0.013$
$\tau \rightarrow \pi \pi^0 \pi^0 \pi^0 \nu$	$0.030 \pm 0.022 \pm 0.015$
$\tau \rightarrow \pi \pi \pi \nu$	$0.097 \pm 0.020 \pm 0.013$
$\tau \rightarrow \pi \pi \pi \pi^0 \nu$	$0.062 \pm 0.023 \pm 0.017$
$\tau \rightarrow \pi \pi \pi \pi \pi \nu$	< 0.009 (95 % C.L.)

Es wurde gute Übereinstimmung zwischen den experimentellen Werten und den Vorhersagen basierend auf der konventionellen V-A-Kopplung eines schweren sequentiellen Leptons erzielt. Der Zerfall $\tau \rightarrow 4\pi \nu$ in seinen zwei Ladungskombinationen konnte erstmalig gemessen werden, was einen neuen Test der CVC-Theorie ermöglicht. Die Übereinstimmung mit der CVC-Erwartung liegt innerhalb der Grenze von einer Standardabweichung.

Zwei-Photon-Prozesse

Im Energiebereich von PETRA werden Hadronen nicht nur durch e^+e^- -Vernichtung (Wirkungsquerschnitt $\sim 1/s$), sondern auch durch zwei virtuelle Photonen erzeugt (Wirkungsquerschnitt $\sim \ln s$)

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \underbrace{\gamma_V \gamma_V}_{\rightarrow \text{Hadronen}}$$



Im Gegensatz zur e^+e^- -Vernichtung durch ein virtuelles Photon haben die Endzustände bei Zwei-Photon-Prozessen positive Ladungskonjugation ($C = +1$). Damit eröffnen diese Prozesse die Möglichkeit, Bildung und Zerfall von Resonanzen mit $C = +1$ zu untersuchen. Aus dem $\gamma\gamma$ -Wirkungsquerschnitt läßt sich weiter die partielle Breite Γ_γ dieser Teilchen in zwei Photonen bestimmen.

Elektron und Positron werden hauptsächlich unter sehr kleinen Winkeln gestreut. Man unterscheidet dabei zwei Klassen von Experimenten: Solche, bei denen eines der gestreuten Elektronen zur Identifikation der Ereignisse nachgewiesen wird, und solche, bei denen darauf verzichtet wird. In letzterem Fall erfolgt die Abtrennung von Zwei-Photon-Ereignissen von Ereignissen aufgrund der e^+e^- -Vernichtung durch die erheblich geringere im Detektor nachgewiesene Energie $W_{\gamma\gamma}$. Da die beiden virtuellen Photonen bei kleineren Elektron-Streuwinkeln kleine Transversalimpulse haben, können bestimmte Endzustände in Reaktion (7) mit Hilfe eines Schnittes im gesamten Transversalimpuls selektiert werden.

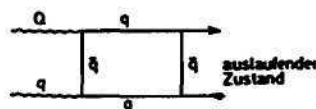
Bei der tiefinelastischen Streuung von Elektronen an Photonen weist man das gestreute Elektron (Positron) in einem unter kleinen Winkeln aufgestellten Elektronendetektor nach. Im vorliegenden Fall wurden die gestreuten Elektronen in einem der beiden Endkappen-Kalorimeter unter Streuwinkeln zwischen 8° und 21° nachgewiesen. Ihre Energie lag oberhalb 3.6 GeV , so daß für das Quadrat des Viererimpulsübertrags mindestens ein $Q^2 \geq 1.2 \text{ GeV}^2$ zur Verfügung stand. Das auf diese Weise definierte virtuelle Photon tastet die Struktur eines fast reellen Photons ab. Es gelangen die bei der Vernichtung der beiden Photonen entstehenden Teilchen im Zentralteil des Detektors zur Messung. Zwei verschiedene Experimente aus diesem Fragenkomplex wurden durchgeführt:

*Tiefinelastische
Elektron-Photon-
Streuung*

- i) Als Endzustand neben dem energiemarkierten gestreuten Elektron wurden Paare von Elektronen-Positronen einerseits und Paare von Myonen andererseits gemessen.
- ii) Es wurden hadronische Endzustände registriert.

In beiden Fällen wurde mit einem mittleren Q^2 von 9.5 GeV^2 gearbeitet. Der Paarproduktionsprozeß i) kann mit Hilfe der Quantenelektrodynamik exakt berechnet werden. Er ist ein Prozeß höherer Ordnung ($\sigma \sim \alpha^4$), der sowohl mit exakten Feynman-Graphen berechnet werden kann als auch mit einem Strukturfunktions-Formalismus. In beiden Fällen wurde gute Übereinstimmung der Daten mit den Rechnungen festgestellt.

Für den Prozeß ii) kann man mit Hilfe von Modellannahmen eine Vorhersage über den Verlauf der Strukturfunktion des Photons als Funktion der Feynman-Variablen $X = Q^2/(Q^2 + W^2)$ treffen. Grundlage dieser Berechnung ist das Quark-Parton-Modell, wonach die Strukturfunktion mit Hilfe des Box-Diagramms



berechnet werden kann. Die Quantenchromodynamik führt dazu, daß gluonische Korrekturen berücksichtigt werden müssen, die mit verschiedenen Verfahren berechnet werden können. Es wurden Endzustände mit mindestens drei Hadronen berücksichtigt. Die gemessene hadronische Energie W_{vis} mußte kleiner als 40 % der total verfügbaren Energie sein. Abb. 1.8 zeigt Berechnungen nach verschiedenen Approximationsverfahren zusammen mit den experimentellen Meßwerten. Die Daten stimmen gut mit den Vorhersagen des Quark-Parton-Modells und der QCD-Theorie (leading order) überein.

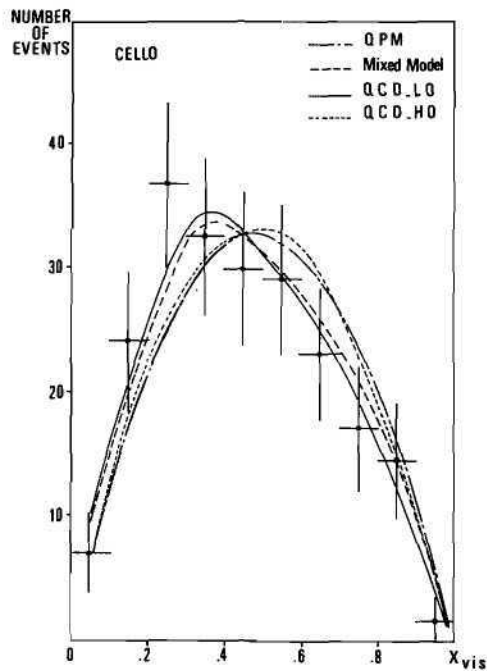


Abb. 1.8: Die Verteilung des experimentell beobachteten $x_{\text{vis}} = Q^2 / (Q^2 + W_{\gamma}^2)$ im Vergleich zu einigen Modellrechnungen.

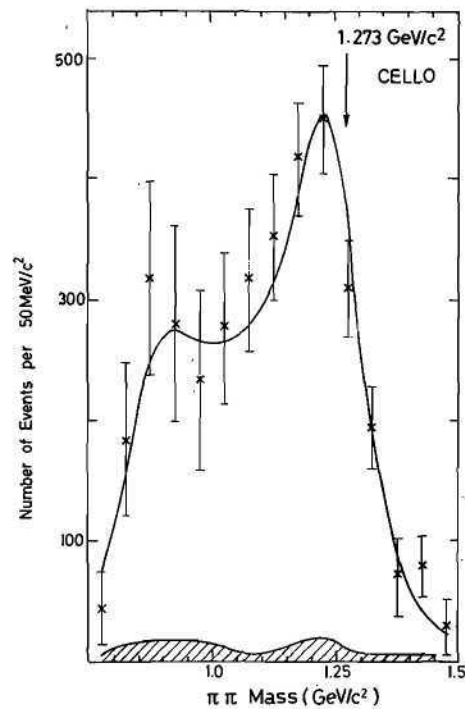


Abb. 1.9: Verteilung der effektiven Masse $m_{\pi^+\pi^-}$ in Ereignissen der Zwei-Photon-Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-$ nach Abzug des QED-Untergrundes $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$ und $\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$. Die eingezeichnete Kurve ist ein Fit des Modells von Mennessier an die Daten.

Von allen Ereignissen mit $W_{\gamma\gamma} < 20 \text{ GeV}$ und mit zwei Spuren von entgegengesetzter Teilchenladung wurden die Zwei-Photon-Ereignisse

$$\begin{aligned}\gamma\gamma &\rightarrow f^0(1270) \\ f^0(1270) &\rightarrow \pi^+\pi^-\end{aligned}$$

$$\gamma\gamma \rightarrow l^+l^-, l = e, \mu, \pi \quad (8)$$

durch die Bedingung $\Sigma p_T < 100 \text{ MeV}/c$ selektiert (die gestreuten Elektronen wurden nicht nachgewiesen). Bei Massen $m(l^+l^-) > 1.5 \text{ GeV}$ dominiert in Reaktion (8) der QED-Anteil ($l = e, \mu$). M.C.-Rechnungen, denen die absolute Normierung durch die gemessene Luminosität zugrunde liegt, ergeben

$$N(m > 1.5 \text{ GeV})/N^{\text{QED}}(m > 1.5 \text{ GeV}) = 0.95 \pm 0.09$$

und zeigen sehr gute Übereinstimmung mit den Daten. Das $\pi^+\pi^-$ -Massenspektrum von Reaktion (8) wurde deshalb durch Subtraktion des mit M.C.-Methoden vorhergesagten QED-Untergrundes von der Massenverteilung aus Reaktion (8) erhalten (Abb. 1.9). Dabei wurde der QED-Untergrund an die Daten bei $m > 1.5 \text{ GeV}$ exakt angepaßt. Über einem fallenden Untergrund ist deutlich ein f^0 -Signal zu erkennen, die f^0 -Masse scheint jedoch im Vergleich zum Standard-Massenwert um 60 MeV zu niedrigeren Massen hin verschoben zu sein. Das $\pi^+\pi^-$ -Massenspektrum und die Winkelverteilung wurden mit dem Modell von Mennessier (durchgezogene Kurve in Abb. 1.9) verglichen. Zu der Born-Amplitude wurden hier Absorptionskorrekturen und Resonanzen addiert, die aus $\pi\pi$ - und KK -Streuphasen-Analysen erhalten wurden. Die Übereinstimmung mit den Daten ist gut, insbesondere wird die scheinbare Massenverschiebung des f^0 sehr gut durch die Interferenz der f^0 -Amplitude mit der absorptionskorrigierten Born-Amplitude wiedergegeben.

Aus dem Fit an die Daten wurde die $\gamma\gamma$ -Kopplung an die f^0 -Amplitude und damit die radiative Breite

$$\Gamma_{\gamma\gamma}(f^0) = 2.5 \pm 0.1 \text{ (stat.)} \pm 0.5 \text{ (syst.) keV}$$

erhalten. Vom Quarkmodell erwartet man bei idealem Mixing im 2^{++} -Nonet für das Verhältnis $\Gamma_{\gamma\gamma}(A_2)/\Gamma_{\gamma\gamma}(f^0) = 9 : 25 = 0.36$ und unter Berücksichtigung von Phasenraumkorrekturen 0.40 . Zusammen mit dem früher gemessenen Wert $\Gamma_{\gamma\gamma}(A_2) = 0.81 \pm 0.19 \text{ (stat.)} {}^{+0.42}_{-0.11} \text{ (syst.)}$ erhalten wir für dieses Verhältnis 0.32 ± 0.13 , in guter Übereinstimmung mit der Vorhersage.

Ereignisse der Reaktion

$$\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$$

$$\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\pi^- \quad (9)$$

wurden mit zu Reaktion (8) analogen Kriterien selektiert. Der totale Wirkungsquerschnitt (Abb. 1.10) steigt von der Schwelle rasch an und fällt nach einem Maximum bei $W_{\gamma\gamma} \approx 1.5 \text{ GeV}$ zu höheren Energien $W_{\gamma\gamma}$ ab. Da Vorhersagen des Vektormeson-Dominanz-Modells bei $W_{\gamma\gamma}$ nahe der Schwelle wesentlich unter dem gemessenen Wirkungsquerschnitt liegen, gab es zahlreiche Versuche, dieses Verhalten mit einer möglichen Resonanzproduktion zu erklären.

Im Massenbereich $1.0 < W_{\gamma\gamma} < 2.5 \text{ GeV}$ wurden die einzelnen Beiträge vom 4π -Phasenraum, $\rho^0 2\pi$ und $\rho^0 \rho^0$ weitgehend unabhängig von Modellannahmen bestimmt (Abb. 1.10). Bis $W_{\gamma\gamma} \approx 1.9 \text{ GeV}$ dominiert der $\rho^0 \rho^0$ -Anteil mit ca. 40% und zeigt eine dem totalen Wirkungsquerschnitt weitgehend ähnliche Energieabhängigkeit, während die Wirkungsquerschnitte für $\rho^0 2\pi$ und 4π nahezu energieunabhängig sind. Winkelverteilungen zeigen jedoch keinerlei Strukturen, die auf eine mögliche $\rho^0 \rho^0$ -Resonanzproduktion hindeuten könnten. Die Zerfallswinkelverteilung des ρ^0 -Mesons zeigt, daß für vorwärts produzierte ρ^0 s die Helizität weitgehend erhalten bleibt. Dies ist in Übereinstimmung mit den Erwartungen vom Vektormeson-Dominanz-Modell.

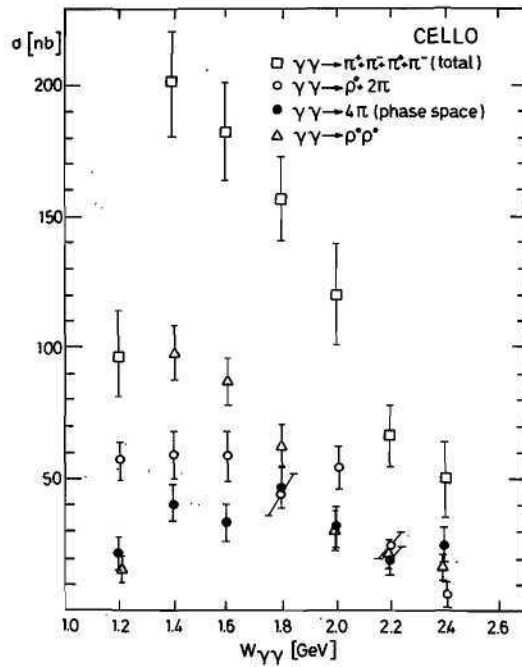


Abb. 1.10: Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ und für die Anteile $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$, $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^- 2\pi$, $\gamma\gamma \rightarrow 4\pi$ (Phasenraum).

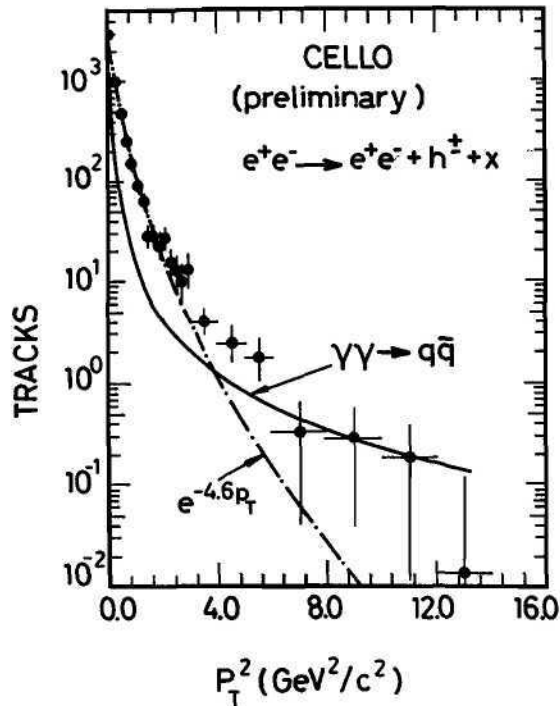


Abb. 1.11: Verteilung der Anzahl der Spuren als Funktion des Quadrats des Transversalimpulses für Ereignisse der Klasse $\gamma\gamma \rightarrow \text{Hadronen}$ (ohne Energiemarkierung für das Elektron).

Der von der Theorie vorhergesagte punktförmige Streuprozess sollte sich unter anderem manifestieren in dem Auftreten von Jets schon bei relativ niedrigen Energien. In einer vorläufigen Analyse wurden hadronische Ereignisse ohne die Forderung nach einem gestreuten Primärelektron selektiert, die aufgrund ihrer Energiebilanz und Topologie nicht zur Klasse der Ein-Photon-Ereignisse gehören. Man muß allerdings noch einen verbleibenden Anteil dieser Klasse subtrahieren. Trägt man die Zahl der Ereignisse gegen p_T^2 (Transversalimpuls) auf, so findet man eine wesentlich flachere Verteilung als für das Vektor-Dominanz-Modell berechnet, was auf harte Streuprozesse deutet (Abb. 1.11). Es wurden sodann Ereignisse mit zwei Jets isoliert und deren p_T^2 -Verteilungen verglichen mit Berechnungen nach dem Born-Term-Modell. Es wurden etwa doppelt so viele Ereignisse wie theoretisch vorhergesagt registriert. Vorläufige Resultate wurden im April 1983 auf dem Zwei-Photon-Workshop in Aachen gegeben. Die Analyse dauert noch an.

*Jets in
Zwei-Photon-
Prozessen*

Apparative Verbesserungen am Detektor

Testmessungen mit Höhenstrahlung zeigen gute Übereinstimmung der erzielten Verbesserungen mit den Erwartungen. Die Ortsauflösung für Spuren von geladenen Teilchen beträgt 180 μm .

Driftrohrkammer

Spuren von Höhenstrahlung, die den gesamten Innendetektor durchqueren, werden als 2 Spuren mit Vertex im Detektormittelpunkt rekonstruiert. Da beide Spuren von demselben Teilchen erzeugt wurden, kann aus der Differenz der unabhängig voneinander ermittelten Impulse bzw. des Abstandes vom Detektormittelpunkt die Meßgenauigkeit bestimmt werden.

Der Vergleich der beiden unabhängig gemessenen Impulse und Spurabstände von der Zylinderachse mit und ohne Vertexkammer ergibt:

Vertexgenauigkeit (Abb. 1.12) ohne Vertexkammer: $\sigma_{\text{Vertex}} = 850 \mu\text{m}$
mit Vertexkammer: $\sigma_{\text{Vertex}} = 312 \mu\text{m}$

Impulsauflösung (Abb. 1.13) ohne Vertexkammer: $\frac{\Delta p_T}{p_T} = 1.27 \% + 1.6 \% \cdot p_T$
mit Vertexkammer: $\frac{\Delta p_T}{p_T} = 0.75 \% + 0.9 \% \cdot p_T$

(p_T = Impulsprojektion in die R- ϕ -Ebene in GeV)

Die verbesserte Impulsauflösung erlaubt es, die Asymmetrie in der Winkelverteilung von μ -Paaren selbst bei höchsten PETRA-Energien zu messen. Die bessere Vertexbestimmung gestattet Lebensdauermessungen bis zu etwa 10^{-13} sec (z. B. τ -Leptonen, B-Mesonen).

Im April des Berichtsjahres wurde ein Vorschlag zum Ausbau des CELLO-Detektors vorgelegt, dessen Kernstück der Bau eines neuen Innendetektors ist, der die Bezeichnung Stereo Wire Chamber (SWC) erhielt. Mit ihm wird eine höhere Impulsauflösung angestrebt, $\sigma_p/p^2 = 0.5 \% \text{ GeV}^{-1}$, eine bessere räumliche Trennung von Spuren in Jets und eine Trennung von Pionen, Kaonen und Protonen durch Messung des spezifischen Energieverlustes dE/dx längs der Spur. Der CELLO-Detektor wird damit den gewachsenen Anforderungen bei dem Nachweis und der Analyse von Ereignissen mit jetzt mehr als 40 GeV Schwerpunktsenergie angepaßt.

*Stereo-
Drahtkammer*

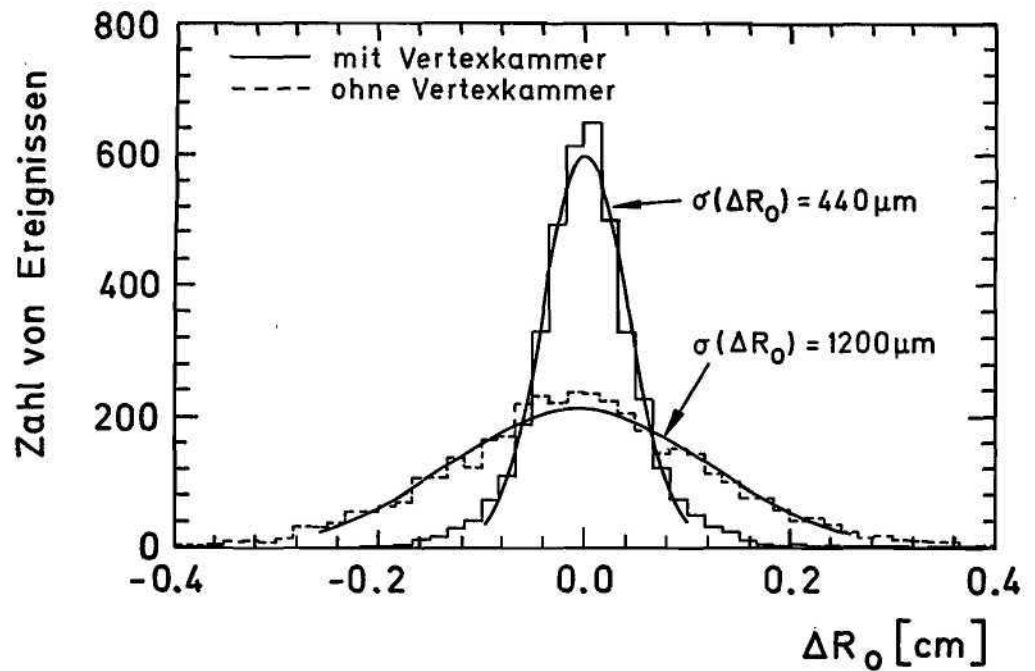


Abb. 1.12: Vergleich der Vertexauflösung des CELLO-Innendetektors ohne und mit Vertexkammer.

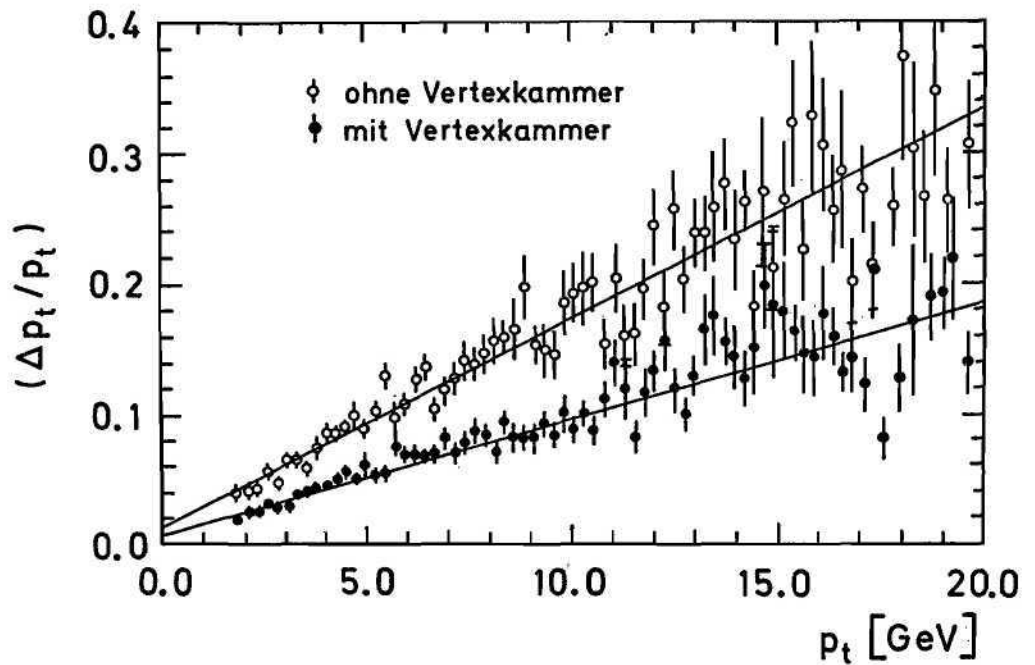


Abb. 1.13: Vergleich der Impulsauflösung des CELLO-Innendetektors ohne und mit Vertexkammer.

Abb. 1.14 zeigt einen Querschnitt durch die Stereo-Drahtkammer. Sie enthält 7488 Signal- und 29952 Potentialdrähte (9), die zwischen zwei nach außen gewölbten Endplatten (2) gespannt sind. Sie nehmen die Summe der Drahtspannungen von rund 12 t über den Außenzylinder (1) und das Innenrohr (10, 11) auf. Die Drähte sind in 36 Lagen zwischen den Radien 8.14 cm bis 65.89 cm angeordnet. Die Drähte haben, in Gruppen von zwei Nachbarlagen wechselnd, eine Neigung gegen die Kammerachse von $\alpha = \pm 2^\circ$. Dadurch wird eine Spur in zwei Stereolagen gesehen, aus denen ihre räumliche Rekonstruktion erfolgt. Zwischen den Raumkoordinaten r, φ, z und den Koordinaten der Stereolagen (α^+, α^-) bei $z = 0 : r_0, \varphi_0^+, \varphi_0^-$ bestehen die einfachen Beziehungen

$$\varphi = (\varphi_0^+ + \varphi_0^-)/2, r = r_0/\cos \delta, z = r_0\delta/\alpha \text{ mit } \delta = (\varphi_0^+ - \varphi_0^-)/2$$

Die Kammer wird im Driftmodus betrieben. Die hexagonale Anordnung der Potentialdrähte um den Signaldraht, wie im Ausschnitt X der Abb. 1.14 gezeigt, gewährt uniforme Drifteigenschaften im größten Teil der Zelle in Gegenwart des starken Magnetfeldes des CELLO-Detektors von 1.3 Tesla. Der oben erwähnten Impulsauflösung liegt die Ortsmeßgenauigkeit der PLUTO-Driftkammer von $\sigma_{r_0} = 150 \mu\text{m}$ zugrunde (siehe Abschnitt PLUTO in diesem Jahresbericht), welche die gleiche Zellenstruktur und die gleiche TDC-Elektronik hat. Die entsprechende Meßgenauigkeit längs der Achse ist dann $\sigma_z = \sqrt{2} \sigma_{r_0} / \tan 2\alpha = 3.0 \text{ mm}$. Die neue Driftkammer kann aber auch mit 3 atm Druck des Kammergases betrieben werden, wo eine Ortsauflösung von $\sigma_{r_0} (3 \text{ atm}) = 80 \mu\text{m}$ erwartet wird. Der Innenteil des Strahlrohres, das Teil der Kammerwandung ist, besteht aus einem geraden Berylliumrohr (10) von 108 cm Länge und 13.8 cm Durchmesser mit einer Wanddicke von 1.5 mm. Dies entspricht einer Strahlungslänge von 0.005, die zusammen mit dem Kammergas (0.005) und den Drähten (0.012) eine totale Strahlungslänge von 0.022 ergibt. Diese Zahl ist für die Vielfachstreuung durchgehender Teilchen und damit für einen Anstieg der Impulsauflösung bei kleinen Impulsen maßgebend.

Im Berichtsjahr wurden die mechanischen Teile der neuen Kammer in der Mehrzahl in der Konstruktionsabteilung DESY konstruiert und ihre Fertigung in Auftrag gegeben. An dem Entwurf, der Finanzierung, dem Zusammenbau und Test der mechanischen und elektronischen Komponenten sind alle Institute der CELLO-Kollaboration beteiligt.

Zusätzlich zum Bau eines neuen Spurdetektors wurden Pläne ausgearbeitet, die zum Ziele haben, die Nachweismöglichkeiten für Elektronen in Vorwärtsrichtung zu verbessern. Für den Vorwärtsbereich zwischen 50 und 100 mrad wurden Prototypen für einen Schauerzähler und Driftrohrkammern zur Messung der Energie und Richtung von Elektronen entwickelt.

*Schauerzähler
für den Kleinwinkel-
bereich*

Der Schauerzähler muß in einem extrem beschränkten Raum (einem Hohlzylinder mit Innen- bzw. Außenradius von 80 bzw. 160 mm und einer Länge von etwa 400 mm) untergebracht werden. Zudem ist er einem Magnetfeld von 0.5 bis 1 Tesla ausgesetzt, was den Einsatz von Fotomultipliern verbietet. Es wurde deshalb mit der Entwicklung von Schauerzählern begonnen, die sich durch Silizium-Photodioden auslesen lassen. Silizium-Photodioden sind unempfindlicher gegen Magnetfelder. Um bei der kleinen Stirnfläche bis möglichst weit zum Rand eine gute Energieauflösung zu erreichen, ist ein dichtes Schauermaterial (d. h. ein Material mit kurzer Strahlungslänge) erforderlich.

Bei den Entwicklungsarbeiten wurden zwei Wege verfolgt:

a) Schauerzähler aus Wismuth-Germanat-Kristallen (BGO). BGO hat eine Strahlungslänge von nur 11 mm. Die Lichtausbeute ist so hoch, daß das Rauschen der Silizium-Photodiode nur wenigen MeV entspricht. Das Material ist sehr teuer. Alternativ wurde deshalb untersucht:

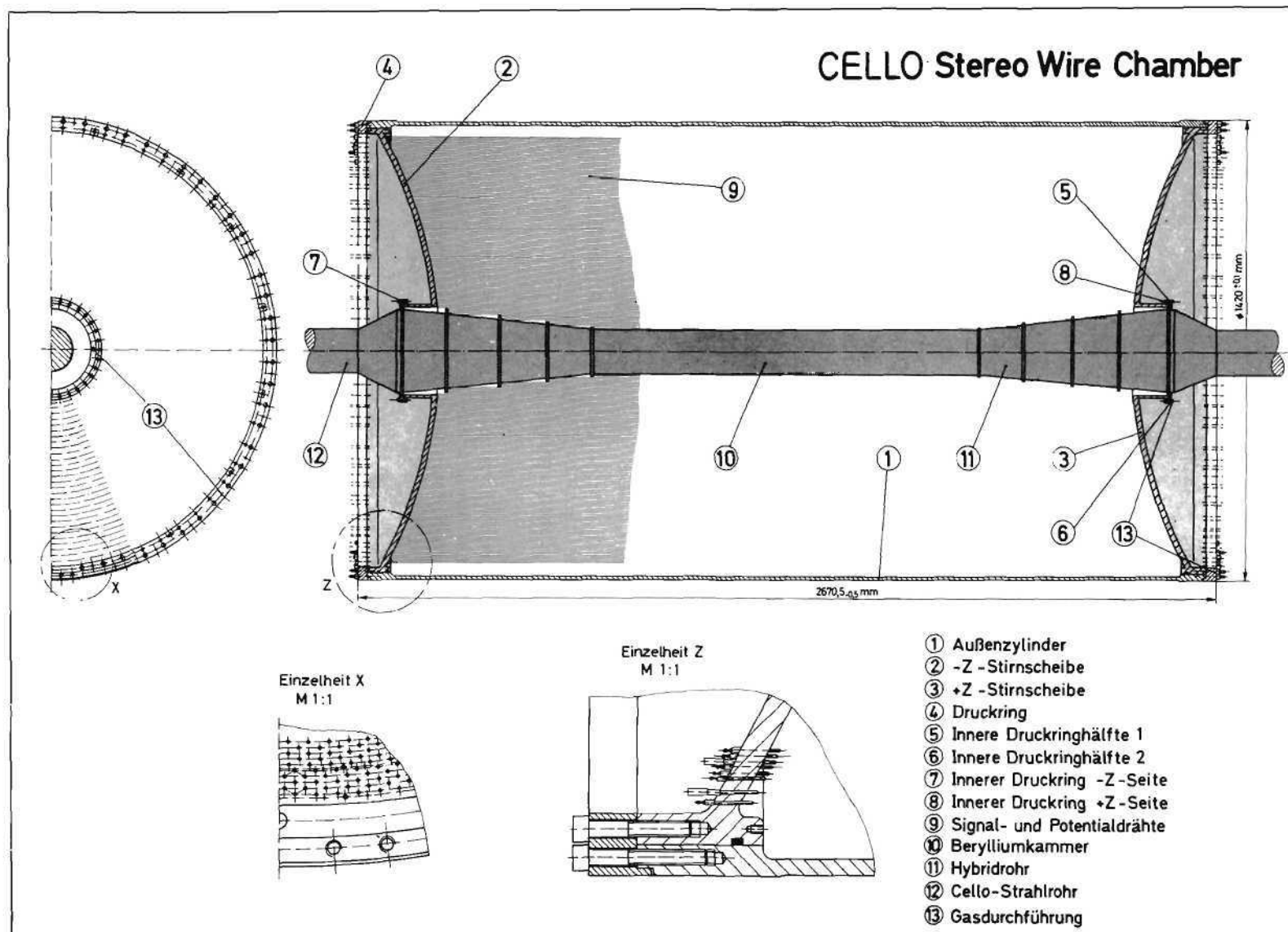


Abb. 1.14: Schnitt durch die Stereo-Drahtkammer für CELLO (SWC) und Details ihrer Konstruktion.

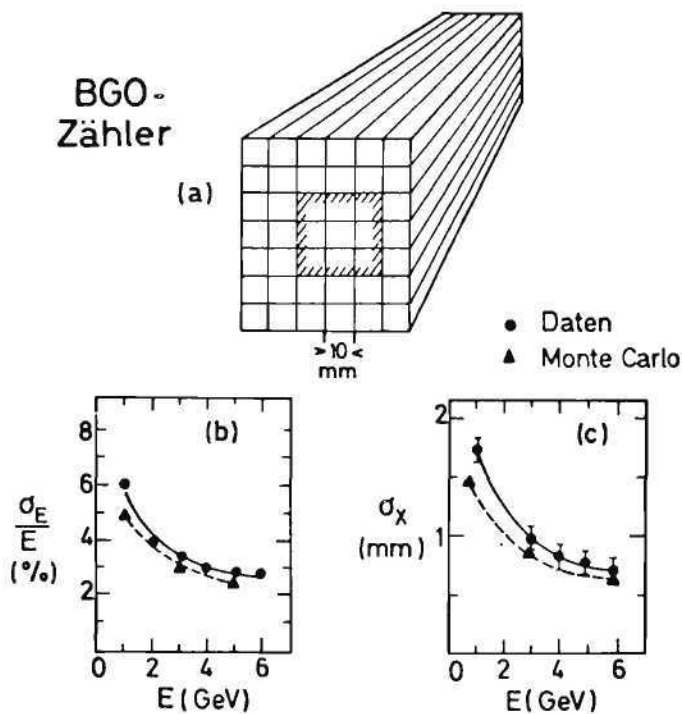


Abb. 1.15: BGO-Zähler

a) Aufbau der Zählermatrix aus 6×7 Kristallen der Größe $10 \times 10 \times 150 \text{ mm}^3$. Zur Energiemessung wurde über die 9 schattierten Kristalle summiert.

b) Energieauflösung σ_E/E in Abhängigkeit von der Energie.

c) Ortsauflösung, die sich durch Vergleich der Pulshöhen in 3 benachbarten Kristallen erreichen läßt, für verschiedene Energien.

b) Blei-Szintillator-Sandwich-Zähler mit möglichst kleiner effektiver Strahlungslänge. Die Lichtauslese erfolgt über Wellenlängenschieber. Dadurch ist es möglich, das Licht auf die kleinen Diodenflächen zu konzentrieren. Die Lichtausbeute ist hier kritisch. Erwartet wird für das Diodenrauschen ein Energieäquivalent von einigen 100 MeV.

Zu a) wurde eine Testanordnung von 42 Kristallen der Größe $10 \times 10 \times 150 \text{ mm}^3$ (Abb. 1.15a) an einem Elektronenstrahl bei DESY untersucht. Abb. 1.15b zeigt, daß mit einer Teilanordnung von nur 9 Kristallen eine Energieauflösung von $\sigma/E = 6\%/\sqrt{E}$ erreicht wird. Da die Kristalle nur 15 cm lang waren, wurde die nach hinten hinausleckende Energie mit einem separaten Sandwich-Schauerzähler gemessen und mit berücksichtigt. Abb. 1.15c zeigt die Ortsauflösung, die sich durch Vergleich der Pulshöhe in 3 benachbarten Kristallen erreichen läßt. Für Schauer-messungen oberhalb von 2 GeV ist σ_x besser als 1 mm.

Zu b) wurden verschiedene Szintillator- und Wellenlängenschiebermaterialien sowie Sandwich-Zähler mit unterschiedlicher effektiver Strahlungslänge (d. h. unterschiedlicher Blei- und Szintillatordicke) untersucht. Abb. 1.16 zeigt die Ergebnisse für einen sehr kompakten Zähler mit einer effektiven Strahlungslänge von 14.5 mm mit den Dimensionen $50 \times 50 \times 300 \text{ mm}^3$, aufgebaut aus 43 Platten aus je 2.5 mm Blei und 4 mm Szintillator (Abb. 1.16a). Die bei zentralem Einschluß erreichte Energieauflösung ist für Energien größer

BLEI - SZINTILLATOR SCHAUERZÄHLER

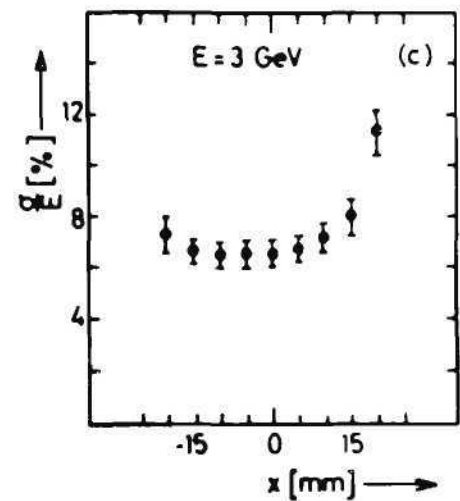
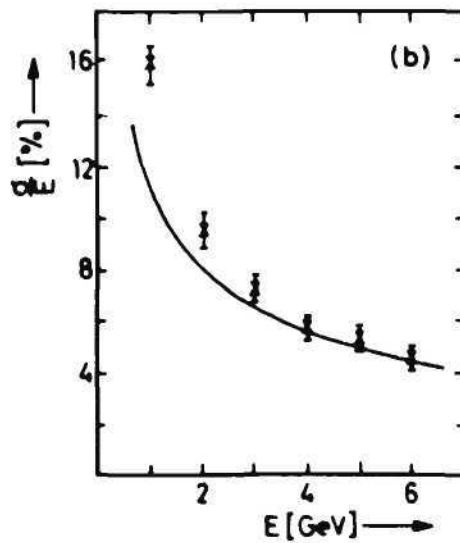
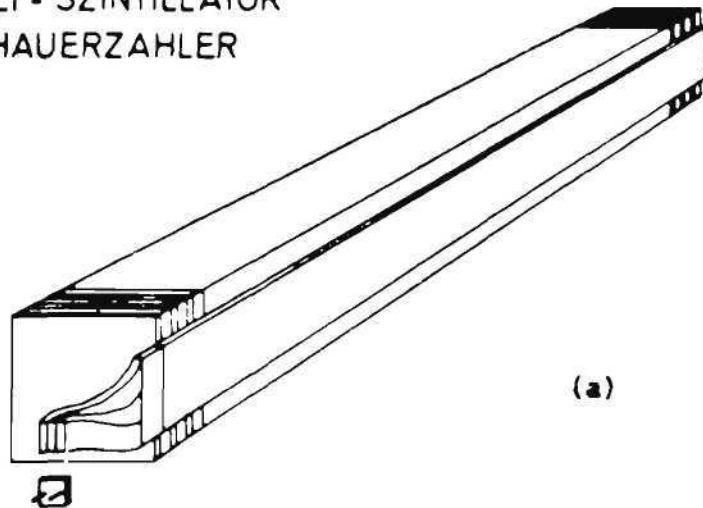


Abb. 1.16: Blei-Szintillator-Schauerzähler

a) Auslese mit Wellenlängenschieber und Silizium-Photodiode.

b) Energieauflösung in Abhängigkeit von der Energie bei zentralem Einschuß. Die Kurve zeigt $\sigma_E/E = 0.115 \sqrt{E}$.

c) Energieauflösung für verschiedene Einschußorte. Die Zählermitte liegt bei $x = 0$, der Wellenlängenschieber bei $x = -25$.

als 2 GeV etwa $11\%/\sqrt{E}$ (Abb. 1.16b). Für Energien kleiner als 2 GeV steigt σ/E stärker als das bekannte $1/\sqrt{E}$ Verhalten an. Das ist durch das Diodenrauschen bedingt. Das Energieäquivalent des Rauschens beträgt $\sigma_{\text{Rauschen}} = 100 \text{ MeV}$. Abb. 1.16c zeigt das Verhalten des Schauerszählers im Randbereich; 10 mm vom Rand ist die Auflösung kaum schlechter als in der Mitte, 5 mm vom Rand noch besser als $20\%/\sqrt{E}$. Erste Ergebnisse wurden inzwischen veröffentlicht.

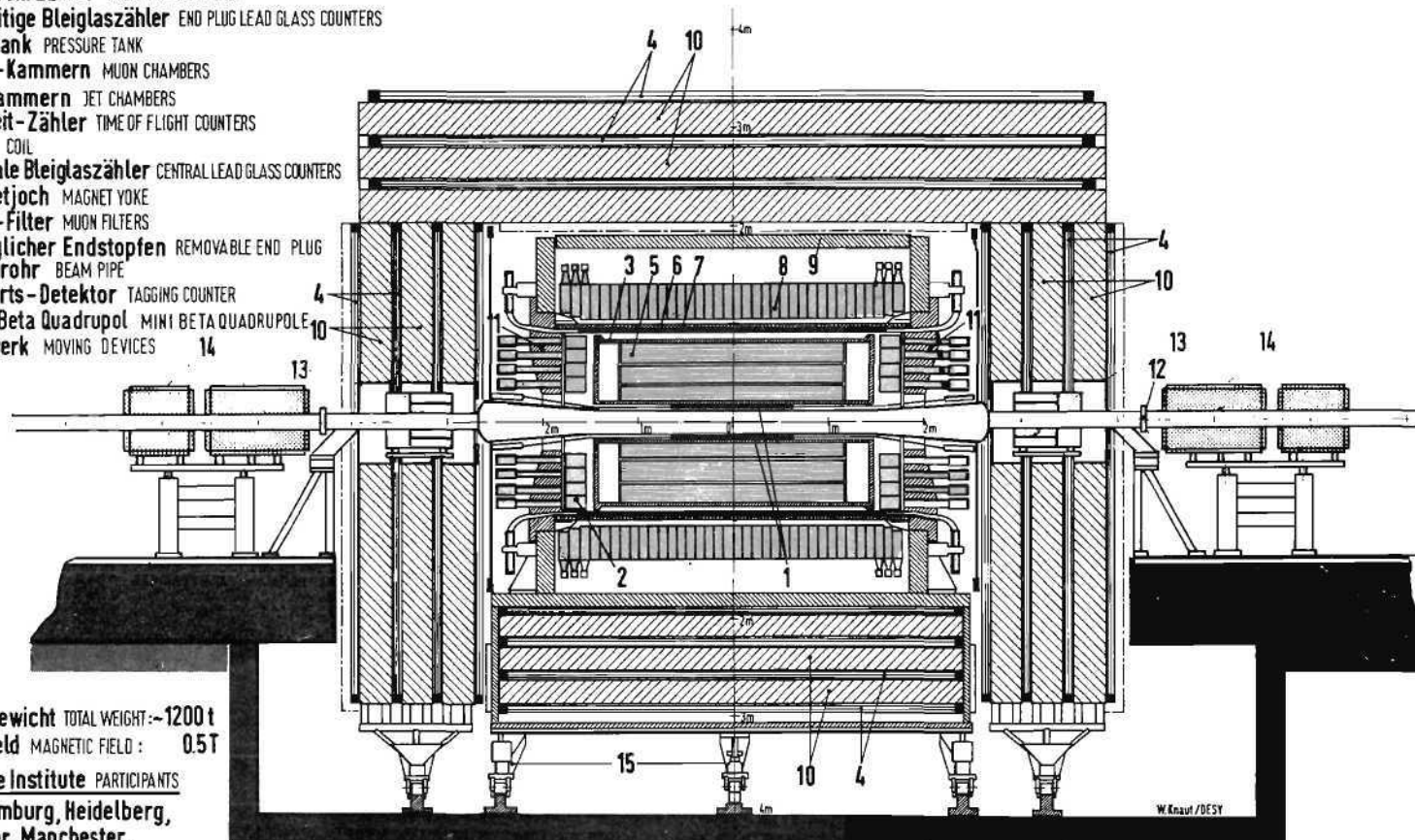
Weil der gegenwärtige Detektor zwischen den Flüssig-Argon-Endkappenzählern und -Barrelzählern eine Akzeptanzlücke für den Nachweis von Photonen und Elektronen im Polarwinkelbereich $24.5^\circ \leq \Theta \leq 30.7^\circ$ offen läßt, wurde ein einfacher Blei-Szintillator-Zähler entworfen und gebaut. Er besteht aus einer Anordnung von Szintillator—Blei—Szintillator mit den Stärken 10—20—10 mm und ist auf jeder Seite ($\pm z$) in 16 Module aufgeteilt, die am Stirnende des Rückflußjochs (Doors) innen montiert werden. Jeder Modul wird über Wellenlängenschieber ausgelesen. Mit Monte-Carlo-Rechnungen wurde gezeigt, daß sich die Akzeptanz für den Nachweis der Reaktionen $e^+e^- \rightarrow \mu\mu$ und $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ damit verbessert und ebenfalls die Nachweisempfindlichkeit für einzelne Elektronen und Photonen mit hohem Transversalimpuls. Die Schauerszähler (auch Hole Tagger genannt) wurden im Berichtsjahr gefertigt und ausgemessen. Mit ihrer Installation wurde begonnen.

*Endkappen-
Schauerszähler*

MAGNETDETEKTOR **JADE**

MAGNET DETECTOR

- 1 Strahlrohrzähler BEAM PIPE COUNTERS
- 2 Endseitige Bleiglaszähler END PLUG LEAD GLASS COUNTERS
- 3 Drucktank PRESSURE TANK
- 4 Myon-Kammern MUON CHAMBERS
- 5 Jet-Kammern JET CHAMBERS
- 6 Flugzeit-Zähler TIME OF FLIGHT COUNTERS
- 7 Spule COIL
- 8 Zentrale Bleiglaszähler CENTRAL LEAD GLASS COUNTERS
- 9 Magnetjoch MAGNET YOKE
- 10 Myon-Filter MUON FILTERS
- 11 Beweglicher Endstopfen REMOVABLE END PLUG
- 12 Strahlrohr BEAM PIPE
- 13 Vorwärts-Detektor TAGGING COUNTER
- 14 Mini-Beta Quadrupol MINI BETA QUADRUPOLE
- 15 Fahrwerk MOVING DEVICES



Gesamtgewicht TOTAL WEIGHT: ~1200 t
Magnetfeld MAGNETIC FIELD: 0.5 T

Beteiligte Institute PARTICIPANTS
DESY, Hamburg, Heidelberg,
Lancaster, Manchester,
Rutherford Lab., Tokio

Abb. 2.1: Vertikalschnitt des JADE-Detektors.

JADE-Kollaboration

Beteiligte Institute: DESY, Univ. Hamburg, Univ. Heidelberg, Univ. Lancaster, Univ. Manchester, Maryland Univ., Rutherford Appleton Lab. Chilton, Univ. Tokyo.

Überblick

Die Untersuchungen von e^+e^- -Kollisionen am Speicherring PETRA wurden 1983 fortgeführt. Während der gesamten verfügbaren Meßzeit wurden mit dem JADE-Detektor (Abb. 2.1) Daten genommen. Schwerpunkte der Datenanalyse waren die Suche nach neuen Teilchen, die Prüfung der GSW-Theorie der elektroschwachen Wechselwirkung sowie weitere Studien zur Fragmentierung von Quarks und Gluonen in Hadronen. Außerdem wurde intensiv an Erweiterungen und Verbesserungen des Detektors gearbeitet. Es werden zunächst die wichtigsten 1983 erzielten Resultate skizziert.

Physikalische Ergebnisse

Die Existenz des 6. Quark-Typs wird von dem Standardmodell der elektroschwachen Wechselwirkung gefordert. Zur Suche nach dem Toponium, dem gebundenen Zustand des 6. Quark-Typs und seines Antiteilchens, wurde der totale Wirkungsquerschnitt für Hadronerzeugung als Funktion der Gesamtenergie in Stufen von 30 MeV gemessen. Aus dem Nicht-Auftreten schmaler Resonanzen für Energien $W \leq 45.2$ GeV sowie aus der topologischen Struktur der hadronischen Endzustände kann geschlossen werden, daß die Masse des t-Quarks größer gleich 23 GeV sein muß.

Top-Quark-Suche

In alternativen Modellen, die ohne das t-Quark auskommen, existiert das b-Quark häufig in einem Singulett-Zustand bezüglich des schwachen Isospins. In derartigen Modellen zerfällt das b-Quark auch über neutrale schwache Ströme wie zum Beispiel $b \rightarrow \mu^+\mu^- + s$ (oder d). Für die Zerfallswahrscheinlichkeit wird eine theoretische untere Grenze angegeben:

Neutrale Ströme

$$(B \rightarrow \mu^+\mu^- + X)/(B \rightarrow \mu\nu + X) > 0.12$$

Wir haben nach Ereignissen gesucht, in denen neben Hadronen 2 Myonen erzeugt wurden. Abb. 2.2 zeigt ein solches Ereignis. Das dort beobachtete Myonpaar stammt jedoch nicht aus dem Zerfall $B \rightarrow \mu^+\mu^- + X$, bei dem man das Myonpaar in demselben Teilchenjet erwarten würde. Die beobachtete Anzahl derartiger Ereignisse wird durch die erwarteten Kaskadenzerfälle $b \rightarrow \mu\nu + c (\rightarrow \mu\nu + s)$ und den Untergrund von π - und K-Zerfällen erklärt. Der JADE-Kollaboration gelang es 1983, eine obere Grenze von

$$(B \rightarrow \mu^+\mu^- + X)/(B \rightarrow \mu\nu + X) < 0.07 \text{ (95 \% CL)}$$

für den gesuchten Zerfallskanal anzugeben und damit diese alternativen Modelle auszuschließen.

Wenn auch die Existenz des t-Quarks nicht bewiesen ist, so sind dennoch viele Physiker aufgrund der Erfolge des Standard-Modells vom Vorhandensein eines 6. Quark-Typs überzeugt. Anders verhält es sich mit Teilchen, die aufgrund von theoretischen Spekulationen, wie zum Beispiel der „Supersymmetrie“, erwartet werden. Die Supersymmetrie-Multipletts enthalten

Suche nach neuen Teilchen

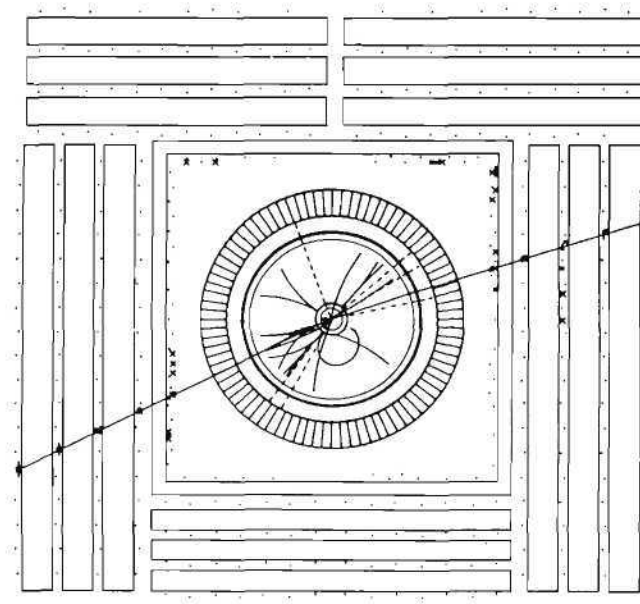


Abb. 2.2: Ein vom Rechner gezeichnetes Abbild eines Ereignisses mit zwei Myon-Spuren. Das Bild zeigt die Projektion der Bahnen geladener Teilchen (ausgezogene Linien) und von Photonen (gestrichelte Linien) auf der Ebene senkrecht zur Strahlachse. Die beiden Myonen sind daran zu erkennen, daß sie den Hadronenabsorber ohne starke Wechselwirkungen durchdringen. Die Myonen weisen in entgegengesetzte Richtungen und sind entgegengesetzt geladen.

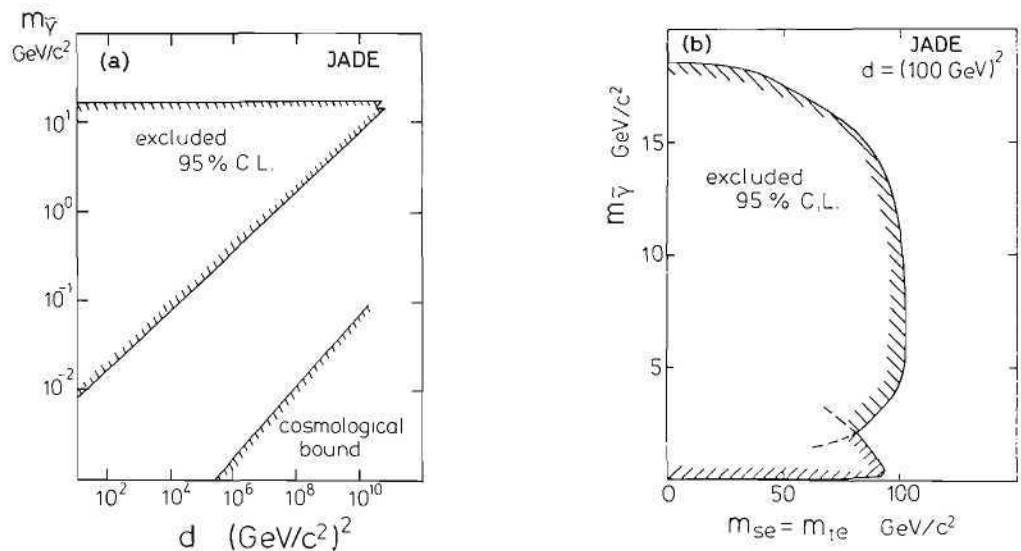


Abb. 2.3: Der Bereich von Photinomassen, der aufgrund der JADE-Messungen ausgeschlossen werden kann, (a) in Abhängigkeit des Brechungsparameters d . Dabei wurde als Masse für das S-Elektron 40 GeV angenommen. In (b) ist der ausgeschlossene Massenbereich in Abhängigkeit von der Masse des S-Elektrons gezeigt für $d = 100 \text{ GeV}^2$.

sowohl Bosonen als auch Fermionen, und es gibt für jedes der bekannten Teilchen (Leptonen, Quarks, Bosonen) ein entsprechendes SUSY-Teilchen, dessen Spin sich um jeweils eine halbe Einheit von dem des Partnerteilchens unterscheidet. In den vorhandenen JADE-Daten wurde nach Anzeichen für die Existenz von skalaren Elektronen, Myonen und Quarks gesucht, ebenso wie nach Photinos (Photonen mit Spin = $\frac{1}{2}$). Außerdem wurde nach weiteren schweren Leptonen wie auch angeregten Zuständen der bekannten Leptonen gesucht. Keine Anzeichen für derartige neue Teilchen wurden beobachtet. Da der Erzeugungswirkungsquerschnitt für punktförmige geladene Teilchen bekannt ist, konnten Grenzen für deren mögliche Massen angegeben werden (siehe Tab. 2.1), und damit konnte das Feld für theoretische Spekulationen eingeschränkt werden.

Tab. 2.1: Die aus den JADE-Daten resultierenden unteren Grenzen für die Massen von Teilchen, deren Existenz von der Supersymmetrie gefordert wird, sowie für weitere schwere geladene Leptonen $L^\pm$ und neutrale Leptonen E^0 .

Teilchen	Grenze
S-Elektron	$m > 18 \text{ GeV}$
S-Myon	$> 17 \text{ GeV}$
S-Tau	$> 14 \text{ GeV}$
S-Quark	$> 14 \text{ GeV}$
schweres Lepton $L^\pm$	$> 20 \text{ GeV}$
schweres Lepton E^0	$> 24 \text{ GeV}$

Die mögliche Erzeugung von Photinos findet über den Austausch eines S-Elektrons statt. Es wurde nach Photinos unter der Annahme gesucht, daß diese in Photonen zerfallen. Abb. 2.3 zeigt den Bereich von Photinomassen, der aufgrund dieser Suche ausgeschlossen werden kann, a) als Funktion des Parameters d , der die Symmetriebrechung beschreibt, und b) als Funktion der Masse des S-Elektrons.

Nach möglichen angeregten Zuständen e^* des Elektrons wurde bei der Reaktion $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma$ gesucht. Abb. 2.4a zeigt die im JADE-Experiment beobachtete Massenverteilung des $(e\gamma)$ -Systems, deren Verlauf mit den QED-Erwartungen gut übereinstimmt. Ein quantitativer Vergleich erlaubt es, den in Abb. 2.4b in Abhängigkeit von der $(e^*, e\gamma)$ -Kopplungsstärke skizzierten Massenbereich für ein mögliches angeregtes Elektron auszuschließen.

Die Reaktionen $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ und $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$, die schon in den vergangenen Jahren zur Prüfung der QED bei hohen Impulsübertragungen herangezogen worden waren, wurden jetzt mit besserer statistischer Genauigkeit und über einen größeren Energiebereich untersucht. Dabei wurden auch Prozesse höherer Ordnung wie z. B. $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma$ und $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma\gamma$ analysiert und die Gültigkeit der Strahlungskorrekturen in der 3. Ordnung der Feinstrukturkonstanten bestätigt. Während die 2-Photon-Erzeugung durch e^+e^- -Vernichtung in niedrigster Ordnung frei ist von Beiträgen der schwachen Wechselwirkung, erwartet man für die Bhabha-Streuung eine Modifikation des Streuquerschnittes durch die elektroschwache Interferenz, in voller Übereinstimmung mit der Beobachtung.

*QED-Test
höherer Ordnung*

Nachdem JADE die Interferenz der elektromagnetischen und der schwachen Wechselwirkungen bereits vor zwei Jahren an Hand der Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie der Myon-Paarzeugung nachgewiesen und im Einklang mit der Glashow-Weinberg-Salam-Theorie (GSW) gefunden hatte, liegen bei JADE jetzt die entsprechenden Messungen für Tau-Paarproduktion und die Produktion von c- und b-Quark-Paaren vor. Die Erzeugung eines schwe-

*Elektroschwache
Interferenz*

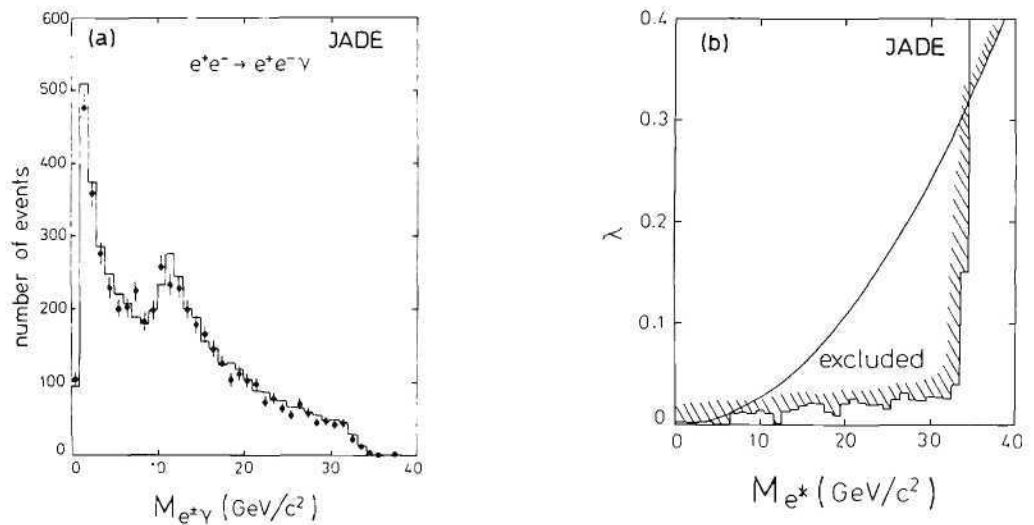


Abb. 2.4: Die beobachtete Massenverteilung des $(e\gamma)$ -Systems zusammen mit den QED-Vorhersagen (a). In (b) ist die 95 % CL obere Grenze der $(e^*, e\gamma)$ -Kopplungskonstanten λ in Abhängigkeit von der Masse M_{e^*} des angeregten Elektrons aufgetragen. Das Histogramm resultiert aus Abb. 2.4 (a), die ausgezogene Kurve aus den $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ Daten.

ren Quark-Paars wurde im Falle des c-Quarks durch den Nachweis eines D^* -Mesons angezeigt, im Falle des b-Quarks durch den Nachweis eines Myons mit hohem Transversalimpuls zur Ereignisachse. Tab. 2.2 gibt eine Übersicht der Ergebnisse, wie sie von der JADE-Kollaboration anlässlich des „International Symposium on Lepton und Photon Interactions at High Energies“ im August 1983 veröffentlicht wurden. Innerhalb der experimentellen Fehler werden die Daten vom Standard-Modell der elektroschwachen Wechselwirkung gut beschrieben.

Tab. 2.2: Die bei einer Schwerpunktsenergie von 34.5 GeV gemessenen Ladungsasymmetrien der μ^- und τ^- -Leptonen sowie der c- und b-Quarks.

Teilchen	Asymmetrie [%]	GWS-Vorhersagen
$\mu^+\mu^-$	-11.0 ± 1.8	-9.5
$\tau^+\tau^-$	-7.6 ± 2.7	-9.5
$c\bar{c}$	-27.0 ± 14.0	-14.0
$b\bar{b}$	-26.0 ± 9.0	-26.0

Quark-, Gluon-Fragmentation

Über die Untersuchung der Teilchenverteilung bei der Multihadron-Erzeugung und über die Interpretation der 3- und 4-Jet-Ereignisse als Gluon-Bremsstrahlungsprozesse wurde bereits in den vergangenen Jahren berichtet, ebenso wie über Unterschiede zwischen Quark- und Gluon-Jets. Während diese Beobachtungen qualitativ im Einklang mit den Vorstellungen der Quantenchromodynamik QCD sind, wird eine genaue Prüfung der QCD durch den Umstand erschwert, daß die Teilchen und Quanten dieser Theorie, die Quarks und Gluonen, nicht unmittelbar beobachtbar sind, sondern aus den von ihnen erzeugten Teilchen-Jets rekonstruiert werden müssen. Eine genaue Kenntnis des Fragmentationsprozesses ist daher eine Voraussetzung für eine quantitative Prüfung der QCD.

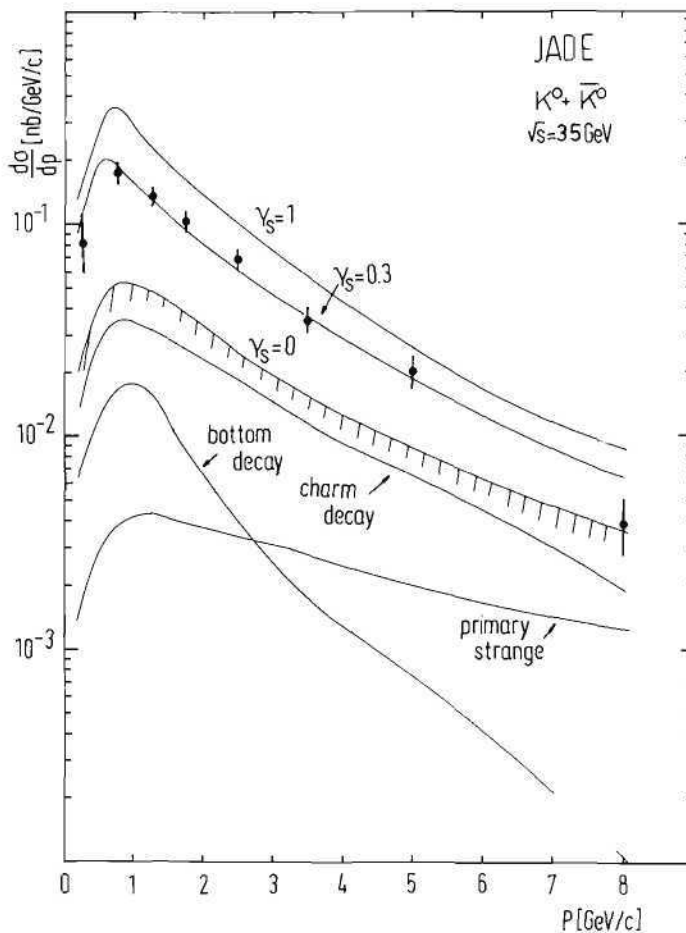


Abb. 2.5: Impulsspektrum von $K^0 + \bar{K}^0$ zusammen mit Vorhersagen aus dem Fragmentationsmodell. Der Parameter γ_s gibt das Verhältnis der in der Fragmentation erzeugten s- und u-Quarks an.

Zu diesem Zweck wurde die relative Häufigkeit der in dem Fragmentationsprozeß erzeugten Hadronen und deren Impulsverteilung näher untersucht. Abb. 2.5 zeigt als Beispiel das Impulsspektrum der neutralen K-Mesonen, zusammen mit Ergebnissen von Modellberechnungen, die dieses Spektrum zu erklären versuchen.

Erstmals gelang es JADE 1982, die Häufigkeit, mit der η -Mesonen bei der Vernichtung hoch-energetischer Elektronen und Positronen auftreten, zu bestimmen. Diese Häufigkeit sollte nach gängigen Vorstellungen für 3-Jet-Ereignisse höher sein als für 2-Jet-Ereignisse, da Gluonen vorwiegend in massive isoskalare Objekte fragmentieren. In Abb. 2.6 sieht man die Verteilung der invarianten Masse von Photonpaaren für 3 verschiedene Ereigniskonfigurationen. Dem mit wachsender Masse abfallenden Kontinuum sieht man die η -Resonanz überlagert, die um so stärker ausgeprägt ist, je mehr die Ereigniskonfiguration von einer 2-Jet-Struktur abweicht. Da planare und sphärische Konfigurationen vorwiegend Ereignissen zuzuschreiben sind, die außer den beiden Quark-Jets mindestens einen Gluon-Jet enthalten, ist das beobachtete Verhalten im Einklang mit den theoretischen Erwartungen.

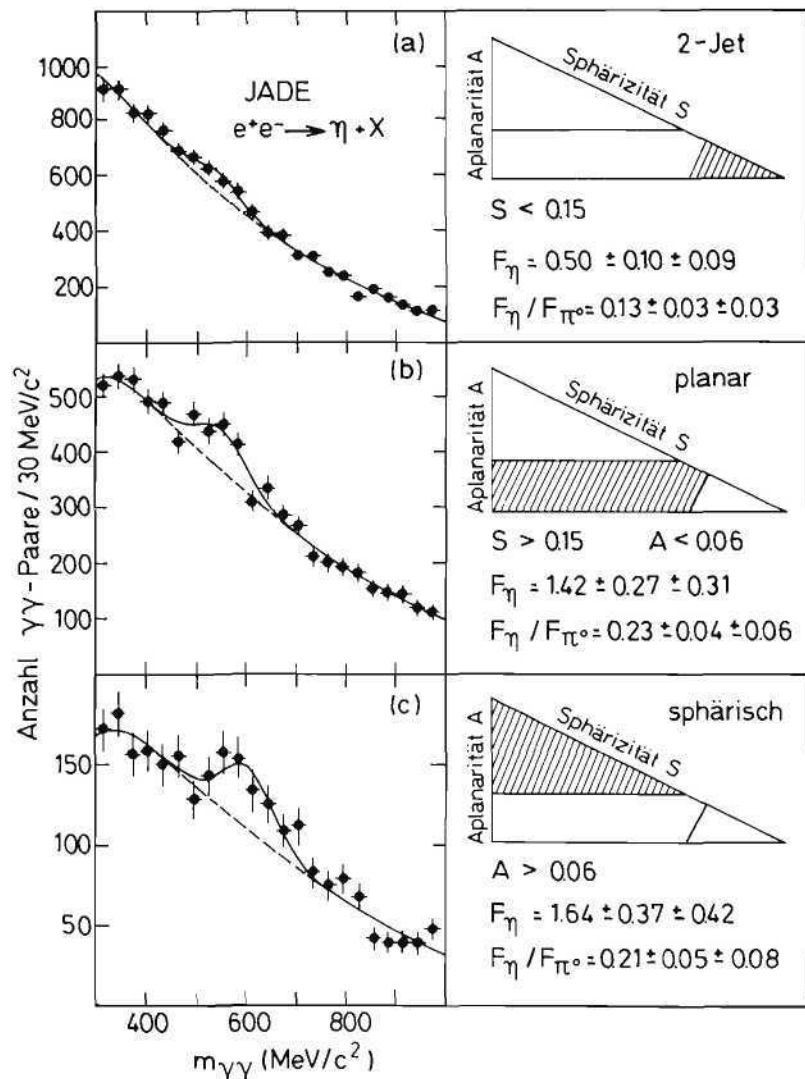


Abb. 2.6: Die Verteilung der invarianten $\gamma\gamma$ -Massen für (a) 2-Jet-Ereignisse, (b) planare Ereignisse und (c) sphärische Ereignisse bei einer Gesamtenergie von 34 GeV.

Auch durch Vergleiche der Hadronverteilung in 3-Jet-Ereignissen mit Modellrechnungen, die auf unterschiedlichen Fragmentierungsschemata basieren, gelang es, einen besseren Einblick in den Fragmentationsmechanismus zu gewinnen.

Bei dem einen Modell (unabhängige Jetfragmentation) materialisieren die primären Quarks und Gluonen unabhängig voneinander, und die Jetachsen fallen (im e^+e^- -Schwerpunktsystem) mit den Impulsrichtungen der Quarks und Gluonen zusammen. Bei dem zweiten Schema (String-Modell) entstehen die Hadronen längs der Farb-Fluß-Linien, die von Quark und Antiquark zum Gluon gespannt sind, aber nicht zwischen Quark und Antiquark. Bei diesem Modell fallen die Jetachsen nicht mit den Impulsrichtungen der Quarks und Gluonen zusammen.

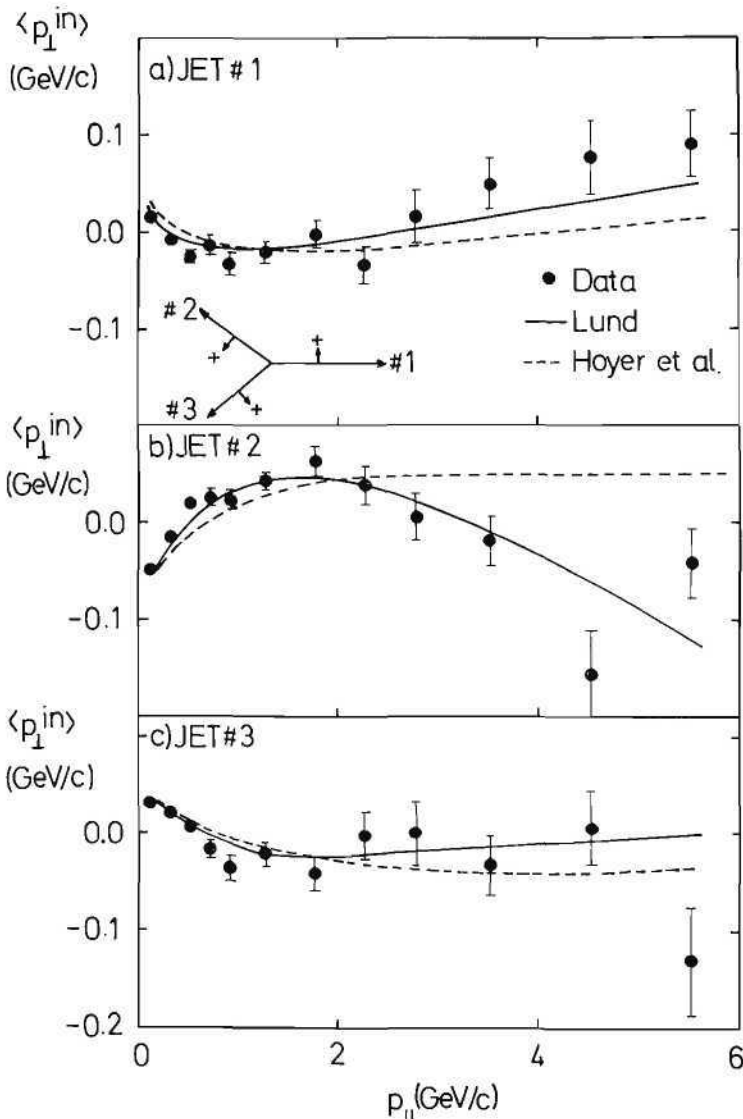


Abb. 2.7: Die Komponente mittleren Teilchenimpulses in der Ereignisebene senkrecht zur Jetachse bei Ereignissen mit klarer 3-Jet-Struktur. Diese Komponente ist, für die nach Energien geordneten Jets getrennt, als Funktion der mittleren Impulskomponente in Jetrichtung aufgetragen.

Die experimentellen Daten werden hinsichtlich ihres Verhaltens in den bisher untersuchten Parametern gut durch das „String-Modell“ reproduziert, während „Unabhängige Jet-Fragmentation“ die Daten nur unvollkommen wiedergeben kann. Abb. 2.7 zeigt zum Beispiel den mittleren Teilchenimpuls in der Ereignisebene senkrecht zur Jetachse in Abhängigkeit von der Impulskomponenten entlang der Jetachse. Damit sind die Jets nach Energien geordnet und der niederenergetische Jet #3 ist mit größter Wahrscheinlichkeit mit dem Gluon verknüpft. Die erkennbare Abhängigkeit von $\langle p_{\perp}^{\text{in}} \rangle$ mit $p_{\parallel}$ spiegelt den sogenannten String-Effekt wieder, durch den die Teilchen der Quark-Jets #1 und #2 in Richtung der Gluon-Jets gezogen werden. Nur die Teilchen mit hohem $p_{\parallel}$ geben im Mittel die Richtung der Partonen wieder.

Zwei-Photon-Prozesse

Nicht nur die Erzeugung von Hadronen durch e^+e^- -Vernichtung wurde 1983 weiter untersucht, sondern auch durch $\gamma\gamma$ -Kollisionen verursachte Prozesse. So wurden die statistischen Fehler der gemessenen Photon-Strukturfunktionen wesentlich reduziert. Bei den zahlreichen exklusiven Reaktionen war der Prozeß $\gamma\gamma \rightarrow \varrho^+\varrho^-$, der für Gesamtenergien der beiden Photonen zwischen 1.3 GeV und 2.6 GeV untersucht wurde, von besonderem Interesse. Dieser Prozeß weist ein bei etwa 2 GeV liegendes, etwa 1 GeV breites Maximum auf, dessen Wert um mehr als 3mal niedriger ist, als das von anderen Experimenten für die Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \varrho^0\varrho^0$ bei 1.7 GeV berichtete scharfe Maximum. Unsere Beobachtung schließt die Interpretation des letzteren als eine isoskalare $\varrho\varrho$ -Resonanz aus, die im $\varrho^+\varrho^-$ -Kanal wesentlich stärker ausgeprägt sein müßte als im $\varrho^0\varrho^0$ -Kanal.

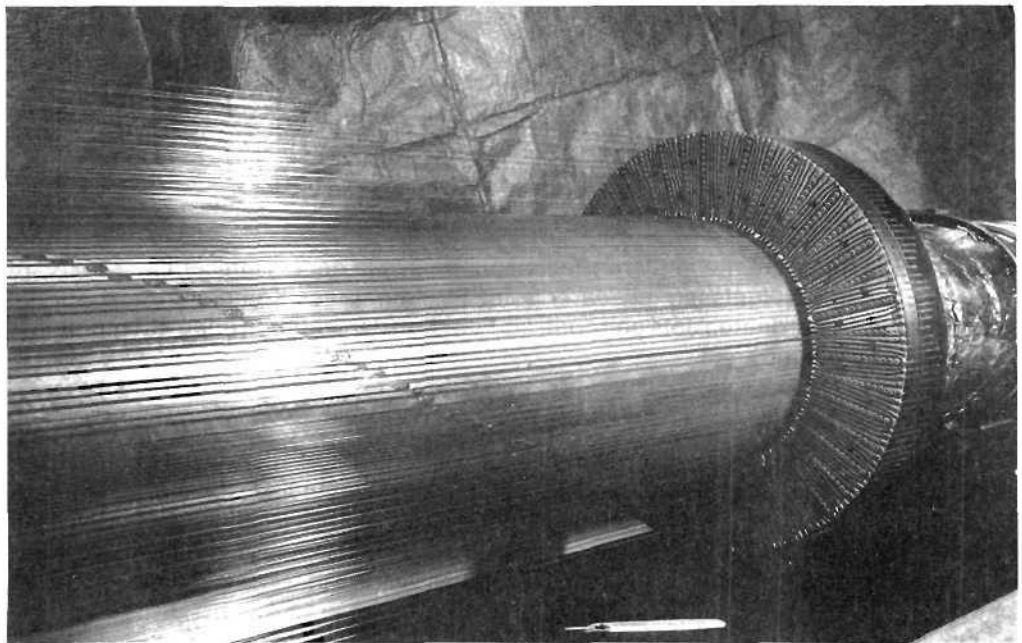


Abb. 2.8: Die Vertexkammer während der Fertigung.

Apparative Verbesserungen

Die ersten Flash-ADC-Einheiten für den z-Trigger sind am JADE-Detektor unter normalen Strahlbedingungen getestet worden. Der Trigger, der eine totzeitfreie Entscheidung darüber ermöglicht, ob in der r-z-Ebene eine Teilchenspur vom Wechselwirkungspunkt kommt, wird im Laufe des nächsten Jahres fertiggestellt und eingesetzt werden.

Schneller z-Trigger

Die Fertigstellung der Kammer, die eine höhere Impuls- und 2-Spur-Auflösung sowie eine bessere Vertex-Rekonstruktion ermöglichen wird, ist soweit fortgeschritten, daß ihr Einbau in den JADE-Detektor in der nächsten Umbauperiode erfolgen kann. Abb. 2.8 zeigt die nahezu fertiggestellte Kammer. Auch die Entwicklung und Fertigung der Ausleseelektronik, die auf

Vertexkammer

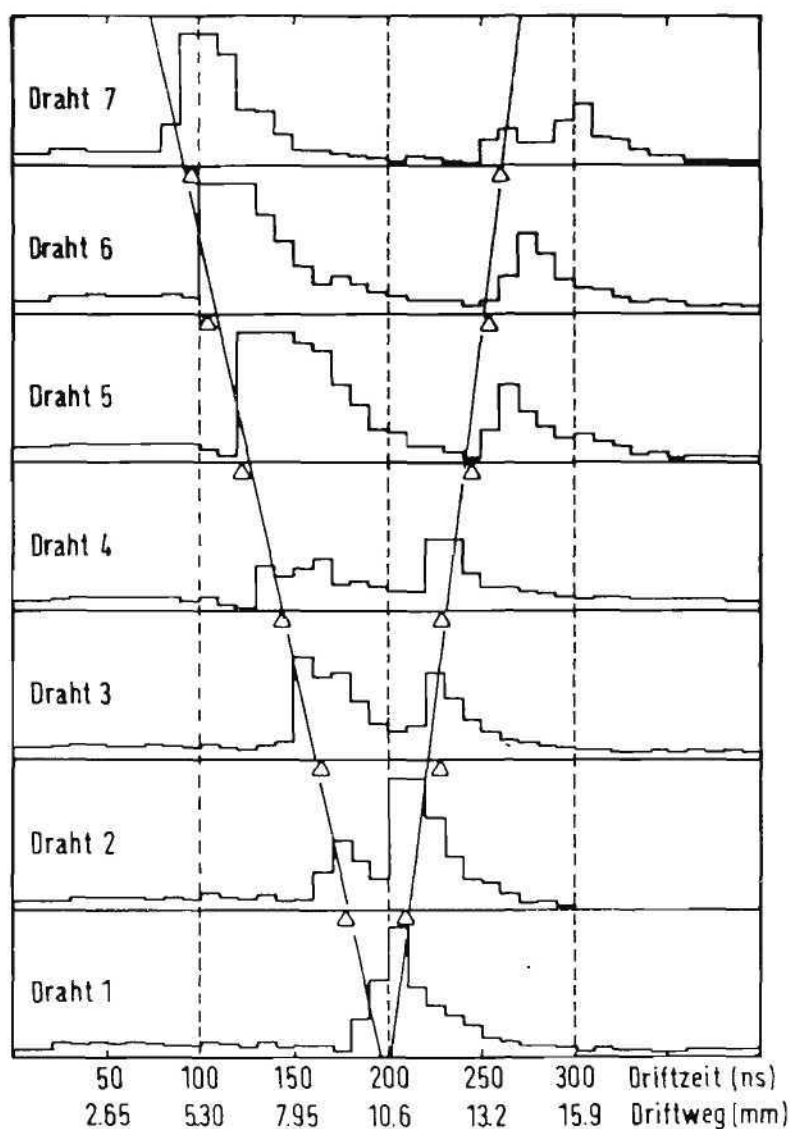


Abb. 2.9: FADC-Signale als Funktion der Driftzeit für jeden der 7 Auslesedrähte der Prototyp-Vertexkammer.

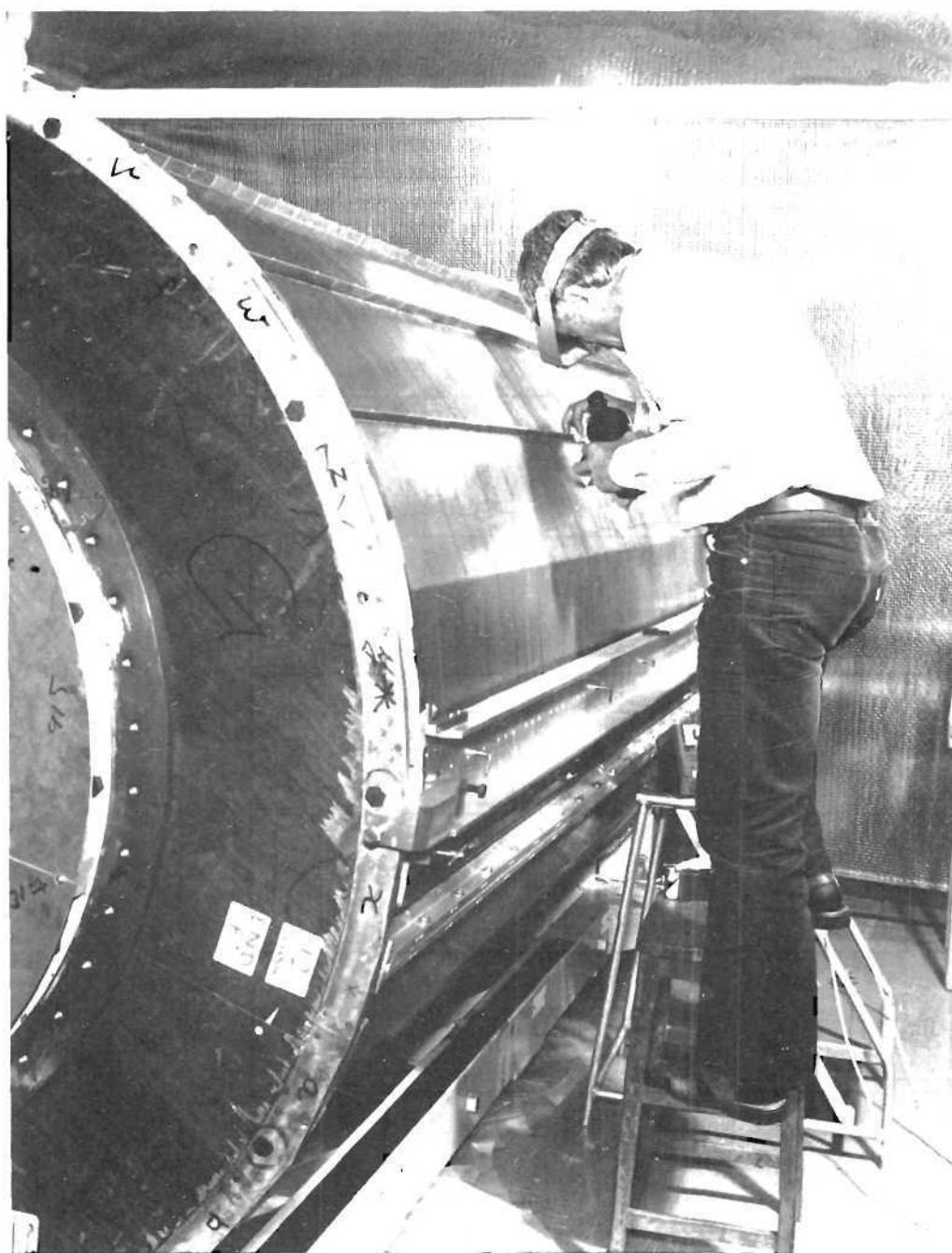


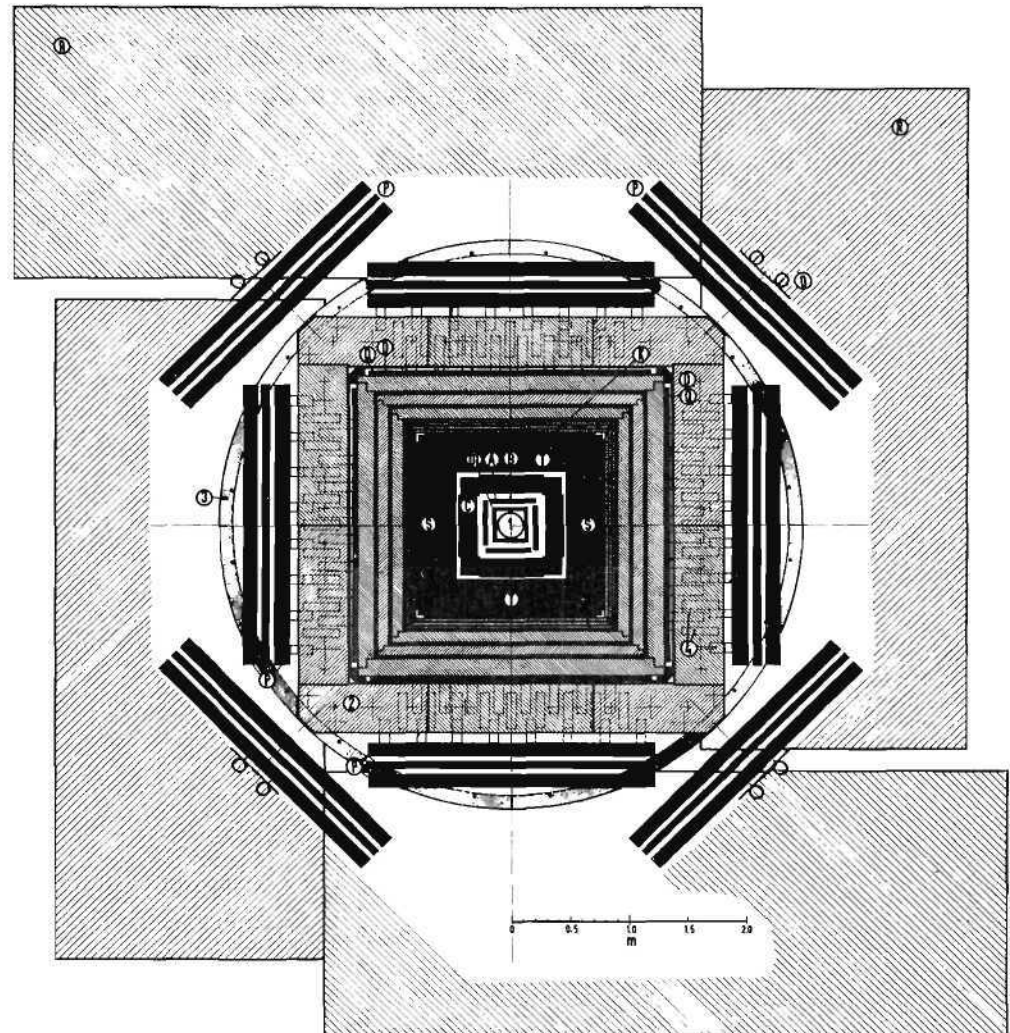
Abb. 2.10: Die z-Kammer während der Fertigung im Rutherford Labor. (Foto Rutherford Appl. Lab., Chilton)

FADC's basiert, ist weitgehend abgeschlossen. Die bei dieser Auslesetechnik anfallende Datenmenge ist so groß, daß die erste Analyse der Daten bereits im CAMAC-Crate stattfinden muß. Die Entwicklung der dazu erforderlichen Rechnerprogramme ist ebenfalls weit fortgeschritten. Abb. 2.9 zeigt das Ergebnis von Messungen im Teststrahl, die mit einer Prototypkammer unter Verwendung der FADC-Elektronik durchgeführt wurde. Aufgetragen ist für jeden der 7 Auslesedrähte das von zwei benachbarten Spuren erzeugte Signal. Man erkennt, daß die beiden Spuren noch in einem Abstand von ≈ 2 mm klar voneinander unterscheidbar sind.

Die zur genauen Messung der z-Koordinate entwickelte Driftkammer wurde 1983 ebenfalls weitgehend fertiggestellt, so daß sie während der nächsten Umbauperiode eingebaut werden kann. Abb. 2.10 zeigt diese Kammer während der Fertigung. Die Drähte sind polygonartig gespannt, so daß das Driftfeld parallel zur Strahlachse verläuft.

*Genaue
z-Bestimmung*

MARK J - DETEKTOR
(Querschnitt)



A B C Schauer-Zähler
D Trigger-Zähler
DT Driftröhren
Q Mittlere Driftkammern
P R Äußere Driftkammern
S T Innere Driftkammern

1 Strahlrohr
2 Eisenjoch
3 Aluminium-Ring
4 Multiplier

Beteiligte Institute

RWTH-Aachen
DESY-Hamburg
MIT-Cambridge
NIKHEF-Amsterdam
HEPI-Peking
JEN-Madrid
CALTECH-Pasadena

Gesamtgewicht: 400 t
Magnetfeld : 1.8 T

Abb. 3.1: Querschnitt durch den MARK J-Detektor. Die neuen D'-Zähler sind außen auf den um 45° geneigten P-Kammern angedeutet.

MARK J-Kollaboration

Beteiligte Institute: RWTH Aachen, CALTECH Pasadena, DESY, IHEP Peking, JEN Madrid, MIT Cambridge (USA), NIKHEF Amsterdam.

Überblick

Der MARK J-Detektor wurde im Jahre 1978 in der Süd-West-Halle des PETRA-Speicherrings aufgebaut und nimmt seit über 5 Jahren kontinuierlich Meßdaten auf. Der MARK J-Detektor ist, wie Abb. 3.1 zeigt, im wesentlichen ein Kalorimeter, das die Energie und die Richtung der bei der e^+e^- -Vernichtung erzeugten Teilchen mißt. Umgeben ist das Kalorimeter von einem Myonenspektrometer, das aus Driftkammern und magnetisiertem Eisen besteht. Im Jahre 1983 wurden keine größeren Umbauten durchgeführt. Es wurden lediglich 8 Triggerzähler D' an den Ecken des Detektors angebracht, um eine aufgrund der Magnetspulen vorhandene Akzeptanzlücke zu schließen. Damit hat der MARK J-Detektor eine vollständige Akzeptanz für Myonen bei allen Azimutwinkeln bezüglich der Strahlachse (Abb. 3.1).

Hauptziel der Messungen im Jahre 1983 war die Suche nach dem sechsten Quark, dem Top-Quark. Insgesamt wurden dabei im Energiebereich von 39.79 GeV bis 45.22 GeV e^+e^- -Reaktionen mit einer gesamten Luminosität von 12.1 pb^{-1} gemessen. Dieser Datensatz enthält neben anderen Reaktionen 2800 hadronische Ereignisse $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ und 142 000 Bhabha-Ereignisse $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$. Die sich daraus ergebenden Resultate bezüglich der Suche nach dem Top-Quark werden in einem nachfolgenden Abschnitt erläutert. Weiterhin wurden die in früheren Jahren gemessenen Daten von etwa 30 000 hadronischen Ereignissen und ca. 4500 Myonenpaaren analysiert. Die untersuchten physikalischen Prozesse betreffen die folgenden Themen:

- Suche nach dem Top-Quark.
- Messung der Interferenz zwischen elektromagnetischer und schwacher Wechselwirkung und die Messung der schwachen Ladungen von Leptonen und Quarks.
- Studium der Quantenchromodynamik und Messung der starken Kopplungskonstanten.
- Studium der Fragmentation schwerer Quarks.

Physikalische Ergebnisse

Suche nach dem Top-Quark

Von Frühjahr 1983 an wurde im höchsten Energiebereich von 39.79 GeV bis 45.22 GeV nach der Toponium-Resonanz gesucht. Dazu wurde die Schwerpunktsenergie von PETRA in Stufen von 30 MeV variiert und der Wirkungsquerschnitt der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ an jedem Energiepunkt mit einer Luminosität von etwa 60 nb^{-1} gemessen. Abb. 3.2 zeigt das Ergebnis dieser Messung, wobei hier als Meßwert das Verhältnis R des hadronischen Wirkungsquerschnitts dividiert durch den punktförmigen Wirkungsquerschnitt aufgetragen ist. Falls kein neues Quark erzeugt wird, erwartet man, daß der Wert R unabhängig von der Schwerpunktsenergie eine Konstante ist. Wird dagegen ein gebundener Zustand eines neuen schweren Quarks in dem Energiebereich erzeugt, so sollte eine schmale, etwa gaußförmige Resonanz bei einer Energie auftreten, die der Masse des Toponiums entspricht. Aufgrund der Maschi-

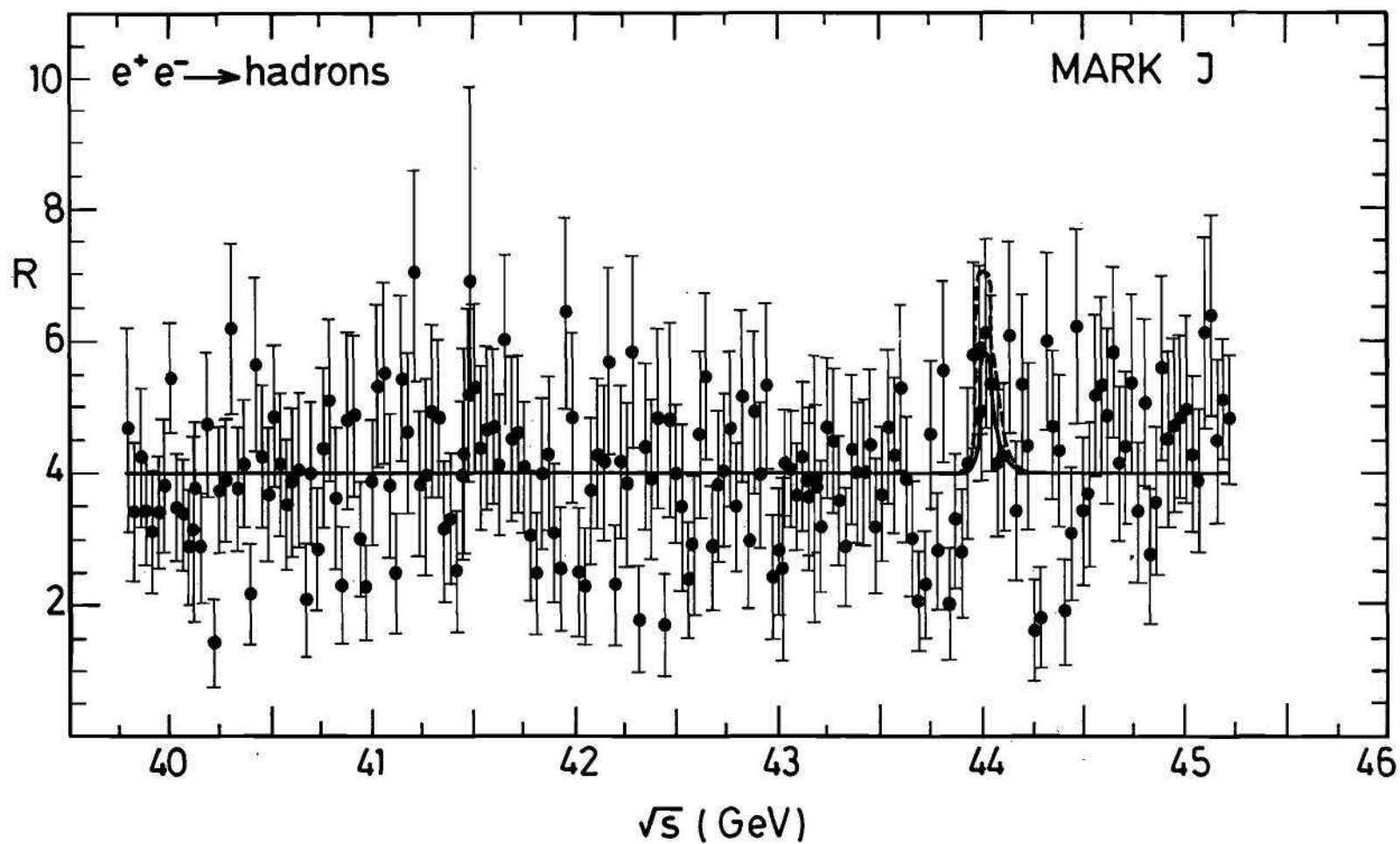


Abb. 3.2: Der gemessene Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ im Energiebereich 39.79 bis 45.22 GeV, normiert auf den punktförmigen Wirkungsquerschnitt. Die durchgezogene Kurve entspricht der besten Anpassung an eine hypothetische Resonanz.

enauflösung von PETRA und der Strahlungskorrekturen wird die sehr schmale und hohe Resonanz verbreitert. Für ein Toponium, bestehend aus einem Quark-Antiquark-Paar von je der Ladung $\frac{2}{3}e$, erwartet man, daß an der Resonanz der Wirkungsquerschnitt von $R \approx 4$ auf $R \approx 8$ ansteigt. Insgesamt sollten etwa 3 Meßpunkte über $R \approx 6$ liegen. Wie Abb. 3.2 zeigt, wurde von MARK J kein derartiges Signal gefunden. Die Stärke einer Resonanz kann durch das Produkt $\Gamma_{ee} \cdot B_h$ charakterisiert werden, wobei Γ_{ee} die e^+e^- -Zerfallsbreite und B_h das Verzweigungsverhältnis der Resonanz in Hadronen ist. Aus den Daten der Abb. 3.2 kann man schließen, daß das Produkt $\Gamma_{ee} \cdot B_h$ mit 95 % Konfidenz kleiner als 2.9 keV ist. Da man für ein Toponium einen Wert von etwa 3.5 keV erwartet, ist die Existenz eines Toponiums mit diesen Eigenschaften im Energiebereich von 40 bis 45 GeV mit 95 % Konfidenz ausgeschlossen.

Zusätzlich kann man in diesen Daten nach der Erzeugung eines ungebundenen neuen Quarks suchen, das gemäß der Reaktion $e^+e^- \rightarrow q\bar{q} \rightarrow \text{Hadronen}$ produziert wird. Falls ein Quark-Antiquark-Paar der Ladung $Q = \pm\frac{2}{3}e$ erzeugt wird, sollte der hadronische Wirkungsquerschnitt von 3.9 auf 5.2 keV ansteigen. Die MARK J-Messungen zwischen 39.79 GeV und 45.22 GeV ergeben einen Wert von 4.08 ± 0.08 . Der systematische Fehler dieser Messung wurde zu 6 % abgeschätzt. Der Meßwert stimmt gut mit der theoretischen Vorhersage von $R \approx 3.9$ für die Erzeugung der fünf bekannten Quarks überein und schließt die Erzeugung eines Top-Quarks aus.

Etwas detaillierter kann man die Suche nach einem neuen Quark durchführen, indem man die Jetartigkeit der Ereignisse zum Beispiel durch die Variable Thrust untersucht. Wenn neue schwere Quarks, wie das Top, erzeugt werden, erwartet man eine Anhäufung von Ereignissen mit breiten Jets, das heißt kleinem Thrust. Abb. 3.3 zeigt als Beispiel die Thrustverteilung der Ereignisse mit einer Schwerpunktsenergie zwischen 39.79 GeV und 43.18 GeV. Man findet keine Anhäufung von Ereignissen bei niedrigem Thrust. Da eine vorläufige Analyse der Daten bis 45.22 GeV das gleiche Resultat liefert, kann man die Erzeugung eines Top-Quarks bis 45 GeV ausschließen.

Eine weitere Möglichkeit, nach einem neuen schweren Quark zu suchen, besteht darin, die Reaktionen $e^+e^- \rightarrow \mu + \text{Hadronen}$ zu studieren. Es werden dazu Ereignisse selektiert, bei denen eines der erzeugten schweren Quarks in ein schweres Meson fragmentiert, das dann semileptonisch unter Aussendung eines Myons zerfällt. Da das Meson eine sehr kurze Lebensdauer hat, scheint das Myon direkt vom Wechselwirkungsort zu kommen. Man nennt solche Myonen „prompte Myonen“. Hadronische Ereignisse mit prompten Myonen sollten also bevorzugt von schweren Quarks herrühren. Trägt man die Thrustverteilung solcher Ereignisse auf, so sollte man darin ein neues schweres Quark besonders gut erkennen. Abb. 3.4 zeigt die MARK J-Daten zwischen 39.79 GeV und 43.18 GeV. Die gemessene Verteilung stimmt gut mit der Vorhersage für die fünf bekannten Quarks u, d, s, c, b überein und zeigt, daß in diesem Energiebereich kein neues Quark der Ladung $\frac{2}{3}e$ oder $\frac{1}{3}e$ erzeugt wird.

Interferenz zwischen elektromagnetischer und schwacher Wechselwirkung

Nach der Theorie von Glashow, Salam und Weinberg (GSW) verläuft die Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ nicht nur über die elektromagnetische, sondern auch über die schwache Wechselwirkung, genauer gesagt über die schwachen neutralen Ströme. Die Interferenz beider Prozesse ruft eine Asymmetrie in der Polarwinkelverteilung der Myonpaare hervor, und zwar so, daß die erzeugten negativen Myonen bevorzugt entgegen der Flugrichtung der einfallenden Elektronen, das heißt in die rückwärtige Hemisphäre, fliegen. Die Asymmetrie ist im Vergleich zu anderen Effekten der schwachen Wechselwirkung recht groß und gut meßbar. Bei

Myonasymmetrie

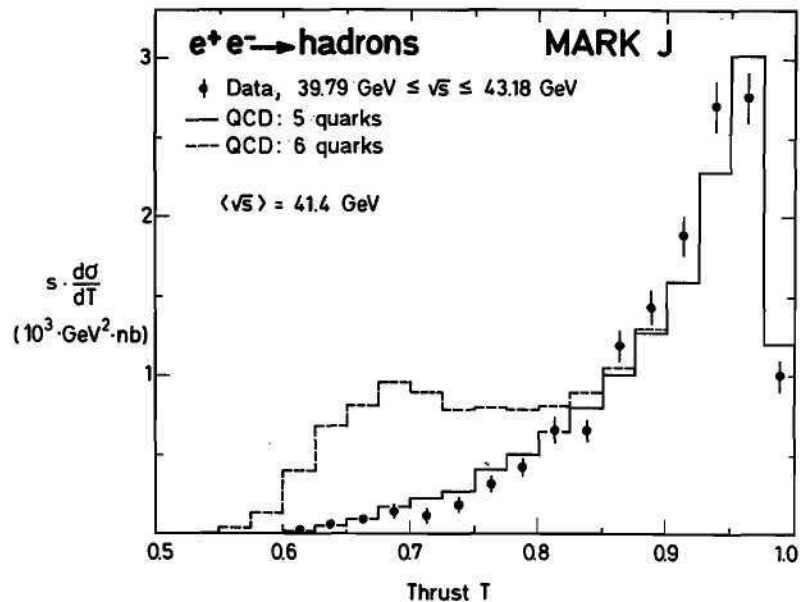


Abb. 3.3: Thrustverteilung im Energiebereich 39.79 GeV bis 43.18 GeV. Die durchgezogene Kurve gibt die für fünf, die gestrichelte die für sechs Quarks erwartete theoretische Verteilung wieder.

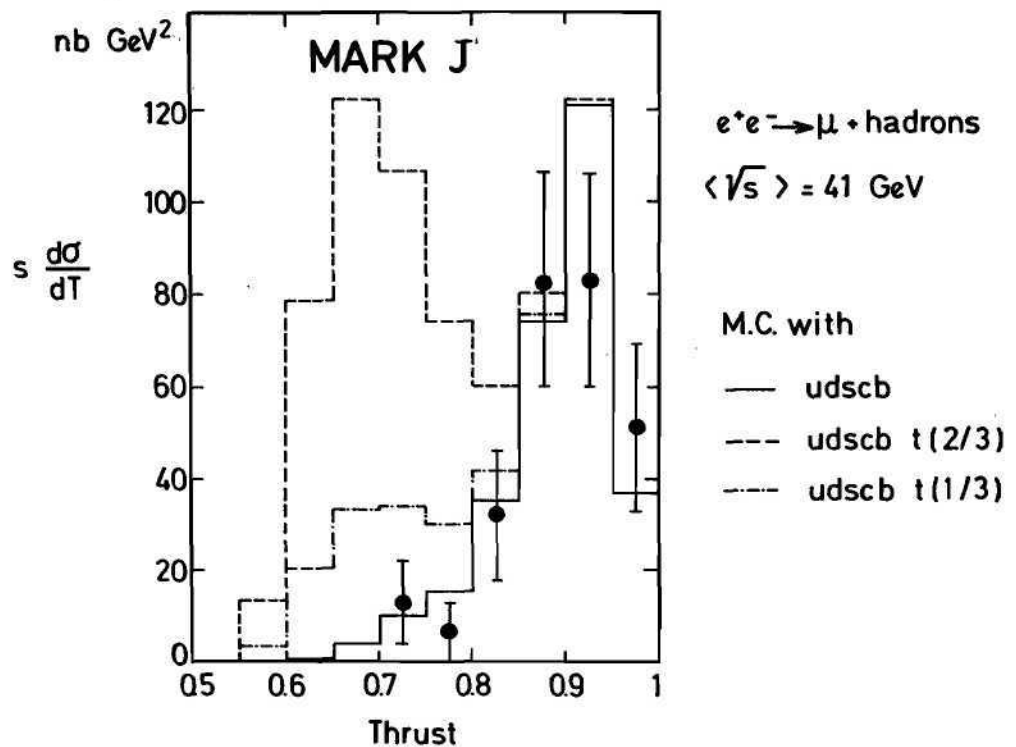


Abb. 3.4: Thrustverteilung der Hadronen von Ereignissen mit inklusiven Myonen bei einer mittleren Schwerpunktsenergie von 41 GeV. Die durchgezogene Linie stellt die QCD-Monte-Carlo-Berechnung für die fünf Quarks u, d, s, c, b dar. Das strichpunktierte Histogramm gibt die Vorhersage für fünf Quarks zusammen mit einem Top-Quark der Ladung 1/3 wieder. Die gestrichelte Linie stellt die gleiche Vorhersage, aber mit einem Top-Quark der Ladung 2/3 dar.

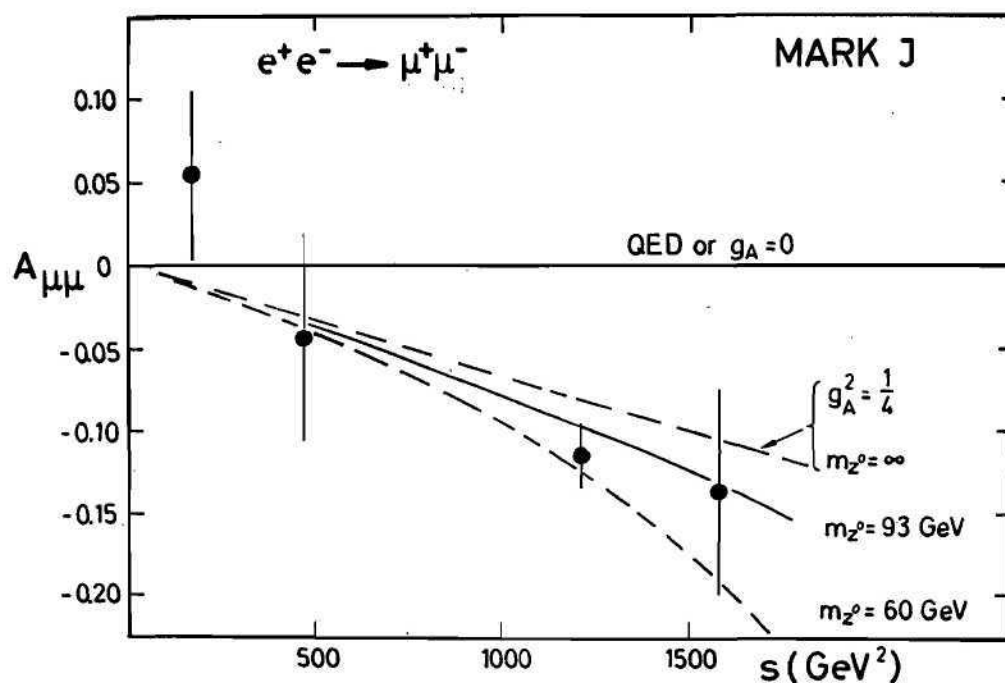


Abb. 3.5: Asymmetrie in der Winkelverteilung von Myonpaaren aus $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ als Funktion des Quadrates der Schwerpunktsenergie für verschiedene Werte der Masse des Z^0 . Die von MARK J gemessenen Asymmetrien sind als Punkte eingezeichnet.

einer Energie von 35 GeV erwartet man eine Asymmetrie von -9% . Dies bedeutet, daß ein Überschuß von 9% aller Ereignisse in der Rückwärtsrichtung zu finden ist. Die Theorie sagt außerdem voraus, daß die Asymmetrie im wesentlichen mit dem Quadrat der Schwerpunktsenergie ansteigt. Der genaue Anstieg hängt noch von der Masse des neutralen Vektorbosons Z^0 ab. Da die Asymmetrie bei verschiedenen Energien gemessen wurde, kann man dies nachprüfen. Aus Abb. 3.5 sieht man, daß die Asymmetrie mit steigender Energie zunimmt. Die Daten bei 40 GeV, das heißt $s = 1600 \text{ GeV}^2$, haben noch große statistische Fehler, die sich in den nächsten Jahren noch deutlich verringern werden. Die Meßdaten stimmen innerhalb der Fehler mit der Vorhersage der Theorie von Glashow, Salam und Weinberg und einem Wert der Z^0 -Masse von 93 GeV überein, wie er beim CERN von den Experimenten UA1 und UA2 gemessen wurde. Aus den gemessenen Werten der Asymmetrie kann man schließen, daß die axialvektorielle Kopplung des Myons, das heißt seine axialvektorielle schwache Ladung,

$$g_A^\mu = -0.65 \pm 0.10$$

ist. Ein Vergleich mit der bei der Neutrino-Elektron-Streuung axialvektoriellen Kopplung des Elektrons $g_A^e = -0.52 \pm 0.06$ zeigt, daß beide innerhalb der Meßfehler übereinstimmen.

Ganz analog wie beim Myon kann man auch die Asymmetrie der Tauleptonen aus der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ bestimmen. Hier tritt jedoch eine Komplikation dadurch ein, daß das Tau praktisch am Erzeugungsort zerfällt und man damit nur die Zerfallsprodukte des Taus beob-

Tauasymmetrie

achtet. Man untersucht Reaktionen, bei denen eines der beiden Taus in ein Myon und Neutrinos zerfällt, während das andere Tau beliebig zerfallen kann, jedoch nicht in ein Myon und Neutrinos. Da man damit nur wenige Zerfallsmöglichkeiten erfaßt, ist die Anzahl der nachgewiesenen Taupaare etwa um einen Faktor 5 kleiner und der statistische Fehler der Asymmetrie entsprechend größer. Für die Tau-Paarerzeugung wird bei einer mittleren Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV eine Asymmetrie $A_{\tau\tau} = -(8.5 \pm 4.8) \%$ gemessen, woraus ganz analog zum Myon die axialvektorielle schwache Kopplung des Taus zu

$$g_A^{\tau} = -0.48 \pm 0.27$$

bestimmt wird. Ein Vergleich der Kopplungen des Elektrons, Myons und Taus zeigt, daß bei der schwachen Wechselwirkung, die durch das Z^0 -Boson vermittelt wird (schwache neutrale Ströme), die Leptonen mit gleicher Stärke wechselwirken.

Asymmetrie schwerer Quarks

Es wurde auch versucht, die Asymmetrie der Bottom- und Charm-Quarks zu messen. Da die Ladung der Quarks nur $\frac{2}{3}$ (Charm) oder $\frac{1}{3}$ (Bottom) der Myonladung ist, erwartet man eine entsprechend höhere Asymmetrie.

$$A_q = A_{\mu\mu} \cdot \frac{Q_{\mu}}{Q_q} = \begin{matrix} 3/2 A_{\mu\mu} & \text{für Charm} \\ 3 A_{\mu\mu} & \text{für Bottom} \end{matrix}$$

Damit erwartet man bei Charm-Quarks eine Asymmetrie von -13% , bei Bottom-Quarks sogar -26% bei einer Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV. Solche Asymmetrien erscheinen leicht meßbar. Dazu ist es jedoch notwendig, den Quarktyp (Flavor) und die Ladung des Quarks zu bestimmen, um Quarks von Antiquarks zu unterscheiden. Da man die Quarks nicht direkt beobachten kann, sondern nur die bei ihrer Fragmentierung entstehenden Teilchenjets, wird die Ladung der Quarks aus der Ladung der Myonen, die beim semileptonischen Zerfall der Quarks entstehen, bestimmt.

$$\begin{array}{ll} b \rightarrow c\mu^{-}\nu & c \rightarrow s\mu^{+}\nu \\ \bar{b} \rightarrow \bar{c}\mu^{+}\nu & \bar{c} \rightarrow \bar{s}\mu^{-}\nu \end{array}$$

Das Bottom-Quark b hat die Ladung $Q = -\frac{1}{3}e$, das Charm-Quark c die Ladung $Q = +\frac{2}{3}e$. Antiquarks sind durch einen Querstrich gekennzeichnet. Man sucht nun nach der Reaktion

$$e^{+}e^{-} \rightarrow q\bar{q} \rightarrow 2 \text{ Jets} \rightarrow \mu + \text{Hadronen.}$$

Selektiert man Ereignisse, bei denen einer der Jets ein negatives Myon enthält, so stammt dieser Jet von einem Bottom-Quark oder einem Charm-Antiquark. Positive Myonen selektieren Bottom-Antiquarks oder Charm-Quarks. Um die Asymmetrie der jeweiligen Quarks zu messen, muß man noch Bottom von Charm unterscheiden. Da schwerere Quarks breitere Jets und Myonen mit größerem Transversalimpuls zur Jetachse liefern, benutzt man diese beiden Eigenschaften zur Trennung. Leider erreicht man nur eine unvollständige Trennung. Weiterhin hat man einen Untergrund von Myonen durch Kaon- und Pionzerfälle und durch Mesonen, die das Eisenfilter durchdringen und so ein Myon simulieren. Insgesamt vergrößern diese Effekte den Fehler der Asymmetrie recht stark. Mit dem MARK J-Detektor werden bei einer mittleren Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV die folgenden Asymmetrien beobachtet

$$\begin{array}{ll} \text{Charm} & A_c = (-16 \pm 9) \% \\ \text{Bottom} & A_b = (-21 \pm 19) \% \end{array}$$

Die Meßwerte sind noch nicht sehr signifikant. Sie sollten sich aber in den nächsten Jahren noch deutlich verbessern. Man kann daraus erste grobe Meßwerte der axialvektoriellen Kopplung des Charm- und des Bottom-Quarks ermitteln:

$$\begin{aligned} g_A^c &= +0.6 \pm 0.3 \\ g_A^b &= -0.4 \pm 0.4 \end{aligned}$$

Beide Werte sind in guter Übereinstimmung mit der Theorie von Glashow, Salam und Weinberg, die annehmen, daß die linkshändigen Quarkfelder in Dubletts bezüglich des schwachen Isospins angeordnet sind

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} t? \\ b \end{pmatrix}$$

Die Werte legen nahe, daß das noch fehlende Top-Quark t existiert.

Studium der Quantenchromodynamik und Messung der starken Kopplungskonstanten

In der Quantenchromodynamik sind die Gluonen die Träger der Wechselwirkung zwischen den Quarks. Diese Kopplung wird durch eine effektive Kopplungskonstante α_s beschrieben, die von dem auftretenden Impulsübertrag Q beziehungsweise der Energie des untersuchten Prozesses abhängt: mit wachsendem Q^2 wird α_s kleiner. Eine Bestimmung von α_s als Funktion von $\sqrt{s}$ (oder Q^2) würde im Prinzip eine direkte Prüfung der QCD sein. Jedoch ist die Messung von α_s bei vorgegebener Energie nicht einfach. Das rührt daher, daß die Partonen, das heißt Quarks und Gluonen, nicht direkt beobachtbar sind, sondern nur die Hadronenjets, die bei der Fragmentation der Partonen entstehen. Daher benötigt man ein Modell der Fragmentation, das benutzt werden muß, um die Partonverteilung mit der gemessenen Hadronenverteilung zu verknüpfen. Dabei muß man sicherstellen, daß die Bestimmungsmethode für α_s nicht von den Schnitten abhängt, die zur Unterdrückung von Infrarot-Divergenzen der theoretischen Partonverteilung gemacht werden müssen.

Die Bestimmungen von α_s verwenden eine vollständige QCD-Berechnung in 2. Ordnung von α_s . Außerdem werden zwei Hadronisierungsmodelle angewandt, um zu untersuchen, wie die Messung von α_s vom Fragmentationsmodell abhängt. Die Analyse verwendet 21 000 Hadronereignisse bei einer mittleren Schwerpunktsenergie $\sqrt{s}$ von 34.6 GeV aus einer integrierten Luminosität von 90 pb⁻¹.

In 2. Ordnung der QCD umfaßt die Reaktion $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ folgende Einzelprozesse:

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}, q\bar{q}g, q\bar{q}gg, q\bar{q}q\bar{q}$$

Die starke Kopplungskonstante wird mit zwei Methoden gemessen. In der ersten wird versucht, die Rate von Ereignissen mit drei Jets zu bestimmen. Sie sollten bevorzugt vom Prozeß $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g$ herrühren und daher proportional zu α_s sein. Um diese Reaktionen zu finden, sucht man nach Ereignissen, die in einer Hemisphäre einen weit gefächerten, jedoch flachen Jet enthält. Nach Monte-Carlo-Rechnungen besteht dieser Jet bevorzugt aus zwei Jets, nämlich aus einem Quark- und einem Gluonjet.

3-Jet-Ereignisse

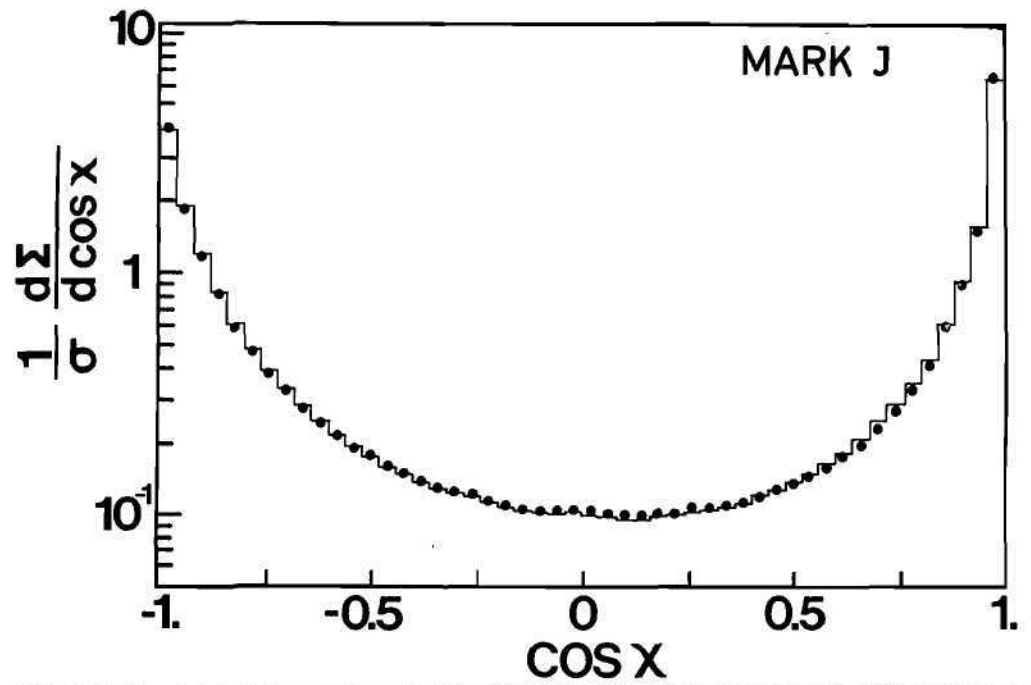


Abb. 3.6: Vergleich der experimentell bestimmten Energiekorrelationsfunktion mit der Monte-Carlo-Berechnung für $\alpha_s = 0.13$. Die beiden Fragmentationsmodelle sind ununterscheidbar.

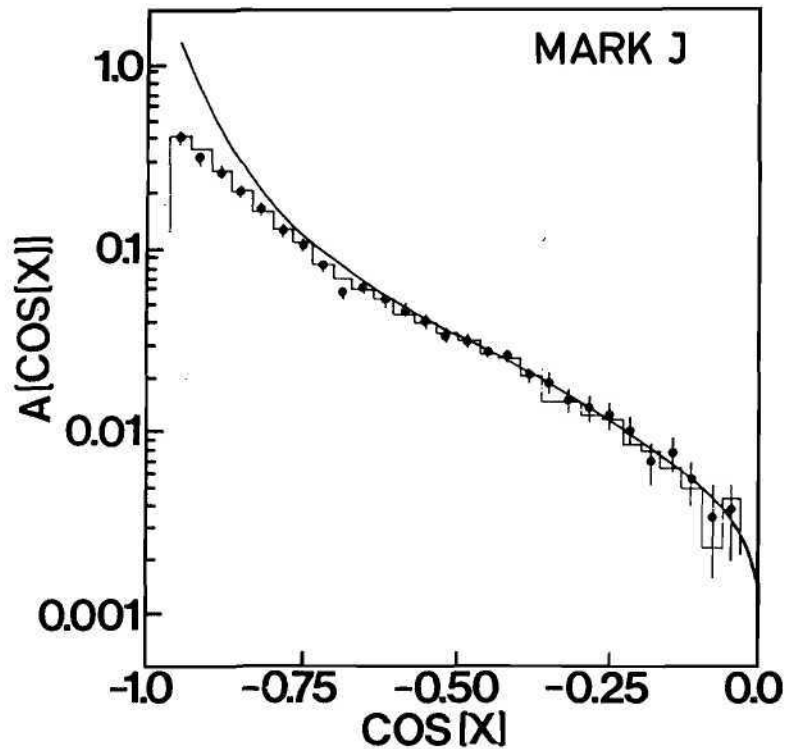


Abb. 3.7: Asymmetrie der experimentellen Energiekorrelation, verglichen mit der Berechnung auf der Partonstufe (glatte Kurve) und nach Einbeziehung der Fragmentation (Histogramm).

Bei der zweiten Methode braucht man Jets überhaupt nicht zu identifizieren. Statt dessen benutzt man den Energiefluß in allen Hadronereignissen zur Messung der Gluonemission. Es werden die in den verschiedenen Kalorimeteerelementen von einem Hadronereignis abgegebenen Energien gemessen und die paarweisen Produkte dieser Messungen gegen den räumlichen Winkel χ_{ij} zwischen dem Paar i, j aufgetragen. Dazu wird die Energie-Korrelationsfunktion gebildet:

Energiefluß

$$\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{d\Sigma}{d\cos\chi} = \frac{1}{N} \sum_{\text{Ereignisse}} \sum_{i,j} \frac{E_i \cdot E_j}{E_{\text{exp}}^2} \delta(\cos\chi_{ij} - \cos\chi)$$

worin die Summe über alle Hadronereignisse erstreckt ist. E_i ist die im Raumwinkelement i gemessene Energie, E_{exp} die gemessene Gesamtenergie des Ereignisses, σ der Wirkungsquerschnitt. Diese Analyse ist besonders elegant, da sie keine Klassifizierung hadronischer Ereignisse nach ihrer speziellen Topologie verlangt. Es ist klar, daß 2-Jet-Ereignisse mit Maxima bei $\cos\chi = \pm 1$ vorherrschen. Die von Null verschiedene Korrelation bei anderen Werten von $\cos\chi$ rührt her von dem Vorhandensein von energiereichen Gluonen unter großen Winkeln ($e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g$ und $q\bar{q}gg$) und dem Transversalimpuls, den die Hadronen beim Fragmentationsprozeß erhalten. Diese zweite Quelle ist symmetrisch zu $\chi = 0$. Um den Effekt von der Emission der Gluonen herauszufiltern, wird die Asymmetrie in $\cos\chi$ benutzt:

$$A(\cos\chi) = \frac{1}{\sigma} \left\{ \frac{d\Sigma}{d\cos\chi}(\pi - \chi) - \frac{d\Sigma}{d\cos\chi}(\chi) \right\}$$

Die Monte-Carlo-Studien haben ergeben, daß der Bereich $|\cos\chi| < 0.72$ nur einen kleinen Beitrag von 2-Jet-Ereignissen enthält und dadurch den Vergleich mit der QCD-Berechnung erlaubt.

Der hadronische Wirkungsquerschnitt bis zur 2. Ordnung in α_s wurde in üblicher Weise aus 3- und 4-Parton-Graphen berechnet und durch Monte-Carlo-Integration der virtuellen Beiträge 2. Ordnung gemäß Verfahren von Ellis, Ross und Terrano vervollständigt. Die Unabhängigkeit der Rechnung von den notwendigen Schnitten wurde im Detail nachgeprüft, und zwar sowohl auf der Partonstufe allein als auch unter Einbeziehung der Fragmentation. Für die Beschreibung der Fragmentation wurden zwei verschiedene Modelle herangezogen und ihre Effekte durch Monte-Carlo-Simulation abgeschätzt. Im „Independent-Jet-Model“ von Ali et al. fragmentieren die Partonen unabhängig voneinander; die Jets werden in Richtung der einzelnen Partonen nach dem Feynman-Field-Prozeß gebildet. Im zweiten, dem „Color-String-Model“, verbinden „Color-Strings“ das Quark beziehungsweise Antiquark mit dem Gluon. Die tatsächliche Fragmentierung geschieht entlang dem „Color-String“ statt in Richtung der Partonen. Die beiden Modelle sind im Ansatz ganz verschieden; für Ereignisse mit drei energiereichen Partonen ($q\bar{q}g$) ähnelt die Verteilung der Hadronen im Endzustand für das „Independent-Jet-Model“ mehr der ursprünglichen Partonverteilung als für das „Color-String-Model“. Für Ereignisse mit vier energiereichen Partonen ($q\bar{q}gg$) sind die Verteilungen in beiden Modellen jedoch ähnlich. Dies ist qualitativ der Hauptgrund dafür, daß die α_s -Werte bei beiden Fragmentationsmodellen sich nahezu gleichen, wenn eine vollständige Rechnung in 2. Ordnung der QCD durchgeführt wird.

Fragmentationseffekte

In Abb. 3.6 wird nun die von MARK J bei einer mittleren Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV durch Auswertung von 21 000 Hadronereignissen gewonnene Energiekorrelation aufgetragen und mit einer QCD-Monte-Carlo-Rechnung 2. Ordnung verglichen. Die Berechnung gibt den Verlauf der Daten für beide Fragmentationsmodelle, die in der Abb. 3.6 ununterscheidbar sind, gut wieder.

Abb. 3.7 zeigt die Asymmetrie der Energiekorrelation. Die Daten sind wieder als schwarze Punkte mit Fehlerbalken aufgetragen. Die glatte Kurve ist die Monte-Carlo-Vorhersage auf der Partonstufe unter der Annahme von $\alpha_s = 0.13$ und unter Einbeziehung von Detektorsimulation und Strahlungseffekten. Das Histogramm ist eine vollständige Simulation der Daten unter Einschluß der Fragmentation. Auch hier lassen sich die beiden verwendeten Fragmentationsmodelle im Maßstab der Abbildung nicht unterscheiden. Es ist unmittelbar ersichtlich, daß Fragmentationseffekte für $|\cos\chi| < 0.72$ klein sind, daß jedoch für $|\cos\chi| \geq 0.85$ die Monte-Carlo-Rechnung deutlich abhängig wird vom Fragmentationsparameter und der Auflösung des Detektors.

Nach detaillierter Abschätzung des Einflusses der verschiedenen Parameter in den Modellen und der Unsicherheiten in den Daten wird die Angabe eines systematischen Fehlers $\Delta\alpha_s = \pm 0.02$ für vernünftig gehalten. Insgesamt erhält man durch Bestimmung von α_s aus der Asymmetrie der Energie-Korrelationsfunktion bei $\sqrt{s} = 34.6$ GeV einen Wert von

$$\alpha_s = 0.13 \pm 0.01 \text{ (statistisch)} \pm 0.02 \text{ (systematisch)}$$

Studium der Fragmentation schwerer Quarks

Ein Teil der hadronischen Ereignisse aus der e^+e^- -Wechselwirkung bei PETRA enthält Myonen mit genügend großen Impulsen, um das Eisenspektrometer zu durchdringen. Die meisten dieser Myonen stammen aus semileptonischen Zerfällen von Hadronen, die Charm- oder Bottom-Quarks enthalten. Weiter oben wurden diese Reaktionen schon zur Suche nach dem Top-Quark und zur Messung der axialvektoriellen Kopplungskonstanten des Charm-Quarks und Bottom-Quarks benutzt. Hier werden nun die Resultate bezüglich der Fragmentation schwerer Quarks besprochen.

Bei der Annihilation von e^+e^- in Quark-Antiquark-Paare werden die Quarks nicht als freie Teilchen nachgewiesen, sondern sie fragmentieren statt dessen in Hadronen. Die Fragmentierung leichter Quarks (u, d, s) ist das Objekt intensiver Untersuchungen gewesen. 1978 schlugen Feynman und Field die einfache Fragmentationsfunktion

$$fq(z) = K(1-z)^n/z$$

vor, die unabhängig vom speziellen Erzeugungsprozeß benutzt worden ist. Die Größe z ist das Verhältnis der Hadronenergie zur Strahlenergie, K ist eine Normierungskonstante. Der Koeffizient n liegt, wie man experimentell findet, zwischen 2 und 3. Kürzlich ist es möglich geworden, die Fragmentation schwerer Quarks (c, b) experimentell zu studieren. Die ersten Ergebnisse über die Fragmentation des Charm-Quarks wurden in e^+e^- - und Neutrinoereaktionen erzielt. Die Kinematik ist in diesem Fall drastisch verändert, da die Masse des schweren Quarks Q groß ist im Vergleich zu den leichten Quarks q . Der größte Teil der Energie von Q wird auf das Hadron übertragen, welches Q enthält. Für diesen Fall wird die Fragmentierungsfunktion von der angegebenen wesentlich abweichen. Für die Analyse der mit MARK J gemessenen inklusiven Myonereignisse wird eine von Peterson et al. für die vorliegende Kinematik hergeleitete phänomenologische Fragmentationsfunktion benutzt

$$f_Q(z) = \frac{C}{z} \left(1 - \frac{1}{z} - \frac{h_Q^2}{1-z} \right)^{-2}$$

worin z der Bruchteil der vom primären Quark Q an das sekundäre Hadron M abgegebenen Energie ist; h_Q ist ein Parameter und C eine Normierungskonstante.

Hier wird das Spektrum der Myonen bei Reaktionen $e^+e^- \rightarrow \mu + \text{Hadronen}$ untersucht. Diese Reaktion geht in drei Schritten vorstatten:

1. Erzeugung schwerer Quark-Antiquark-Paare gemäß der Reaktion $e^+e^- \rightarrow Q\bar{Q}$, wobei Q ein Charm- oder ein Bottom-Quark symbolisiert.
2. Bei der Fragmentation vereinigt sich das schwere Quark Q mit einem leichten Quark q: $Q \rightarrow M(Q, \bar{q}) + q$, wobei M ein aus Q und $\bar{q}$ bestehendes Hadron ist.
3. Das leichte Quark q fragmentiert in andere Hadronen, während das Hadron M semileptonisch in ein Myon, ein Neutrino und weitere Hadronen zerfällt.

Der Zerfall eines schweren Mesons kann dadurch identifiziert werden, daß das Myon einen großen Transversalimpuls bezogen auf die Jetachse hat: $\langle p_T \rangle \approx m_Q/4$, wobei m_Q die Masse des schweren Quarks ist. Der Impuls des Myons enthält Information über die Energie seines erzeugenden Hadrons M. Der Transversalimpuls p_T des Myons zur Jetachse kennzeichnet die Masse des schweren Quarks und zeigt damit an, ob es sich um ein Charm- oder Bottom-Quark handelt. Zusätzlich kann man noch die Variable Thrust zur Unterscheidung der Quarkjets benutzen, da sie die Breite eines Jets mißt. Damit kann man aus der Messung des Energieflusses hadronischer Ereignisse und des Impulsspektrums der darin enthaltenen Myonen Aussagen über die Fragmentation schwerer Quarks in schwere Mesonen machen. Zugleich kann auch ein mittleres Verzweungsverhältnis für den semileptonischen Zerfall dieser Mesonen angegeben werden.

Dazu wurden etwa 25 000 Ereignisse der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ im Energiebereich von 33 GeV bis 38.5 GeV untersucht. Um Ereignisse mit Myonen auszuwählen, wurde verlangt, daß eine Spur das mindestens 90 cm dicke magnetisierte Eisenfilter durchdringt und daß die in der Mitte des Eisens rekonstruierte Spur mit der in einer Driftkammer Q (Abb. 3.1) rekonstruierten Koordinate übereinstimmt. Dadurch reduziert man den Untergrund von Ereignissen, bei denen das Myon aus dem π^- - und K-Zerfall stammt oder durch ein Hadron vorgetäuscht wird, das das Eisenfilter durchdringt. Weiterhin wird verlangt, daß die Ereignisse nicht zu sehr einem 3-Jet-Ereignis der Reaktion $e^+e^- \rightarrow q\bar{q} + \text{Gluon}$ ähneln. In einem solchen Ereignis würde die Thrustachse verfälscht werden und damit auch der Transversalimpuls des Myons zur Quarkjetachse ungenau gemessen werden. Insgesamt kann der anfänglich sehr hohe Untergrund auf einen Anteil von 30 % der ausgewählten Ereignisse herabgedrückt werden. Siebzig Prozent der Ereignisse sind die gesuchten Zerfälle von Mesonen, die aus einem Charm- oder Bottom-Quark bestehen. Um diese beiden Anteile zu trennen, wird ein Schnitt im Transversalimpuls von 1.2 GeV verwendet. Myonen mit Transversalimpulsen kleiner als 1.2 GeV stammen im wesentlichen von Zerfällen von Charm-Mesonen, darüberliegende von Bottom-Mesonen. Wir gehen jedoch anders vor und teilen die Daten in eine Matrix in den Variablen Longitudinalimpuls p_L und Transversalimpuls p_T des Myons sowie Thrust ein. Durch Vergleich der Daten mit den theoretischen Vorhersagen aus der Monte-Carlo-Rechnung findet man folgende Werte der mittleren Verzweungsverhältnisse $BR(C)$ und $BR(B)$ für Charm- und Bottom-Mesonen und die Fragmentationsparameter h_c und h_b :

$$\begin{aligned} BR(C) &= (11.5 \pm 1.0 \pm 1.7) \% \\ BR(B) &= (10.5 \pm 1.5 \pm 1.3) \% \\ |h_c| &= 0.8 \pm 0.1 \pm 0.2 \\ |h_b| &= 0.15 \pm 0.03 \pm 0.05 \end{aligned}$$

Der erste für jede Variable angegebene Fehler ist der statistische. Der zweite Fehler ist der systematische und enthält die Unsicherheit in der Subtraktion des Untergrunds, die Simulation der Detektorauflösung und -akzeptanz und die Variation der mittleren Transversalimpulse der primären B- und C-Teilchen. Aus den oben genannten Werten kann man die mittleren

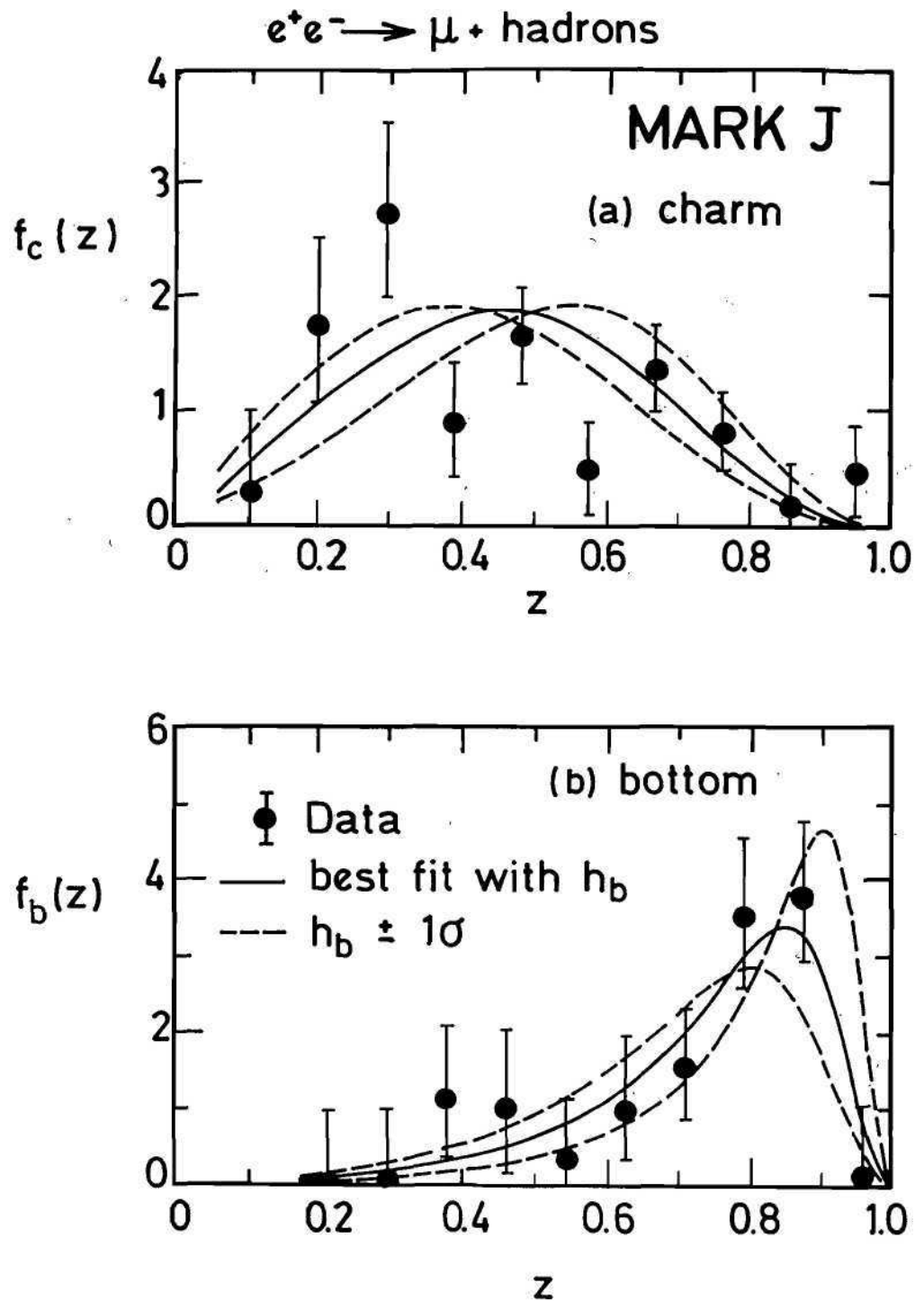


Abb. 3.8: Verlauf der Fragmentationsfunktion für (a) Charm- und (b) Bottom-Quark. Die durchgezogene Kurve entspricht der besten Anpassung der Parameter h_b und h_c , die gestrichelten den jeweiligen Standardabweichungen $\pm 1\sigma$.

Energien von Charm- bzw. Bottom-Mesonen bestimmen, die bei der Fragmentation der Charm- bzw. Bottom-Quarks entstehen. Wenn man deren Energie auf die Schwerpunktsenergie bezieht, findet man

$$\begin{aligned} \text{für Charm} \quad \langle z_c \rangle &= 0.46 \pm 0.02 \pm 0.05 \\ \text{für Bottom} \quad \langle z_b \rangle &= 0.75 \pm 0.03 \pm 0.06 \end{aligned}$$

Man findet also, daß schwere Quarks relativ hart fragmentieren, das heißt einen großen Teil ihrer Energie an das primäre Meson der Fragmentationskaskade abgeben. Vergleicht man Charm und Bottom, so zeigt sich, daß das etwa dreimal so schwere Bottom-Quark noch wesentlich härter fragmentiert.

Man kann sich fragen, ob diese Resultate auch gelten, wenn keine Annahme über die Parametrisierung der Fragmentationsfunktion gemacht wird. Dazu wurde die verfügbare z -Region in 10 gleiche Intervalle geteilt und der Beitrag jedes einzelnen Intervalls bestimmt. Das Resultat ist in Abb. 3.8 aufgetragen und mit der Kurve verglichen, die man aus der Parametrisierung von Peterson et al. mit den gemessenen Werten von h_c und h_b erhält. Die gestrichelte Linie gibt die Fehler in dieser Parametrisierung an. Aus Abb. 3.8 erkennt man, daß beide Methoden innerhalb der Fehler die gleiche Form der Fragmentationsfunktion bestimmen und zeigen, daß das Bottom-Quark wesentlich härter fragmentiert als das Charm-Quark. Bestimmt man die Mittelwerte vom Energiebruchteil z aus den einzelnen Intervallen, so erhält man praktisch die gleichen Werte wie früher, nämlich

$$\langle z_c \rangle = 0.46 \pm 0.05 \text{ und } \langle z_b \rangle = 0.74 \pm 0.10$$

Damit ist klar gezeigt, daß das Bottom-Quark im Mittel 75 % seiner Energie behält, wenn es sich in ein Meson verwandelt. Es wird sehr interessant sein, diesen Wert bei höheren Schwerpunktsenergien von PETRA nachzumessen und zu sehen, ob er mit zunehmender Energie abnimmt. Da in den nächsten Jahren Energien bis 46 GeV möglich sind, kann man hoffen, darüber eine Antwort zu erhalten.

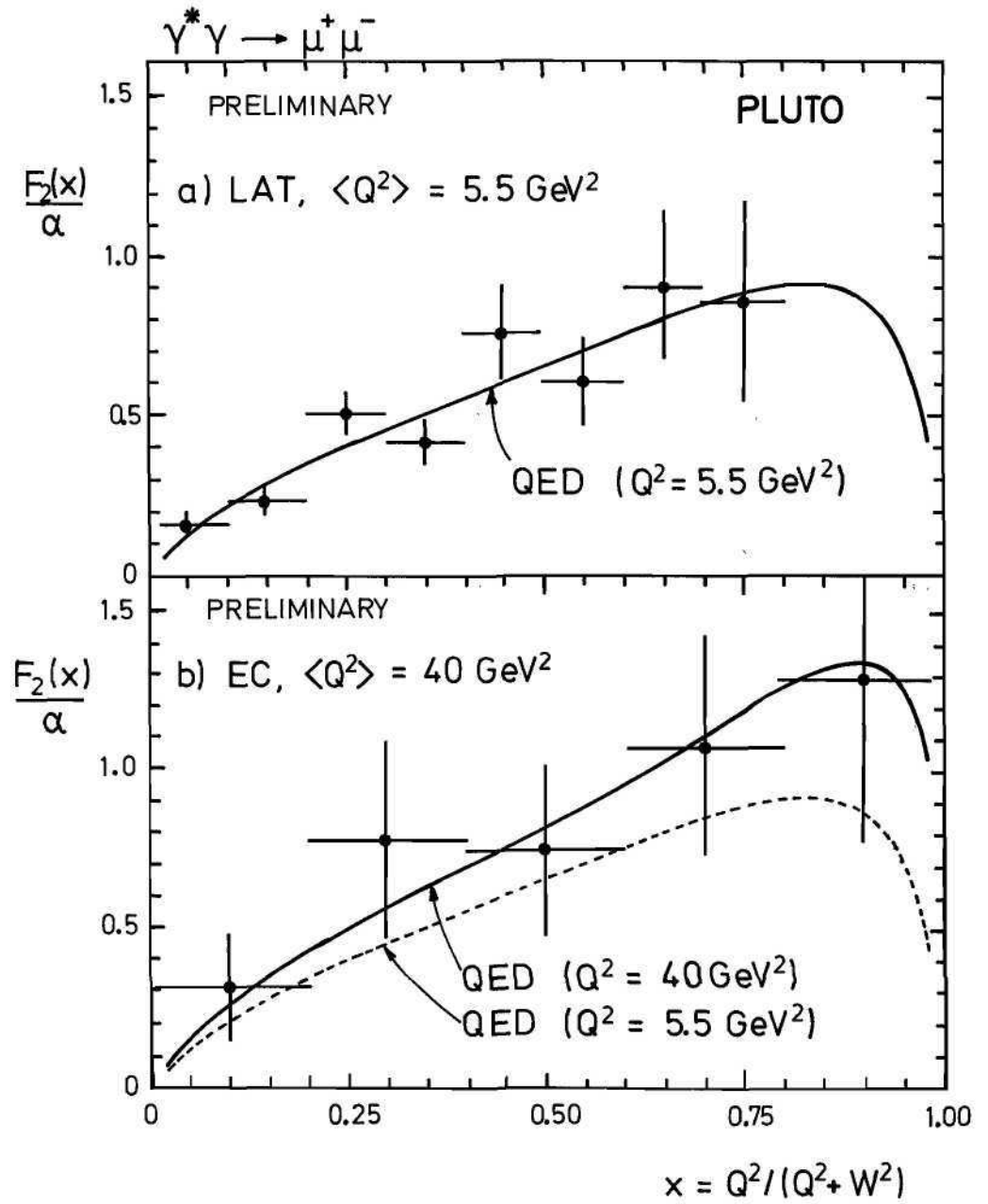


Abb. 4.1: Photon-Strukturfunktion $F_2(x)/\alpha$ für $\gamma^* \gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-$ bei $\langle Q^2 \rangle = 5.5 \text{ GeV}^2$ (LAT getaggt) und bei 40 GeV^2 (EC getaggt).

PLUTO-Kollaboration

Beteiligte Institute: RWTH Aachen, Univ. Bergen, DESY, Univ. Glasgow, Univ. Hamburg, Maryland Univ., Univ. Siegen, Univ. Tel Aviv, Univ. Wuppertal.

Physikalische Ergebnisse

Im Jahre 1983 konzentrierte sich die Arbeit der PLUTO-Kollaboration auf die Auswertung der Daten, die in der Experimentierphase 1981/82 genommen wurden. Dabei stand die Analyse der $\gamma\gamma$ -Wechselwirkungen im Mittelpunkt. Im PLUTO-Experiment ist ein großer Bereich von Q^2 , dem Massenquadrat der virtuellen Photonen, zugänglich. Bei ungetagten Photonen (γ) beträgt $\langle Q^2 \rangle \approx 0.008$, bei getagten (γ^*) erstreckt es sich von 0.1 bis 110 GeV^2 .

Überblick

Es wurde an der Analyse der folgenden Reaktionen gearbeitet:

– QED-Prozesse

$$\gamma^*\gamma \rightarrow \mu^+\mu^- \quad (1)$$

– Exklusive hadronische Prozesse

$$\gamma\gamma \rightarrow h^+h^- \quad (2)$$

$$\gamma\gamma \text{ und } \gamma^*\gamma \rightarrow \eta' \quad (3)$$

$$\gamma\gamma \text{ und } \gamma^*\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^- \quad (4)$$

– Inklusive hadronische Prozesse

$$\gamma\gamma, \gamma^*\gamma \text{ und } \gamma^*\gamma^* \rightarrow \text{Hadronen} \quad (5)$$

mit dem Ziel der Messung des totalen hadronischen Wirkungsquerschnitts σ_{tot} , der Photon-Strukturfunktion F_2 und der Untersuchung der topologischen Eigenschaften des hadronischen Endzustandes, insbesondere der Jeterzeugung.

Als Tagger wurden die Schauerzähler bei kleinen Winkeln („SAT“, $1.5^\circ < \Theta < 4.0^\circ$), bei mittleren Winkeln („LAT“, $5.0^\circ < \Theta < 15^\circ$) und bei großen Winkeln („EC“, $20^\circ < \Theta < 39^\circ$) verwendet. Im LAT- und EC-Bereich wurde zusätzlich die Spur des getagten Elektrons im Vorwärtsspektrometer beziehungsweise im Innendetektor gemessen. LAT- und EC-Zähler liefern einen inklusiven Schauerenergie-Trigger, unabhängig von den topologischen Eigenschaften der Ereignisse.

Lediglich zur Abtrennung von Untergrund waren in den verschiedenen Kanälen Schnitte erforderlich.

Die Reaktion $\gamma^*\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$ wurde im Hinblick auf die Messung der Reaktion (5) mit der QED-Vorhersage verglichen. Man kann diese Reaktionen in Analogie zur inelastischen ep-Streuung auch als inelastische e γ -Streuung ansehen. Abb. 4.1 zeigt, daß die gemessene

QED-Prozesse

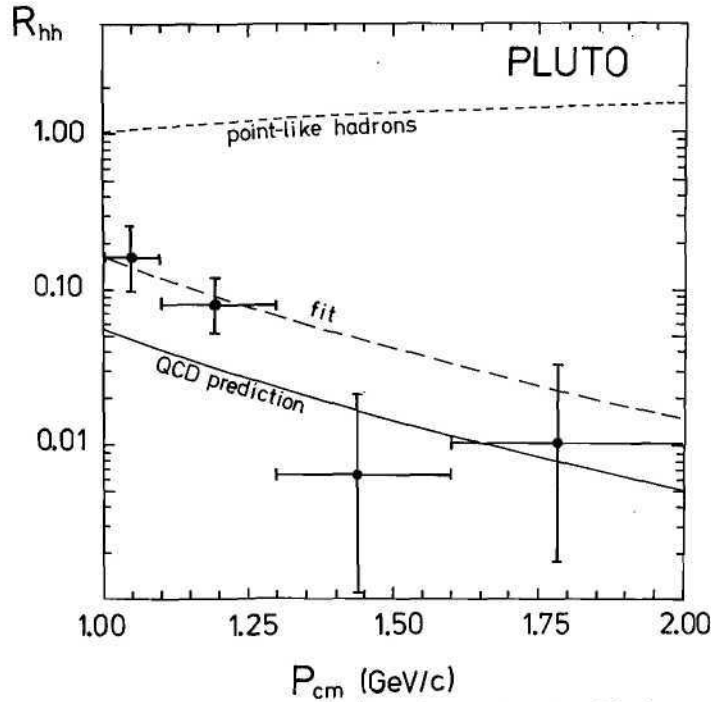


Abb. 4.2: Die Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow h^+h^-$ mit ungetaggtten Photonen. Gezeigt ist das Verhältnis der Ereignisse $R_{hh} = (\gamma\gamma \rightarrow h^+h^-)/(\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-)$ gemittelt über die Detektorakzeptanz. Die Kurve „fit“ ist proportional zur QCD-Vorhersage.

$$\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$$

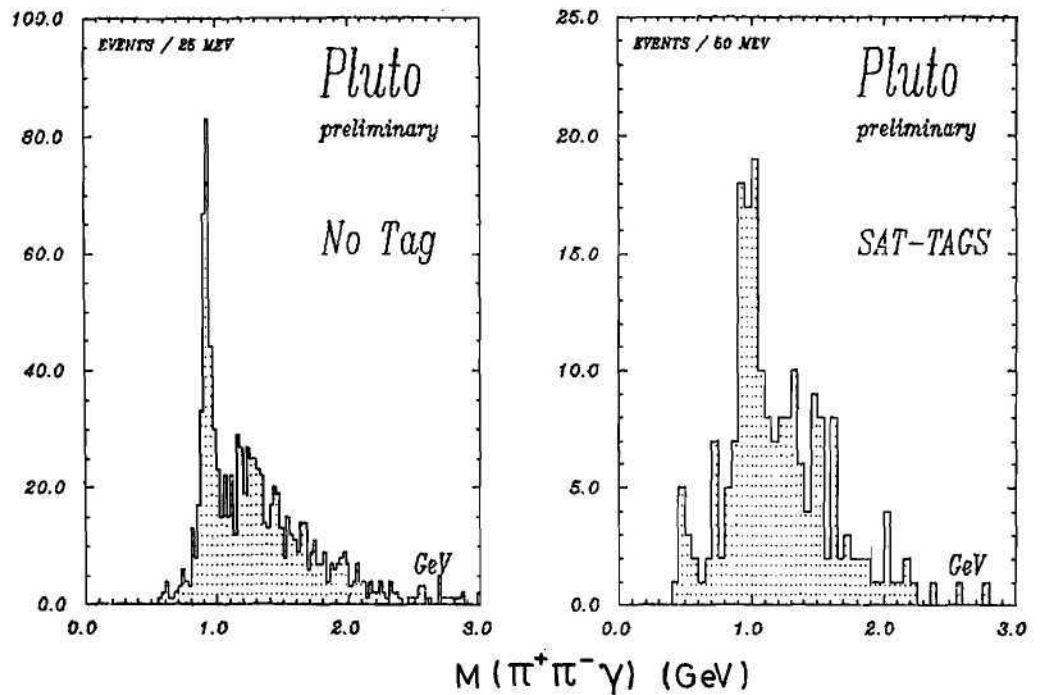


Abb. 4.3: Invariante Masse des $(\pi^+\pi^-\gamma)$ -Systems aus der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$ mit dem klaren η' -Signal.

leptonische Strukturfunktion F_2 als Funktion von x mit der theoretischen Vorhersage gut übereinstimmt. Hierbei ist $x = Q^2/(Q^2 + W^2)$ die Bjorken-Skaling-Variable, und W ist die Masse des $\mu^+\mu^-$ -Systems. Man sieht in Abb. 4.1b deutlich am Anwachsen von $F_2(x)$ mit Q^2 , wie das Sondenphoton (γ^*) bei wachsendem Q^2 mit zunehmender Auflösung in das Targetphoton (γ) eindringt und dort mit zusätzlichen (virtuellen) $\mu^+\mu^-$ -Paaren mit kurzen Relativabständen in Wechselwirkung tritt. Der Wirkungsquerschnitt hängt neben der (4. Potenz der) elektrischen Myonladung ab von dem Verhältnis Q^2/M_μ^2 . Die beobachtete Q^2 -Entwicklung von F_2 ist im Einklang mit der Masse M_μ als „Skalenparameter“.

Die Auswertung der exklusiven hadronischen Reaktionen (2) und (3) wurde im Berichtsjahr abgeschlossen, während die Arbeiten an der 4π -Erzeugung noch andauern. Die Untersuchung der Reaktionen $\gamma\gamma \rightarrow h^+h^-$, wobei h für Hadron (π , K , p) steht, war nur möglich für kinematische Bedingungen, unter denen Hadronen von Myonen und Elektronen getrennt werden konnten, das heißt für Laborimpulse von mehr als 2.0 GeV/c, und für Winkelbereiche mit Schauerzähler- und μ -Kammerüberdeckung ($|\cos\Theta_L| < 0.6$ GeV). In einer Gesamtmenge von 2000 $\gamma\gamma \rightarrow 2\text{prong}$ Ereignissen wurden 14.9 ± 4.0 eindeutige $\gamma\gamma \rightarrow h^+h^-$ Ereignisse isoliert. Die Ergebnisse sind in Abb. 4.2 gezeigt als das Verhältnis R_{hh} der Ereignisraten

*Exklusive
Hadronerzeugung*

$$R_{hh} = \frac{\gamma^*\gamma \rightarrow h^+h^-}{\gamma^*\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-}$$

bei gleichen Relativimpulsen der Hadronen beziehungsweise Myonen in ihrem Schwerpunkssystem und gemittelt über den gleichen Bereich der Erzeugungswinkel.

Diese Messung erlaubt es, einen theoretischen Ansatz von Brodsky und Lepage zur Berechnung der $\gamma\gamma \rightarrow hh$ Amplitude zu überprüfen. In diesem Ansatz wird eine „harte“ γ -Parton Streuamplitude (in 1. Ordnung QCD) mit der Parton-Verteilungsfunktion in Mesonen gefaltet, die aus dem Pion-Formfaktor abgeleitet wird. Es ist wohl überraschend, daß bei schon so niedrigen Impulsen ($P_{CM} \sim 1.5$ GeV) die QCD-Vorhersage so nahe bei den Daten liegt.

Der zweite exklusive hadronische Prozeß erlaubt die Messung der Strahlungsbreite $\Gamma(\eta' \rightarrow \gamma\gamma)$, sowie der Q^2 -Abhängigkeit des η' -Formfaktors, $F_{\eta'}^2$; ($q_1^2 \approx 0, q_2^2 = Q^2$). Abb. 4.3 zeigt die Verteilung der invarianten Massen W aus der Reaktion $\gamma^*\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$. Der kritische experimentelle Punkt bei dieser Analyse war die Bestimmung der Ansprechwahrscheinlichkeit der Schauerzähler bei niedrigen Schauerenergien im Bereich zwischen 60 und 200 MeV. Diese konnte mit Hilfe von e^+e^- -Paaren aus im Detektor konvertierten Photonen ermittelt werden. Abb. 4.4 zeigt den η' -Formfaktor bei $\langle Q^2 \rangle = 0.008$ GeV² und bis $Q^2 = 1$ GeV². Der erste Wert stammt von ungetagten Ereignissen ($\gamma\gamma \rightarrow \eta'$), die anderen aus getagten ($\gamma^*\gamma \rightarrow \eta'$). Die Q^2 -Abhängigkeit stimmt mit dem ϱ -Pol-Formfaktor überein. Dieses ist die erste Messung der Q^2 -Abhängigkeit eines mesonischen Formfaktors in $\gamma\gamma$ -Wechselwirkungen. Die direkt gemessene Größe ist das Produkt $\Gamma(\eta' \rightarrow \gamma\gamma) \cdot B(\eta' \rightarrow \gamma\varrho^0) = 1.16 \pm 0.08 \pm 0.10$ keV, welche mit dem gegenwärtigen Wert für das Verzweigungsverhältnis $B(\eta' \rightarrow \gamma\varrho^0) = 30 \pm 1.6$ % die Strahlungsbreite

$$\Gamma(\eta' \rightarrow \gamma\gamma) = 3.87 \pm 0.27 \pm 0.40 \text{ keV}$$

ergibt. Dieser Wert ist konsistent, aber etwas niedriger und genauer als bisherige Messungen. Interessant ist, daß er im Widerspruch ist zu der Erwartung, die aus $\Gamma(\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma)$ und $\Gamma(\eta \rightarrow \gamma\gamma)$ mittels einer Flavour-SU(3)-Relation für das 0^{--} -Nonet folgt, wenn man dort die Breite $\Gamma(\eta \rightarrow \gamma\gamma)$ aus Primakoff-Effekt-Messungen einsetzt. Bei Benutzung der Speicherring-Messung von $\Gamma(\eta \rightarrow \gamma\gamma)$ (Crystal Ball) verschwindet der Widerspruch.

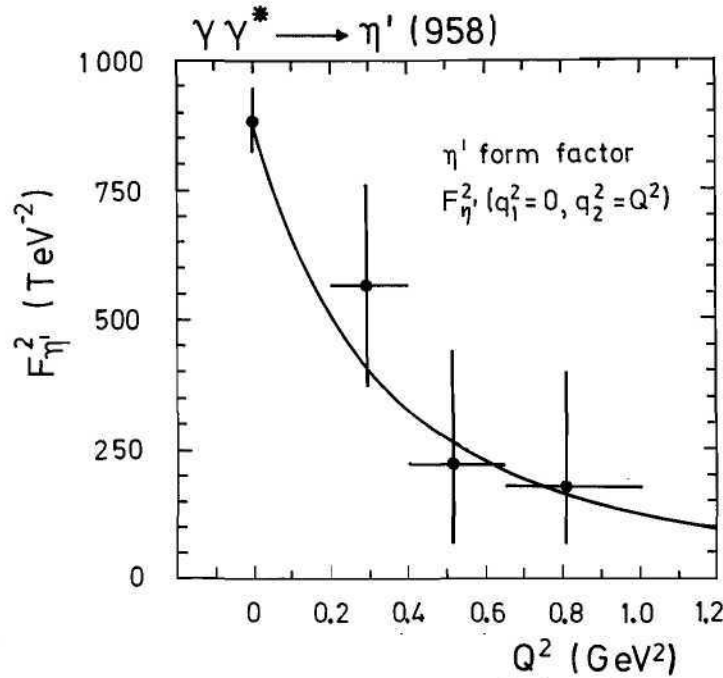


Abb. 4.4: Der Formfaktor des η' -Mesons, $F_{\eta'}^2(q_1^2=0, q_2^2=Q^2)$. Der Punkt bei $Q^2=0$ stammt von ungetagten, die anderen Punkte von SAT getagten Ereignissen.

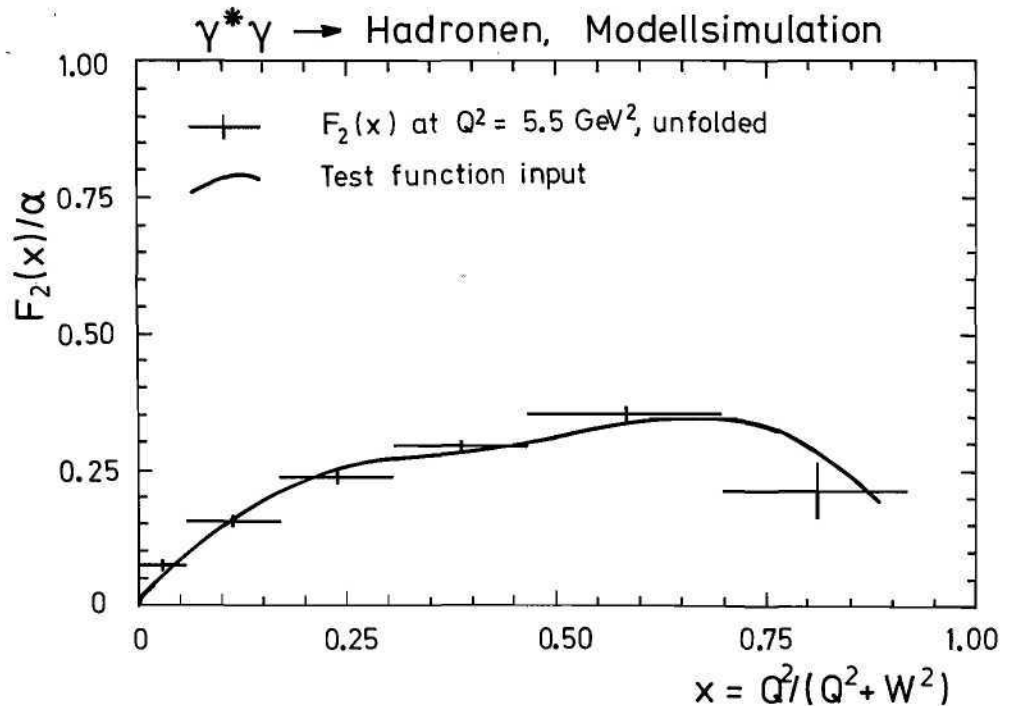


Abb. 4.5: Test des Meß- und Entfaltungsverfahrens für die hadronische Strukturfunktion $F_2(x)$ des Photons. Die Kurve ist die theoretische QPM-Vorhersage (u-, d-Quarks) für $F_2(x)$, die in Gleichung (6) zur Erzeugung von Modellereignissen verwendet wurde. Die „Meßpunkte“ sind das Ergebnis für $F_2(x)$ nach der Meßsimulation und der Entfaltung.

Die Messung der inklusiven Hadronenerzeugung in $\gamma\gamma$ -Kollisionen bietet vielfältige Möglichkeiten, die Doppelnatur des Photons — das heißt seine Eigenschaft, als „Hadron“ (Vektormeson-Dominanz-Modell des Photons, VDM) in Erscheinung zu treten oder als „elementares“ Quant des elektromagnetischen Kraftfeldes zu wirken (die sogenannte punktförmige Kopplung an $q\bar{q}$ -Paare wie in der Reaktion (1)) — näher zu untersuchen. In dieser letzteren Rolle ist das Verhalten des Photons in starken Wechselwirkungen mit Hilfe des sogenannten Quark-Parton-Modells (QPM) und der QED voll berechenbar, und ebenso gibt es Ansätze, das QPM-Bild durch störungstheoretische QCD-Rechnungen zu ersetzen. Dadurch wird es möglich, die QCD in $\gamma\gamma$ -Wechselwirkungen zu prüfen.

*Inklusive
Hadronenerzeugung*

Es ist aus der ep-Streuung, in der ein Sondenphoton mit größerem Q^2 auf ein Nukleontarget trifft, wohl bekannt, daß mit wachsendem Q^2 der „hadronische“ Charakter des Photons an Bedeutung verliert. Dank der experimentellen Fähigkeit des PLUTO-Experiments, Photonen mit sehr verschiedenen Q^2 -Werten zu unterscheiden, ist es möglich, an der Eigenschaftsskala des Sondenphotons zwischen „mehr hadronisch“ und „mehr elementar“ zu drehen. Diese Eigenschaften des (Sonden-)Photons sind bereits in der γp - und ep-Streuung ausgiebig untersucht; das Neue und Interessante in $\gamma^*\gamma$ -Prozessen ist, wie das fast reelle Targetphoton, das hier an die Stelle des Nukleons tritt, sich dem Sondenphoton präsentiert: als $q\bar{q}$ -Zustand wie in einem virtuellen Vektormeson, also als hadronischer oder „confinement“-Zustand, in dem die Quarks Relativ-Impulse von nur wenigen Hundert MeV/c haben, oder aber als ein $q\bar{q}$ -Paar, das nach den Regeln der QED virtuell aus dem Targetphoton entsteht und erheblich größere Relativimpulse aufweisen kann.

In der Reaktion $\gamma^*\gamma \rightarrow \text{Hadronen}$ betrachtet man in gewisser Weise mittels des Sondenphotons γ^* die Quarkimpulsverteilung im Targetphoton, da eins der beiden „Targetquarks“ das Sondenphoton absorbiert. Die (relative) Impulsverteilung $q(x)$ der Quarks (x = Anteil des Quarks q am Gesamtimpuls) im Targetphoton ist mit der Photonstrukturfunktion $F_2(x)$ verknüpft durch die Beziehung

$$F_2(x) = x \cdot q(x)$$

Die Strukturfunktion $F_2(x, Q^2)$ ist im QPM, und in der QCD für leichte Quarks (u, d, s) in „leading log“- und „next to leading log“-Näherung berechnet worden. Die Messung der Strukturfunktion $F_2(x, Q^2)$ nahm einen großen Teil der Auswerteaktivitäten in Anspruch. Sie ist möglich über die Beziehung

$$d\sigma_{e\gamma \rightarrow e\text{Had}} = (16\pi\alpha^2) (EE_\gamma/Q^2) \{ (1-y) F_2(x, Q^2) + xy^2 F_1(x, Q^2) \} dx dy \quad (6)$$

Die hauptsächliche Arbeit lag in der Bestimmung der Variablen x . Über die Relation $x = Q^2/(Q^2 + W^2)$ ist diese zwar im Prinzip meßbar, aber aufgrund beschränkter Akzeptanz und endlicher Meßgenauigkeit ist das gemessene W — genannt W_{vis} — gegenüber dem wahren W verschmiert und meist zu kleineren Werten verschoben. Um auf das wahre W beziehungsweise x zurückzuschließen, war eine Entfaltung der Akzeptanz- und Meßfehler erforderlich, die nur bei einem sehr genauen Verständnis der Detektoreigenschaften und der wahren Ereignistopologie möglich ist. Die Entwicklung eines Modells für die wahre Ereignistopologie und einer mathematischen Entfaltungsprozedur erstreckte sich bis zum Ende des Berichtsjahres. Die Wirkung des gesamten Entfaltungsverfahrens wird in Abb. 4.5 an Modellergebnissen demonstriert.

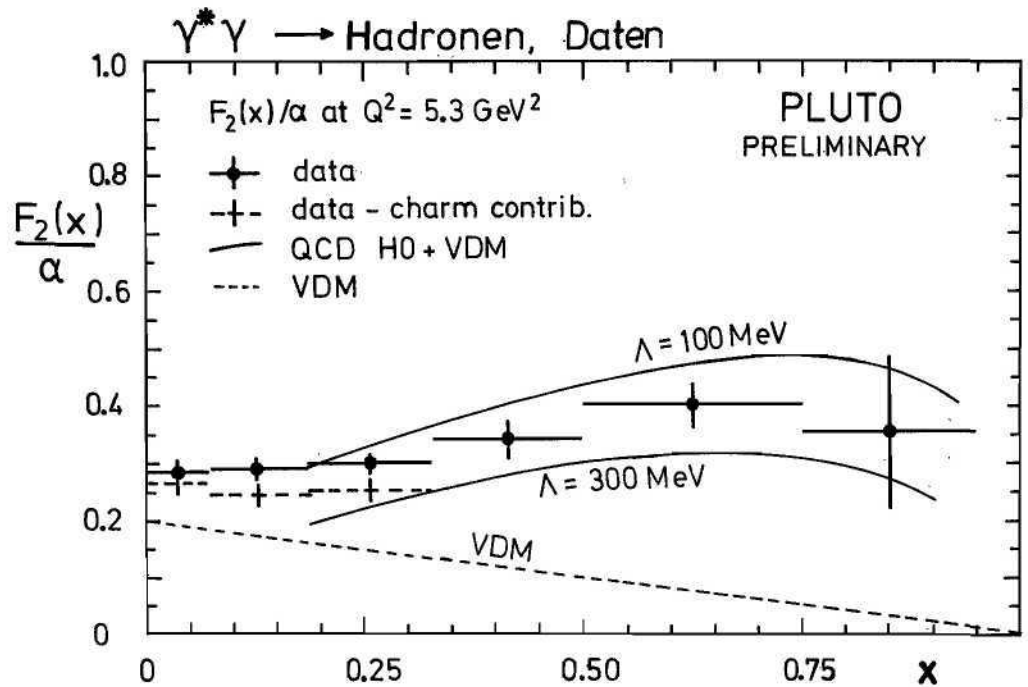


Abb. 4.6: Die entfaltete Strukturfunktion $F_2(x)$ für $\gamma^* \gamma \rightarrow \text{Hadronen}$, gemessen im Bereich $1.5 < Q^2 < 16 \text{ GeV}^2$ und interpoliert auf $Q^2 = 5.3 \text{ GeV}^2$. Die gestrichelte Kurve ist die erwartete hadronische Komponente des Photons ($0.2(1-x)$), und die durchgezogenen Kurven sind die Vorhersagen in höherer Ordnung QCD (QCD H0) nach Bardeen und Buras.

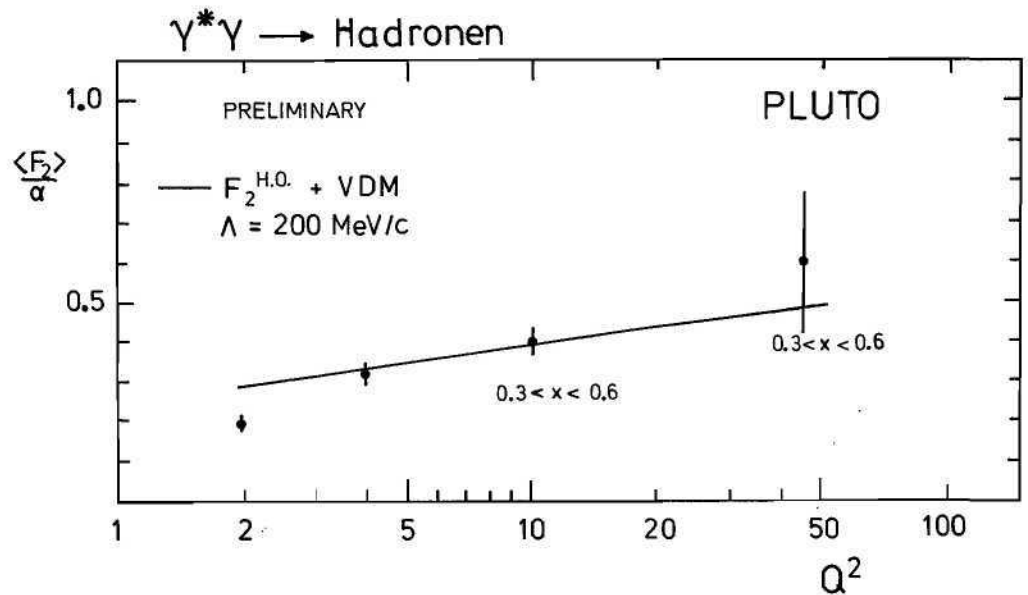


Abb. 4.7: Q^2 -Entwicklung der Photonstrukturfunktion $F_2(x)$, gemittelt über den Bereich $0.3 < x < 0.6$. Der nach dem QPM erwartete Charm-Beitrag ist abgezogen.

Die Kurve gibt den Verlauf der Strukturfunktion $F_2(x)$ an, die bei der Erzeugung der Modellereignisse verwendet wurde, welche dann durch eine Simulation des Meß- und Auswerteverfahrens geschickt wurden. Die „Meßpunkte“ sind das Ergebnis der Entfaltung der simulierten Messung. Sie bestätigen, daß die ursprüngliche Strukturfunktion wiedergefunden wird. In Abb. 4.6 ist die aus den Daten des Q^2 -Bereiches zwischen 1.5 und 18 GeV^2 gefundene Strukturfunktion zu sehen. Sie ist interpoliert auf den Q^2 -Wert von 5.3 GeV^2 angegeben. Abb. 4.7 zeigt, wie sich der Mittelwert von $F_2(x)$, gebildet im Bereich $x > 0.3$ und $x < 0.8$, als Funktion von Q^2 entwickelt. Hierbei ist der auf die schweren c-Quarks entfallende Beitrag mittels einer Berechnung durch das QPM abgezogen. Die beiden in Abb. 4.6 und 4.7 gezeigten Kurven sind eine entsprechende Summe aus QCD-Rechnungen in höherer Ordnung für u-, d-, s-Quarks, mit $\Lambda_{\overline{\text{MS}}}$ -Werten von 100 und 300 MeV, aus einer „hadronischen“ Komponente, abgeschätzt nach dem VDM, und aus einer QPM-Rechnung für c-Quarks. Die gemessene Strukturfunktion $F_2(x, Q^2)$ liegt im gesamten x- und Q^2 -Bereich zwischen den Vorhersagen für die beiden genannten $\Lambda_{\overline{\text{MS}}}$ -Werte. Im Rahmen dieses theoretischen Ansatzes – der allerdings nicht unumstritten ist – ist eine vergleichsweise genaue Bestimmung des QCD-Skalenparameters Λ möglich. Eine $F_2(x)$ -Berechnung nach dem QPM anstelle der QCD für die u-, d-, s-Quarks ist mit den Daten ebenfalls im Einklang. Es ist aber klar, daß zur Beschreibung der Daten der Beitrag des elementaren Photons zum Targetquark-Impulsspektrum beziehungsweise zu $F_2(x)$ nicht nur erforderlich ist, sondern daß dieser mit wachsendem Q^2 des Sondenphotons die Strukturfunktion deutlich dominiert.

Auch die Messung des totalen Wirkungsquerschnitts $\sigma_{\gamma^*\gamma}(W, Q^2)$, dessen Mittelwert für $W_{\text{vis}} > 3.5 \text{ GeV}$ über einen großen Q^2 -Bereich in Abb. 4.8 gezeigt wird, bestätigt dieses Ergebnis. Für Q^2 zwischen ca. 15 und 100 GeV^2 sind die gemessenen Wirkungsquerschnitte nur wenig größer als die Erwartung nach dem QPM allein, wenn man dort für die u-, d-, s- und c-Quarks die Massen $m = 0.3, 0.3, 0.5$ und 1.6 GeV einsetzt. Am unteren Ende der Q^2 -Skala jedoch, zwischen 0.1 und 1.0 GeV^2 , stimmt der totale Wirkungsquerschnitt praktisch mit der

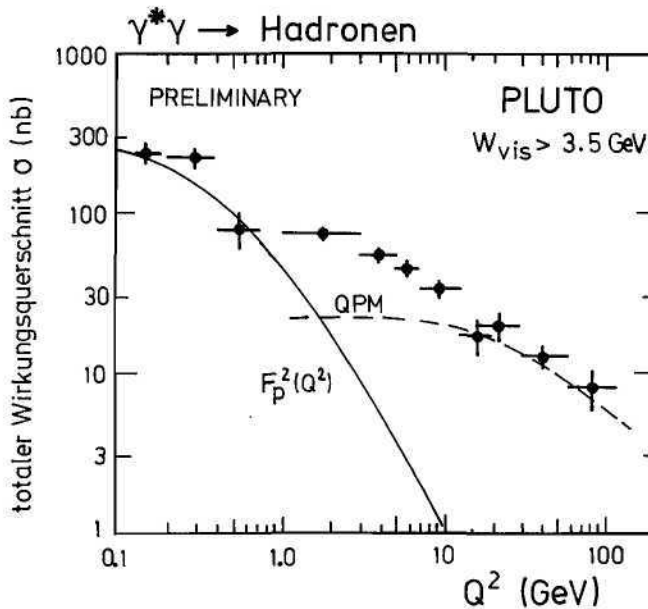


Abb. 4.8: Der totale Wirkungsquerschnitt $\sigma(\gamma^*\gamma \rightarrow \text{Hadronen})$ im Bereich $0.1 < Q^2 < 100 \text{ GeV}^2$. Die durchgezogene Kurve ist die Extrapolation von $\sigma(\gamma\gamma \rightarrow \text{Hadronen}) = 240 + 270 \text{ GeV}/W$ mit dem Q -Formfaktor, die gestrichelte ist die Vorhersage des QPM für u-, d-, s- und c-Quarks.

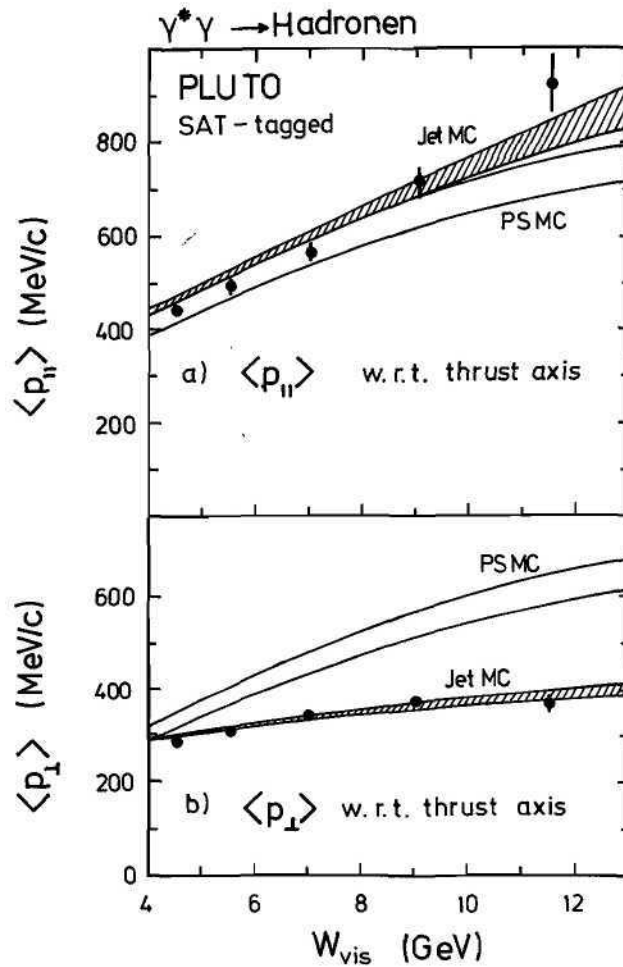


Abb. 4.9: Evidenz für 2-Jet-Ereignistopologie in $\gamma^*\gamma \rightarrow \text{Hadronen}$. Gezeigt werden die Mittelwerte der Impulskomponenten der einzelnen Teilchen, (a) parallel und (b) senkrecht zur Thrustachse, gemessen im Schwerpunkssystem der Hadronen des Ereignisses. Zum Vergleich die Erwartungen für isotropes Phasenraum- (PS MC) und Jetmodell (Jet MC).

Erwartung für $VV \rightarrow \text{Hadronen}$ überein, wobei V für den Vektormesonanteil des Photons steht. Offensichtlich versagt dieses rein hadronische Bild des Photons, wenn man im Sondenphoton die Q^2 -Abhängigkeit der Vektormesonkomponente mit dem q -Pol beschreibt, für Q^2 -Werte oberhalb 1 GeV^2 .

Die Frage nach dem Beitrag der verschiedenen physikalischen Erscheinungsformen des Photons zur Hadronerzeugung in $\gamma\gamma$ -Kollisionen wurde weitergehend untersucht an den Jeteigenschaften des hadronischen Endzustandes. Bei der Absorption des Sondenphotons γ^* durch eines der beiden Targetphoton-Quarks werden deren Transversalimpulse in bezug auf die $\gamma^*\gamma$ -Richtung nicht verändert — das heißt diese Transversalimpulse findet man in den Jets wieder. Insofern kann die Jettopologie unterscheiden zwischen Beiträgen von „weichen“ Hadron-Hadron-Kollisionen ($\gamma\gamma = VV \rightarrow h$) — nämlich „Hadron“-Jets in Vorwärtsrichtung —,

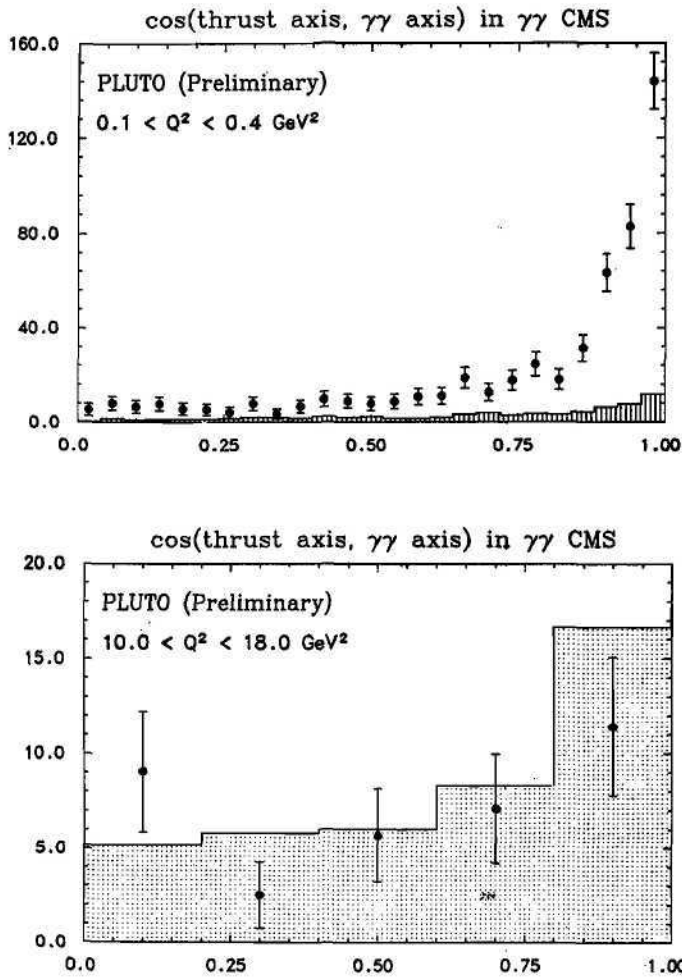


Abb. 4.10: Winkelverteilung der Thrustachse bezüglich der $\gamma^*\gamma$ -Richtung im hadronischen Schwerpunktsystem. Das Histogramm ist die Erwartung für den Beitrag nach dem Quark-Parton-Modell.

beziehungsweise von γ^*V -Prozessen – diesmal „Quark“-Jets mit Transversalimpulsen im Bereich der Fermibewegung von Quarks im (Target-)Vektormeson –, oder von $\gamma^*\gamma$ -Streuung im QPM mit Quark-Jets bei Transversalimpulsen von mehreren GeV/c.

In diesem Sinne wurden die Daten zunächst daraufhin untersucht, ob überhaupt Jets erzeugt werden. Abb. 4.9 zeigt hierzu, wie sich $\langle p_T \rangle$ und $\langle p_L \rangle$ der geladenen Spuren relativ zur Thrustachse mit der (beobachteten) Schwerpunktsenergie W_{vis} entwickeln. Während $\langle p_L \rangle$ etwa proportional zu W_{vis} anwächst und größer wird als bei simulierten Phasenraumereignissen (PS MC), bleibt $\langle p_T \rangle$ offensichtlich begrenzt und ist signifikant kleiner als beim Phasenraummodell – ein typisches Merkmal von Jeterzeugung. Der Prozeß $\gamma\gamma \rightarrow \text{Hadronen}$ verläuft offensichtlich vorwiegend über 2-Jet-Ereignisse. Über den zugrundeliegenden Jet-Erzeugungsmechanismus gibt die Erzeugungswinkelverteilung der Thrustachse im $\gamma^*\gamma$ -Schwerpunktsystem – hier angenähert durch das Schwerpunktsystem der beobachteten Hadronen – erste Hinweise (Abb. 4.10). Bei kleinem Q^2 finden wir eine dominierende

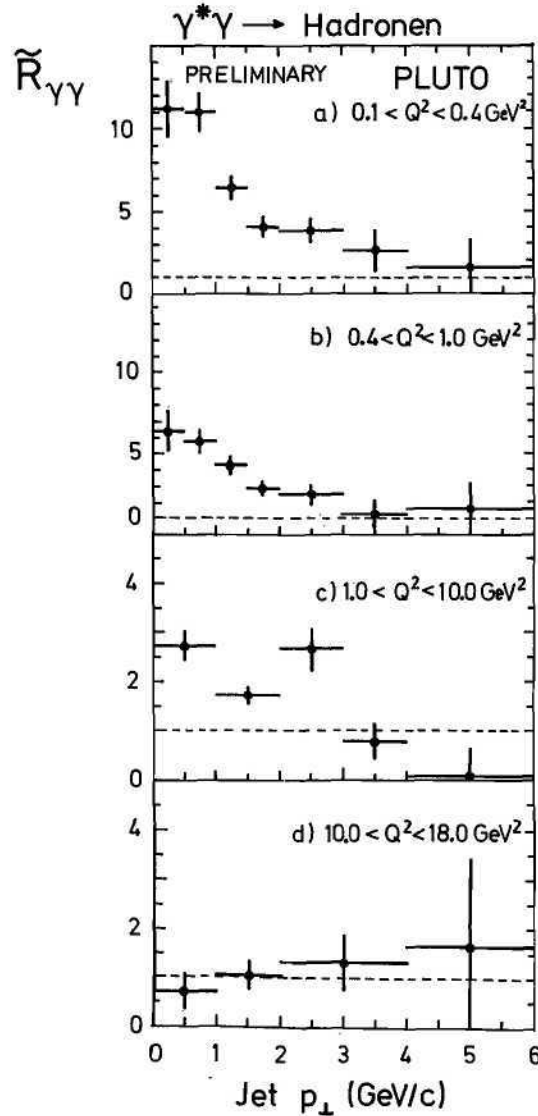


Abb. 4.11: Verteilung der transversalen Jetimpulse in Bezug auf die $\gamma^*\gamma$ -Richtung im hadronischen Schwerpunktsystem. $\tilde{R}_{\gamma\gamma}(p_{\perp} \text{ Jet})$ ist das Verhältnis der experimentell beobachteten Anzahl zur Erwartung aufgrund einer Monte-Carlo-Simulation des QPM.

Vorwärtserzeugung, die aber, wenn man sie im Vergleich zur Rate bei größeren Winkeln ($\cos \Theta < 0.9$) sieht, mit wachsendem Q^2 an Bedeutung verliert. Der Q^2 -Abfall der Vorwärtskomponente ist verträglich mit dem GVD-M-Formfaktor. In Abb. 4.11 ist die Verteilung der Jet-Transversalimpulse $p_{\perp}(\text{Jet})$ als relatives Vielfaches zu der Erwartung des QPM für das Targetphoton gezeigt. Für $p_{\perp, \text{J}} \geq 3 \text{ GeV}/c$ beobachtet man die im Quark-Parton-Bild erwartete Ereignisrate über den gesamten Q^2 -Bereich. Bei kleineren $p_{\perp, \text{J}}$ werden jedoch wesentlich mehr Ereignisse gefunden. Zur weiteren Analyse der Ereignisse wurde deren Thrustverteilung ge-

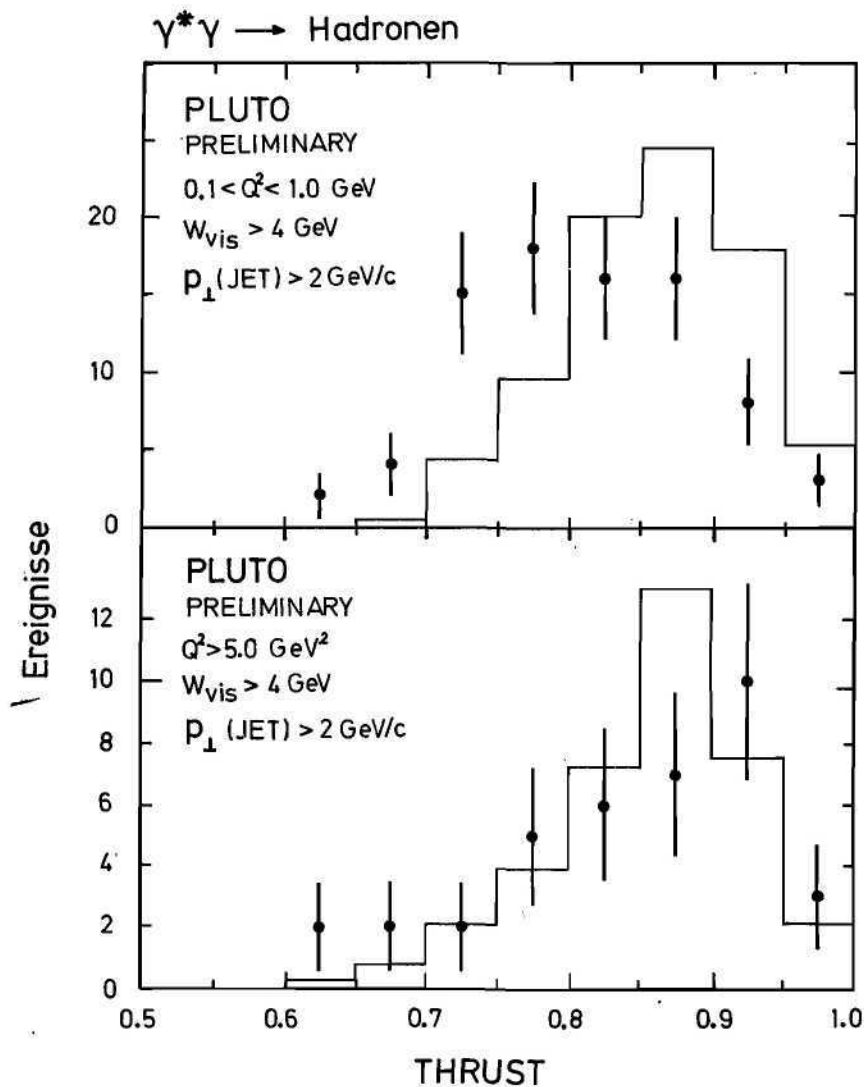


Abb. 4.12: Thrustverteilung von Ereignissen, deren 2-Jet-Konfiguration einen Transversalimpuls relativ zur $\gamma^* \gamma$ -Richtung von $p_{\perp}(\text{JET}) > 2 \text{ GeV}/c$ hat, (a) bei kleinen und (b) bei großen Q^2 -Werten. Das Histogramm ist die Erwartung im 2-Jet-Modell, normiert auf die Zahl der Ereignisse.

messen. In Abb. 4.12 sind die Daten aufgespalten in verschiedene Q^2 -Bereiche, und der engere Vorwärtsbereich ist getrennt von größeren Erzeugungswinkeln. Diese Verteilungen zeigen im gesamten Q^2 -Bereich und in allen Jet $p_{\perp}$ -Werten den Verlauf, wie er für Quark-Jet-Ereignisse erwartet wird, bis auf eine Ausnahme: Bei kleinen Q^2 -Werten ($\lesssim 1.0 \text{ GeV}^2$) und $p_{\perp} > 2 \text{ GeV}/c$ zeigen die Ereignisse eine Thrustverteilung, die klar von der bei den vorliegenden W -Werten des hadronischen Systems erwarteten 2-Jet-Struktur abweicht (Abb. 4.12). Sie stimmt dagegen mit der Phasenraumverteilung überein. Eine überzeugende Deutung dieser Abweichung ist bisher noch nicht gegeben.

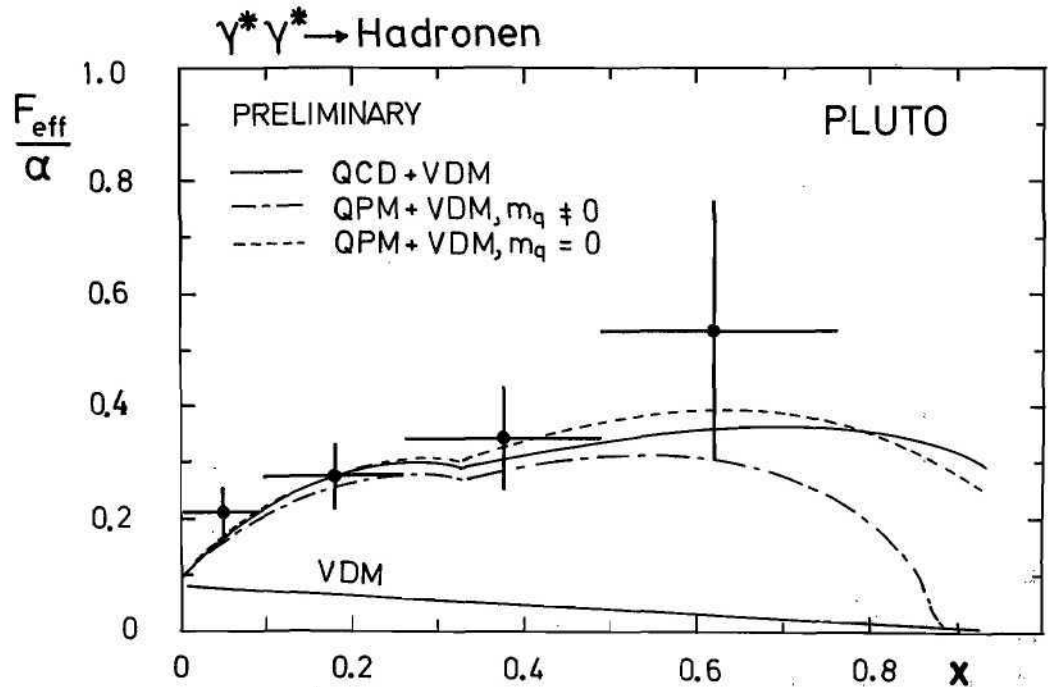


Abb. 4.13: Die „effektive“ Strukturfunktion $F_{\text{eff}}(x)$ eines virtuellen Targetphotons ($\langle P^2 \rangle = 0.35 \text{ GeV}^2$) aus „Doppel-Tag“-Ereignissen. Zum Vergleich die Vorhersagen des QPM (mit m_q = Konstituenten Quarkmasse und mit $m_q = 0$), sowie einer QCD-Rechnung, addiert zu einem VDM-Beitrag.

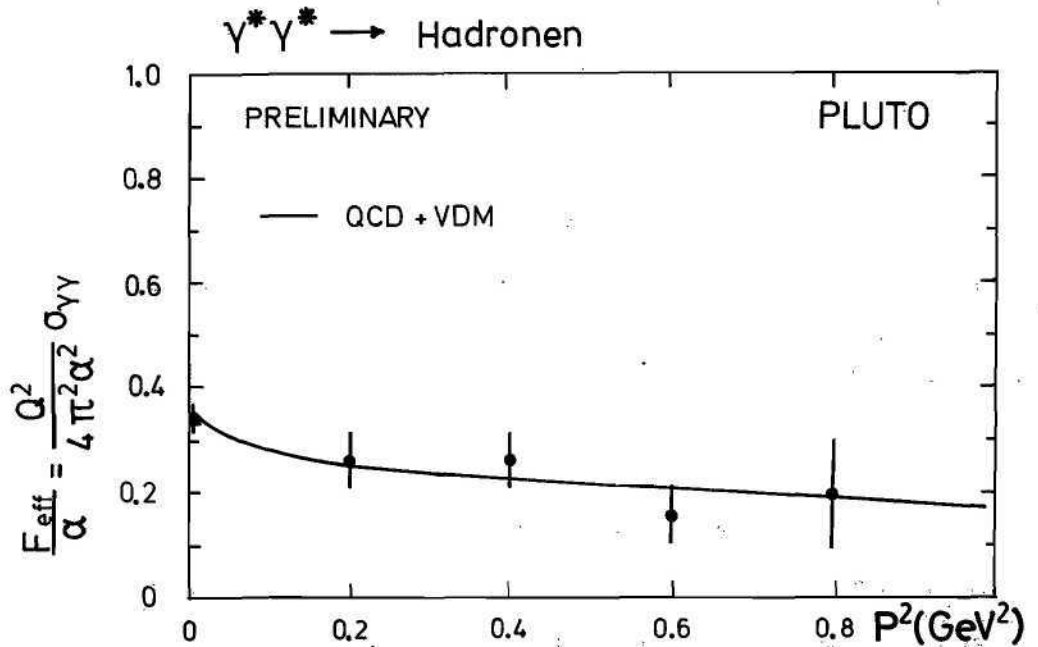


Abb. 4.14: Die über x gemittelte Strukturfunktion $\langle F_{\text{eff}} \rangle$ aus Abb. 4.13 als Funktion der Masse (P^2) des Targetphotons. Die Kurve ist VDM + QPM.

Im PLUTO-Experiment wurden erstmals sogenannte „Doppel-Tag“-Ereignisse, also $\gamma^*\gamma^* \rightarrow \text{Hadronen}$, gemessen, wobei ein Photon im LAT (Sondenphoton, Q^2) und das andere im SAT (Targetphoton, p^2) getaggt wurden. 74 solcher Ereignisse wurden gefunden, mit einer mittleren quadratischen Targetmasse von $\langle P^2 \rangle = 0.4 \text{ GeV}^2$ und mit $\langle Q^2 \rangle = 5.0 \text{ GeV}^2$. Wenn die Targetmasse zunehmend virtuell wird, erwartet man, daß die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines virtuellen Vektormesons im Targetphoton abnimmt wie der q -Pol-Formfaktor, während die punktförmige Kopplung einen Beitrag $\sim (\ln Q^2 - \ln P^2)$ zur Strukturfunktion beisteuert. Für $P^2 \gg \Lambda^2$ werden die QCD-Rechnungen für den punktförmigen Anteil frei von Divergenzen, aber auch unabhängig von Λ . Ebenso verschwindet die Quarkmassenabhängigkeit aus dem QPM für $P^2 \gg m_q^2$. Es bleibt nur noch die Abhängigkeit von den Quarkladungen übrig, und deshalb wird hier eine direkte Messung der (4. Potenz der) Quarkladungen möglich. Das QPM mit ganzzahligen statt drittelzahligen Quarkladungen würde für den W-Bereich der PLUTO-Daten die Strukturfunktion um den Faktor 3 vergrößern. In Abb. 4.13 ist die Größe $F_{\text{eff}}(x)/\alpha = \sigma_{\gamma\gamma}(W, Q^2) (Q^2/4\pi^2\alpha^2)$ gezeigt, zusammen mit der QPM- und QCD-Rechnung, und $F_{\text{eff}}(Q^2)/\alpha$ gemittelt über x in Abb. 4.14. In guter Näherung ist hier $F_{\text{eff}} = F_2 + \frac{3}{2} F_L$. Drittelzahlige Quarkladungen zusammen mit Quarkmassen im Bereich der Konstituentenmassen oder gar mit den Massen $m_q = 0$ geben gute Übereinstimmung mit den Daten. Ganzzahlige Quarkladungen aber sind unverträglich mit diesen Daten.

Test einer neuen zylindrischen Driftkammer

Im Berichtsjahr wurden Testmessungen an der neuen zylindrischen Driftkammer des PLUTO-Detektors ausgewertet. Ziel der Analysen war die Ermittlung der Ortsauflösungen σ_{rp} (transversal zur Achse) und σ_z (längs der Achse), sowie die damit erreichbare Impulsauflösung. Die Testmessungen wurden mit Höhenstrahlung durchgeführt, und zwar außerhalb des Detektors ohne Magnetfeld und nach dem Einbau in den Detektor bei einem Magnetfeld von $B = 1.3 \text{ Tesla}$.

Die Driftkammer hat zylindrische Form, mit einer Länge von 970 mm und den Radien $r_i = 130 \text{ mm}$, $r_a = 570 \text{ mm}$. Das Volumen enthält 2176 Signaldrähte, die parallel zur Achse in 11 zylindrischen Lagen gespannt sind. Dazwischen sind 10 Lagen mit insgesamt 1968 Signaldrähten angeordnet, die abwechselnd um etwa $\pm 6^\circ$ zur Achse gespannt sind. Jeder Signaldraht ist von sechs hexagonal angeordneten Potentialdrähten umgeben, gegen die der Signaldraht auf elektrischem Potential von etwa 1.5 kV liegt. Die Kammer ist mit einer Gas Mischung aus Argon, Propan und Methylal im Verhältnis 90:8.5:1.5 gefüllt. Von den beim Durchgang eines Elementarteilchens durch eine hexagonale Zelle längs der Spur gebildeten Ionenpaaren driften die Elektronen mit einer Geschwindigkeit $v_D \approx 40 \mu\text{m/nsec}$ zum Signaldraht. Durch Messung der Driftzeiten t_D , mit einer Genauigkeit $\Delta t_D \approx 0.5 \text{ nsec}$, wird der Durchgangsort in jeder Zelle bestimmt. Aus den so gemessenen Durchgangsorten pro Zelle wird die Spur des Teilchens im Computer rekonstruiert. Dabei liefert das System der achsenparallelen Zellen die Projektion der Spur in $r, \varphi(x, y)$, während in den Schräglagen die Längskoordinaten (z) der Durchgänge dieser Spur gemessen werden. Abb. 4.15 zeigt ein Bild des fertig verdrahteten Detektors, in dem die Lichtreflexe das System der 11 parallelen und der 10 um $\pm 6^\circ$ geneigten Ebenen erkennen läßt. Der Druck auf die Endflächen durch die mechanische Spannung der 20 720 Drähte beträgt 2.6 t. Er wird außen durch 24 nichtmagnetische Stahlstäbe aufgenommen, innen durch ein Kohlefaserrohr von 10^{-2} Strahlungslängen (Wanddicke $d = 2.3 \text{ mm}$).

*Ortsauflösung
ohne Magnetfeld*

Die Messung außerhalb des Detektors beschränkte sich auf die Bestimmung der Ortsauflösung der Paralleldrähte. Ohne Magnetfeld ($B = 0$) verlaufen die Spuren der durchgehenden Höhenstrahlen gerade. Es sind vorwiegend Myonen. Beim Durchgang werden 20 Zellen gesetzt, das heißt es werden Pulssignale registriert, die je nach Abstand vom Signaldraht frü-

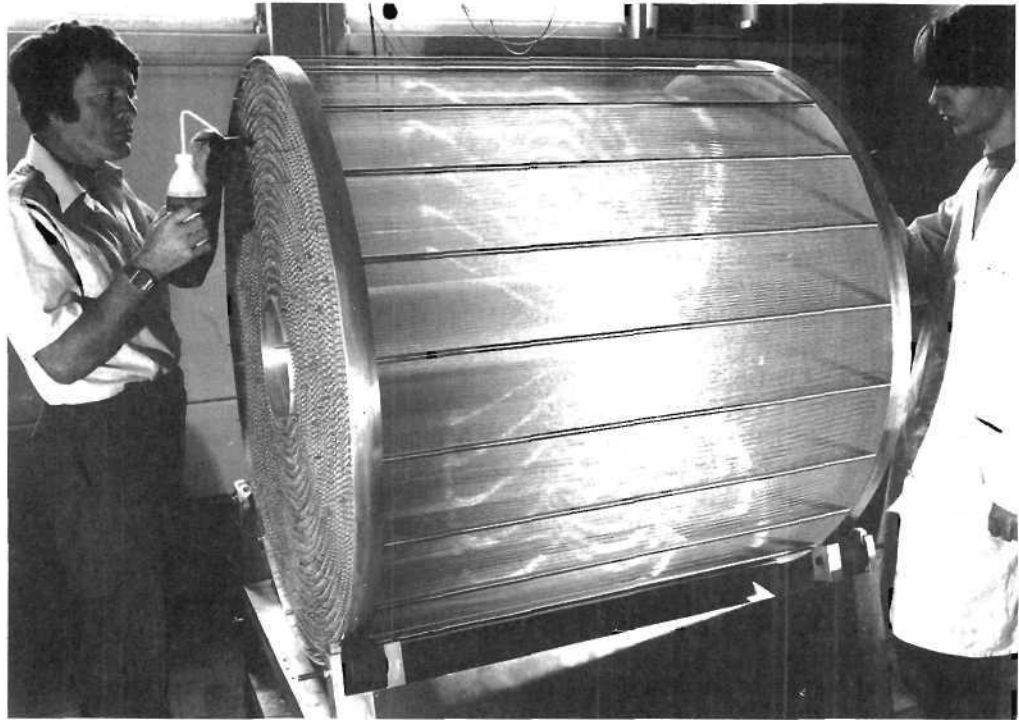


Abb. 4.15: Die neue zylindrische Driftkammer nach der Verdrahtung.

her oder später ankommen. Der genaue Ort des Durchgangs wird durch die Drahtposition und dem aus Driftzeit t_D und Driftgeschwindigkeit v_D ermittelten Abstand d vom Signaldraht ermittelt. Durch diese Orte wird eine beste Gerade gelegt. Die Verteilung der Restfehler zeigt Abb. 4.16. Ihre Breite $2\sigma_{rf}$ ist ein Maß für die mittlere Ortsgenauigkeit: $\sigma_{rf} = 150 \mu\text{m}$. Abb. 4.17 zeigt diese Größe, wie sie bei verschiedenen Abständen in der Zelle vom Signaldraht gemessen wurde. Die gestrichelten Kurven sind Berechnungen der unterschiedlichen Einflüsse. Nahe am Draht überwiegt die Primärstatistik — etwa 30 Ionenpaare pro cm werden gebildet — weit ab vom Draht wächst die Diffusion der driftenden Elektronen. Die Summe (ausgezogene Kurve) beschreibt die Meßpunkte gut. Die höchste Auflösung — $\sigma_{rf} = 130 \mu\text{m}$ — wird bei Spuren gemessen, die etwa 2 mm am Signaldraht vorbeifliegen.

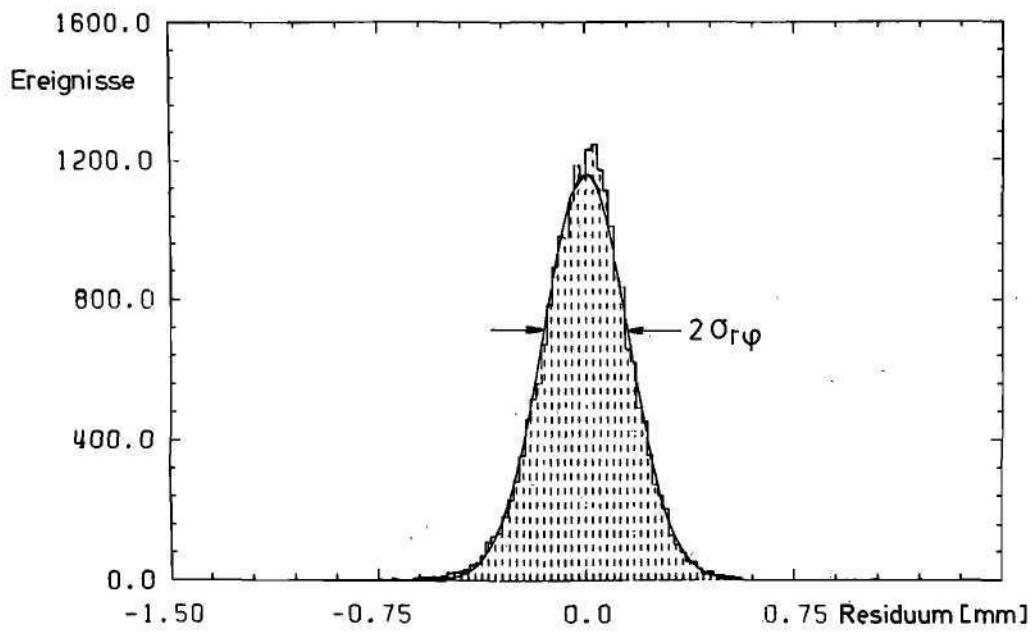


Abb. 4.16: Verteilung der Ortsfehler.

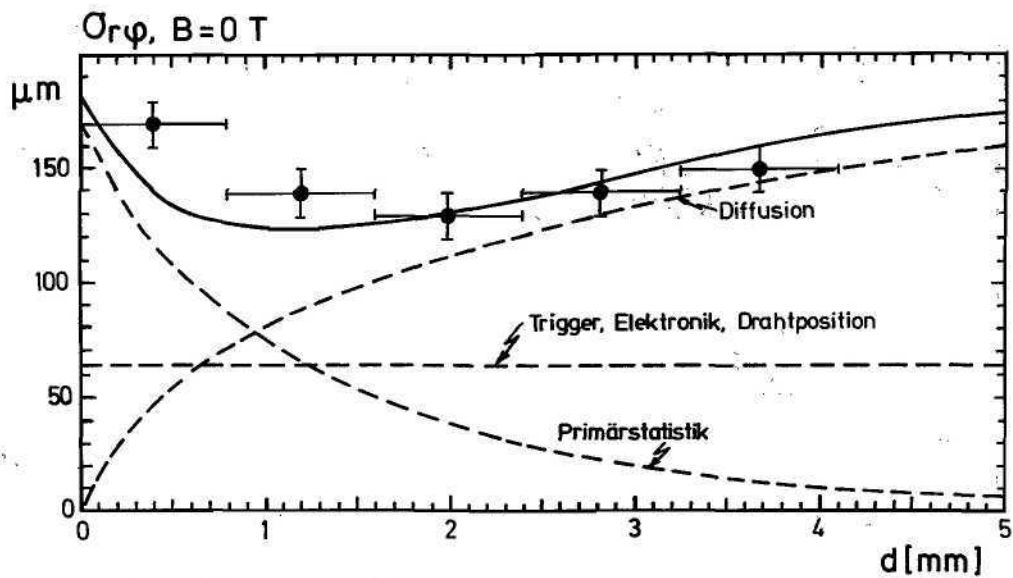


Abb. 4.17: Ortsauflösung gegen Spurabstand d vom Draht.

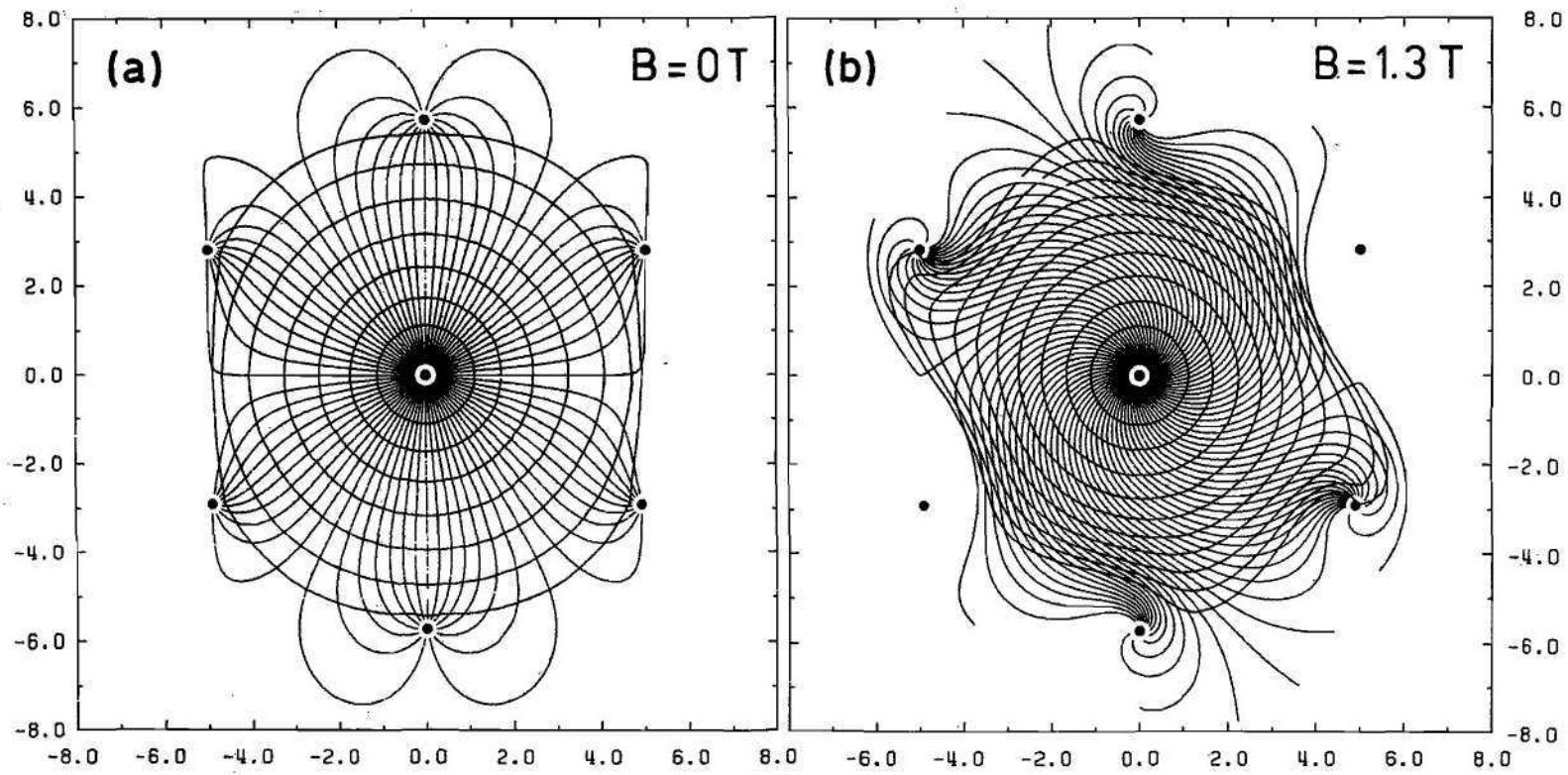


Abb. 4.18: Zellenquerschnitt mit Driftwegen und Isochronen.

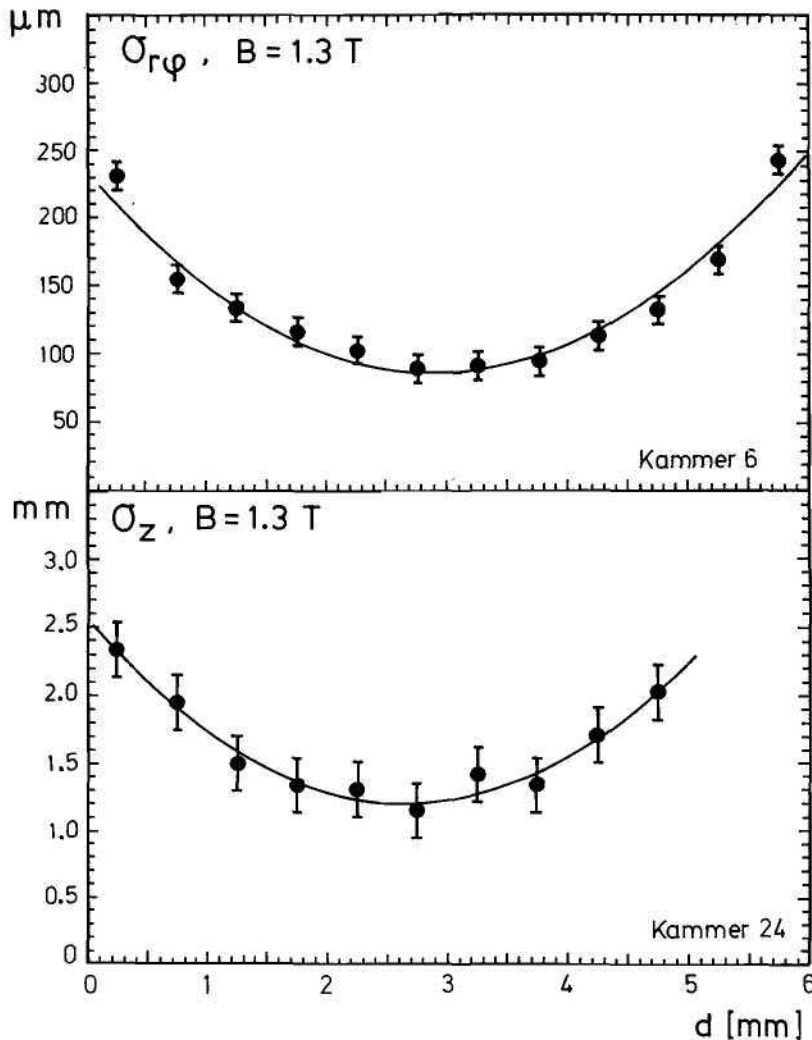


Abb. 4.19: Ortsauflösung $\sigma_{r\varphi}$ und σ_z .

Nachdem die Driftkammer in den Detektor eingebaut war, wurde die Ortsauflösung erneut bei dem starken Magnetfeld von $B = 1.3 \text{ T}$ (supraleitende Spule) untersucht. Damit kann nun auch die Impulsauflösung gemessen werden. Der wesentliche Unterschied gegenüber $B = 0$ besteht darin, daß die Driftwege der Elektronen vom Entstehungsort zum Signaldraht länger werden. Abb. 4.18 zeigt diese Driftwege im hexagonalen Zellenquerschnitt. Ohne Magnetfeld (Abb. 4.18a) laufen sie fast über die ganze Zelle konzentrisch auf den Signaldraht in der Mitte zu. In Abb. 4.18b steht das Magnetfeld senkrecht auf der Zeichenebene, sein Einfluß krümmt die Driftbahnen erheblich und verlängert dadurch die Driftwege und -zeiten. Man erkennt das auch an den in Schritten von 20 nsec eingezeichneten Isochronen-Kurven gleicher Driftzeit. In Abb. 4.19 sind die gemessenen Ortsauflösungen für zwei Kammerlagen gezeigt. 3 mm vom Signaldraht entfernt erhält man die besten Genauigkeiten von $\sigma_{r\varphi} = 90 \mu\text{m}$, $\sigma_z = 1.4 \text{ mm}$. Beide sind durch die Beziehung $\sigma_z \approx \sigma_{r\varphi} \sqrt{2}/\text{tg}6^\circ$ miteinander verknüpft. Im Mittel über alle Kammerlängen erhält man die Ortsauflösungen $\bar{\sigma}_{r\varphi} = 154 \mu\text{m}$ und $\bar{\sigma}_z = 1.80 \text{ mm}$. Das Magnetfeld

Ortsauflösung
mit Magnetfeld

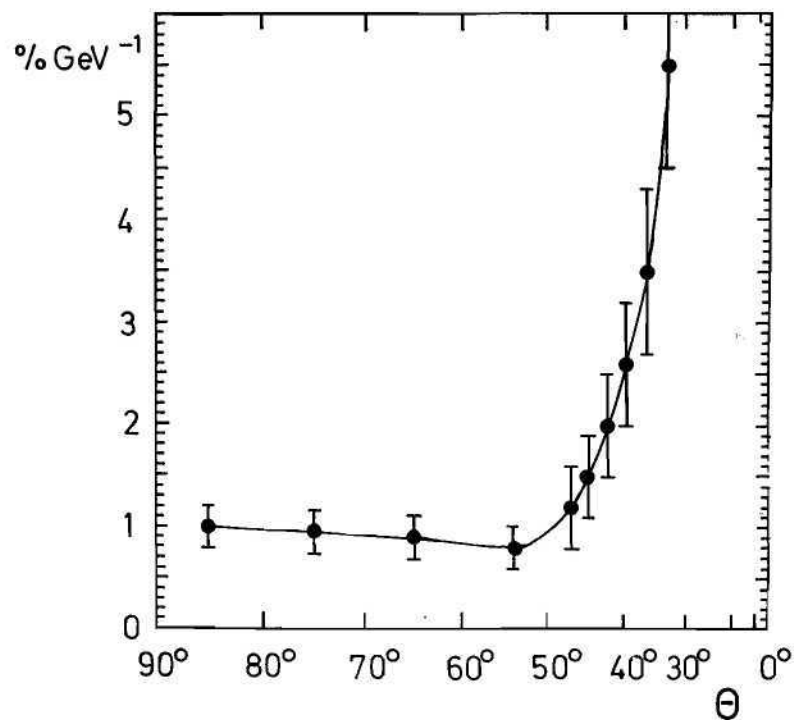


Abb. 4.20: Impulsauflösung σ_p/p^2 gegen Θ , p in GeV/c gemessen.

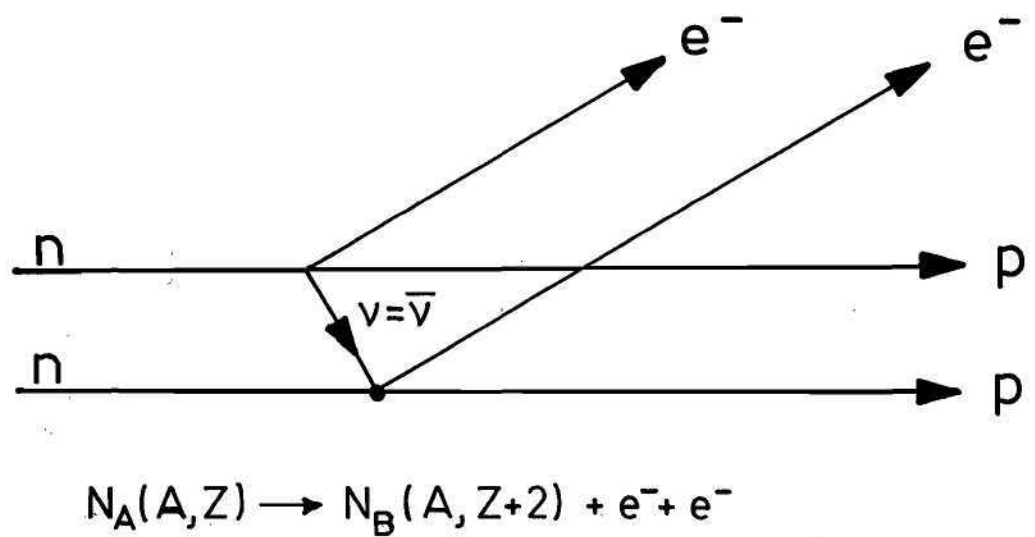


Abb. 4.21: Doppelter neutrinoloser Betazerfall zweier Neutronen eines Korns $N_A(A, Z)$.

gestattet den Impuls der Teilchen zu messen, die begrenzte Ortsgenauigkeit bestimmt den Fehler $\Delta p/p^2$ dieser Messung. Diese Größe ist in Abb. 4.20 als Funktion des Winkels Θ der Spur zur Kammerachse aufgetragen. Im Bereich $\Theta = 90^\circ$ bis 50° ist $\Delta p/p^2 = 1\%$ (p in GeV/c) und steigt bis $\Theta = 35^\circ$ auf 5 % an, weil mit kleineren Winkeln immer weniger Ebenen zur Spurmessung beitragen.

Anschließend an die Testmessungen mit Höhenstrahlung wurden mit der Driftkammer Vorversuche unternommen mit dem Ziel, sie für eine Messung des doppelten, neutrinolosen Betazerfalls ($\text{null } \nu, \beta\beta$) einzusetzen. An dem Experiment sind Mitarbeiter vom DESY, den Universitäten Heidelberg, Maryland (USA), Wuppertal, Siegen und das MPI Heidelberg beteiligt. Ein solcher Zerfall ist gekennzeichnet durch die Emission zweier Elektronen aus einem geeigneten Atomkern, deren Spuren in der Kammer vermessen werden. Im Gegensatz zum Spektrum von Elektronen eines erlaubten Doppel-Betazerfalls, wo bis zu einem Maximalwert alle Impulse vorkommen, ergibt die Summe der Impulse des gleichen $\beta\beta$ -Zerfalls ohne Neutrinos eine scharfe Linie am oberen Ende des Spektrums. Der Zerfall ist überaus selten.

*Voruntersuchungen
zum ($\text{null } \nu, \beta\beta$)-
Zerfall*

Die Frage, ob der ($\text{null } \nu, \beta\beta$)-Zerfall in der Natur existiert, berührt fundamentale Prinzipien der Physik, nämlich die Erhaltung der sogenannten Leptonenquantenzahl L , die bei allen bekannten Zerfällen gültig ist. So zerfällt etwa ein freies Neutron ($L = 0$) in ein Proton ($L = 0$), ein Elektron ($L = 1$) und ein Antineutrino ($L = -1$), $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$, so daß die Summe der L vorher und nachher Null ist, das heißt keine Änderung der Leptonenzahl. Den neutrinolosen doppelten Betazerfall aus einem Atomkern kann man sich zum Beispiel wie in Abb. 4.21 vorstellen. An ihm sind zwei Neutronen des Kerns beteiligt. Sie zerfallen, indem das im ersten Prozeß ausgesandte Neutrino den zweiten Prozeß auslöst. Das geht nur, wenn Neutrino und Antineutrino von ihren inneren Eigenschaften her identische Teilchen sind ($\nu = \bar{\nu}$), die sich ausschließlich durch die äußere Quantenzahl der Spinorientierung unterscheiden. Von den inneren Quantenzahlen her identisch mit ihren Antiteilchen sind zum Beispiel das massebehaftete π^0 oder das masselose Photon, für sie gilt die Identität übrigens auch bei den äußeren Quantenzahlen. Das Neutrino wurde bislang als masseloses Teilchen angesehen, dessen Eigendrehimpuls (Spin) eine feste Orientierung gegen seine Flugrichtung einnimmt, die so ausgerichtet ist, daß der Spinvektor eine linksgerichtete Spirale beschreibt. Man bezeichnet es daher als linkshändig. Das Antineutrino dagegen ist ein rechtshändiges Teilchen. Sicher weiß man jedoch nur, daß das Neutrino einen halbzahligen Spin hat.

Die theoretischen Versuche, die bekannten schwachen (Betazerfall), elektromagnetischen und starken Wechselwirkungen zu vereinheitlichen, fordern nun aber den in Frage stehenden Zerfall ($\text{null } \nu, \beta\beta$) mit der winzigen Zerfallsrate von etwa 10^{-22} Zerfällen pro Jahr und Kern. Das hängt damit zusammen, daß in diesen Theorien das Neutrino eine kleine Masse hat — dann könnte es sich zeitweise auch rechtshändig drehen — oder daß die kürzlich bei CERN beobachteten schweren Vektorbosonen W , die Prozesse der schwachen Wechselwirkung vermitteln, nicht — wie bisher angenommen — nur an linkshändige (M_L), sondern auch an rechtshändige (M_R) Ströme koppeln. Im ersten Fall würde man mit der Zerfallsrate ($\text{null } \nu, \beta\beta$) eine (mittlere) Masse des Neutrinos messen (Majorana-Masse), im zweiten Fall das Verhältnis $\eta = (M_L/M_R)^4$, wobei M_L und M_R die respektiven Massen des Vektorbosons bedeuten. Gemessen wurden bisher nur obere Schranken: $m_\nu < 5.6 \text{ eV}$ und $\eta < 3 \cdot 10^{-5}$.

Aus der Reihe von Atomkernen, bei denen der ($\text{null } \nu, \beta\beta$)-Zerfall möglich ist — zum Beispiel $^{34}\text{Se}^{82}$, $^{42}\text{Mo}^{100}$, $^{48}\text{Cd}^{116}$, $^{52}\text{Te}^{130}$ — ist die Untersuchung des Molybdän-Isotops ins Auge gefaßt, das zu 10 % im natürlichen Molybdän enthalten ist. Der Plan ist, etwa 600 Drähte einer mittleren Ebene durch etwa 50 μm dünne und 3 mm breite Streifen dieses Metalls zu ersetzen. Wegen der geringen zu erwartenden Rate wurde zuerst untersucht, wieweit sich der kosmische Strahlungsuntergrund unterdrücken läßt. Dafür wurde eine Meßreihe aufgenommen, in der die den Spurendetektor umgebenden Schauerzähler in Antikoinzidenz geschaltet wurden.

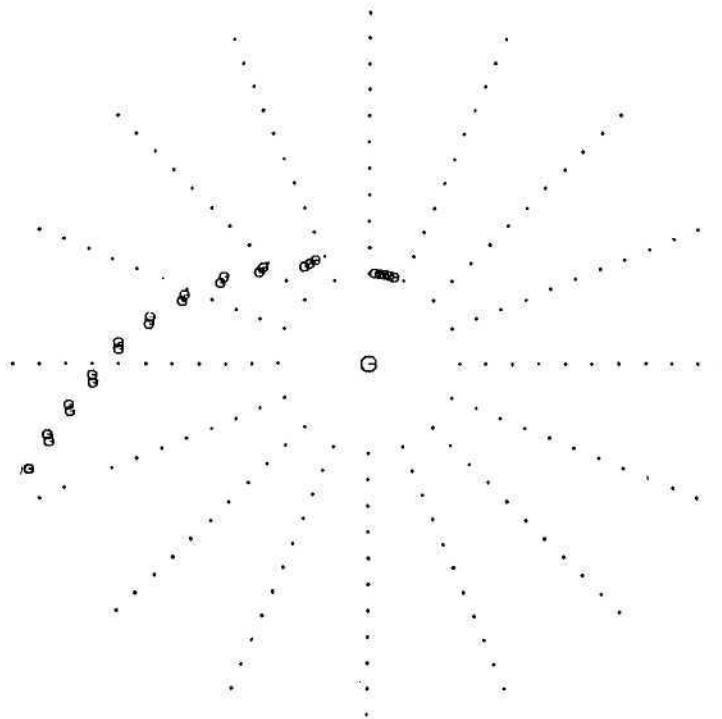


Abb. 4.22: Spur eines Elektrons in der Driftkammer, $p_e = 1.5 \text{ MeV}$, aus der natürlichen Radioaktivität der Umgebung.

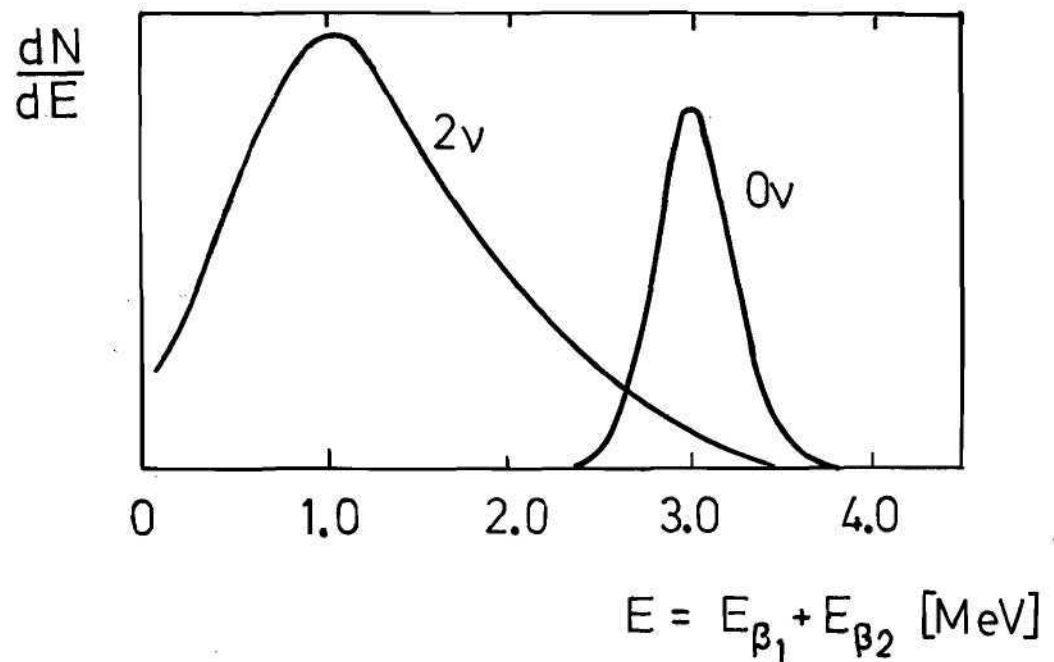
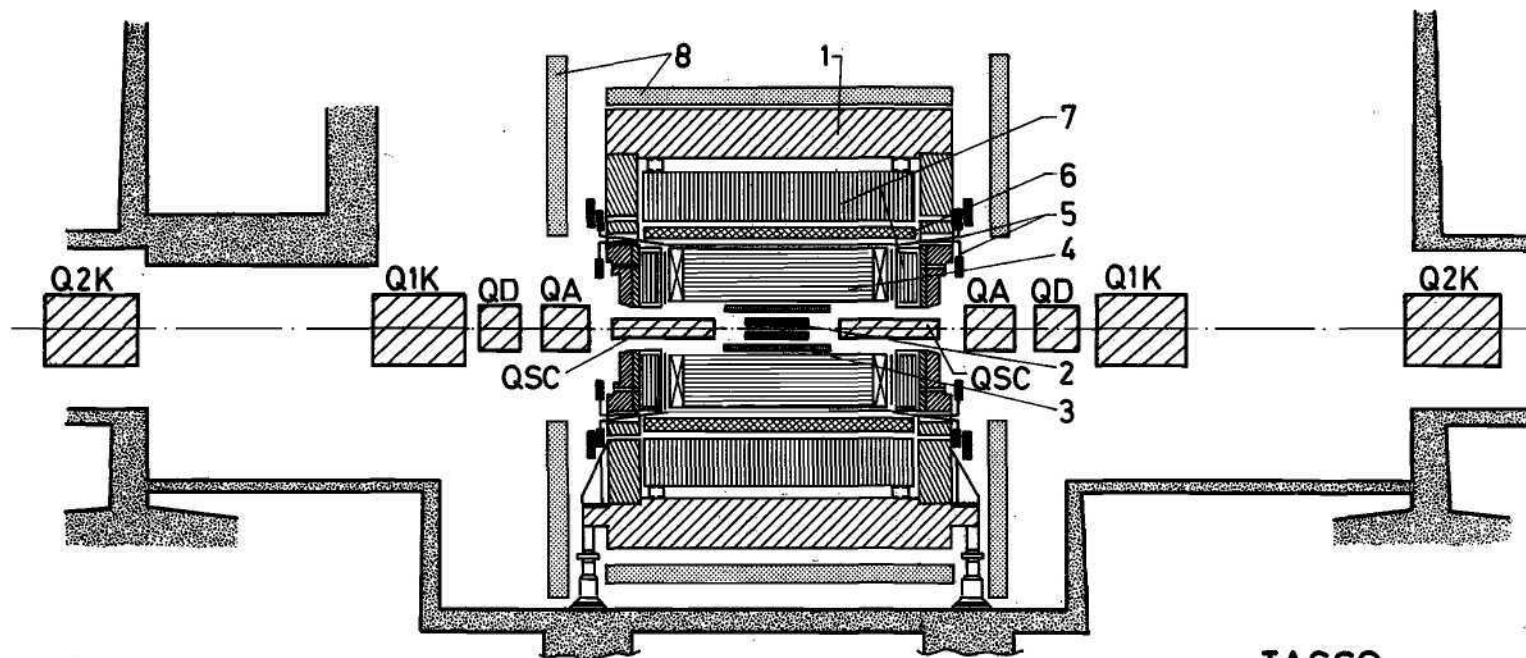


Abb. 4.23: Energiesummenspektrum des neutrino-behafteten (2ν) und neutrino-losen (0ν) doppelten Betazerfalls.

Die Zählrate dieser Ereignisklasse reduzierte sich damit um einen Faktor ~ 100 auf weniger als einen Durchgang pro Sekunde. Trotz der winzigen Rate von Ereignissen der Klasse ($\text{null } \nu, \beta\beta$), die vielleicht bei 10 Zerfällen pro Jahr liegt, entsprechend $3 \cdot 10^{-7}$ pro Sekunde, erscheint die Unterdrückung der Höhenstrahlung ausreichend, da diese Spuren einwandfrei im Detektor identifiziert werden können. Da bei einem kernphysikalischen Experiment die Teilchenimpulse im MeV-Bereich liegen, wird die supraleitende PLUTO-Spule nur mit 7.5 A betrieben (1200 A bei PETRA-Energien), allerdings im normalleitenden Zustand. Das Magnetfeld hat dann nur 0.01 T. Eine weitere Änderung betrifft das Kammerngas der Driftkammer, das zu 90 % aus dem schweren Gas Argon besteht und damit durch Vielfachstreuung der niederenergetischen Spuren eine genaue Impulsmessung verhindern würde. Nach verschiedenen Versuchen wurde eine Mischung Helium-Propan im Verhältnis 93 : 7 gewählt, die eine Driftgeschwindigkeit von $v_d = 15 \mu\text{m/nsec}$ hat.

Abb. 4.22 zeigt ein Beispiel der Spur eines negativ geladenen Teilchens (Elektron) mit dem Impuls $p = 1.5 \text{ MeV/c}$. Viele Spuren dieser Art beweisen, daß die Driftkammer ein hervorragendes Beta-Spektrometer ist. Diese beobachteten niederenergetischen Spuren stammen nicht aus der Höhenstrahlung, sondern sind ein Untergrund, der aus der natürlichen Radioaktivität in den Materialien der Detektorumgebung stammt. Die gegenwärtigen Untersuchungen konzentrieren sich darauf, diese Quellen zu orten und durch ihre Beseitigung oder Abschirmung unschädlich zu machen. Weitere Studien laufen zur Frage der Beimengungen im Molybdän-Material, das für die Herstellung der Streifen verwendet wird. Es muß hochgradig frei sein von Produkten der U^{238} -Zerfallsreihe. Die Anstrengungen richten sich erstens auf die Beschaffung sehr reiner Mo-Proben, und zweitens auf geeignete Reinigungsverfahren. Die angestrebte Reinheit beträgt 10^{-17} Gramm pro Gramm Molybdän.

Durch die vollständige Messung der Zerfallselektronen ist die PLUTO-Driftkammer allen bisherigen Messungen zu der Frage des ($\text{null } \nu, \beta\beta$)-Zerfalls um mehr als eine Größenordnung überlegen. Der gleichzeitig immer auch auftretende „normale“ Zerfall ($2\nu \beta\beta$), dessen Rate um etwa einen Faktor 10^6 größer ist, wird gleichzeitig mitgemessen und erlaubt daher Querprüfungen und Kalibrierungen. Das gemessene Spektrum hat dann etwa die Form von Abb. 4.23.



Cut along beam

- | | |
|------------------------|------------------|
| 1 Magnet yoke | 6 Coil |
| 2 Vertexdetector | 7 LA calorimeter |
| 3 Proportional chamber | 8 Muon chamber |
| 4 Drift chamber | |
| 5 TOF counter | |

TASSO

(Two Arm Spectrometer Solenoid)

Collaborating Institutes :

RWTH Aachen,
Univ. Bonn,
DESY, Univ. Hamburg,
Imp. College London, Oxford Univ.,
Rutherford Appleton Lab.,
Weizmann Inst., Rehovot (Israel),
Univ. of Wisconsin, Madison (USA)

Abb. 5.1: Schnitt durch den TASSO-Detektor.

TASSO-Kollaboration

Beteiligte Institute: RWTH Aachen, Univ. Bonn, DESY, Univ. Hamburg, Imperial Coll. London, Univ. Oxford, Rutherford Appleton Lab. Chilton, Univ. Siegen, Weizmann Inst. Rehovot, Wisconsin Univ.

Überblick

Die Datennahme war im Berichtsjahr ganz auf die Suche nach dem Top-Quark ausgerichtet. Dank der Anstrengungen der PETRA-Maschinengruppe wurden Schwerpunktsenergien bis zu 45.2 GeV erreicht. Die hohe Strahlenergie stellte erhebliche Anforderungen an den Detektor. Zusätzliche Masken im Strahlrohr und der im Herbst 1982 eingebaute Vertexdetektor mit dünner Vakuumkammer ergaben eine merkliche Verbesserung des Untergrunds für hadronische Ereignisse.

Die Datenauswertung lieferte neue Ergebnisse zu einer Reihe von Themen:

- Das $S = -2$ Baryon Ξ^- und das $S = 1$ Charm-Meson F^+ (1975) wurden erstmals bei hohen Energien beobachtet.
- Eine Analyse sämtlicher Bhabha- und Myonpaardaten von TASSO lieferte eine genauere Bestimmung der elektroschwachen Beiträge.
- Es wurde eine ausführliche Untersuchung der Eigenschaften von Jeterzeugung und -fragmentation für Schwerpunktsenergien zwischen 12 und 43 GeV unternommen.
- Aus den Spektren inklusiv erzeugter Myonen wurden die Energieverteilung und das semi-leptonische Verzweigungsverhältnis von b-Quark-Hadronen ermittelt.
- Der Nachweis von D^+ -Mesonen erlaubte zum erstenmal die Fragmentation eines ganz bestimmten Quarktyps, des Charm-Quarks, zu untersuchen und die Kopplungsstärke α_s von Gluonen an c-Quarks zu messen.
- Die Untersuchung von Ereignissen mit hochenergetischen Proton-Antiproton-Paaren zeigte, daß im Fragmentationsprozeß von Quarkpaaren die Baryonzahl lokal erhalten ist.
- Der 2-Photon-Prozeß $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$ wurde mit verbesserter Statistik vermessen. Die Untersuchung von harten $\gamma\gamma$ -Stößen zeigte, daß für quasi-reelle Photonen der Wirkungsquerschnitt um den Faktor 3 bis 4 höher ist, als es nach dem Quarkaaustausch in niedrigster Ordnung zu erwarten wäre.

Physikalische Ergebnisse

Die e^+e^- -Vernichtung ermöglicht einen direkten Test auf die Existenz schwerer Quarks q . Sie führt zum Beispiel zu schmalen Resonanzen im Verhältnis $R = \sigma_{\text{tot}}/\sigma_{\mu\mu}$ des hadronischen Wirkungsquerschnitts zum Myonpaar-Wirkungsquerschnitt ($\sigma_{\mu\mu} = 4\pi\alpha^2/3s$, $s = W^2$). Etwa 2 GeV oberhalb des leichtesten $q\bar{q}$ -Vektorzustands erwartet man das Einsetzen der $q\bar{q}$ -Erzeugung im Kontinuum. Unter Vernachlässigung von Schwellenfaktoren erwartet man einen Anstieg von R um den Betrag $R = 3e_q^2$, wobei e_q die Ladung des Quarks ist. Außerdem sind nahe der Schwelle die $q\bar{q}$ -Ereignisse sphärisch und daher leicht von 2- und 3-Jet-Ereignissen zu unterscheiden.

Top-Quark-Suche

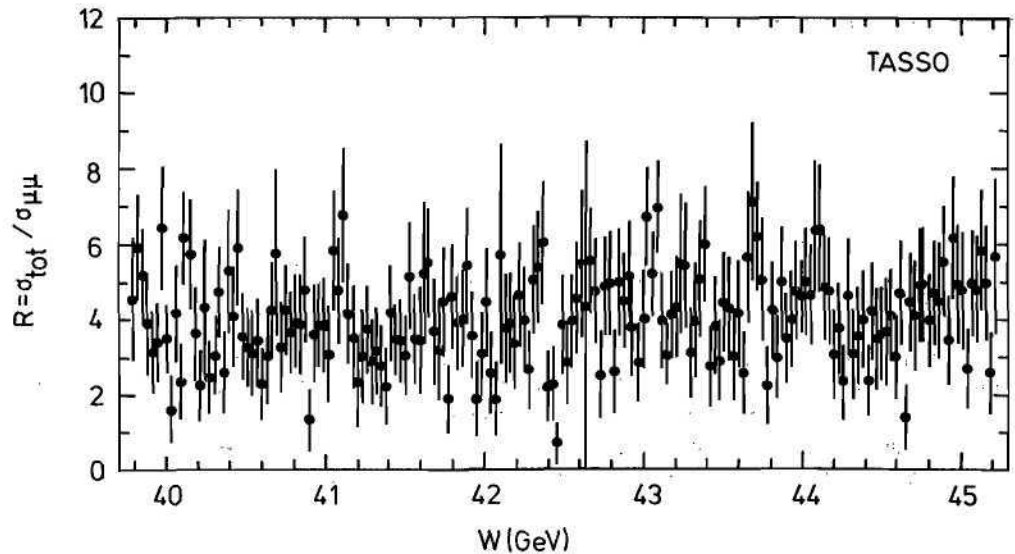


Abb. 5.2: Das Verhältnis $R = \sigma_{\text{tot}}(e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen})/\sigma_{\mu\mu}$ im Bereich von 39.79 bis 45.22 GeV.

Abb. 5.2 zeigt die Messung von R in Schritten von 30 MeV der Schwerpunktsenergie zwischen 39.79 und 45.22 GeV. Es wird keine statistisch signifikante Struktur beobachtet. Der Beitrag eines schmalen ($\Gamma < 10$ MeV) Zustands zum Wirkungsquerschnitt ist mit 95 % Vertrauensgrenze

$$\int \sigma dW < 30.0 \text{ nb MeV}$$

Daraus erhält man als obere Grenze für das Produkt aus leptonischer Breite Γ_{ee} und Verzweigungsverhältnis B_h in Hadronen

$$\Gamma_{ee} \cdot B_h < 2.4 \text{ keV}$$

Das schließt mit 3.1 Standardabweichungen die Erzeugung des leichtesten gebundenen Vektorzustands für Top-Quarks aus, für den $\Gamma_{ee} \approx 5$ keV und $B_h \approx 0.7$ erwartet wird.

Abb. 5.4 zeigt den Verlauf von R im gesamten gemessenen W -Bereich. Es gibt keine Anzeichen für eine Stufe in R zwischen 14 und 45.2 GeV.

Eine untere Grenze W für die $t\bar{t}$ -Schwelle wurde auf folgende Weise erhalten. Es wurde für verschiedene W -Bereiche $W_{th} < W < W_{max}$ betrachtet, wobei W_{th} in Schritten von 0.4 GeV von 39.8 auf 45 GeV anwächst und $W_{max} = 45.2$ GeV ist. Für jeden W -Bereich wurde der mittlere R -Wert, $R(W_{th}, W_{max})$, bestimmt und mit dem R -Wert verglichen, der für den Fall zu erwarten ist, daß W_{th} die Schwelle für $t\bar{t}$ -Erzeugung ist. Abb. 5.3a zeigt, daß mit 95 % Vertrauensgrenze die Schwelle oberhalb 42.4 GeV liegt. Das liefert eine untere Grenze für die Top-Quarkmasse von $m_t = W_{th}/2 = 21.2$ GeV.

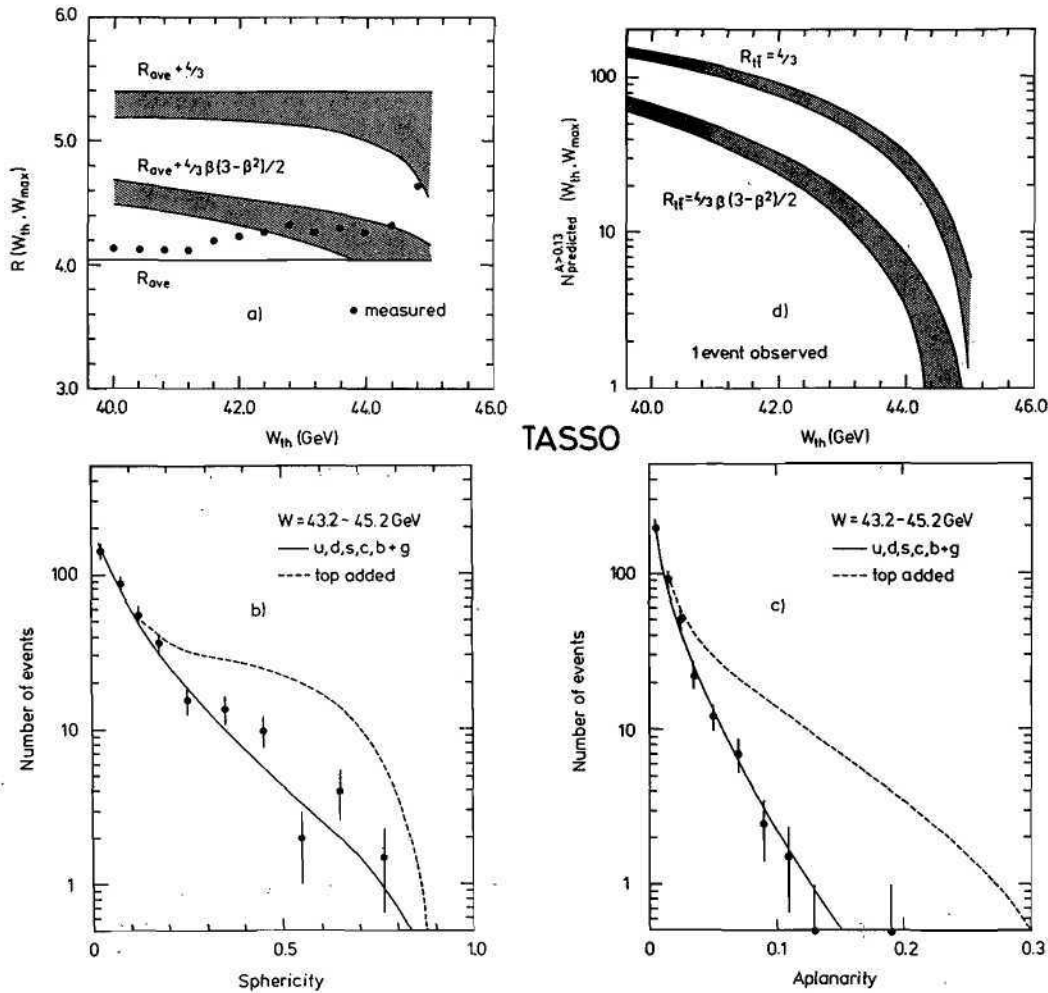


Abb. 5.3: (a) $R = \sigma_{tot}/\sigma_{\mu\mu}$ gemittelt über das Intervall $W_{th} < W < W_{max}$ als Funktion von W . Die Meßpunkte sind ohne Fehler gezeigt. Die schraffierten Bänder zeigen die Vorhersagen für den Fall, daß Top-Quark-Erzeugung beiträgt, wobei das obere (untere) Band ohne (mit) Schwellenfaktor berechnet wurde. Die obere Kurve von jedem Band zeigt die Vorhersage, die untere Kurve zeigt die untere 95 % Vertrauensgrenze. (b), (c) Die beobachteten Sphärizitäts- und Aplanaritätsverteilungen. Die ausgezogenen Kurven zeigen die Vorhersage für die bekannten fünf Quarks. Die gestrichelten Kurven schließen einen $t\bar{t}$ -Beitrag mit $m_t = 20 GeV$ ein. (d) Die Anzahl von Ereignissen mit Aplanarität $A > 0.13$ im Intervall (W_{th}, W_{max}) . Die schraffierten Bänder zeigen wie in Abb. 5.3a die erwarteten Werte für den Fall, daß Top-Quark-Erzeugung beiträgt.

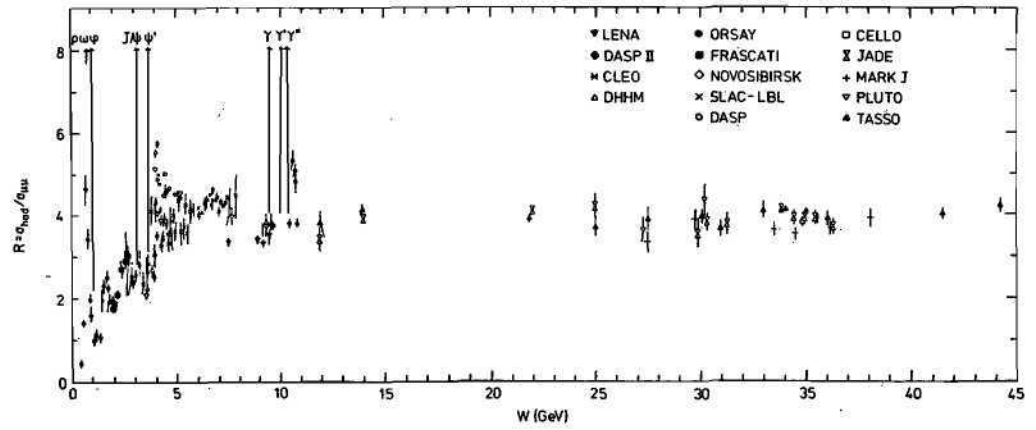


Abb. 5.4: $R = \sigma_{\text{tot}}/\sigma_{\mu\mu}$ aus Messungen von TASSO und von anderen Experimenten.

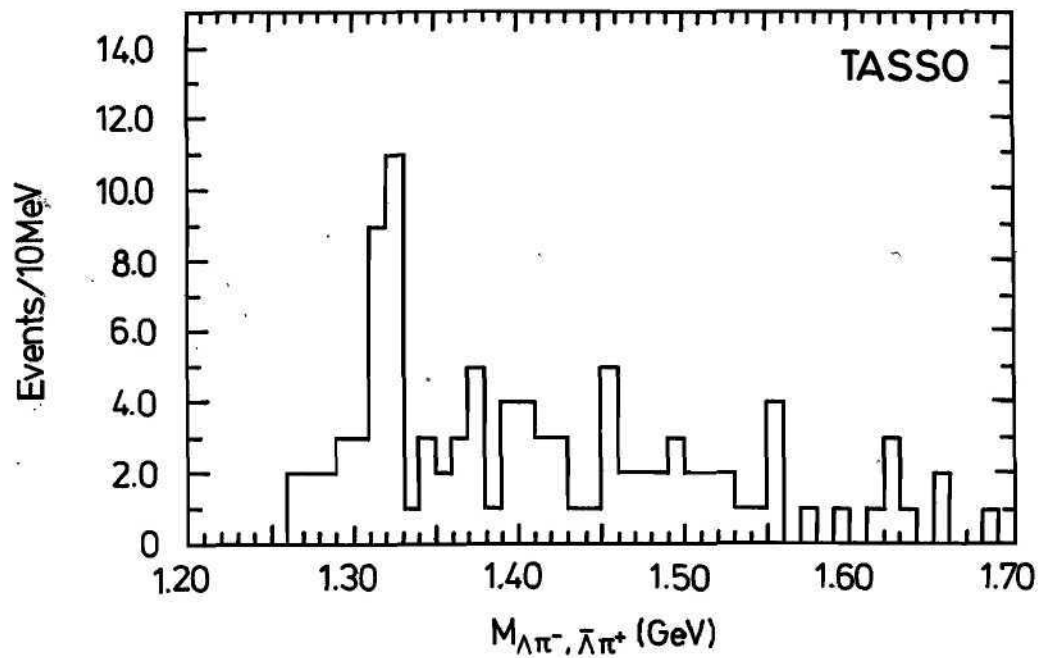


Abb. 5.5: Die $\Lambda\pi^- (\bar{\Lambda}\pi^+)$ -Massenverteilung.

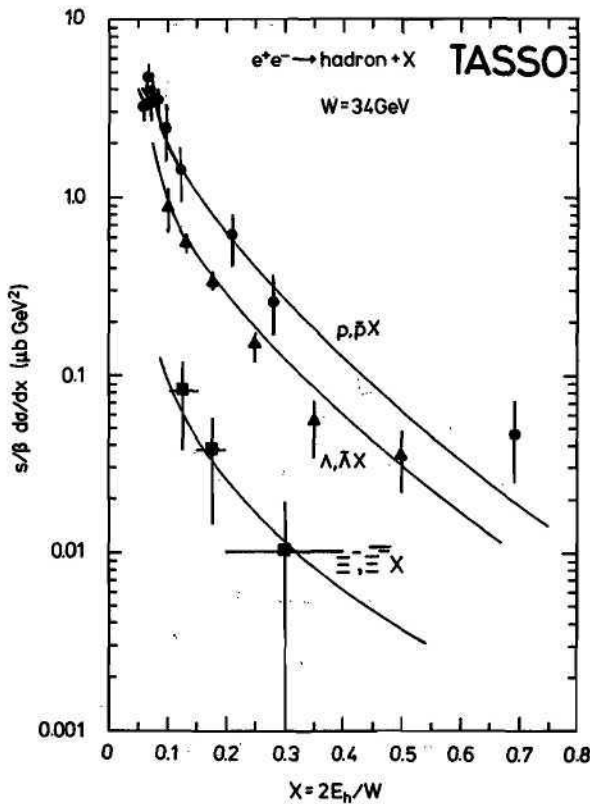


Abb. 5.6: Der skalierte Wirkungsquerschnitt für inklusive $(p + \bar{p})$ -, $(\Lambda + \bar{\Lambda})$ - und $(\Xi^- + \bar{\Xi}^-)$ -Erzeugung bei $W = 34$ GeV. Die Kurven zeigen die Vorhersagen des QCD-Lund-Modells.

Die Empfindlichkeit auf $q\bar{q}$ -Beiträge wird wesentlich verbessert, wenn die Ereignisstruktur betrachtet wird. In Abb. 5.3b,c sind die Sphärizitäts (S)- und Aplanaritäts (A)-Verteilungen dargestellt. Die ausgezogenen Kurven zeigen die QCD-Vorhersage für den Fall, daß nur die fünf bekannten Quarks beitragen. Sie stimmen mit den Meßwerten gut überein. Unter der Annahme, daß außerdem t-Quarks mit $m_t = 20$ GeV erzeugt werden, erhält man die gestrichelten Kurven; sie stehen im Widerspruch zu den Daten. Experimentell werden viel weniger sphärische Ereignisse (S und A groß) beobachtet, als für $t\bar{t}$ -Erzeugung zu erwarten ist. Ähnlich wie bei R wurde die Anzahl der erwarteten Ereignisse mit $A > 0.13$ in Abhängigkeit von W_{th} bestimmt. Das Ergebnis ist in Abb. 5.3d dargestellt. Man erwartet zum Beispiel für $W_{th} = 42$ GeV 23 Ereignisse, während experimentell nur ein Ereignis beobachtet wurde. Abb. 5.3d liefert als untere Grenze für die Top-Quarkmasse $m_t \geq 22$ GeV. Die Daten schließen auch die Erzeugung eines $|e_q| = 1/3$ Quarks aus, $m_q(1/3) \geq 21.0$ GeV.

Die Messungen von R oberhalb 12 GeV (Abb. 5.4) erlauben die Punktförmigkeit von Quarks zu überprüfen. Abweichungen von der Punktförmigkeit können durch einen magnetischen Formfaktor $G_M(s)$ ausgedrückt werden:

$$R/R_0 = |G_M(s)|^2$$

Setzt man $G_M(s) = (1 - s/M^2)^{-1}$, so erhält man aus den TASSO-Daten für den Massenparameter $M > 288$ GeV. Das bedeutet, daß sich Quarks bis zu Abständen von $7 \cdot 10^{-17}$ cm punktförmig verhalten.

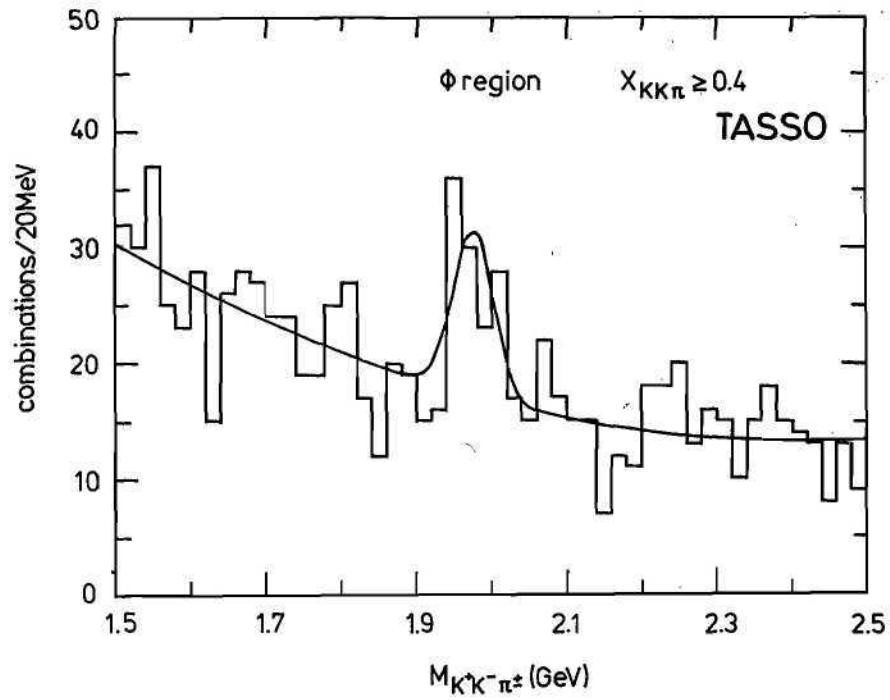


Abb. 5.7: Die $(K^+K^-\pi^\pm)$ -Massenverteilung für den Fall, daß K^+K^- im Φ -Massenbereich ist und $X_{KK\pi} = 2E_{KK\pi}/W > 0.4$.

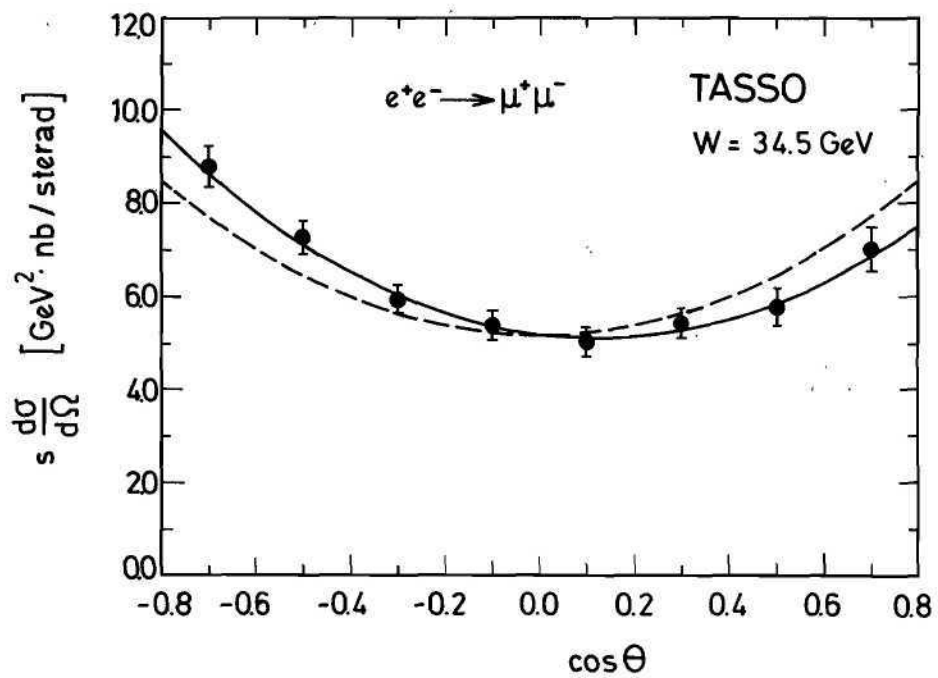


Abb. 5.8: Die Winkelverteilung des μ^+ gemessen gegen die e^+ -Strahlrichtung für $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ bei $W = 34.5$ GeV.

Abb. 5.5 zeigt die $\Lambda\pi^+(\bar{\Lambda}\pi^-)$ -Massenverteilung mit einem klaren Signal um 1.32 GeV, das der Erzeugung des $\Xi^-(1321)$ entspricht. Das Ξ nimmt eine gewisse Sonderstellung ein, da es Seltsamkeit $S = -2$ hat und daher mindestens eines der s -Quarks aus dem Quarksee stammt. Abb. 5.6 zeigt den skalierten Wirkungsquerschnitt für $\Xi^-(\bar{\Xi}^-)$ -Erzeugung im Vergleich mit denjenigen für $p(\bar{p})$ und $\Lambda(\bar{\Lambda})$ als Funktion von $x = 2E/W$. Innerhalb der Fehler zeigen alle 3 Baryontypen ein ähnliches x -Verhalten, das nach geeigneter Wahl der Fragmentationsparameter von dem QCD-Lund-Modell richtig wiedergegeben wird (siehe Kurven).

$$e^+e^- \rightarrow \Xi^-(\bar{\Xi}^-)X$$

In Abb. 5.7 ist die $(K^+K^-\pi^\pm)$ -Massenverteilung aufgetragen für Teilchenkombinationen mit einer (K^+K^-) -Masse im Φ -Bereich ($1.005 < M_{K^+K^-} < 1.035$ GeV).

$$e^+e^- \rightarrow F^+(F^-)X$$

Man beobachtet ein Signal bei $1.975 \pm 0.009 \pm 0.010$ GeV, das dem kürzlich von CLEO und ARGUS beobachteten Zerfall $F^\pm \rightarrow \Phi\pi^\pm$ entspricht.

Für die Bestimmung der elektroschwachen Beiträge standen bei einem mittleren $W = 34.5$ GeV 73801 Bhabha-Ereignisse und 2673 $\mu^+\mu^-$ -Paare im Winkelbereich $|\cos\Theta| < 0.8$ zur Verfügung. Die Winkelverteilung für Myonpaare (Abb. 5.8) zeigt die 1981 bei PETRA erstmals beobachtete Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie, die von der Interferenz zwischen γ - und Z^0 -Austausch herrührt. Der Wert der Asymmetrie beträgt $A_{\mu\mu} = -0.098 \pm 0.023 \pm 0.005$ (korrigiert für $|\cos\Theta| \leq 1$). Er kann mit der Vorhersage der GWS-Theorie verglichen werden:

*Asymmetrie bei
Elektron- und Myon-
Paarerzeugung*

$$A_{\mu\mu}^{\text{GWS}} = -2.7 \cdot 10^{-4} g_A^e g_A^\mu \frac{s}{1 - s/M_Z^2} = -0.093$$

wobei $s = W^2$ in GeV^2 , $M_Z = 95$ GeV und $g_A^e, g_A^\mu = -0.5$.

Eine gemeinsame Analyse der e^+e^- - und $\mu^+\mu^-$ -Paare liefert für den Weinberg-Winkel

$$\sin^2\Theta_W = 0.27 \pm 0.07$$

und für die schwachen Vektor- und Achsialvektorkopplungen von e, μ

$$g_V = 0.00 \pm 0.17 \text{ und } g_A = -0.481 \pm 0.055$$

Der Wert von $\sin^2\Theta_W$ ist in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis aus der νe -Streuung, $\sin^2\Theta_W = 0.23 \pm 0.04$. Dabei ist zu bemerken, daß Q^2 (= Massenquadrat des schwachen Stroms) in unserem Fall um mehrere Größenordnungen größer als in der νe -Streuung ist ($Q_{e^+e^-}^2 = W^2 \approx 1200 \text{ GeV}^2$). Die GWS-Vorhersagen für die Kopplungskonstanten, $g_V = -\frac{1}{2} + 2\sin^2\Theta_W = -0.04 \pm 0.08$, $g_A = -0.50$, stimmen mit den Daten überein.

Die e^+e^- -, $\mu^+\mu^-$ -Daten liefern erstaunlich enge Grenzen für Theorien, in denen die Leptonen zusammengesetzt sind. Im Modell von Eichten, Lane und Peskin führt eine mögliche Substruktur von e, μ zu einem zusätzlichen Beitrag in der Lagrange-Funktion,

$$L_{\text{eff}} = \pm \frac{g^2}{2\Lambda_\pm^2} \{ \eta_{LL} j_{L,L} + \eta_{RR} j_{R,R} + 2\eta_{RL} j_{R,L} \}$$

wobei $j_{L,R}$ links- und rechtshändige Ströme sind und die Koeffizienten η die Werte 0, ± 1 annehmen können. Λ charakterisiert die Massenskala für die Substruktur und ist so definiert, daß $g^2/4\pi = 1$ ist. In Abb. 5.9 und 5.10 werden die μ - und e -Paar-Wirkungsquerschnitte mit den Modellvorhersagen für verschiedene η -Kombinationen und Λ -Werte verglichen. Die unteren Grenzen für Λ liegen mit 95 % Vertrauensgrenze bei 0.7 bis 4.4 TeV:

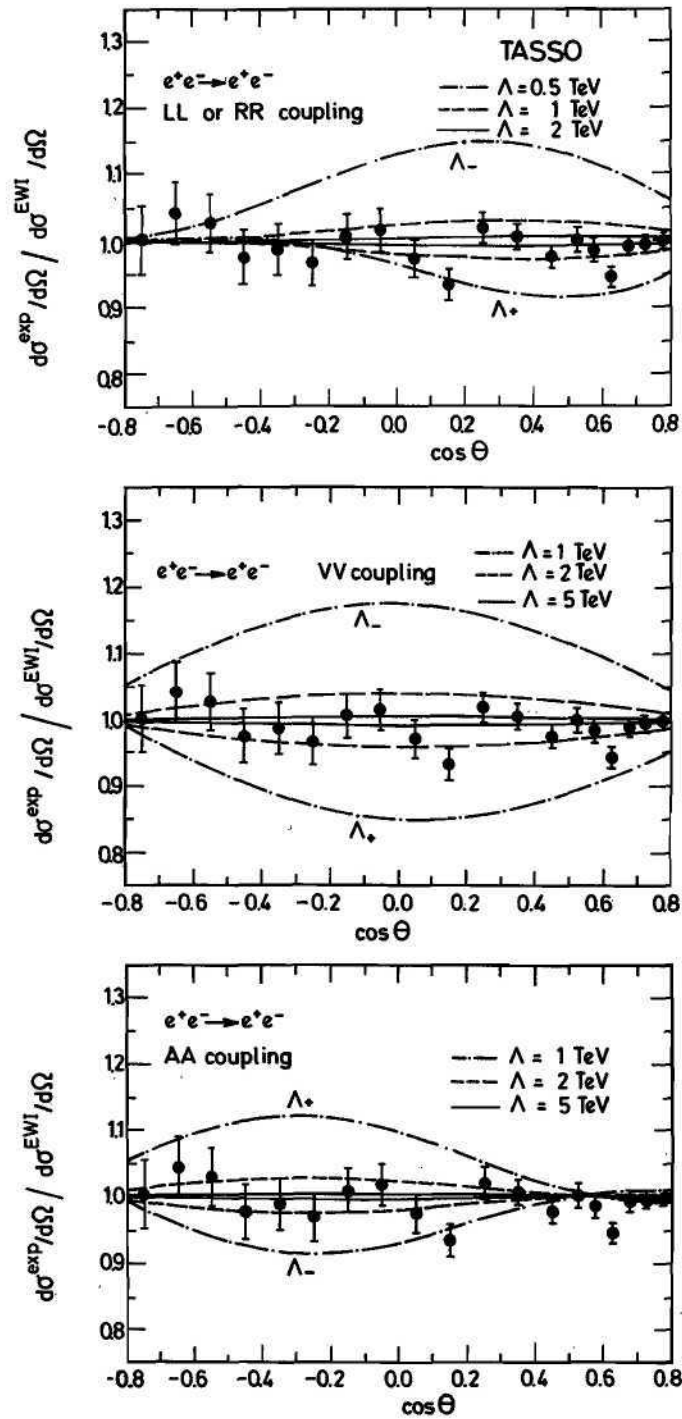


Abb. 5.9: Bhabha-Streuung $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$: Das Verhältnis des gemessenen Wirkungsquerschnitts zur Vorhersage der elektroschwachen Theorie in Abhängigkeit vom Streuwinkel. Die Kurven zeigen die Vorhersagen des Modells für zusammengesetzte Leptonen für verschiedene Kopplungsarten und verschiedene Werte des Massenparameters Λ .

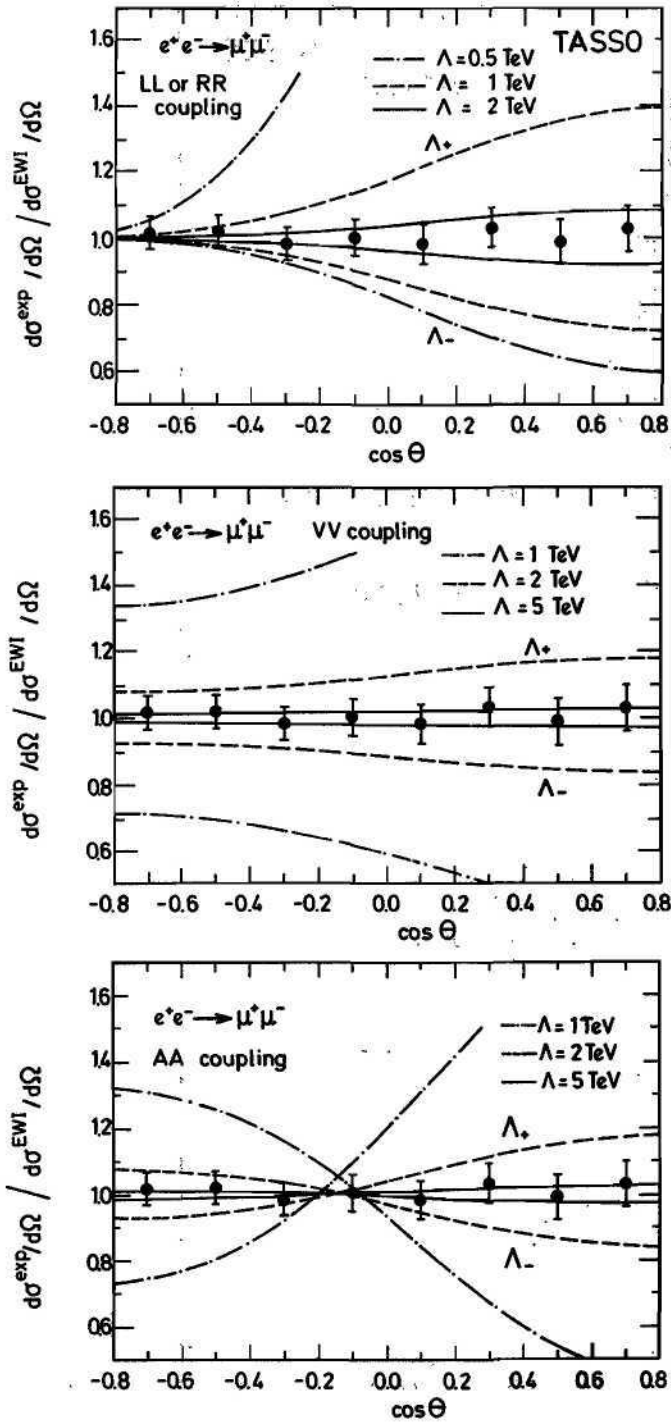


Abb. 5.10: Myonpaarerzeugung $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$: Das Verhältnis des gemessenen Wirkungsquerschnitts zur Vorhersage der elektroschwachen Theorie in Abhängigkeit vom Streuwinkel. Die Kurven zeigen die Vorhersagen des Modells für zusammengesetzte Leptonen für verschiedene Kopplungsarten und verschiedene Werte des Massenparameters Λ .

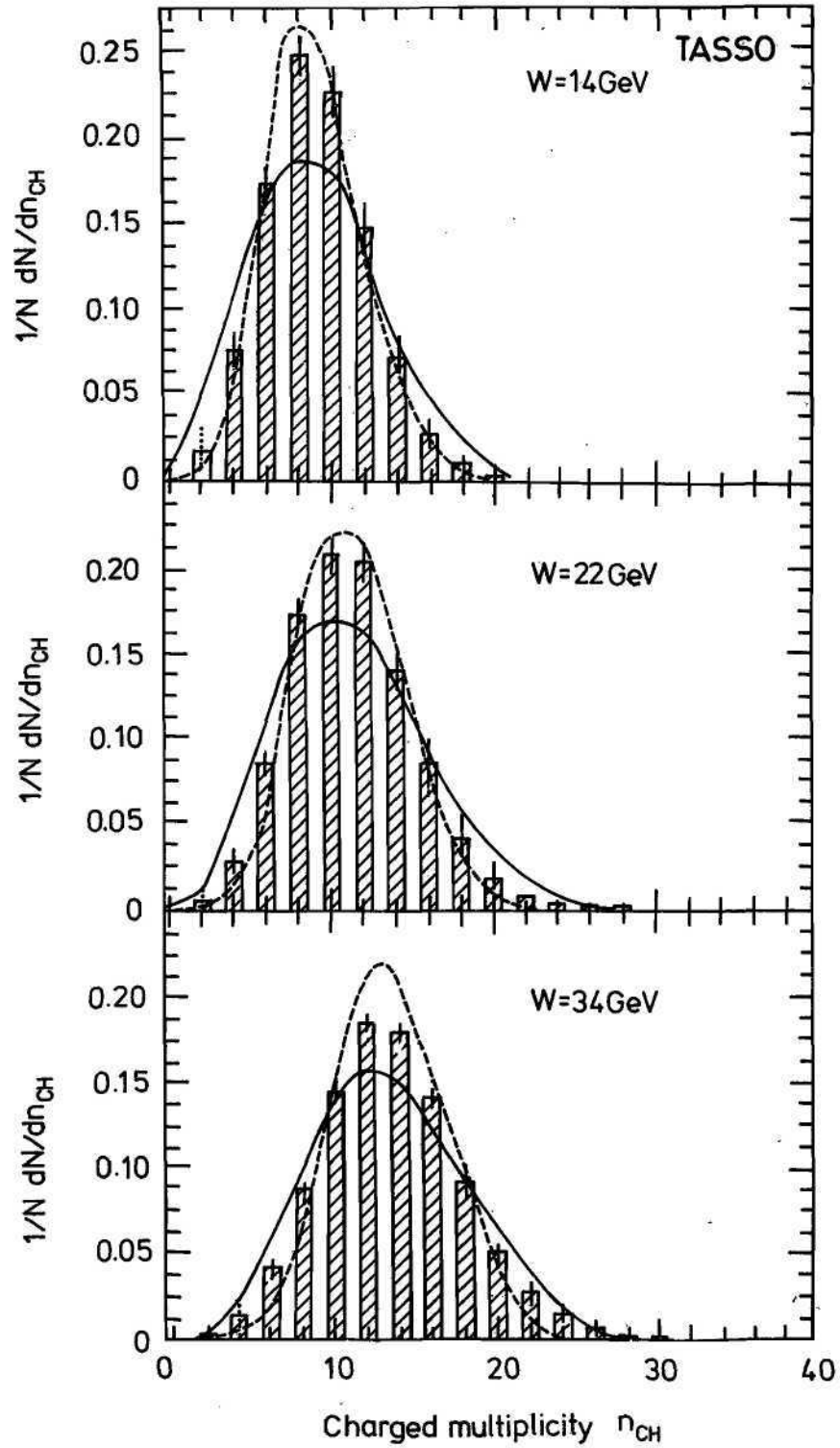


Abb. 5.11: Die Multiplizitätsverteilungen für geladene Teilchen bei $W = 14, 22$ und 34 GeV . Die Kurven zeigen zwei verschiedene Poisson-Verteilungen (siehe Text).

	$e^+e^- \rightarrow e^+e^-$		$e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$	
	Λ_+	Λ_-	Λ_+	Λ_-
LL	0.70 TeV	1.94 TeV	2.13 TeV	2.65 TeV
RR	0.70 TeV	1.94 TeV	2.11 TeV	2.62 TeV
VV	1.86 TeV	2.91 TeV	3.43 TeV	4.37 TeV
AA	1.95 TeV	2.28 TeV	3.05 TeV	3.40 TeV

Bei hohen Energien bietet die e^+e^- -Vernichtung in Hadronen die beste uns bekannte Möglichkeit, die Erzeugung und Fragmentation von Quarks zu untersuchen. Den Hauptbeitrag liefert die Paarerzeugung von Quarks,

*Jet-Erzeugung
und Fragmentation*

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q} \rightarrow \text{Hadronen}, q = u, d, s, c, b$$

Sie führt zu 2-Jet-Ereignissen. Ein gewisser Anteil der Ereignisse (5–10 %) bei hohen Energien hat 3-Jet-Struktur aufgrund von Gluon-Bremsstrahlung,

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g \rightarrow \text{Hadronen}$$

Mit Hilfe der geladenen Teilchen wurden allgemeine Eigenschaften von Jets wie Multiplizitätsverteilung, Impulsverteilung, longitudinale und transversale Impulsaufteilung und so weiter für Schwerpunktsenergien zwischen 12 und 43 GeV untersucht.

Die beobachteten Multiplizitätsverteilungen (Abb. 5.11) weichen von einer einfachen Poisson-Verteilung ab: Die ausgezogene Kurve zeigt eine Poisson-Verteilung, die berücksichtigt, daß gleich viele positive und negative Teilchen erzeugt werden,

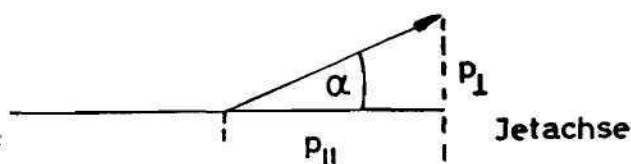
$$N(i) = \frac{(\lambda/2)^{i/2} e^{-\lambda/2}}{(i/2)!}$$

wobei $N(i)$ die Zahl der Ereignisse mit i geladenen Teilchen und $\lambda = \langle \eta_{\text{CH}} \rangle$ die mittlere Multiplizität ist. Ohne die besagte Einschränkung erhält man die gestrichelte Poisson-Kurve

$$N(i) = 2 \frac{\lambda^i e^{-\lambda}}{i!}$$

Die Daten liegen zwischen den beiden Kurven.

Die Verteilung der Teilchen um die Jetachse war bisher nur wenig untersucht worden. Sie zeigt einige interessante Eigenschaften.



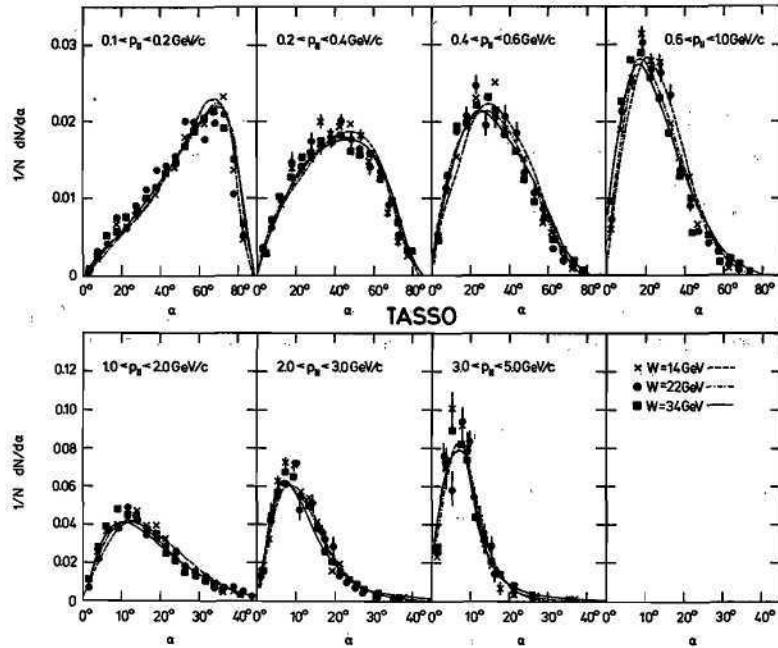


Abb. 5.12: Die Winkelverteilungen von geladenen Teilchen um die Jetachse für verschiedene p_T -Intervalle bei $W = 14, 22$ und 34 GeV. Die Kurven zeigen die QCD-Vorhersagen.

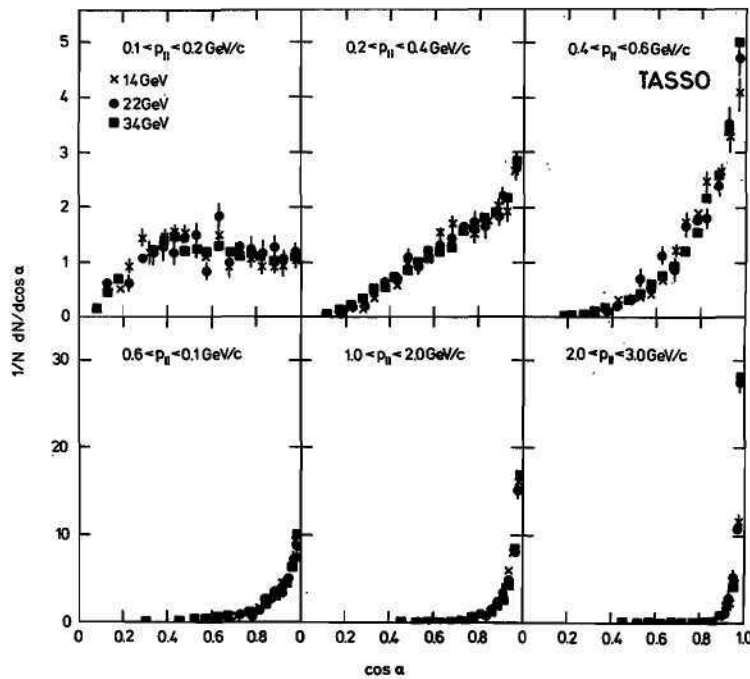


Abb. 5.13: Die Winkelverteilungen ($\cos \alpha$) von geladenen Teilchen um die Jetachse für verschiedene p_T -Intervalle bei $W = 14, 22$ und 34 GeV. Die Kurven zeigen die QCD-Vorhersagen.

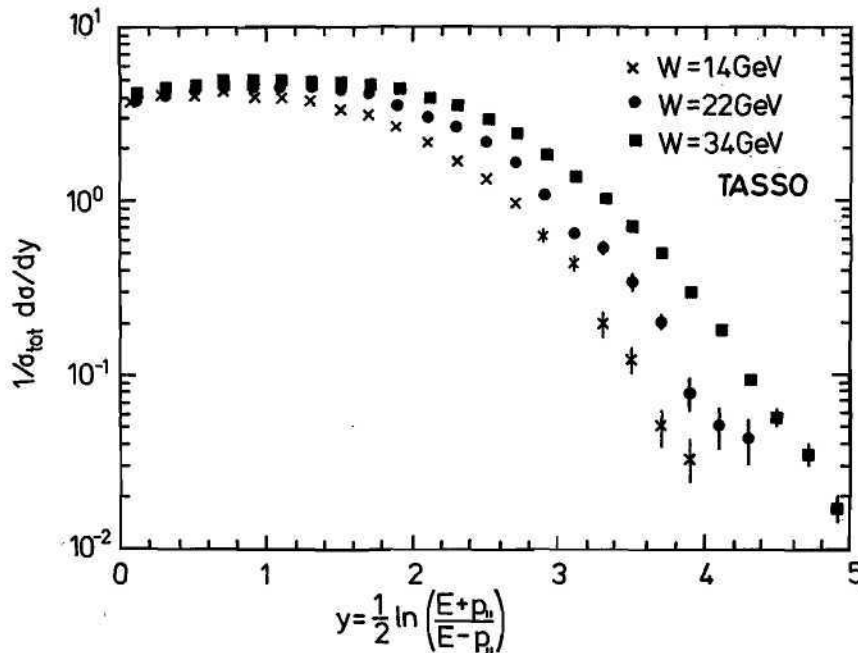


Abb. 5.14: Die Rapiditätsverteilungen geladener Teilchen bei $W = 14, 22$ und 34 GeV.

In Abb. 5.12, 5.13 sind die Verteilungen von α und $\cos\alpha$ bei festem longitudinalen Impuls p_L für $W = 14, 22$ und 34 GeV angegeben. Für $p_L < 0.2$ GeV/c werden die Teilchen isotrop erzeugt. Oberhalb $p_L = 0.2$ GeV/c werden die Teilchen gebündelt um die Jetachse ausgesandt, wobei die Bündelung mit wachsendem p_L immer stärker wird. Weiter beobachtet man, daß die **Form** der α -Verteilung nicht von W abhängt. Wir nennen dieses Verhalten „Fächerinvarianz“; für festes p_L fächern die Teilchen in einer Weise auf, die unabhängig von W ist. Trägt man die α -Verteilung nicht für festes p_L , sondern für festes $x_L = 2p_L/W$ auf, wird keine Invarianz beobachtet.

In Abb. 5.14 sind die Rapiditätsverteilungen

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_L}{E - p_L}$$

für $W = 14, 22$ und 34 GeV aufgetragen. Mit wachsender Energie wird das Plateau breiter und die Plateauhöhe steigt an.

Charm-Vektormesonen $D^{*\pm}(2010)$ können wegen einer besonderen Eigenschaft beinahe untergrundfrei beobachtet werden: Der Q-Wert für den Zerfall $D^{*\pm} \rightarrow D^0\pi^\pm$ beträgt nur 5.8 MeV. In Abb. 5.15 ist die Verteilung des Massenunterschieds $\Delta M = M(D^*) - M(D^0)$ für verschiedene D^0 -Zerfallskanäle ($D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $K^-\pi^+\pi^0$, $K^-\pi^+\pi^+\pi^-$) dargestellt. Man beobachtet ein klares Signal bei $\Delta M = 0.145$ GeV, das dem Übergang $D^{*\pm} \rightarrow D^0\pi^\pm$ entspricht.

Charm-Jets

Das Energiespektrum der D^* -Mesonen ist hart. Außerdem stammen D^* mit Energien $x_{D^*} = 2E_{D^*}/W > 0.5$ fast ausschließlich aus der Paarerzeugung von Charm-Quarks:

$$e^+e^- \rightarrow q\bar{q}, q\bar{q}g \rightarrow D^*X$$

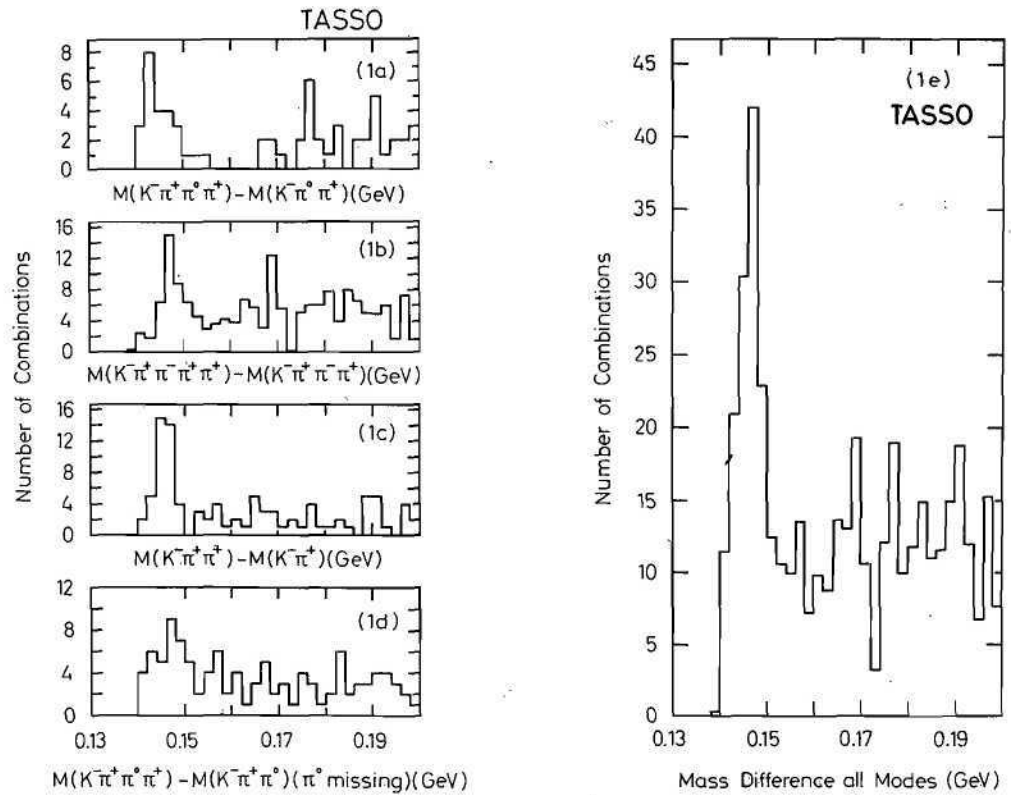
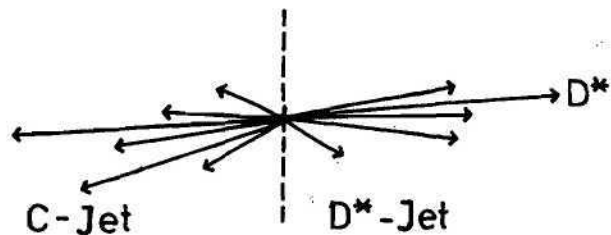


Abb. 5.15: Die Massendifferenz ΔM zwischen D^{*-} - und D^0 -Masse. Die D^0 -Mesonen wurden in den Zerfallskanälen $K^- \pi^+$, $K^- \pi^+ \pi^0$ und $K^- \pi^+ \pi^- \pi^+$ beobachtet.

Ereignisse mit hochenergetischen D^{*-} -Mesonen erlauben deshalb einige grundlegende Messungen zur QCD und Fragmentation. Zu diesem Zweck wurden die Daten bei $W = 34.4$ GeV verwendet. Jedes Ereignis wurde mittels Jetachse in zwei Hemisphären geteilt:



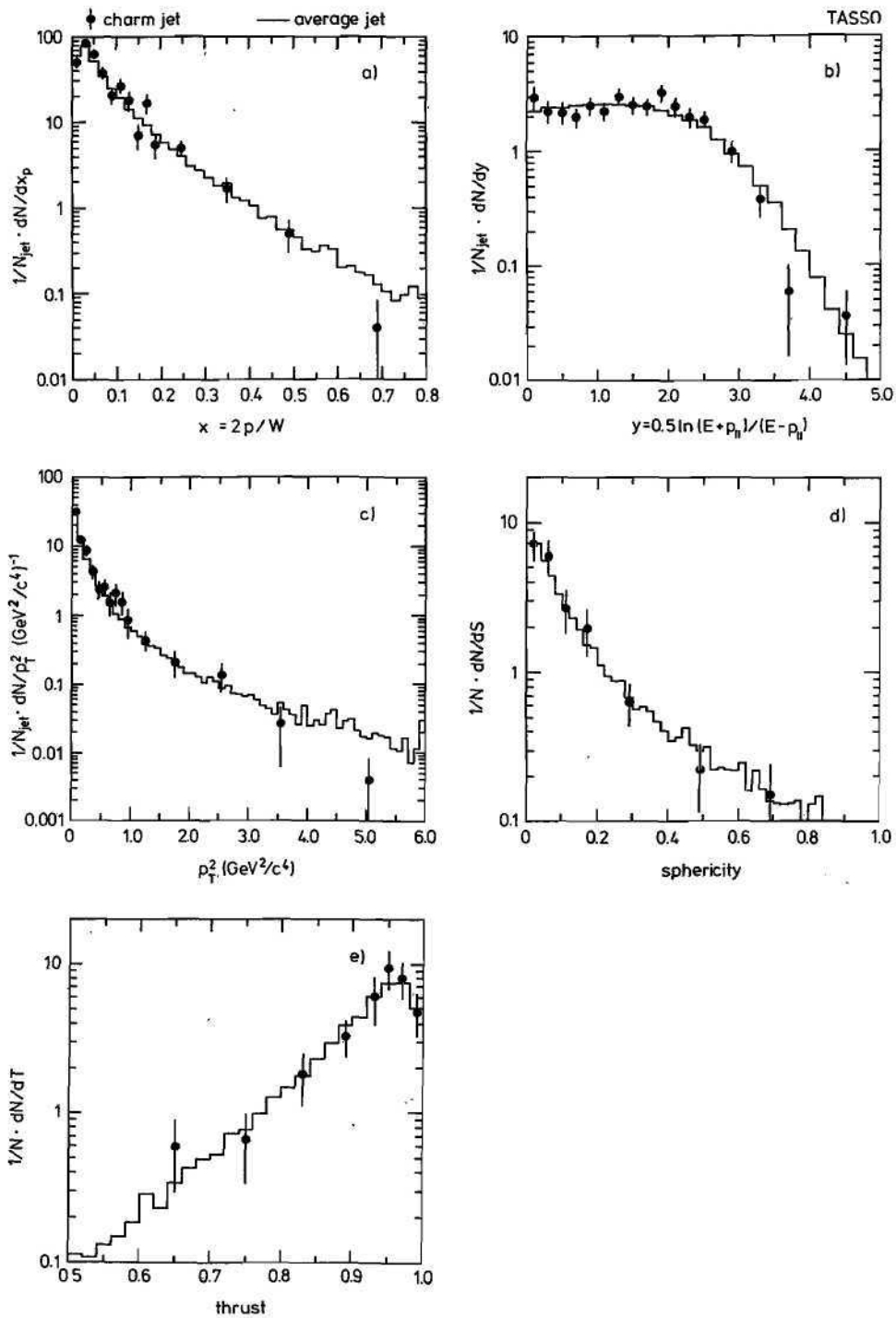


Abb. 5.16: Die Spektren geladener Teilchen aus Charm-Jets (Kreise) verglichen mit den Spektren für den „mittleren“ Jet. Die Schwerpunktsenergie ist $W = 34$ GeV.

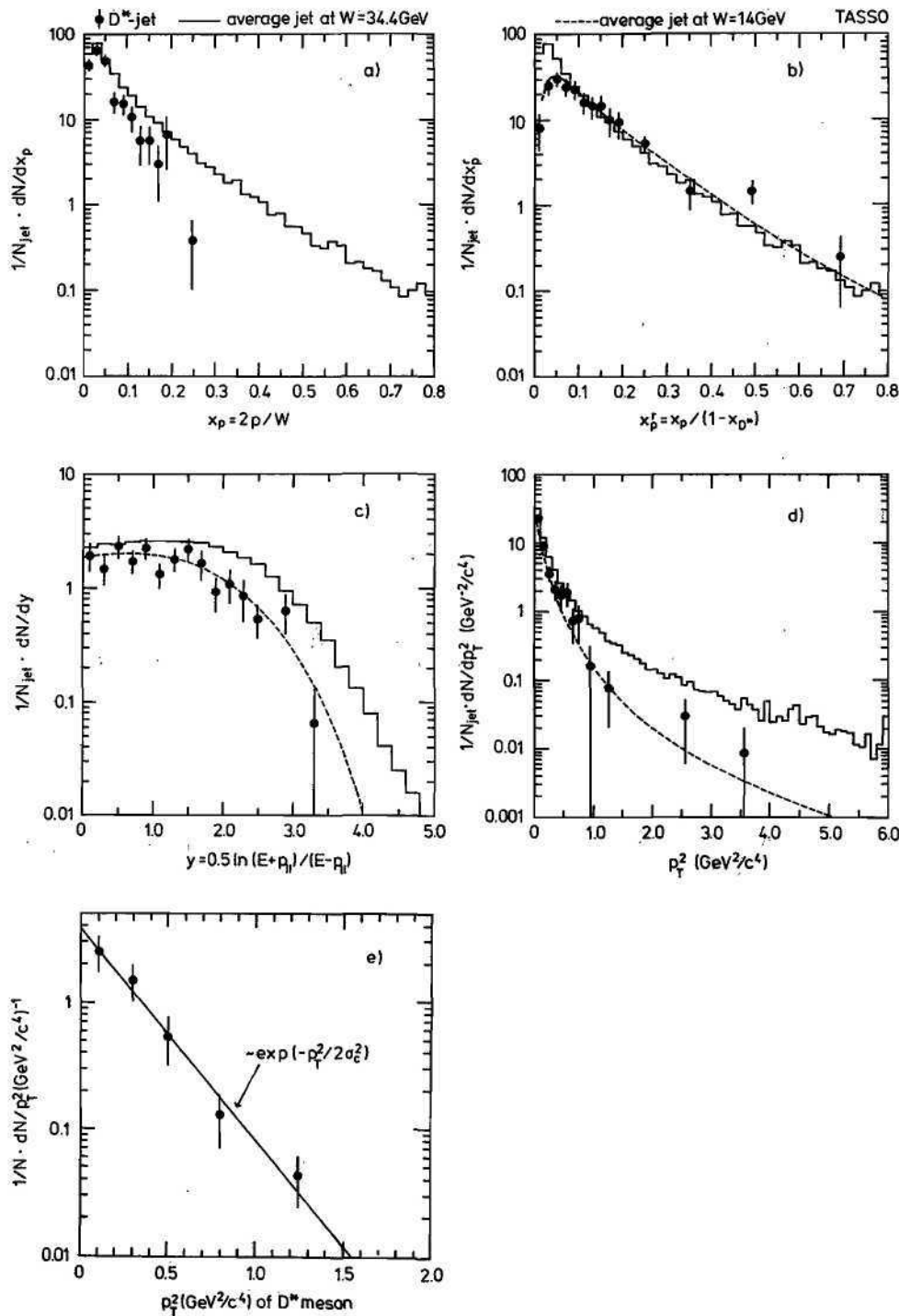


Abb. 5.17: (a–d) Die Spektren geladener Teilchen aus dem Restjet (Kreise). Die Histogramme (gestrichelte Kurven) zeigen die Spektren des „mittleren“ Jets bei $W = 34$ GeV ($W = 14$ GeV). (e) Die Verteilung $1/N \cdot dN/dp_T^2$ des Transversalimpulses p_T von D^* -Mesonen gemessen zur Richtung des c-Quarks.

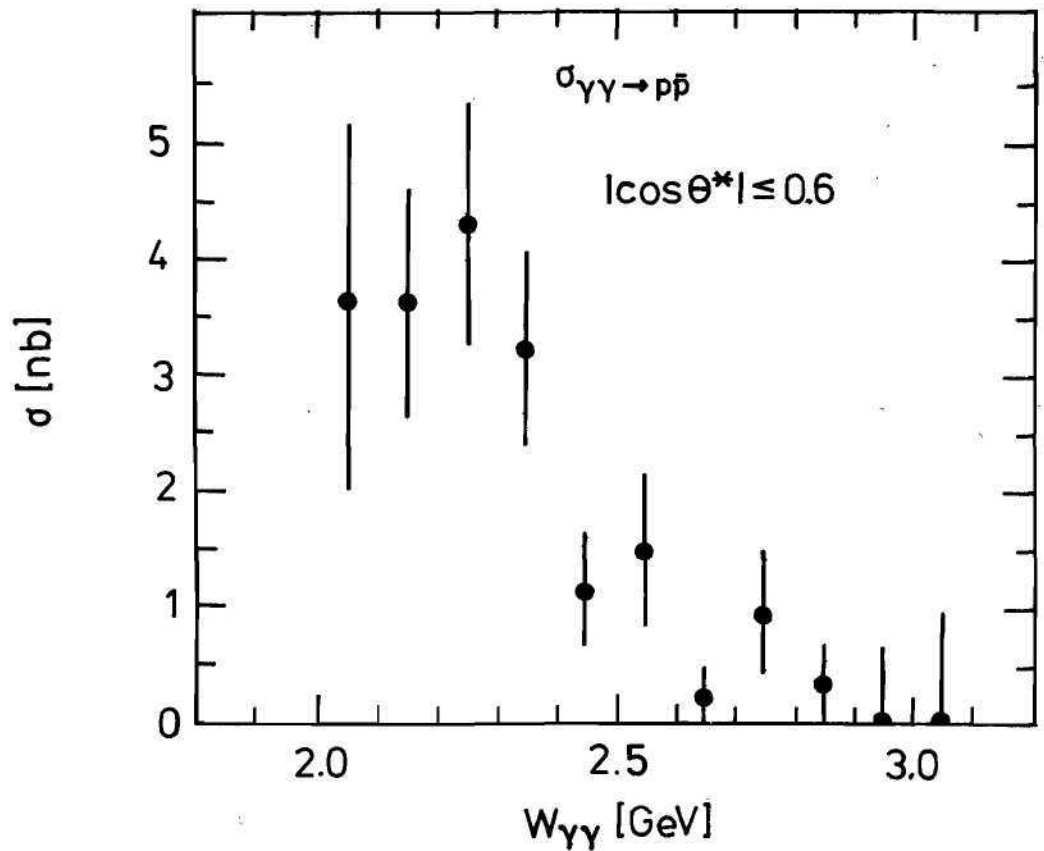


Abb. 5.18: Der Wirkungsquerschnitt $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$ für Erzeugungswinkel $|\cos \theta| \leq 0.6$ in Abhängigkeit von der Schwerpunktsenergie.

d) Durch die Abtrennung von $c\bar{c}$ -Ereignissen ist es möglich, nach Gluonabstrahlung zu suchen und die Kopplungsstärke α_s für den $c\bar{c}g$ -Vertex zu messen. Da die c -Quark-Masse sehr viel größer als die von u , d oder s ist, könnte man naiverweise erwarten, daß die Gluonbremsstrahlung bei $c\bar{c}$ wesentlich schwächer ist und deshalb auch 3-Jet-Ereignisse bei $c\bar{c}$ seltener sind. 3-Jet-Ereignisse führen unter anderem zu einer Verbreiterung der p_T^2 -, Sphärizitäts- und Thrustverteilungen. Wie die Abb. 5.16c–e zeigen, liefern $c\bar{c}$ -Ereignisse dieselben Verteilungen wie das Mittel über alle Ereignisse. Eine genauere Untersuchung zeigt, daß 3-Jet-Ereignisse bei $c\bar{c}$ ebenso häufig auftreten wie für andere $q\bar{q}$ -Zustände.

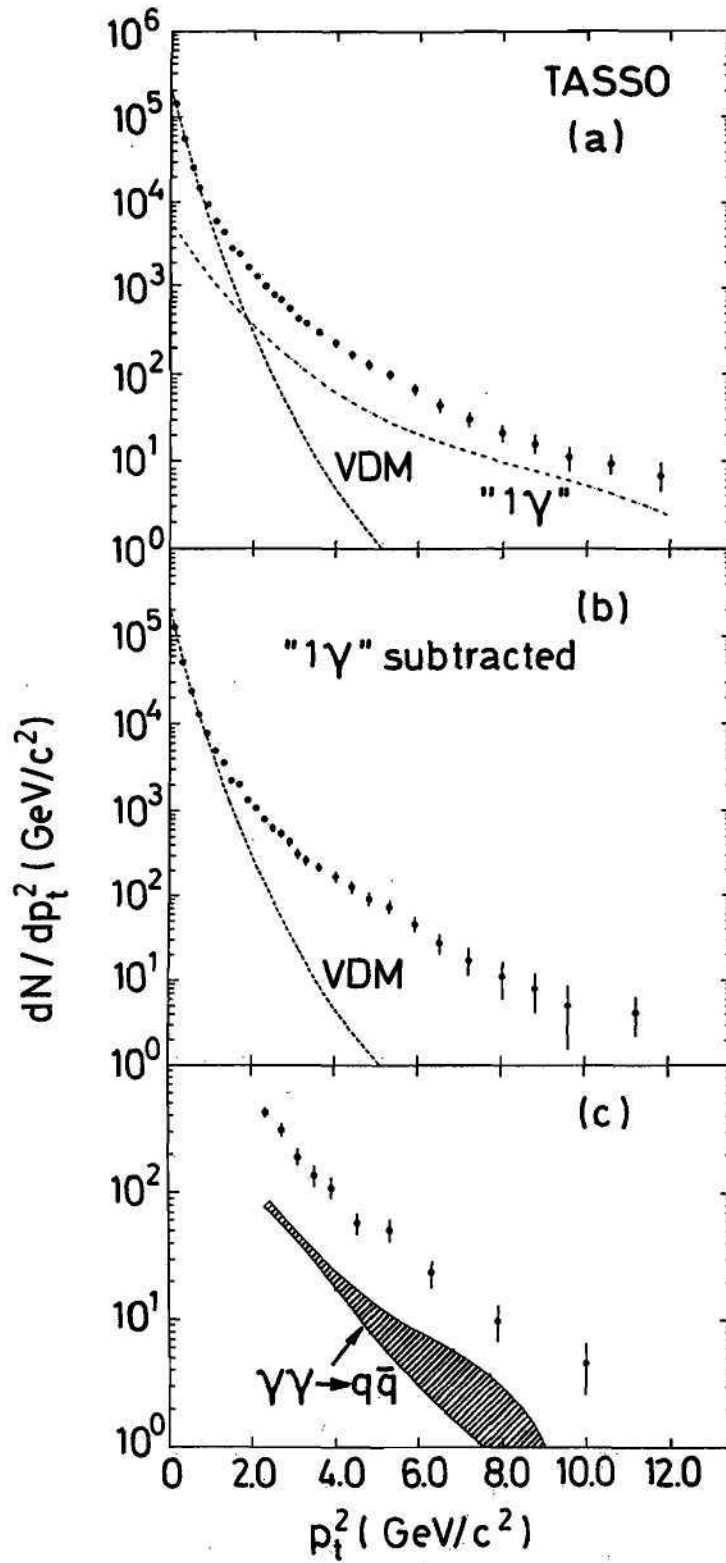
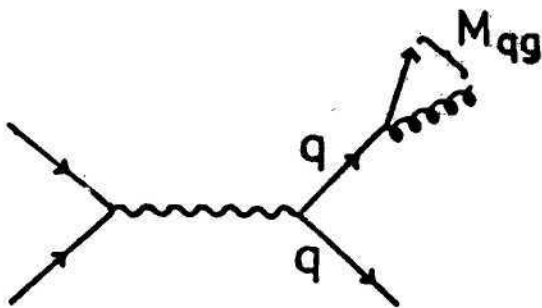


Abb. 5.19: Die Transversalimpulsverteilung geladener Teilchen in $\gamma\gamma$ -Stößen (siehe Text).

Der Widerspruch zur naiven Erwartung klärt sich auf, wenn man berücksichtigt, daß für die Abstrahlung nicht die Masse des Quarks, sondern des Quark-Gluon-Systems die relevante Größe ist; diese wird für 3-Jet-Ereignisse im wesentlichen durch Winkel und Impulse von Quark und Gluon und nicht durch die Quarkmasse bestimmt.



Der Vergleich der 3-Jet-Raten in $c\bar{c}$ -Ereignissen mit dem Mittel über alle Quarktypen liefert für das Verhältnis der Kopplungsstärken

$$\alpha_s^c/\alpha_s = 1.00 \pm 0.20 \pm 0.20$$

das heißt, innerhalb der angegebenen Fehler ist die Quark-Gluon-Kopplung flavour-unabhängig.

Lokale Baryonen-zahlkompensation

Unter 26 376 hadronischen Ereignissen wurden nach Korrektur auf Untergrund 22 Ereignisse mit pp , $\bar{p}\bar{p}$ oder $p\bar{p}$ im Endzustand beobachtet, wobei $p(\bar{p})$ in den Hadronarmen identifiziert wurden und Impulse zwischen 1.0 und 5.0 GeV/c haben. Die Einteilung in Ereignisse mit beiden $p(\bar{p})$ im selben Jet beziehungsweise in entgegengesetzten Jets liefert folgendes Ergebnis:

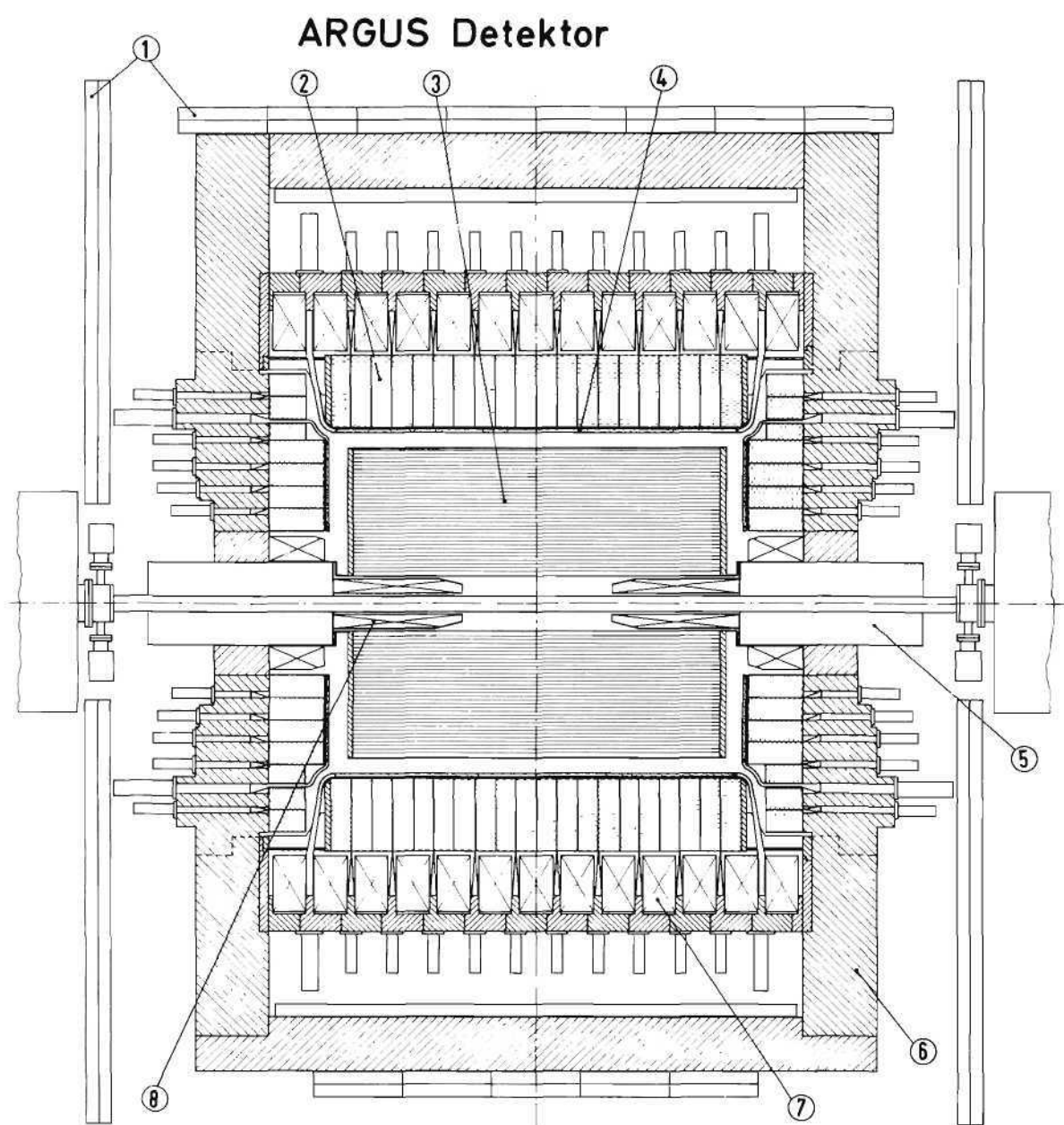
	im selben Jet	in entgegengesetzten Jets
$e^+e^- \rightarrow ppX$ oder $\bar{p}\bar{p}X$	1.5 ± 2.1	3.5 ± 2.9
$e^+e^- \rightarrow p\bar{p}X$	15.5 ± 4.5	1.2 ± 2.6

Das einzige statistisch signifikante Signal wird für Ereignisse beobachtet, bei denen p und $\bar{p}$ im selben Jet auftreten. Das legt nahe, daß die Baryonzahl lokal kompensiert wird.

Zwei-Photon-Prozesse

Abb. 5.18 zeigt den Verlauf des Wirkungsquerschnitts $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$ in Abhängigkeit von der Schwerpunktsenergie $W_{\gamma\gamma}$. Der Wirkungsquerschnitt ist groß nahe der Schwelle und fällt für wachsendes $W_{\gamma\gamma}$ rasch ab.

In Abb. 5.19 ist das Transversalimpulsspektrum bezüglich der Strahlachse für geladene Teilchen aus den Stößen zweier quasi-reeller Photonen dargestellt. Abb. 5.19a zeigt den Verlauf von dN/dp_T^2 vor Abzug des Untergrunds aus der 1γ -Vernichtung $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$. Die Mehrzahl der Teilchen hat kleine p_T und stammt aus der Streuung der „hadronischen“ Anteile der beiden Photonen (siehe Kurve VDM). In Abb. 5.19b ist der 1γ -Untergrund abgezogen. Für $p_T^2 > 2 \text{ (GeV/c)}^2$ überwiegt der Beitrag harter Prozesse den VDM-Anteil. Abb. 5.19c zeigt den p_T^2 -Verlauf nach Abzug des VDM-Beitrags und vergleicht das Spektrum mit dem Beitrag, der vom Quark austausch in erster Ordnung, $\gamma\gamma \rightarrow q\bar{q}$, erwartet wird. Der schraffierte Bereich entspricht der Unsicherheit in der Berechnung der Quarkfragmentation. Experimentell werden etwa 3 bis 4 mal mehr Teilchen bei hohem p_T beobachtet, als nach $\gamma\gamma \rightarrow q\bar{q}$ zu erwarten wäre. Es ist daher zu vermuten, daß noch andere harte $\gamma\gamma$ -Prozesse zur Erzeugung von Teilchen mit großen Transversalimpulsen beitragen.



- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Myon Kammern | Muon chambers |
| 2. Schauerzähler | Shower counters |
| 3. Driftkammer | Drift chamber |
| 4. Flugzeitzähler | Time of flight counters |
| 5. Mini Beta Quadrupol | Mini beta quadrupole |
| 6. Eisenjoch | Iron yoke |
| 7. Hauptspule | Solenoid coils |
| 8. Kompensationsspulen | Compensation coils |

Abb. 6.1: Schematische Darstellung des ARGUS-Detektors.

ARGUS-Kollaboration

Beteiligte Institute: DESY, Univ. Dortmund, Univ. Heidelberg, IPP Toronto, ITEP Moscow, Kansas Univ., Univ. Lund, South Carolina Univ.

Überblick

Der ARGUS-Detektor war Mitte 1982 fertiggestellt und in Betrieb genommen worden. Während des gesamten Jahres 1983 hat er erfolgreich Daten registriert. Abb. 6.1 zeigt eine schematische Darstellung des Detektors. Die wichtigsten Aufgaben im Jahr 1983 waren:

- Ansammeln von Meßdaten
- Kalibration der Detektorkomponenten
- Erstellen von Rekonstruktionsprogrammen
- Auswertung erster physikalischer Ergebnisse

Datennahme und erste physikalische Ergebnisse

Den Ausgangspunkt der Messungen bildeten Y-Resonanzen, erzeugt durch den Speicherring DORIS II. Die Y-Resonanzen bestehen aus einem Paar von b-Quarks, die durch ein Gluonenfeld aneinander gebunden sind. Das b-Quark ist das schwerste bisher gefundene Quark, und die Untersuchung seiner Reaktionen erlaubt einzigartige Einsicht in die Eigenschaften der starken und der schwachen Wechselwirkung.

Messungen

Die Meßzeit verteilte sich folgendermaßen auf die Y-Resonanzen und das benachbarte Kontinuum

	Meßtage	gesammelte Luminosität [pb ⁻¹]	hadronische Ereignisse
Y(1S)	35	9.0	112 000
Y(2S)	97	26.7	195 000
Y(4S)	25	6.1	30 000
Kontinuum	19	4.0	17 000
	176	46.0	354 000

Der ARGUS-Detektor erwies sich als sehr betriebssicher. Die registrierten Daten hatten durchweg hohe Qualität.

Um die bestmögliche Meßgenauigkeit zu erzielen, wurden die einzelnen Detektorkomponenten umfangreichen Kalibrationsprogrammen unterzogen. Folgende Werte für das Auflösungsvermögen wurden erreicht:

Kalibration

Driftkammer: Impulsauflösungsvermögen:

$$\frac{\sigma_p}{p} = \sqrt{(1.2\%)^2 + \left(1.0\% \frac{p}{\text{GeV}/c}\right)^2}$$

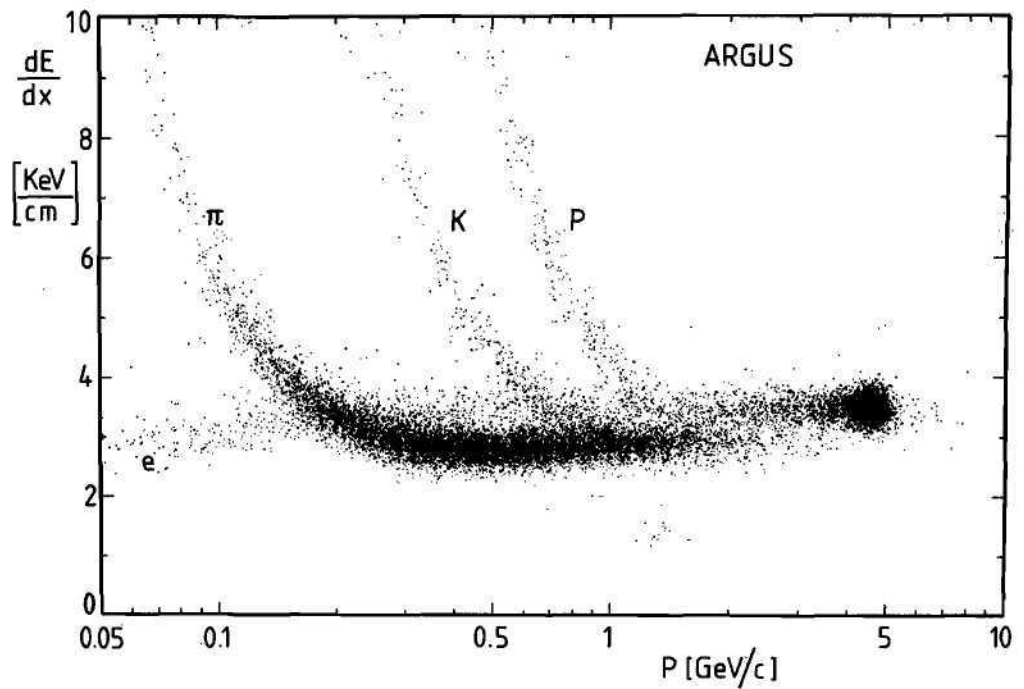


Abb. 6.2: Teilchenidentifizierung durch Messung von Energieverlust dE/dx und Impuls p mit der ARGUS-Driftkammer.

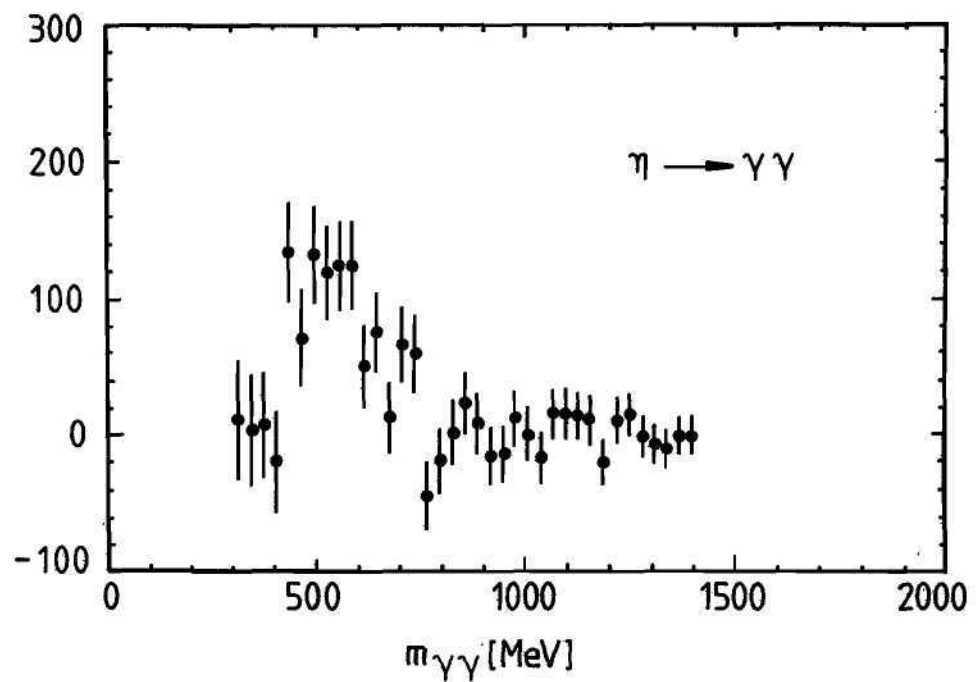


Abb. 6.3: Das η -Signal, gemessen mit den ARGUS-Schauerzählern.

Energieverlust, Meßgenauigkeit:

$$\sigma \left(\frac{dE}{dx} \right) = 4.2 \%$$

Schauerzähler: Energieauflösungsvermögen:

$$\frac{\sigma_E}{E} = \sqrt{(8\%)^2 + (8\%)^2} \frac{\text{GeV}}{E}$$

Flugzeitzähler: Zeitauflösung:

$$\sigma_t = 220 \text{ psec}$$

Myonkammern: Nachweiswahrscheinlichkeit:

$$\eta \geq 99 \%$$

Diese Werte zeigen, daß der ARGUS-Detektor zur Zeit unübertroffen gute Nachweiseigenschaften zur Messung geladener Spuren besitzt. Gleichzeitig werden neutrale Teilchen mit guter Genauigkeit nachgewiesen.

Für Experimente im Y-Bereich ist gute Teilchenidentifikation besonders wichtig. Abb. 6.2 zeigt Bänder, in denen Spuren geladener Teilchen durch Messung des Energieverlustes in der Driftkammer identifiziert werden können. Darüberhinaus liefert auch das Flugzeitsystem eine ebenso gute Teilchenidentifikation. Die neutralen π - und η -Mesonen können mit Hilfe der Schauerzähler nachgewiesen werden, wie in Abb. 6.3 gezeigt wird.

Erste Ergebnisse der Datenauswertung konnten schon nach kurzer Meßzeit erzielt werden. Allerdings handelt es sich hier um die Auswertung besonders häufig auftretender Reaktionen. Für zahlreiche Reaktionen konnten vorläufige Ergebnisse angegeben werden. Hier müssen jedoch noch mehr Daten gesammelt werden.

Ergebnisse

Das erste Ergebnis war eine genaue Bestimmung der Masse der Y' -Resonanz. Diese Messung wurde in Zusammenarbeit mit der DORIS-Maschinengruppe und der Crystal Ball-Kollaboration durchgeführt. Die Energie der im Speicherring umlaufenden Elektronen wurde über die Spin-Depolarisations-Methode äußerst genau vermessen. Abb. 6.4 zeigt die im ARGUS-Detektor beobachtete Y' -Resonanzkurve als Funktion der Strahlenenergie. Aus der Resonanzkurve ergibt sich die Y' -Masse zu

Y' -Masse

$$M_{Y'} = (10023.1 \pm 0.4) \text{ MeV}$$

Ein weiteres Ergebnis lieferte die Untersuchung der Reaktion $Y' \rightarrow \pi^+ \pi^- Y$. Dies ist eine der wenigen Reaktionen, die durch die Theorie der starken Wechselwirkung (QCD) berechnet werden kann. Die klare Linie in Abb. 6.5 zeigt, daß diese Reaktion sicher isoliert werden kann. Das eigentlich interessante physikalische Resultat liegt in der gemessenen Verteilung der invarianten Massen $M_{\pi\pi}$ der $\pi^+ \pi^-$ -Paare, dargestellt in Abb. 6.6. Hier wird die gemessene Verteilung verglichen mit der entsprechenden Verteilung für die Reaktion $\psi' \rightarrow \pi^+ \pi^- J/\psi$.

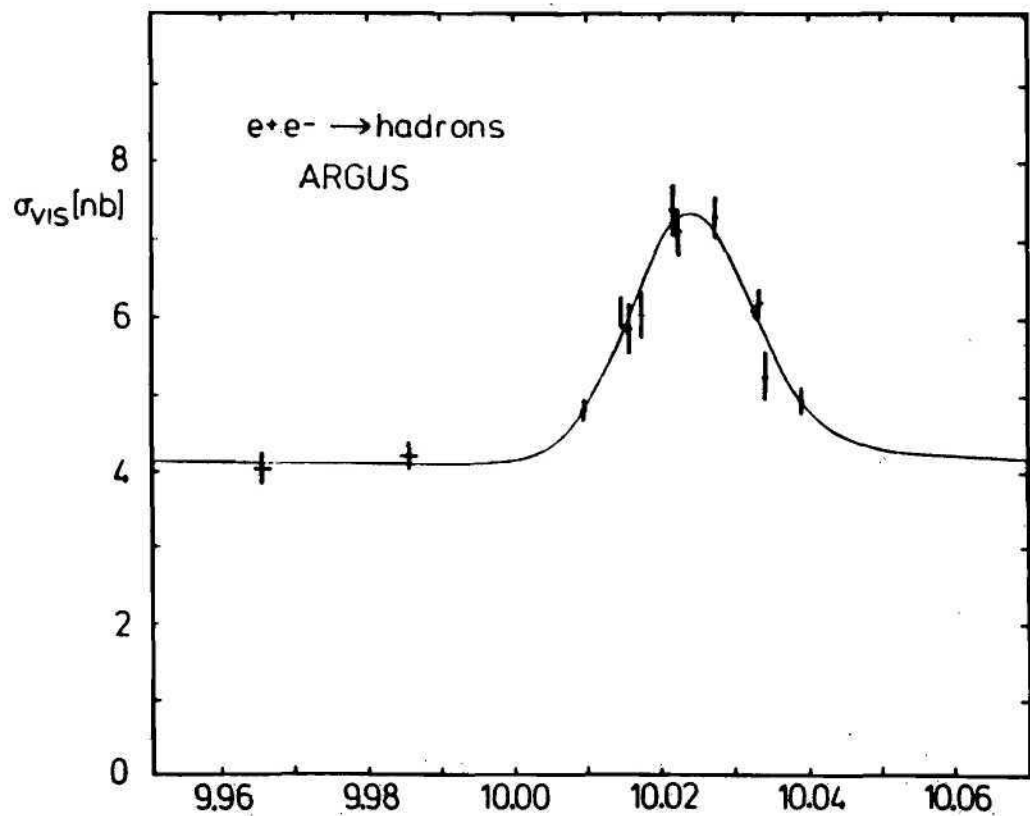


Abb. 6.4: Die Y' -Resonanz als Funktion der DORIS-Schwerpunktenergie $\sqrt{s}$.

Die unterschiedliche Form beider Verteilungen konnten Novikov und Shifman auf die „laufende“ Kopplungskonstante α_s der starken Wechselwirkung zurückführen. Im Rahmen der QCD ist die Kopplungskonstante α_s im Y -System etwas kleiner als im Ψ -System. Dieses Resultat stellt eine wichtige quantitative Bestätigung dieses Aspektes der QCD dar.

Vorläufige Ergebnisse wurden auf den Gebieten der Y -Spektroskopie, der Charm-Produktion und der Beauty-Mesonen erzielt.

Zur Suche nach den P -Zuständen des Y -Systems wurde die Reaktion $Y' \rightarrow \gamma^3P_{0,1,2}$ studiert. Um die hohe γ -Energieauflösung zu erhalten, die erforderlich ist, um die P -Zustände aufzulösen, wurden Ereignisse ausgewertet, bei denen ein γ -Quant in ein e^+e^- -Paar konvertiert. Abb. 6.7 zeigt ein solches Ereignis. Das so erhaltene γ -Spektrum (Abb. 6.8) zeigt mit zwei Linien und der Andeutung einer dritten Linie Evidenz für die P -Zustände. Für ein endgültiges, statistisch signifikantes Ergebnis sind noch weitere Meßdaten erforderlich. Es konnte hierdurch aber schon gezeigt werden, daß der ARGUS-Detektor zur Beobachtung der P -Zustände geeignet ist.

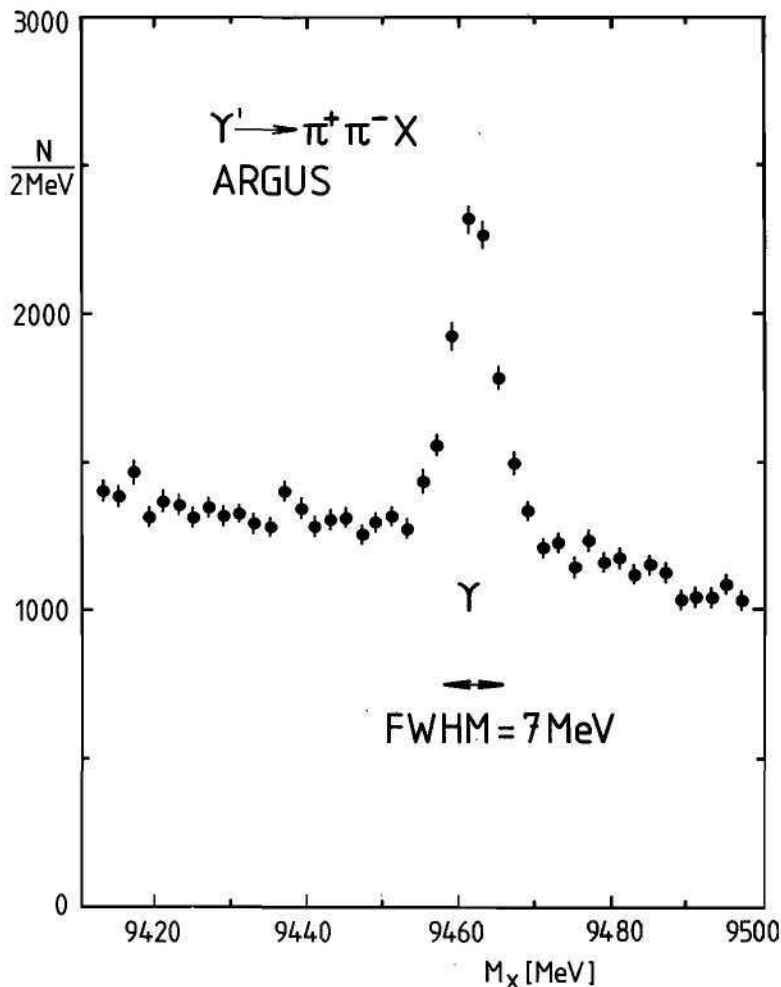


Abb. 6.5: Die Verteilung der Rückstoßmassen M_X zeigt eine klare Linie für die Reaktion $\gamma' \rightarrow \gamma \pi \pi$.

Die Untersuchung der Charm-Produktion liefert den direktesten Aufschluß über den noch wenig bekannten Mechanismus der Quark-Fragmentation, denn die ursprünglich bei der e^+e^- -Vernichtung gebildeten c-Quarks finden sich in den experimentell beobachteten D- und F-Mesonen wieder, wie Abb. 6.9 zeigt.

Das experimentelle Problem besteht darin, die Zerfallsprodukte der Charm-Mesonen aus dem Jet von gleichzeitig gebildeten Mesonen herauszusuchen. Am besten untersucht man daher solche Zerfallsreaktionen, bei denen sich eine besondere Signatur zur Identifikation ausnutzen läßt. Bei der Reaktion $D^* \rightarrow \pi D(\rightarrow KW)$ liefert die Massendifferenz zwischen D^{*-} und D-Mesonen diese Signatur (Abb. 6.10) und für die Reaktion $F \rightarrow \Phi W$ das Φ -Signal (Abb. 6.11).

Vorerst wurden nur die geladenen Zerfallsmoden des virtuellen W-Bosons, $W^+ \rightarrow \pi^+$ und $W^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$, herangezogen. Die so erhaltenen Massenspektren für D- und F-Mesonen sind in Abb. 6.12 und 6.13 dargestellt.

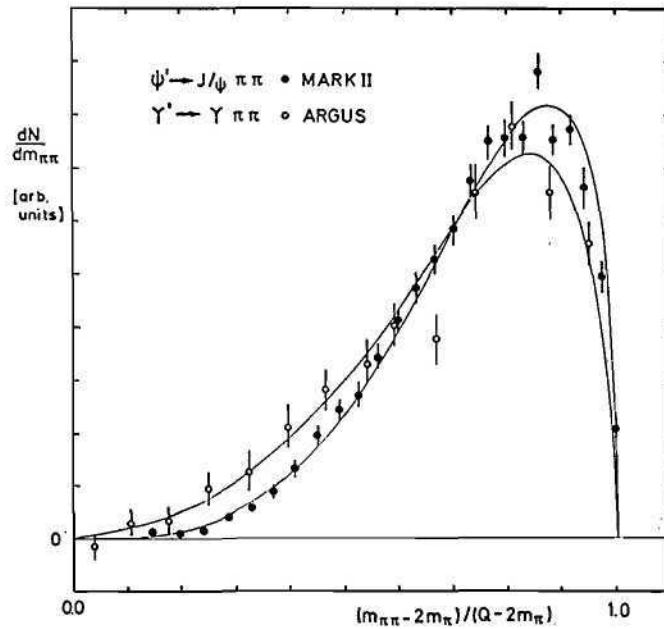


Abb. 6.6: Die Verteilung der invarianten Masse $m_{\pi\pi}$ der $\pi^+\pi^-$ -Paare aus den Reaktionen $\psi' \rightarrow J/\psi \pi\pi$ und $Y' \rightarrow Y \pi\pi$. Die eingezeichneten theoretischen Kurven sind eine wichtige Bestätigung für die laufende Kopplungskonstante in QCD.

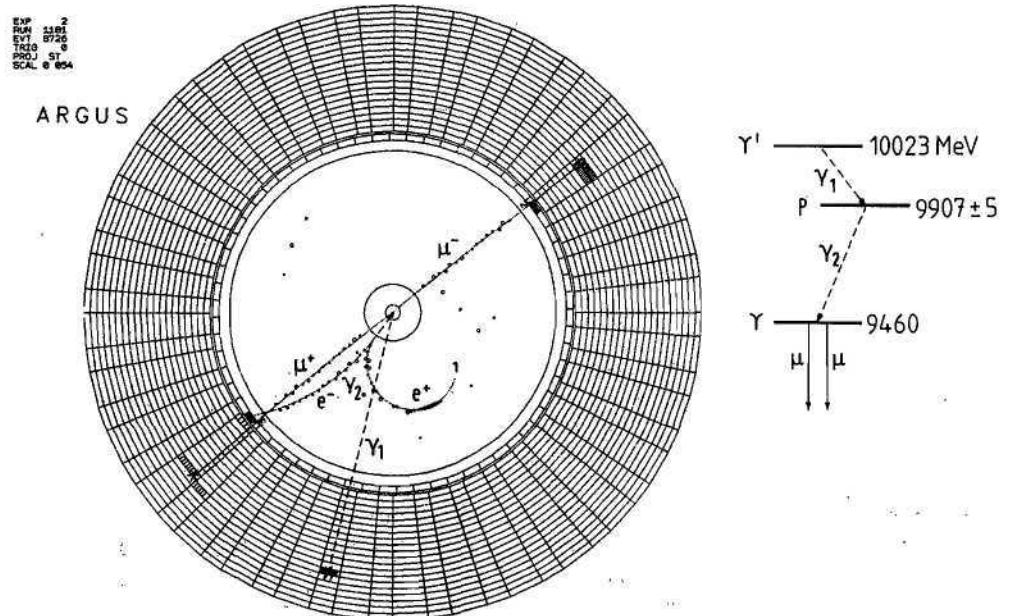
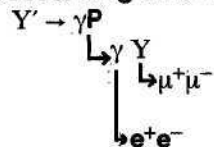


Abb. 6.7: Beobachtung eines Kaskadenzerfallsereignisses



Evidenz für P-Zustände im Y-System.

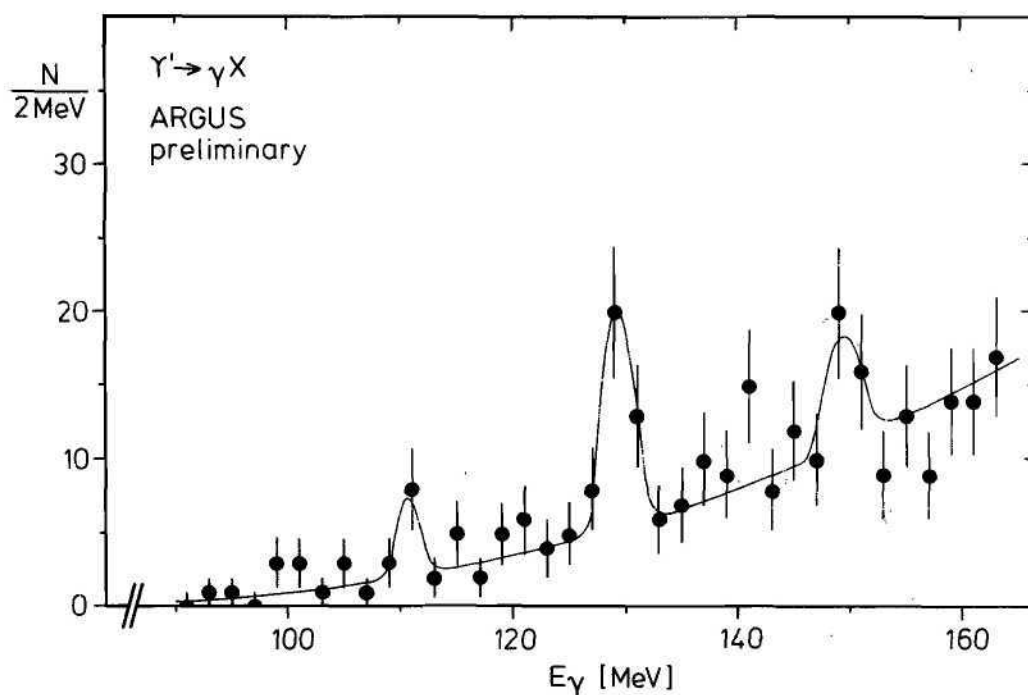


Abb. 6.8: Erste Andeutung von drei γ -Linien als Anzeichen für drei P-Zustände im Y-System.

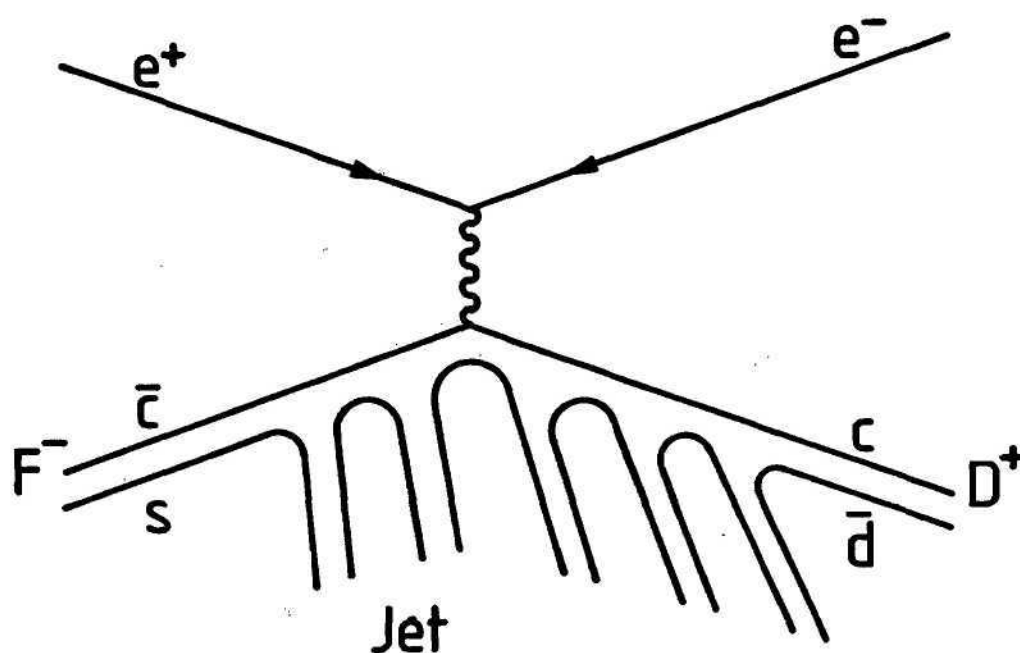


Abb. 6.9: Quarkdiagramm für die Produktion von Charm-Mesonen in e^+e^- -Reaktionen.

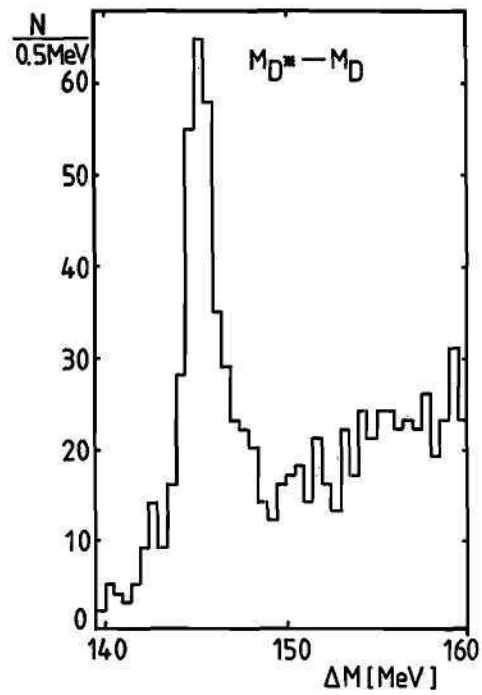


Abb. 6.10: Die Massendifferenz von D^* - und D -Mesonen als Signatur für D -Produktion.

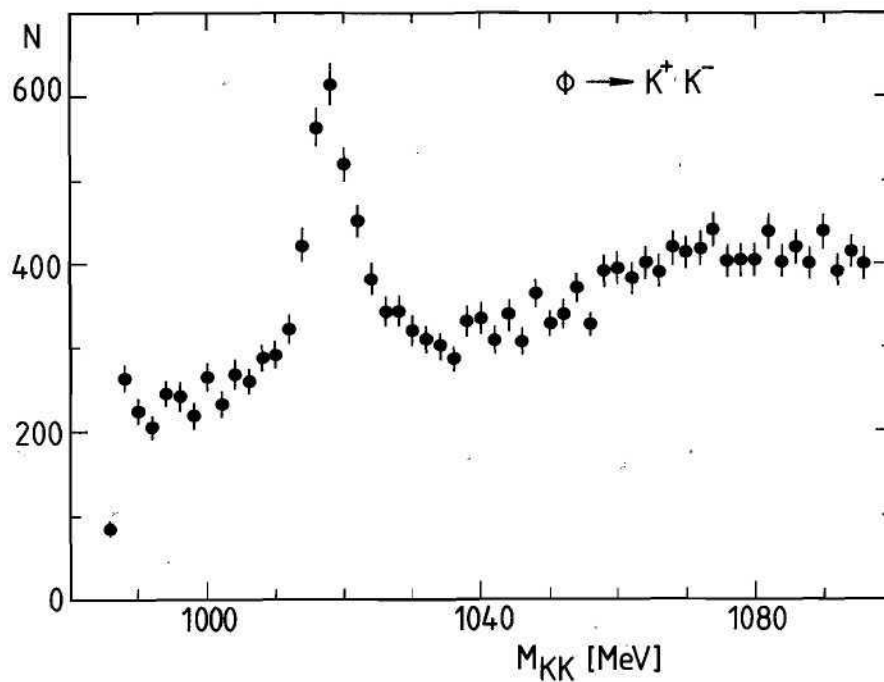


Abb. 6.11: Das Signal der Reaktion $\Phi \rightarrow K^+ K^-$ als Signatur für F -Produktion.

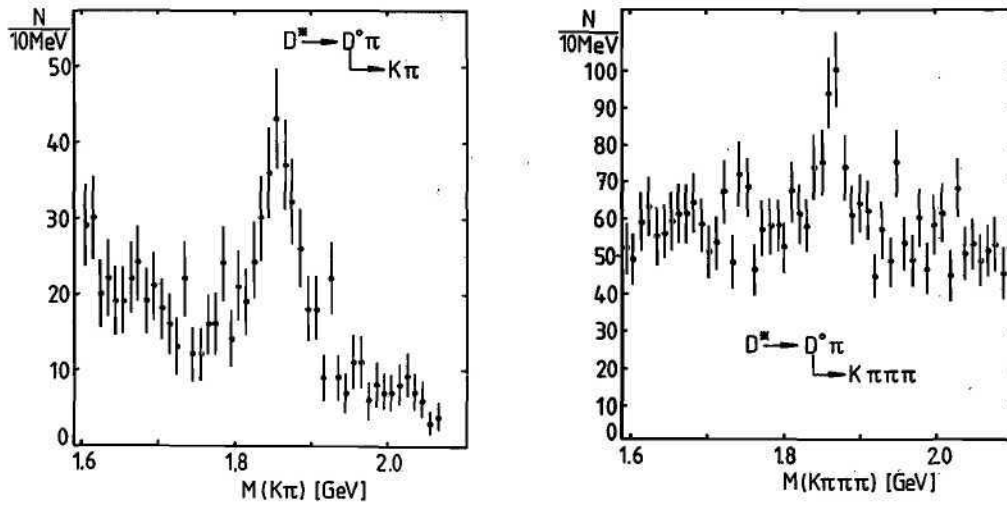


Abb. 6.12: Bei einer Masse von 1.86 GeV erscheint das Signal für D-Produktion in den Kanälen $D^0 \rightarrow K\pi$ und $D^0 \rightarrow K\pi\pi\pi$.

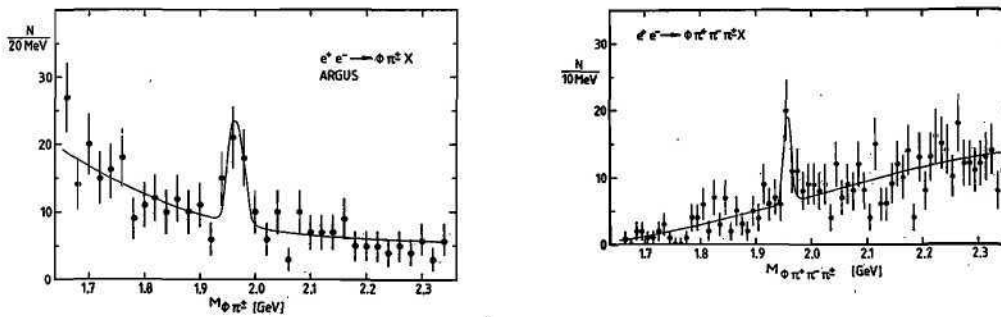


Abb. 6.13: Das Signal für F-Produktion wurde bei einer Masse von 1.97 GeV beobachtet in den Kanälen $F \rightarrow \Phi\pi$ und $F \rightarrow \Phi\pi\pi\pi$.

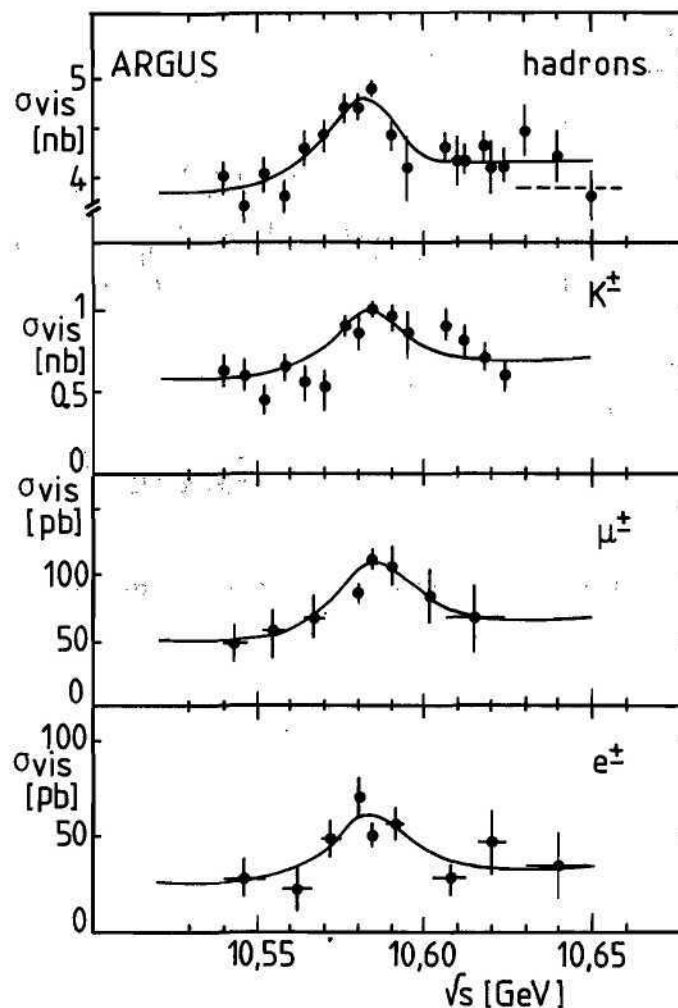


Abb. 6.14: Erste Beobachtung der $Y(4S)$ -Resonanz bei DORIS. Die erhöhte Produktion von K-Mesonen, Myonen und Elektronen wird durch die schwache Wechselwirkung der B-Mesonen hervorgerufen, in die die $Y(4S)$ -Resonanz zerfällt.

Bemerkenswert ist der für die Masse des F-Mesons gefundene Wert von $M_F = 1970 \text{ MeV}$. Dieser Wert weicht von dem früher in der Literatur angegebenen Wert ab, ist jedoch mit einem kürzlich in Cornell erhaltenen Ergebnis sowie mit Messungen der TASSO-Kollaboration an PETRA in Übereinstimmung.

B-Mesonen entstehen durch den Zerfall der $Y(4S)$ -Resonanz. Sie sind stabil gegenüber der starken Wechselwirkung und zerfallen nur durch schwache Wechselwirkung. Die B-Zerfälle erlauben die Untersuchung von wesentlichen Parametern der schwachen Wechselwirkung, die auf andere Weise nicht experimentell beobachtet werden können.

Diese Parameter können im Rahmen der gegenwärtigen Standardtheorie nicht berechnet werden. Sie könnten aber einen Schlüssel zu einer weiterführenden Theorie darstellen. Deshalb besteht an ihrer Messung besonderes Interesse.

EXP 2
 RUN 3958
 EVT 3219
 TRIG 0
 PROJ RZ
 LOCAL 0.068

ARGUS

Nr	P	D	Z0
1	-1.365	0.120	-0.010
2	-0.494	0.080	-0.566
3	0.670	0.027	-0.443
4	2.081	0.135	-0.097
5	-0.346	0.134	-0.374
6	0.487	0.050	1.234
7	-1.408	0.020	-0.550
8	0.633	0.154	-0.483
9	0.463	0.150	-0.374
10	-1.219	0.261	1.442

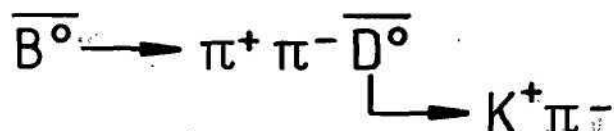
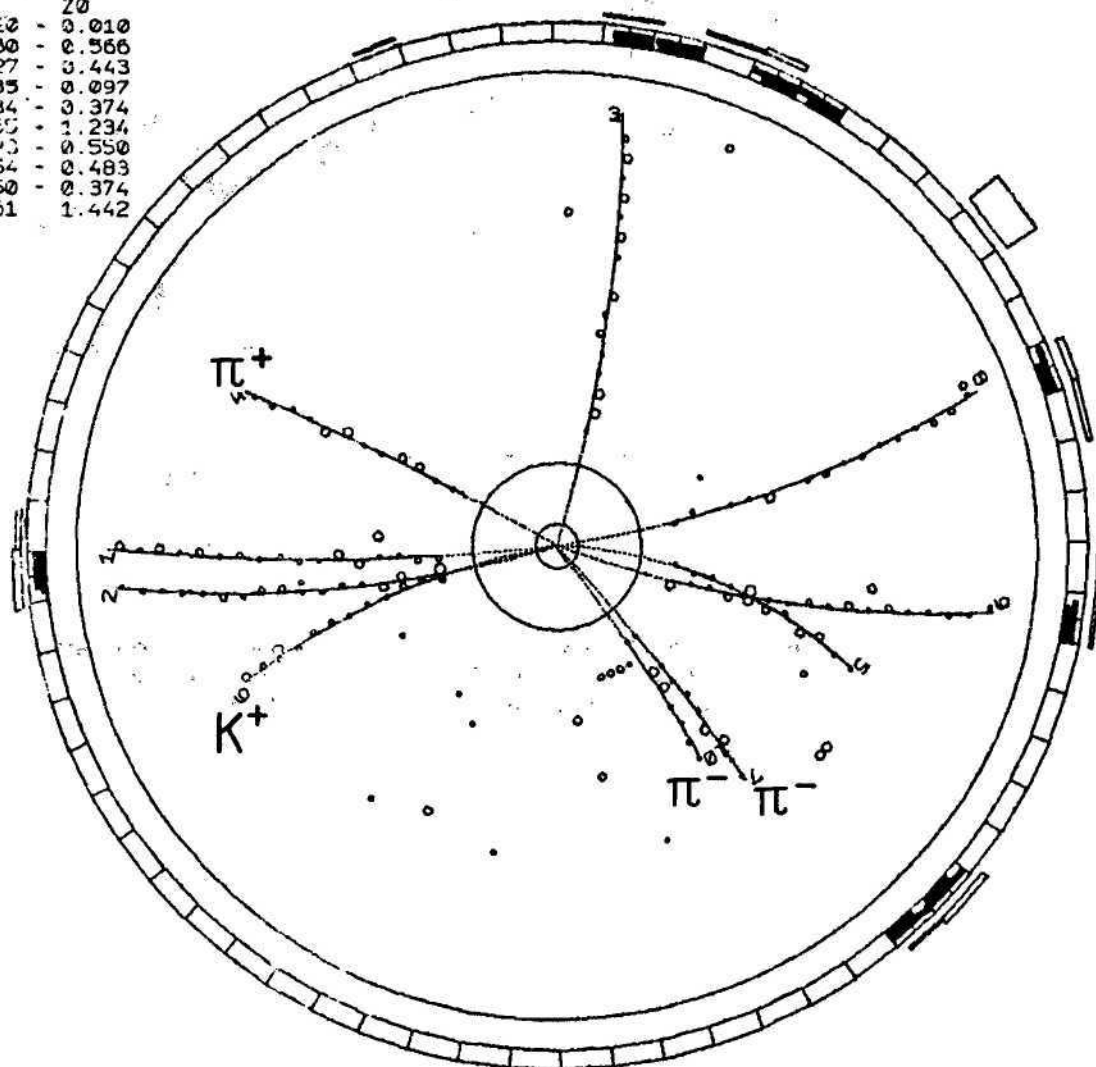


Abb. 6.15: Beispiel für ein mit ARGUS vollständig rekonstruiertes $\overline{B^0}$ -Meson.

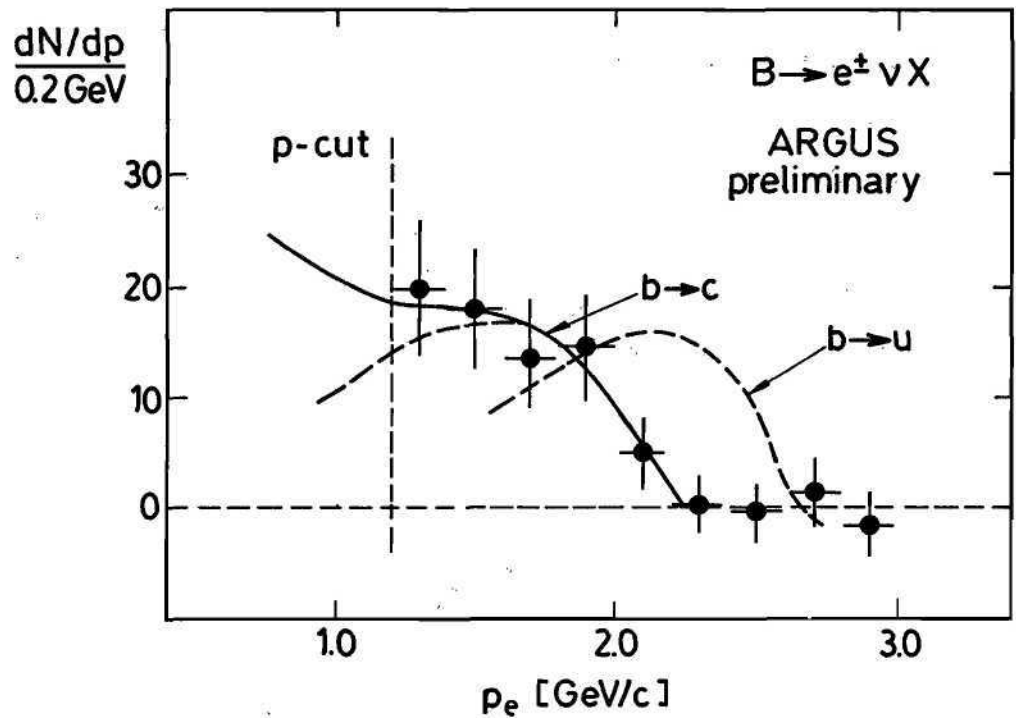


Abb. 6.16: Vorläufiges Ergebnis für das Elektronenspektrum, erzeugt durch die schwache Wechselwirkung der B-Mesonen. Aus diesem Spektrum soll die Übergangswahrscheinlichkeit für das b-Quark in das u-Quark bestimmt werden.

Um die $Y(4S)$ -Resonanz produzieren zu können, war die Maximalenergie von DORIS im Rahmen des DORIS II-Umbaus erhöht worden. Ein vierwöchiger Probelauf im Oktober 1983 sollte darüber Aufschluß geben, ob DORIS II und der ARGUS-Detektor bei der $Y(4S)$ -Energie zuverlässig betrieben werden können. Dieser Test verlief erfolgreich. Die $Y(4S)$ -Resonanz tritt in zahlreichen Meßgrößen ausgeprägt in Erscheinung, wie Abb. 6.14 zeigt. Ein Beispiel für ein vollständig rekonstruiertes B-Mesonen-Zerfallsereignis zeigt Abb. 6.15. Das inklusive Elektronen-Impulsspektrum, aus dem einer der noch unbekannten Parameter der schwachen Wechselwirkung extrahiert werden kann, ist in Abb. 6.16 dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das ARGUS-Experiment ein erfolgversprechendes Anfangsjahr gehabt hat.

Apparative Verbesserungen

Um geladene Spuren möglichst nahe an ihrem Entstehungsort beobachten zu können, wurde eine Vertexkammer gebaut, die das Strahlrohr umgeben wird. Diese Driftkammer besitzt eine besonders hohe Meßgenauigkeit. Eine Ortsauflösung von $80\ \mu$ wurde bisher erreicht. Die Kammer wurde bei DESY getestet und ist zum Einbau in den Detektor bereit. Ein Höhenstrahlungseignis, registriert von der Vertexkammer, ist in Abb. 6.17 dargestellt. Gleichzeitig wurde ein besonders dünnes Strahlrohr gebaut. Damit die Genauigkeit der Vertexkammer voll ausgenutzt werden kann, darf die Bahn der Teilchen beim Durchtritt durch das Vakuumrohr möglichst wenig abgelenkt werden. Das Strahlrohr wurde auf eine neuartige Weise hergestellt: Es besteht aus einer 0.1 mm dicken Aluminium-Innenwand, umgeben von einer 1 mm dicken Kohlefiber-Epoxydharz-Schicht. Es wurde erfolgreich getestet und steht zum Einbau bereit.

VERTEX DRIFT CHAMBER
RUN #2000
EVENT #31

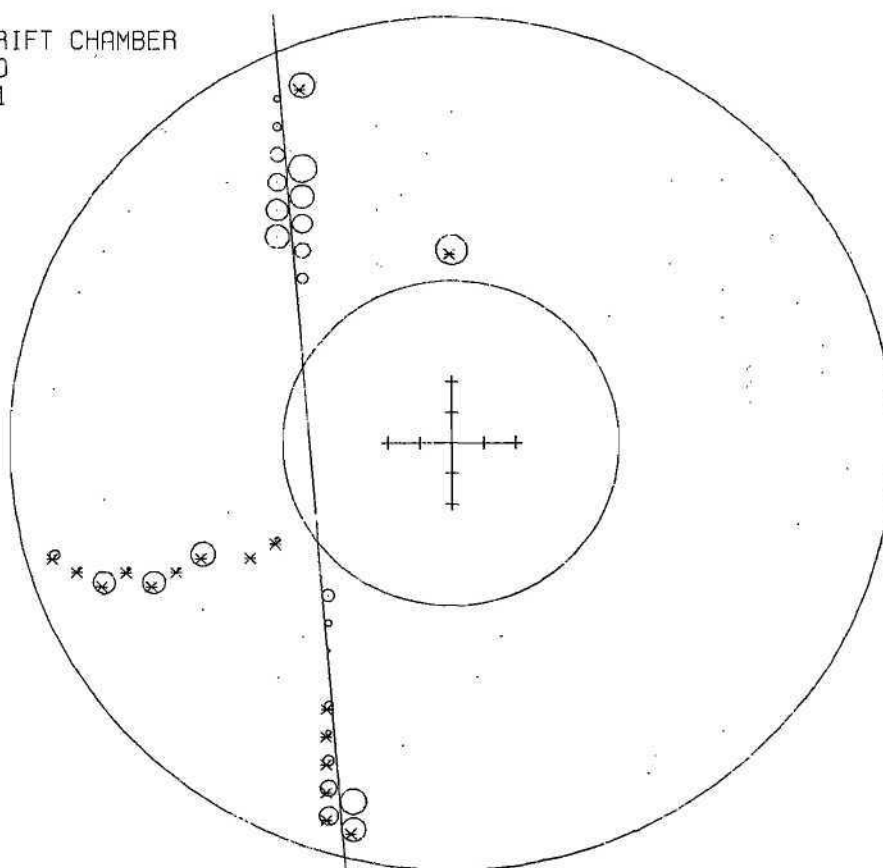


Abb. 6.17: Höhenstrahlungseignis, registriert mit der kürzlich fertiggestellten Vertexkammer.

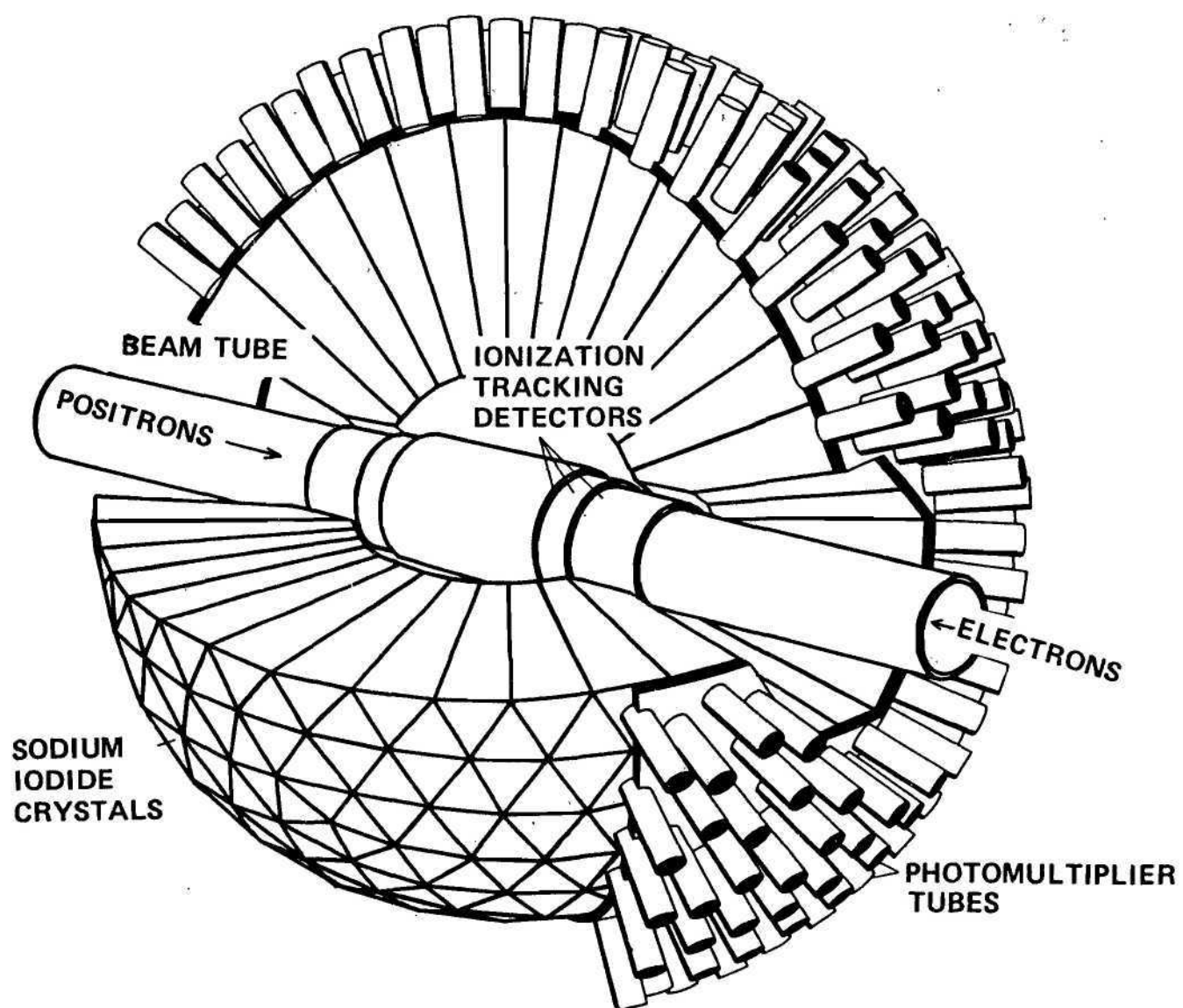


Abb. 7.1: Schnitt durch den Crystal Ball-Detektor.

Crystal Ball-Kollaboration

Beteiligte Institute: CALTECH Pasadena, Univ. Cape Town, Carnegie-Mellon Univ., DESY, Univ. Erlangen, Univ. und INFN Firenze, Univ. Hamburg, Harvard Univ., Inst. for Nucl. Phys. Cracow, Univ. und NIKHEF Nijmegen, Princeton Univ., SLAC und Univ. Stanford, Univ. Würzburg.

Datennahme

Der Crystal Ball-Detektor war im ganzen Jahr 1983 am e^+e^- -Speicherring DORIS II für Experimente an den Teilchen der Y -Familie eingesetzt. Die 1982 begonnenen Messungen zur Beobachtung der 1^3P_J ($J = 0,1,2$)-Zustände durch γ -Übergänge vom $Y(2S)$ wurden fortgesetzt. Tab. 7.1 schlüsselt die gesamte Meßzeit von 197 Tagen auf die einzelnen Meßperioden sowie die dabei eingestellten Energien des Speicherringes auf. Abb. 7.2 zeigt die vom Detektor genommene Luminosität pro Woche. Die Angabe der pro Woche gesammelten Luminosität ist eine sinnvolle Größe, da dann über die Zeit für die Energie-Eichung des Crystal Ball-Detektors, die jede zweite Woche ca. 8 Stunden erfordert, sowie kurze Zugänge und Neueinstellungen der Maschine gemittelt wird.

Im Rahmen des $Y(2S)$ -Programms liegen nunmehr ca. 118 000 $Y(2S)$ -Zerfälle (Wirkungsquerschnitt für Resonanzerzeugung 3 nb), für Untergrunduntersuchungen ca. 94 000 $Y(1S)$ -Zerfälle (Wirkungsquerschnitt 8.8 nb) und 16 000 Kontinuumsereignisse (Wirkungsquerschnitt 3.5 nb) vor. Etwa 7 % der gesamten genommenen Luminosität wurden für Scans, etwa 20 Stunden für Messungen mit separierten oder Einzelstrahlen benötigt.

Eine Luminosität von 2700 nb^{-1} wurde benötigt zur Absolutmessung der Masse der $Y(2S)$ -Resonanz. Im Rahmen der Tests für das von der ARGUS-Kollaboration vorgeschlagene $Y(4S)$ -Programm hat der Crystal Ball-Detektor eine Luminosität von 3500 nb^{-1} genommen.

Eigenschaften und Verbesserungen des Detektors

Der Crystal Ball-Detektor (Abb. 7.1) ist spezialisiert auf die präzise Messung der Photonenenergie mit hoher Nachweiswahrscheinlichkeit über den gesamten Raumwinkel. Seine Komponenten sind: der Natriumjodid-Schauerdetektor, der Spurendetektor, die Flugzeitzähler und der Luminositätsmonitor. Angaben über die Komponenten wurden im Jahresbericht 1982 gegeben. Im folgenden werden die Ergebnisse des Monitorings sowie Verbesserungen am Detektor beschrieben.

Die wesentlichste Eigenschaft des Crystal Ball-Detektors ist seine Energieauflösung. Abb. 7.3 zeigt die Abhängigkeit der Energieauflösung von der Energie der primären γ -Strahlung beziehungsweise der Elektronen aus der Bhabha-Streuung. Man erkennt, daß sich die Energieauflösung nach wie vor wie

Natriumjodid-Schauerdetektor

$$\sigma_E/E = 2.6\% / \sqrt{E/\text{GeV}}$$

verhält. Die zeitliche Konstanz der Energieauflösung (genauer: Der Beweis, daß sie sich im Mittel nicht verschlechtert hat) ist aus Abb. 7.4 ersichtlich. (Die hohen Werte im Oktober 1982 waren bedingt durch Probleme der Elektronik, die so gefunden werden konnten). Die Tatsache, daß sich die Energieauflösung im Mittel nicht verschlechtert hat, darf andererseits nicht darüber hinwegtäuschen, daß einige Zonen des Detektors besonders strahlengefährdet sind und besonderer Vorsorge bedürfen.

Tab. 7.1: Meßperioden und genommene Luminositäten des Crystal Ball-Experimentes.

Meß- periode	Zeit- periode	Meß- programm	Ldt in nb ⁻¹				
			Y(2S)	Y(1S)	CONT	Y(4S)	SCANS ...
1982 Aug.		Y(1S) SCAN ON		190			450
Herbst	23. Okt. – 13. Dez.	Y(1S) SCAN Y(2S) SCAN ON	4 488				107 389
1983 Winter	21. Feb. – 31. März	Y(2S) SCAN ON	10 155				325
Früh- ling	5. April – 16. Mai	CONT (9.980) Y(2S) ON Y(1S) SCAN ON SCAN ON Y(2S) SCAN ON	1 586 1 073	2 589 2 122	2 802		216 296
Sommer	8. Juni – 25. Juli	Y(2S) SCAN ON SCAN ON Y(1S) SCAN ON Y(4S) TEST CONT TESTS (9.980) SPECI SCAN CONT (9.980)	5 668 3 430	3 666	1 392 379		204 420 554 95 – 2 764
Herbst	5. Sept. – 28. Nov.	schlechte Daten Y(1S) SCAN ON Y(4S) SCAN ON Y(2S) ON	12 852	2 160		3 508	– 307 469
Summe (gesamt)			39 252	10 727	4 573	3 508	4 031 +2 764

Natriumjodid (Thallium)-Kristalle wurden als Detektormaterial wegen der sehr guten Eigenschaften zur Messung von γ -Energien verwendet. Dem stehen zwei Eigenschaften gegenüber, die den Bau und Betrieb eines solchen Detektors schwierig und aufwendig machen: Erstens: Natriumjodid ist hygroskopisch; der Detektor muß in trockener Atmosphäre gehalten werden. Zweitens: Natriumjodid ist strahlenempfindlich; der Crystal Ball muß vor hohem Strahlenuntergrund geschützt werden.

Zum Schutz des Natriumjodidzählers vor Feuchtigkeit befindet sich der gesamte Crystal Ball in einem Trockenhaus. Zudem ist das eigentliche Natriumjodid, das sich in Halbkugeln befindet, in diesen Halbkugeln unter vermindertem Druck, Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Druck in diesen Halbkugeln werden unter Mitarbeit der DESY-Kontrolltechniker ständig überwacht.

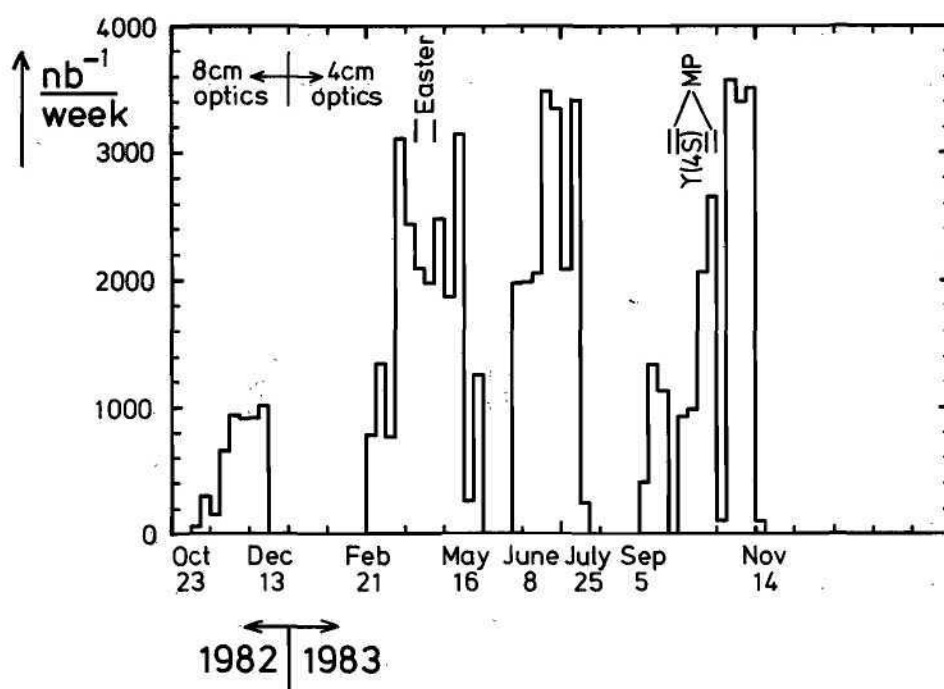


Abb. 7.2: Mit dem Crystal Ball-Detektor in den Jahren 1982 und 1983 aufgenommene Luminosität ($nb^{-1}/Woche$).

Resolution - in % (FWHM)

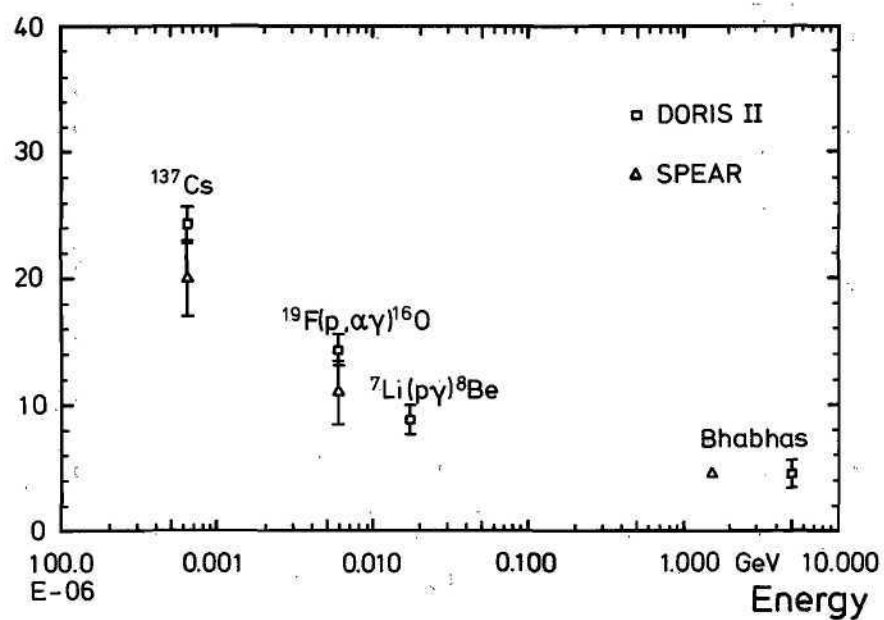


Abb. 7.3: γ -Energieauflösung des Crystal Ball-Detektors.

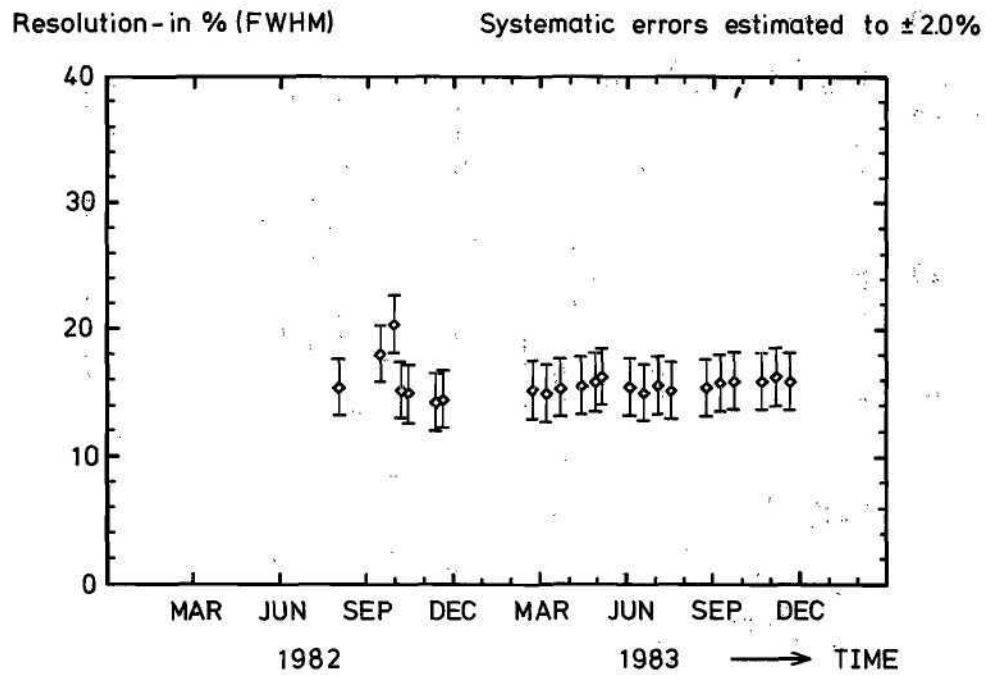


Abb. 7.4: Breite der 6MeV- γ -Linie (gemessen mit dem Crystal Ball-Detektor) in Abhängigkeit von der Zeit.

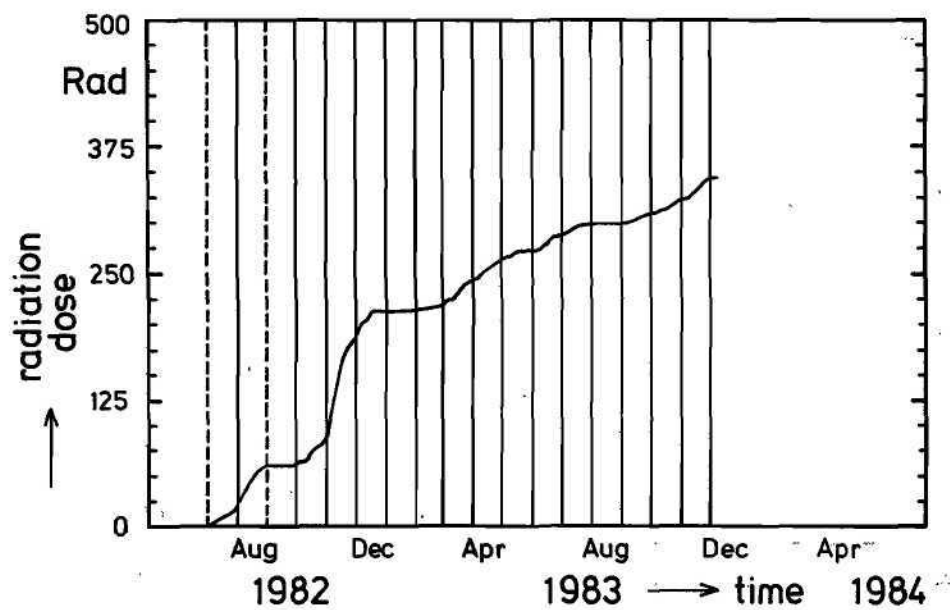


Abb. 7.5: Die Strahlendosis des Crystal Ball-Detektors an DORIS.

Das Trockenhaus und der Trockner der Firma Munters hielten die Temperatur auf $+20^{\circ}\text{C}$ und den Taupunkt auf -60°C während des ganzen Berichtszeitraums mit großer Zuverlässigkeit konstant (ständige Wartung durch die zuständige Gruppe des Bereichs Maschine). Für Notfälle gibt es eine dreifache Sicherheit: Zunächst hat der Munters-Trockner selbst einen Notbetrieb. Dann steht der Trockner, der bei SLAC und während des Transports die Versorgung mit Trockenluft vorgenommen hatte, als Reserve zur Verfügung. Er mußte während des ganzen Jahres 1983 nicht eingesetzt werden, wurde aber öfters getestet. Schließlich kann im größten Notfall das Trockenhaus mit trockenem Stickstoff geflutet werden. Ein solcher Einsatz war noch nicht nötig. Er wurde jedoch mehrmals geübt, insbesondere um die unbedingt erforderliche Personensicherheit zu gewährleisten. Das einzige Problem, das im Jahr 1983 bei den Schutzmaßnahmen gegen Feuchtigkeit für den Crystal Ball auftrat, war ein Vakuumleck in der oberen Halbkugel. Die Lecksuche war während des August-Shutdowns erfolgreich. Die Epoxy-Dichtung eines Glasfensters für den Lichtaustritt in den Photomultiplier war undicht geworden. Das Leck konnte abgedichtet werden.

Die Strahlenbelastung des Crystal Ball-Detektors ist eine ständige Sorge. Dank umfangreicher Schutzmaßnahmen im Jahr 1983 konnte sie auf das Niveau einer Strahlung von ca. 0.4 Rad/Tag , das sie während der Meßzeiten bei SPEAR in Stanford/USA hatte, heruntergedrückt werden. Abb. 7.5 zeigt die integrierte Strahlendosis des Crystal Ball-Detektors seit Installation bei DESY. Die Strahlenbelastungen betrugen:

Jahr	Dosis im Jahr	Dosis-Leistung
1982	215 Rad	1.2 Rad/Tag
1983	130 Rad	0.4 Rad/Tag

Die wesentliche Verbesserung im Jahr 1983 gegenüber dem Jahr 1982 wurde erreicht durch verringerten Strahlenuntergrund bei Maschinenbetrieb aufgrund der Erfahrungen der DO-RIS-Maschinengruppe sowie durch eine Reihe von neuen Schutzmaßnahmen. Die Wirkung der Schutzmaßnahmen wurde durch wesentlich verbesserte Meßgeräte zur Messung des momentanen Strahlenuntergrunds (und nicht nur der langfristig integrierten Strahlendosen) durch die TLD's erreicht.

Die Schutzmaßnahmen waren im einzelnen (durchgeführt in Zusammenarbeit mit der zuständigen Gruppe des Bereichs Maschine):

- Verstärkung der lokalen Dauerabschirmung. Hier konnten gezielte Maßnahmen nach Messung der Quellen des Strahlenuntergrundes vorgenommen werden.
- Bau einer Fernbedienung zur Öffnung der beiden Hemisphären des Crystal Ball-Detektors während der Injektion in den Speicherring.
- Bau einer Bleiabschirmung, die bei Problemen des Maschinenbetriebs ohne größeren Aufwand eingesetzt werden kann.
- Bau einer großen Bleiabschirmung („Super-lead“), die mit einem Arbeitsaufwand von acht Mann während zwei Stunden bei Maschinenstudien und beim HASYLAB-Betrieb eingebaut werden kann.

Die Wirkung der einzelnen Maßnahmen kann durch die sukzessive Verringerung des Strahlenuntergrunds beschrieben werden.

Maßnahme	Ball stets geschlossen	Ball bei Injektion geöffnet	Kleine Pb-Abschirmung	Super-Pb Abschirmung
Reduktionsfaktor (sukzessiv)	1	18	22	6

Die folgende Tabelle gibt die Anteile des Strahlenuntergrunds der einzelnen DORIS-Betriebsarten an:

Betriebsart	Gespeicherte Strahlen	Injektion	Maschinenprobleme	Maschinenphysik + HASYLAB
Strahlenuntergrund	75 %	17 %	4 %	4 %

Daraus ist zu ersehen, daß nach den beschriebenen Schutzmaßnahmen die meiste Strahlenbelastung von den gespeicherten Strahlen herrührt. Im Jahr 1982 kam der meiste Untergrund von der Injektion und von Maschinenproblemen.

Die Strahlenbelastung pro genommene Luminosität war:

Jahr	1982	1983
Strahlenbelastung/Luminosität	35	2.6 [Rad/pb ⁻¹]

Spurendetektor

Die innere Spurenkammer des Crystal Ball-Detektors besteht aus Driftröhren, die in drei Doppellagen angeordnet sind. Sie wurden ursprünglich mit „magischem Gas“ (65 % Argon, 30 % Isobutan, 4 % Methylal, 0,4 % Freon) betrieben. Insbesondere in den beiden inneren Lagen zeigten sich durch den Einfluß der Strahlung bald Alterungserscheinungen. An den Drähten lagerten sich Dissoziationsprodukte des organischen Gasgemisches ab. Diese beiden Kammern wurden deshalb Anfang Juni 1983 ausgewechselt. Sie werden jetzt mit einem anorganischen Gasgemisch (90 % Ar, 10 % CO₂) betrieben. Die neuen Kammern waren nach dem Einbau sofort betriebsbereit.

Gleichzeitig mit dem Altern traten auch Probleme mit der Gasversorgung, genauer gesagt, dem Gasmischsystem auf. Die Mischanlage für das magische Gas befand sich in der DORIS-Halle und war damit unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt. Dadurch kondensierte das Methylal bei Kälte aus. Die Nachweiswahrscheinlichkeit der Kammern war damit zeitabhängig geworden. Die größten Schwankungen konnten durch eine Verringerung des Gasdrucks in den Flaschen von 6 atm auf 4 atm behoben werden. Wirklich behoben wurde das Problem durch eine neue Gasmischanlage mit einer Fernleitung aus dem Haus der ARGUS-Gasmischanlage*. Zudem werden, wie oben bereits erwähnt, die beiden inneren Kammern jetzt mit anorganischem Gas betrieben. Die Ansprechwahrscheinlichkeit ist jetzt stabil.

* Zusammenarbeit mit der Gruppe „Kältetechnik und Gase“

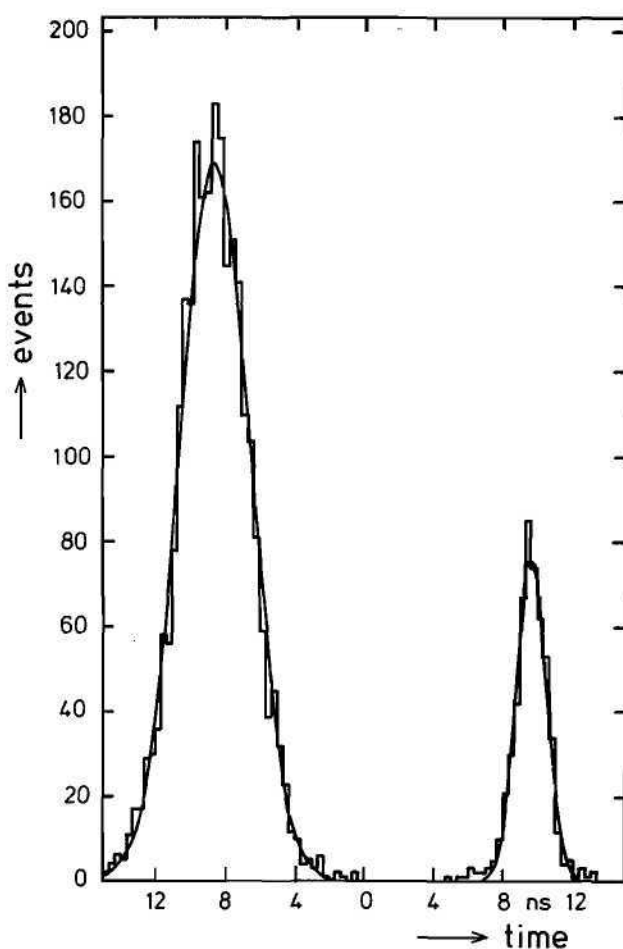


Abb. 7.6: Die Differenz der Ansprechzeit der Flugzeitzähler und der NaJ-Zähler: Die Myonen der kosmischen Strahlung treffen zuerst die Flugzeitzähler und dann den NaJ-Detektor. Bei den nach oben gehenden Myonen aus der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ ist es umgekehrt. Die kosmischen Myonen und die μ -Paare sind deutlich getrennt.

Um die Messung des Verzweungsverhältnisses der Y -Resonanzen in μ -Paare zu ermöglichen, wurde der Crystal Ball mit Szintillationszählern zur Messung der Flugzeit umgeben (überdeckter Raumwinkel ungefähr $50\% \times 4\pi$). Dadurch ist es möglich, den starken Untergrund von Myonen der kosmischen Strahlung von den seltenen μ -Paaren aus der e^+e^- -Vernichtung abzutrennen. Abb. 7.6 zeigt, daß eine Trennung der kosmischen Myonen von μ -Paaren sehr leicht möglich ist, wenn man die Differenz der Ansprechzeit zwischen den Flugzeitzählern und den NaJ-Zählern aufträgt.

Flugzeitzähler

Um eine schnelle und statistisch gute Messung der Luminosität des Speicherrings zu haben, wurde ein Luminositätsmonitor unter kleinen Winkeln ($\Theta = 6^\circ$ bis 10°) aufgestellt. Er besteht aus 2 identischen Monitoren, die jeweils aus 2 Teleskopen (Szintillationszähler zur Aperturbestimmung und nachfolgender Schauerzähler) in entgegengesetzten Richtungen aufgebaut sind. Die Zählrate für einen typischen Run ist 100 bis 200 Zählungen pro Minute. Dieses Signal wird auch in den DORIS-Kontrollraum gegeben. Zur genauen Messung werden jedoch die Bhabha-Ereignisse unter größeren Winkeln im Crystal Ball selbst verwendet. Deren statisti-

Luminositätsmonitor

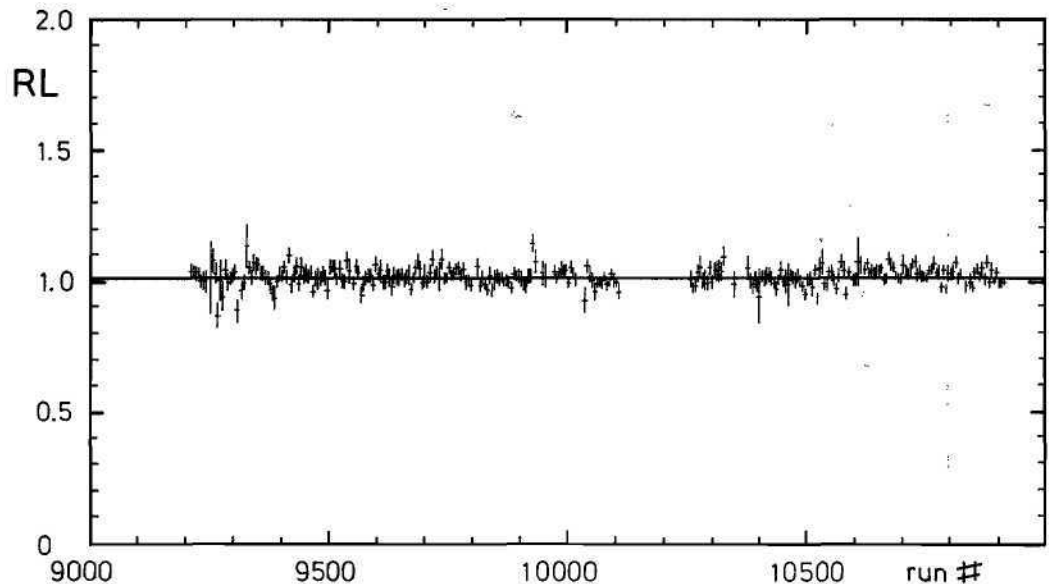


Abb. 7.7: Das Verhältnis $RL = SAB/LAB$ (Luminositätsmessung durch Klein-Winkel-Bhabha-Ereignisse/Luminositätsmessung durch Groß-Winkel-Bhabha-Ereignisse) in Abhängigkeit von der Run-Nummer. Man erkennt, daß die Luminositätsmessung keinen zeitlichen Drift hat.

sche Genauigkeit ist wohl kleiner, jedoch läßt sich die geometrische Akzeptanz besser und sicherer berechnen. Abb. 7.7 zeigt das Verhältnis RL von Luminositätsmessung durch Kleinwinkel-Bhabha-Ereignisse zur Luminositätsmessung durch Großwinkel-Bhabha-Ereignisse in Abhängigkeit von der Run-Nummer (die Runs stammen aus der ersten Hälfte 1983). Man erkennt, daß das Verhältnis zeitlich konstant ist ($RL = 1.016 \pm 0.001$), das heißt, die beiden Luminositätsmonitore haben keine zeitliche Drift.

Elektronik und Online-Rechner

Umfangreiche Arbeiten waren auch im Jahr 1983 am Online-System (PDP 11/55) nötig. Dabei wurden 3 Ziele verfolgt:

- Verringerung der Crash-Rate des Rechners von 1 Crash/h auf 1 Crash/Woche. Dazu wurden kritische Leitungen im Rechner auf Twisted-Pair-Kabel geändert. Viele der Karten des Rechners wurden im Rahmen des Kundendienstes ausgewechselt. Auf der Suche nach Ursachen der Rechnercrashes in der Software wurden Fehler in Drivers für die Plattenlaufwerke und für CAMAC gefunden und behoben.
- Die Auslesezeit wurde von 46 msec/Ereignis um 18 msec auf 28 msec/Ereignis reduziert. In einem ersten Schritt wurde die Auslesezeit von 46 auf 35 msec/Ereignis verringert. Dazu wurde der Branch Driver in „Arbola“ (dem CAMAC-Controller) so modifiziert, daß die Zugriffszeit auf CAMAC von 5 μ sec auf 2.5 μ sec pro Kanal reduziert wurde. Dabei wurden 2 Spezialfunktionen im CAMAC-Driver implementiert, so daß die Daten in einem Zug, das heißt mit einem Befehl, ausgelesen werden können. In einem zweiten Schritt zur Verringerung der Auslesezeit wurde die Abklingzeit der ADC-Steuerung von 5 μ sec auf 4.7 μ sec/Kanal reduziert, wodurch insgesamt 8 msec/Ereignis eingespart werden.

— Allgemeine Verbesserung des Online-Systems. Eine spezielle I/O-Funktion zum Auslesen der Rechner-Schalttafel wurde installiert. Die Programme des Graphik-Systems wurden vereinfacht. Farbgraphik für die Ereignisdarstellung wurde implementiert, sie erleichtert die Arbeit des Experimentfahrens erheblich. Die Programme der Online-Auswertung wurden von den Programmen der Datennahme entkoppelt. Die Datennahme kann jetzt nach einer Unterbrechung der Messungen wieder fortgesetzt werden. Das Datennahmesystem auf der IBM-Seite startet jetzt von selbst. Die Verlustrate der PDP-IBM-Verbindung wurde gemessen. Sie beträgt 2 verlorene Ereignisse pro 10^5 Ereignisse.

Die Überwachung der Elektronik wurde durch neue Testprogramme verbessert. Alle anfallenden Wartungsarbeiten konnten erledigt werden.

Physikalische Ergebnisse

Auf den Konferenzen im Sommer 1983 konnte über erste Ergebnisse der Messungen mit dem Crystal Ball-Detektor berichtet werden. Da bis zu diesem Zeitpunkt nur etwa ein Drittel der beantragten und genehmigten Daten genommen worden war, handelt es sich um vorläufige Ergebnisse.

Das wesentliche Ziel des Experiments ist es, die Spektroskopie des $(b\bar{b})$ -Quarkoniums (b = fünftes Quark, das Bottom-Quark) zu untersuchen. Abb. 7.8 zeigt das Niveauschema, wie man es in Analogie zum $(c\bar{c})$ -Quarkonium (c = viertes Quark, das Charm-Quark) und aufgrund der Theorie erwartet. Das $(b\bar{b})$ -Quarkonium liefert aus mehreren Gründen neue Informationen über die starke Quark-Antiquark-Wechselwirkung. Wegen der großen Masse der b -Quarks wird die starke Kraft bei kleineren Abständen getestet. Damit können Informationen über den Ursprung der spinabhängigen Kräfte gewonnen werden.

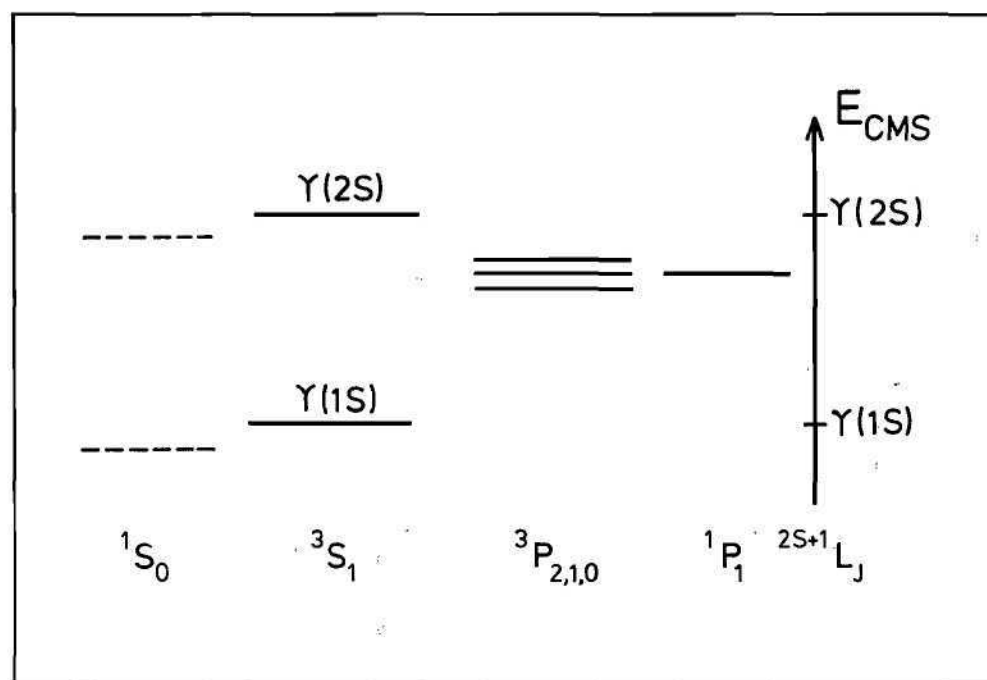


Abb. 7.8: Das Termschema des $(b\bar{b})$ -Quarkoniums. Die Niveaus entstehen durch Kombinationen der Spins der beiden Quarks untereinander und mit dem Bahndrehimpuls.

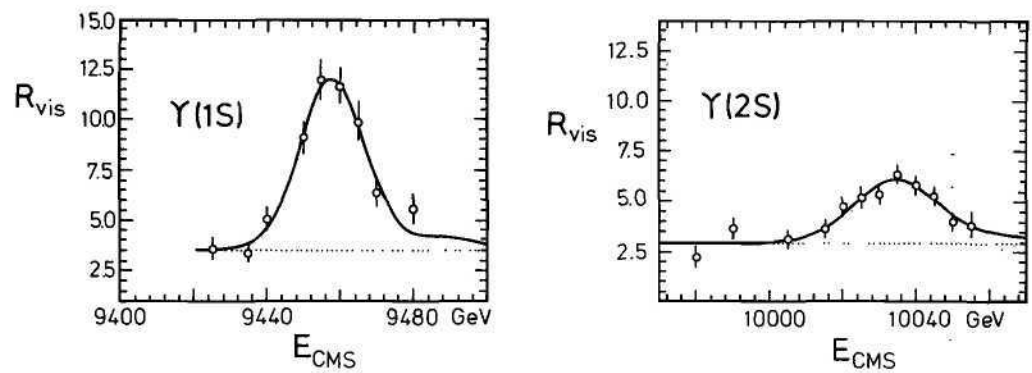


Abb. 7.9: Die Anregungskurven $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ der $Y(1S)$ - und $Y(2S)$ -Resonanzen, gemessen mit dem Crystal Ball-Detektor. Aufgetragen ist $R_{\text{vis}} = \sigma_{\text{vis}}(e^+e^- \rightarrow h)/\sigma_{\mu\mu}$ als Funktion der Schwerpunktsenergie.

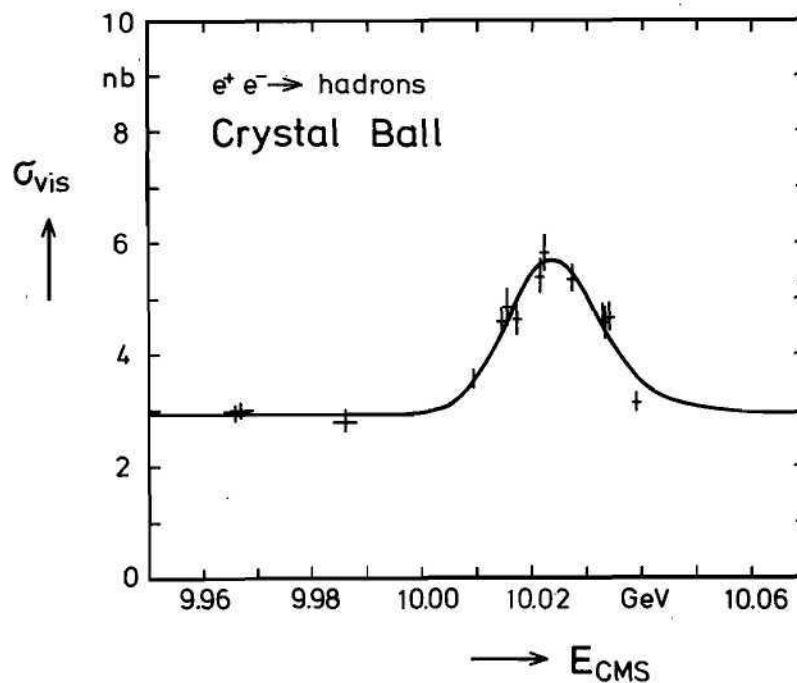


Abb. 7.10: Die Anregungskurve der $Y(2S)$ -Resonanz während des Experiments zur Absolutmessung der Masse der $Y(2S)$ -Resonanz.

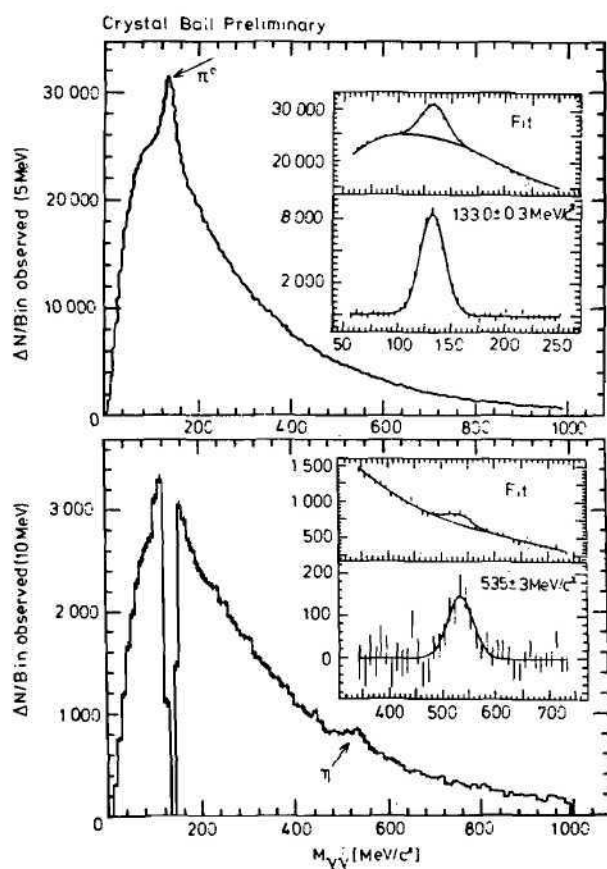


Abb. 7.11: Die invariante Masse $M_{\gamma\gamma}$ für alle γ -Paare. Man erkennt das π^0 -Meson. Nach Abzug aller Photonen, die zu π^0 -Mesonen kombinieren, sieht man das η^0 -Meson. Die Einfügungen sind Vergrößerungen der π^0 - bzw. η^0 -Resonanz.

Abb. 7.9 zeigt die Anregungskurven der $Y(1S)$ - und $Y(2S)$ -Resonanzen in der Reaktion



Aufgetragen ist die Größe $R_{\text{vis}} = \sigma_{\text{vis}}/\sigma_{\mu\mu}$, σ_{vis} = sichtbarer Wirkungsquerschnitt der Reaktion (1), ohne Akzeptanzkorrekturen, $\sigma_{\mu\mu}$ = QED-Wirkungsquerschnitt der Reaktion



In einem besonderen Run im Juli 1983 wurde die Anregungskurve der $Y(2S)$ -Resonanz sorgfältig vermessen und dabei gleichzeitig die Energie der gespeicherten Strahlen durch Resonanzdepolarisation bestimmt. Abb. 7.10 zeigt σ_{vis} aus den Messungen des Crystal Ball-Detektors. Daraus ergab sich die Masse des $Y(2S)$ -Mesons zu

$$M(Y(2S)) = (10023.1 \pm 0.4 \pm 0.5) \text{ MeV}$$

(Zusammenarbeit zwischen der Polarisationsgruppe im Maschinenbereich, der ARGUS-Gruppe und der Crystal Ball-Gruppe).

*Y-Resonanzen
(Anregungskurven,
Y(2S)-Masse)*

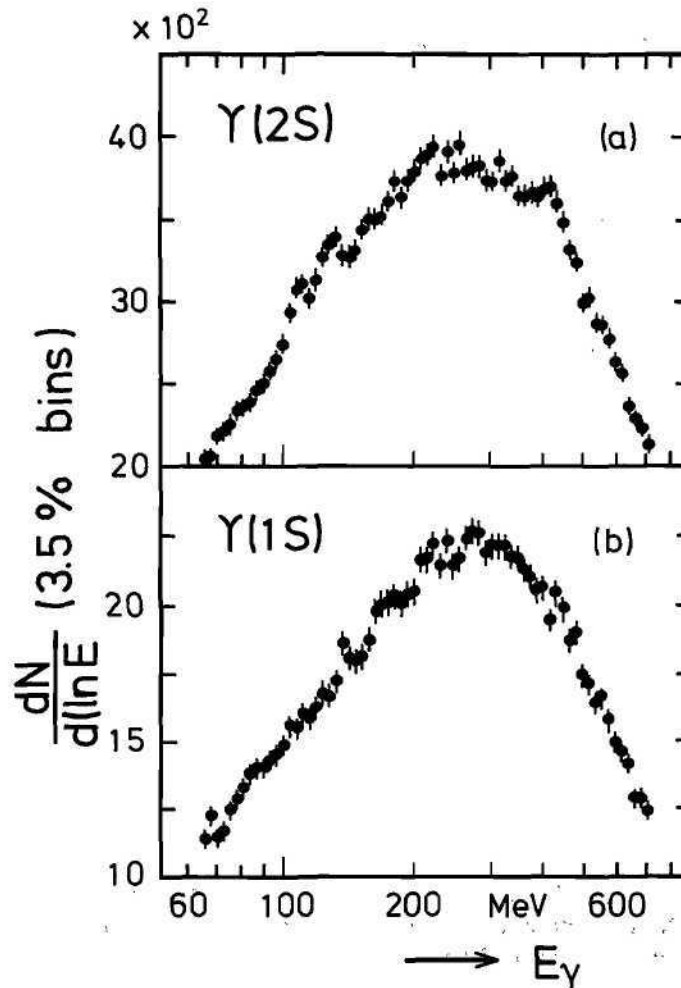


Abb. 7.12: Das inklusive γ -Spektrum der Zerfälle der $Y(2S)$ - bzw. $Y(1S)$ -Resonanz. Die Schwankungen beim $Y(1S)$ sind kleiner 2 Standardabweichungen. Beim $Y(2S)$ sind scharfe Linien zu erkennen.

Inklusive π^0 - und η^0 -Produktion

Es wird die invariante Masse aller Paare von γ -Schauern im Crystal Ball-Detektor berechnet. Abb. 7.11 zeigt das Ergebnis. Über einem großen kombinatorischen Untergrund ist deutlich ein π^0 -Signal zu erkennen. Seine Masse ist $M(\pi^0) = (133.0 \pm 0.3) \text{ MeV}/c^2$. Läßt man alle γ 's, die zu einem π^0 kombinieren, weg, reduziert sich der kombinatorische Untergrund erheblich, und ein η^0 -Signal wird sichtbar. Seine Masse ist $M(\eta^0) = (535 \pm 3) \text{ MeV}/c^2$. Die gemessenen Werte sind 1.5 % beziehungsweise 2.5 % niedriger als die Literaturwerte. Dies ist ein Hinweis auf einen systematischen Fehler in der Energiebestimmung mit dem Crystal Ball.

Inklusives γ - Spektrum vom $Y(2S)$

Der angeregte Zustand $Y(2S)$ des $(b\bar{b})$ -Quarkoniums kann durch Emission von γ -Strahlung in die 3P_J ($J = 0,1,2$)-Zustände übergehen (elektrische Dipolstrahlung $E1$). Die Suche nach diesen monoenergetischen γ -Linien ist das erste Ziel des Experiments. Man vermutet, daß die Linien eng beieinander liegen, so daß die gute Energieauflösung des Crystal Ball-Detektors zur Trennung der drei erwarteten Linien nötig ist.

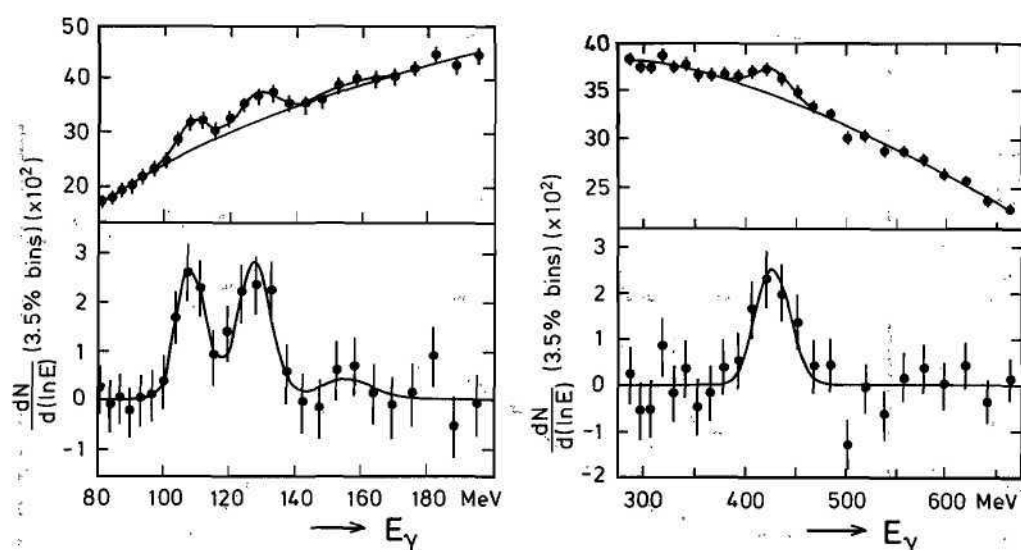


Abb. 7.13: Das inklusive γ -Spektrum beim $Y(2S)$ -Zerfall im Energiebereich der Linien. Die beiden Linien bei 108 und 128 MeV sind deutlich getrennt.

Die Ereignisse der Reaktion $e^+e^- \rightarrow h$ werden aus allen Triggern ausgewählt. Alle Photonen im Winkelintervall $|\cos\Theta_\gamma| < 0.75$ (Θ_γ = Winkel zwischen Photon und Strahlachse) werden für die weitere Analyse zugelassen. Die Identifikation „Photon“ erfolgt erstens durch das Fehlen einer korrelierten Spur in der Spurenkammer und zweitens durch die transversale Energieverteilung, die die eines elektromagnetischen Schauers sein muß. Alle Photonen, die ein π^0 ergeben, werden weggelassen.

Abb. 7.12 zeigt das inklusive γ -Spektrum für die $Y(2S)$ - sowie die $Y(1S)$ -Resonanzen. Beim $Y(1S)$ tritt kein signifikantes Signal monoenergetischer γ 's auf. Im Gegensatz dazu erkennt man beim $Y(2S)$ zwei Linien im Energiebereich 100 bis 150 MeV sowie eine Linie bei 430 MeV. In Abb. 7.13 sind die interessierenden Energiebereiche vergrößert dargestellt. Gleichzeitig ist eine globale Anpassung an das Kontinuum von γ 's (zum Beispiel vom π^0 -Zerfall) und an die Linien (Gauss-Verteilungen, Breite wie die Energieauflösung des Detektors) dargestellt.

Man findet:

E_γ (MeV)	Signifikanz (Standardabweichungen)	Verzweigungs- verhältnisse (%)
$108.3 \pm 0.9 \pm 3.0$	4.8	$6.3 \pm 1.3 \pm 1.4$
$127.5 \pm 1.2 \pm 4.0$	5.0	$6.0 \pm 1.3 \pm 1.4$

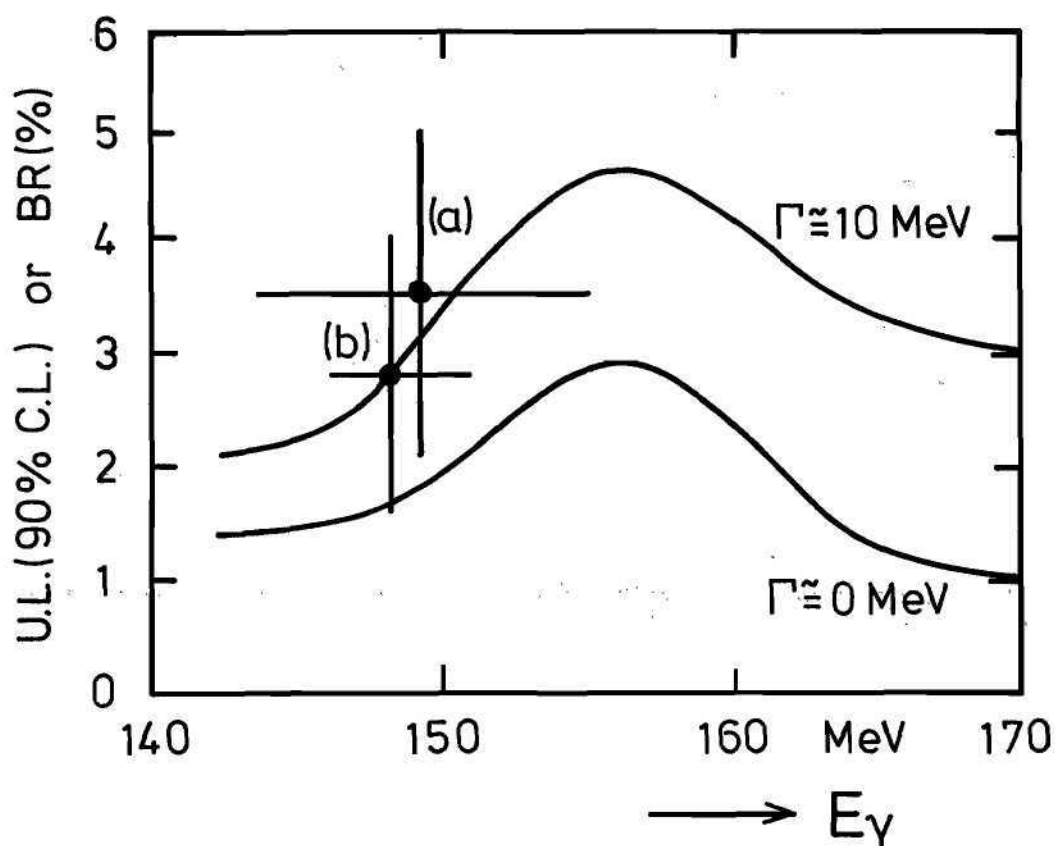


Abb. 7.14: Die obere Grenze des Verzweigungsverhältnisses einer γ -Linie bei zirka 150 MeV, wie sie vom Crystal Ball-Experiment angegeben wird. Es werden 2 Annahmen über die Breite der Linie gemacht. Es sind auch die Ergebnisse des CUSB-Experiments (a) und ARGUS-Experiments (b) eingetragen.

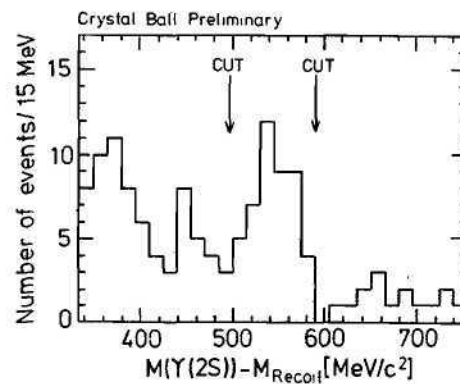
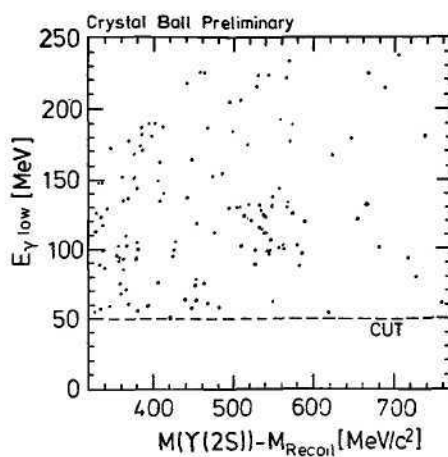


Abb. 7.15: Die Ereignisse $Y(2S) \rightarrow \gamma\gamma Y(1S)$, $Y(1S) \rightarrow e^+e^-$ oder $\mu^+\mu^-$. (Siehe Text)

Eine mögliche dritte Linie bei ca. 150 MeV ist nicht signifikant. Für sie wird in Abb. 7.14 eine obere Grenze des Verzweungsverhältnisses angegeben, und zwar für zwei verschiedene Annahmen der natürlichen Breite der Linie. Eingetragen sind auch die Ergebnisse, die von der CUSB- und der ARGUS-Kollaboration berichtet wurden (Signifikanz jeweils kleiner 3 Standardabweichungen).

Die Linie bei 430 MeV ist die überlagerte und Doppler-verbreiterte Kaskadenlinie, die von den Zwischenzuständen zum $Y(1S)$ führt.

Damit sind zwei der Zwischenzustände 3P_J beobachtet. Die Feinaufspaltung beträgt (19.2 ± 2.0) MeV.

Die exklusiven Kaskadenzerfälle des $Y(2S)$ über einen 3P_J -Zwischenzustand zum $Y(1S)$, das dann in ein Leptonenpaar zerfällt, wurden gemessen:

Kaskadenzerfälle
des $Y(2S)$

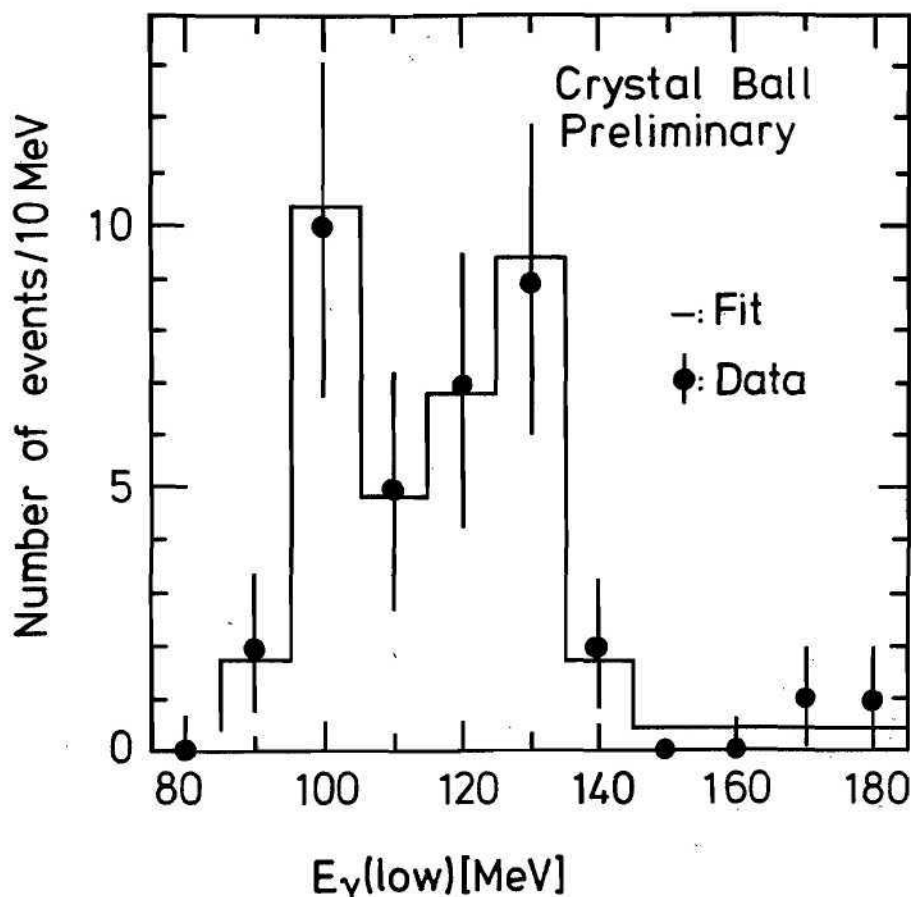
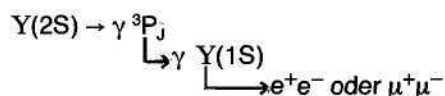


Abb. 7.16: Die Energieverteilung der niederenergetischen Photonen der Reaktion $Y(2S) \rightarrow \gamma \gamma Y(1S)$, $Y(1S) \rightarrow e^+e^-$ oder $\mu^+\mu^-$. Man erkennt zwei γ -Linien.

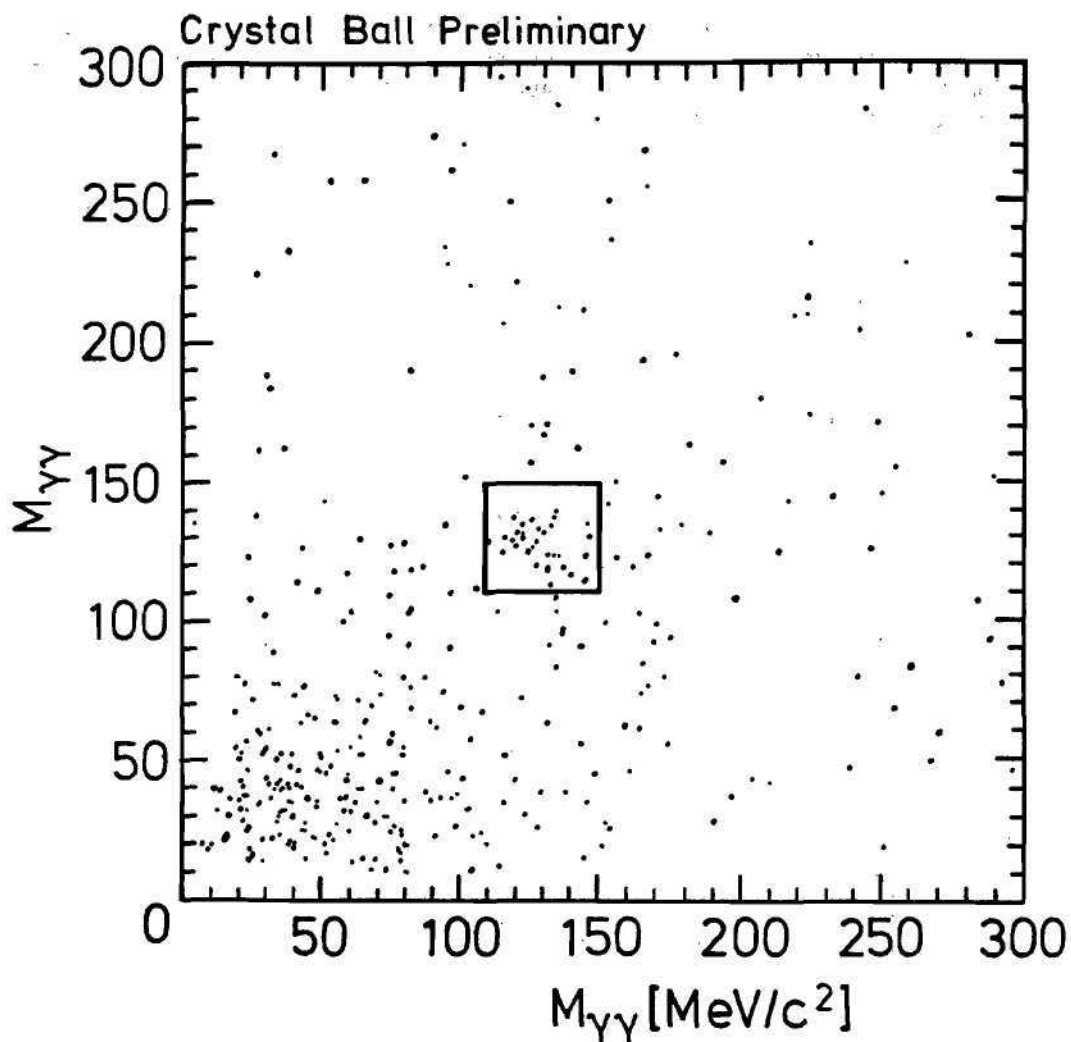


Abb. 7.17: Die Reaktion $Y(2S) \rightarrow \pi^0 \pi^0 Y(1S)$, $Y(1S) \rightarrow e^+ e^-$ oder $\mu^+ \mu^-$. Zur Auswahl der π^0 -Mesonen wird die invariante Masse $M_{\gamma\gamma}$ gegen die beiden anderen Photonen aufgetragen (3 Eintragungen/Ereignis).

Die erste Stufe der Auswahl dieser Ereignisse erfolgt aufgrund der Ereignistopologie: 4 Teilchen im Crystal Ball-Detektor, davon sollen 2 Teilchen aufgrund ihrer Energieabgabe entweder als Elektronen (hochenergetische Schauer) oder als Myonen (minimum-ionisierende Teilchen) identifiziert sein. Diese sollen überdies in entgegengesetzte Richtungen fliegen ($\cos \Theta_j < -0.85$). Die beiden anderen Teilchen sollen aufgrund ihrer Schauermuster als Photonen identifiziert werden. In der zweiten Stufe der Auswahl werden die Ereignisse einem kinematischen Fit an die Hypothese

$$Y(2S) \rightarrow \gamma \gamma l^+ l^- \quad (l = \text{Lepton } e \text{ oder } \mu)$$

unterworfen.

Die Ereignisse mit einem Confidence Level $> 90\%$ werden behalten. Abb. 7.15 zeigt in zweidimensionaler Darstellung die Energie des niederenergetischen Photons gegen die Differenz der Masse der $Y(2S)$ -Resonanz und der Rückstoßmasse gegen die beiden Photonen des Ereignisses. Die Ereignisse häufen sich bei einer Massendifferenz, die dem Übergang zum $Y(1S)$ entspricht. Das ist in der Projektion besonders deutlich zu erkennen. Die Schnitte sind angegeben. Der Untergrund, meist bei kleinen Photonenenergien, rührt her von QED-Ereignissen mit Doppelbremsstrahlung.

Es wurden 46 Kaskadenereignisse gefunden. Die Energieverteilung der niederenergetischen Photonen ist in Abb. 7.16 dargestellt. Man erkennt zwei Linien mit den Energien

$$\begin{aligned} E_{\gamma 1} &= (102 \pm 2 \pm 4) \text{ MeV} \\ E_{\gamma 2} &= (127 \pm 2 \pm 4) \text{ MeV} \end{aligned}$$

Die Breite der Linien entspricht der Energieauflösung des Detektors. Der Confidence Level für den Fit ist 70% .

Die Ergebnisse der Messungen der γ -Linien vom $Y(2S)$ -Zustand zu den 3P_J -Zuständen (inklusive γ -Spektrum und Kaskadenzerfälle) stimmen überein: Man beobachtet 2 Linien, deren Breite kleiner ist als die Energieauflösung des Detektors ($\sigma_E = 5 \text{ MeV}$ bei $E_\gamma = 110 \text{ MeV}$).

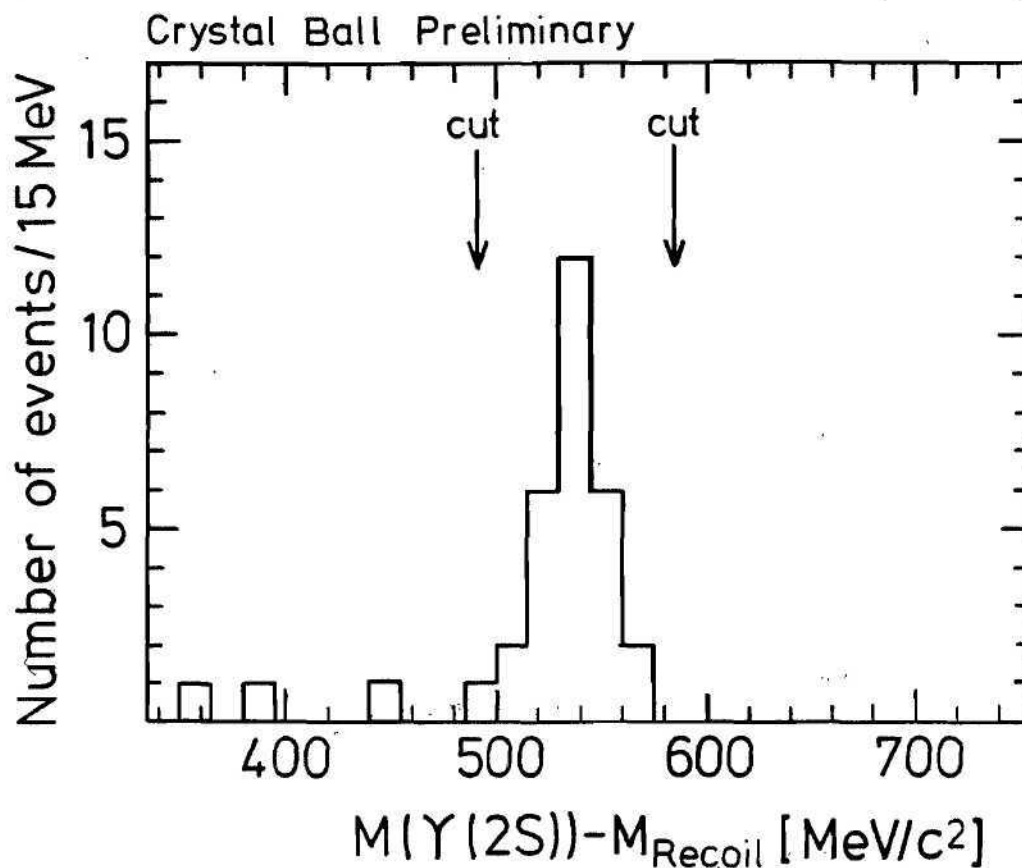


Abb. 7.18: Die Reaktion $Y(2S) \rightarrow \pi^0 \pi^0 Y(1S)$, $Y(1S) \rightarrow e^+ e^-$ oder $\mu^+ \mu^-$. Die Verteilung der Massendifferenz.

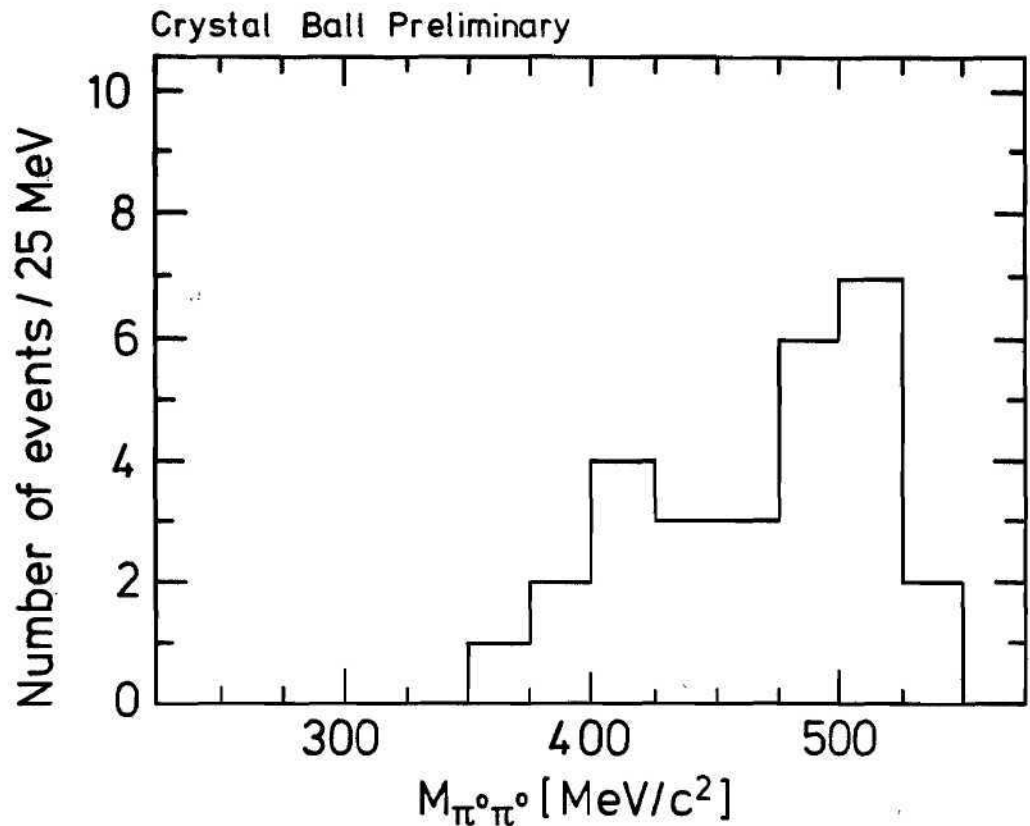
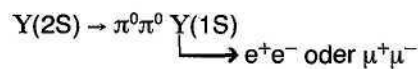


Abb. 7.19: Die Reaktion $Y(2S) \rightarrow \pi^0\pi^0 Y(1S)$, $Y(1S) \rightarrow e^+e^-$ oder $\mu^+\mu^-$. Die Verteilung der invarianten $\pi^0\pi^0$ -Masse.

$Y(2S) \rightarrow \pi^0\pi^0 Y(1S)$

Der exklusive Übergang



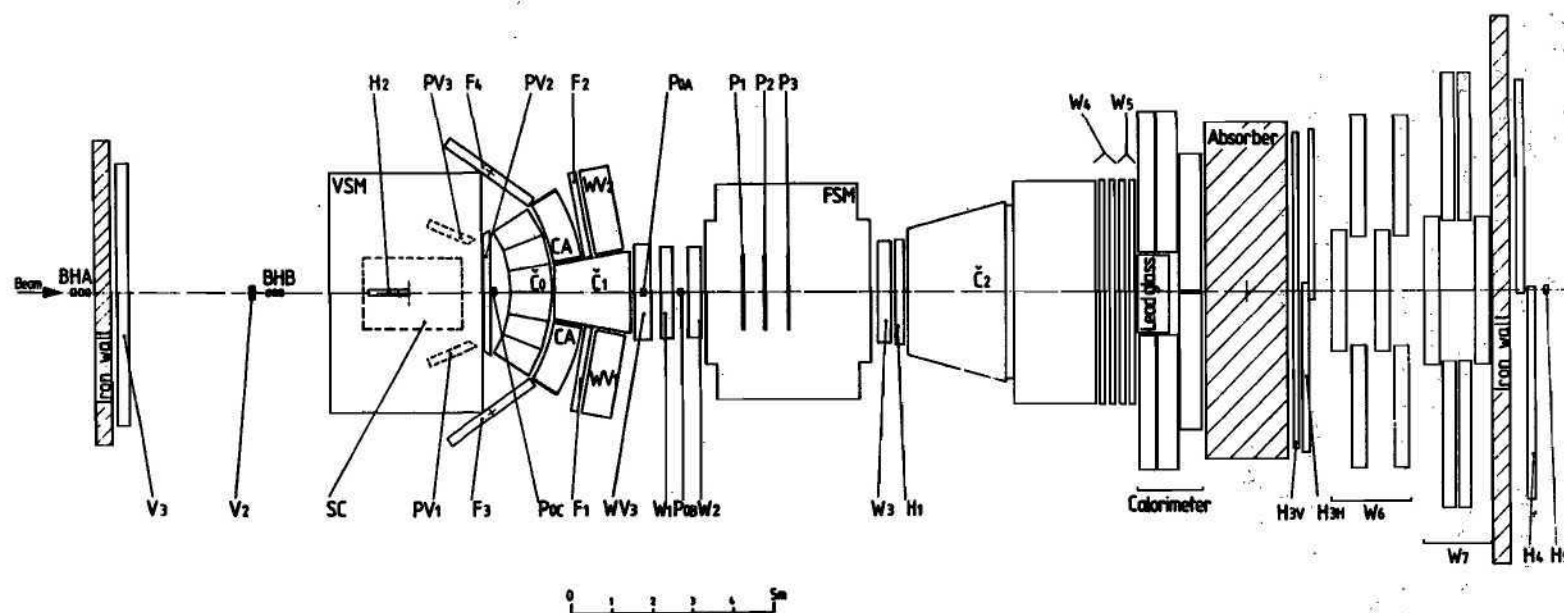
wurde beobachtet. Zur Ereignisauswahl werden 6 Teilchen im Crystal Ball-Detektor verlangt. Zwei dieser Teilchen müssen entweder ein Elektronenpaar oder Myonenpaar sein, dessen Teilchen fast entgegengesetzt auseinanderfliegen. Die anderen vier Teilchen müssen als Photonen identifiziert werden. Die Ereignisse werden kinematisch gefittet. Abb. 7.17 zeigt die zweidimensionale Darstellung der invarianten $\gamma\gamma$ -Massen $M_{\gamma\gamma}$ gegen $M_{\gamma\gamma}$. Man erkennt eine Anhäufung bei der Erzeugung von neutralen Pionen (3 Eintragungen pro Ereignis). Für die Ereignisse, deren invariante Massen $M_{\gamma\gamma}$ innerhalb des eingezeichneten Schnittbereichs in Abb. 7.17 liegen, ist in Abb. 7.18 die Massendifferenz zwischen der $Y(2S)$ -Masse und der Rückstoßmasse gegen die beiden neutralen Pionen ($M(Y(2S)) - M_{\text{recoil}}$) aufgetragen. Man erkennt eine Häufung bei der $Y(2S)$ - $Y(1S)$ -Massendifferenz. Für diese Ereignisse wird in Abb. 7.19 die invariante $\pi^0\pi^0$ -Masse gezeigt. Sie hat ein Maximum bei großen invarianten Massen, wie bereits für den Übergang mit geladenen Pionen, $Y(2S) \rightarrow \pi^+\pi^- Y(1S)$, beobachtet wurde.

Wie oben beschrieben, wurden zwei Zwischenzustände 3P_J durch den γ -Übergang $Y(2S) \rightarrow \gamma^3P_J$ gesehen. Man erwartet jedoch drei 3P_J -Zustände. Die CUSB-Gruppe am Speicherring CESR der Cornell University hat über eine dritte Linie berichtet, auch wenn diese nicht aufgelöst werden konnte. Das Crystal Ball-Experiment hat für die Existenz der dritten Linie bei $E_\gamma = 150$ MeV eine obere Grenze angegeben. Um die Linie sehen zu können, wird die gesamte beantragte und genehmigte Datenmenge ausgewertet werden müssen. Diese Datenmenge sollte dann auch eine Messung des Spins der 3P_J -Zustände durch die Winkelverteilung der $\gamma\gamma$ -Kaskaden zulassen.

Ausblick

Weiterhin wird an der Auswertung der inklusiven π^0 - und η^0 -Produktion sowie an radiativen Zerfällen von $Y(1S)$ und $Y(2S)$ gearbeitet. Vorläufige Ergebnisse der 2-Photonen-Physik mit dem Crystal Ball-Detektor sind ermutigend.

← NA 2-Detector after Target →



VSM = Vertex Magnet; FSM = Forward Magnet; SC = Streamer Chamber; PV1-3, P1-3, POA-C = Prop. Chambers; W1-7 = Driftchambers; H1-5, F1-4, BHA-B = Hodoscopes; V2-3 = Vetocounters; CO-2, CA = Cerenkovcounters

Abb. 8.1: Schematischer Aufbau des EMC-Detektors.

Europäische Myon-Kollaboration EMC

Myon-Streuung am CERN-SPS

Überblick

DESY beteiligt sich mit einer Arbeitsgruppe am Myon-Streuexperiment der European Muon Collaboration (EMC) am 280-GeV-Myon-Strahl des CERN-SPS. Das EMC-Experiment zeichnet sich dadurch aus, daß die bei der tief-inelastischen Myon-Nukleon-Streuung erzeugten Sekundärteilchen fast vollständig nachgewiesen werden. Das erlaubt ein detailliertes Studium der inneren Struktur der Nukleonen sowie der Eigenschaften von Quarks und Gluonen und deren Verteilungen in Nukleonen und Kernen. Der EMC-Detektor ist in Abb. 8.1 dargestellt. Der Detektor besteht aus dem Vertexsystem mit einer Streamerkammer im Magnetfeld und elektronischen Detektoren außerhalb des Vertexmagneten sowie einem magnetischen Vorwärtsspektrometer für den Nachweis des gestreuten Myons und der hochenergetischen Hadronen. Besonderer Wert wurde dabei auf die Teilchenidentifikation gelegt. Sie erfolgt in den äußeren Bereichen mit den Flugzeithodoskopen F1 bis F4 sowie den Aero-gel-Cerenkovzählern CA und dem Gas-Cerenkovzähler C0. Im Vorwärtsbereich befinden sich 3 Gas-Cerenkovzähler C0, C1 und C2.

In der zweiten Jahreshälfte von 1983 wurde das CERN-SPS als Protonenbeschleuniger bis 450 GeV betrieben. Während dieser Zeit hat EMC am 280-GeV-Myon-Strahl Daten mit einem Deuteriumtarget aufgenommen. Außerdem wurden Messungen an einigen Kernen durchgeführt, um Abschattungseffekte sowie das Verhalten freier Quarks in Kernmaterie zu untersuchen.

Physikalische Ergebnisse

Bei genügend großen Impulsüberträgen spielen kohärente Streuprozesse an Kernen keine Rolle mehr. Streuergebnisse von schweren Targets wurden deshalb bisher ebenso interpretiert wie Resultate von freien Nukleonen. Man erwartete lediglich Abweichungen bei großem x_{Bj} wegen der Fermibewegung sowie Abschattungseffekten bei kleinem Q^2 . Ein genauer Vergleich der Strukturfunktion F_2 von Eisen und von Deuterium hat jedoch gezeigt, daß die beiden Strukturfunktionen erheblich voneinander abweichen. Besonders bei großen Werten von $x_{Bj} \approx 0.6$ zeigt sich, daß die Impulsverteilung der Quarks im Eisen zu kleineren Werten verschoben ist. Die Abb. 8.2a zeigt die EMC-Resultate zusammen mit späteren Resultaten von SLAC. Bei großem x_{Bj} ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung, während die SLAC-Daten bei kleinem x_{Bj} starke Abschattungseffekte zeigen.

EMC-Effekt

Es wurden viele verschiedene Ansätze gemacht, um diesen Unterschied zwischen Eisen und Deuterium zu erklären. Einmal könnten die Nukleonen im Kern einen anderen Radius oder eine andere Masse haben. Außerdem erwartet man, daß Quarks aus verschiedenen Nukleonen Multiquarkzustände bilden könnten. Von der Pionwolke, die für die Kernkräfte verantwortlich ist, könnte man auch einen Beitrag bei kleinem x erwarten. Aus der Vielzahl der Arbeiten sind zwei Beschreibungen des Effekts in Abb. 8.2b dargestellt. Staszek et al. gehen von einer Vergrößerung des Nukleonenradius um 13 % aus, während Szwed einen Anteil von 9 % bis 15 % Δ -Isobare annimmt.

Im EMC-Detektor können Hadronen in einem weiten Winkel- und Impulsbereich identifiziert werden. Dadurch ergibt sich ein weiter x_F -Bereich für die einzelnen Teilchenarten. Die Abb. 8.3a zeigt die normalisierten Verteilungen für π^+ , K^+ und p und die Abb. 8.3b die entsprechenden Verteilungen für die negativen Teilchen. Im zentralen Bereich überwiegen deutlich die Pionen, während im Vorwärtsbereich die Verteilungen der verschiedenen Hadronen sich

π^- , K^- , q^-
Verteilungen

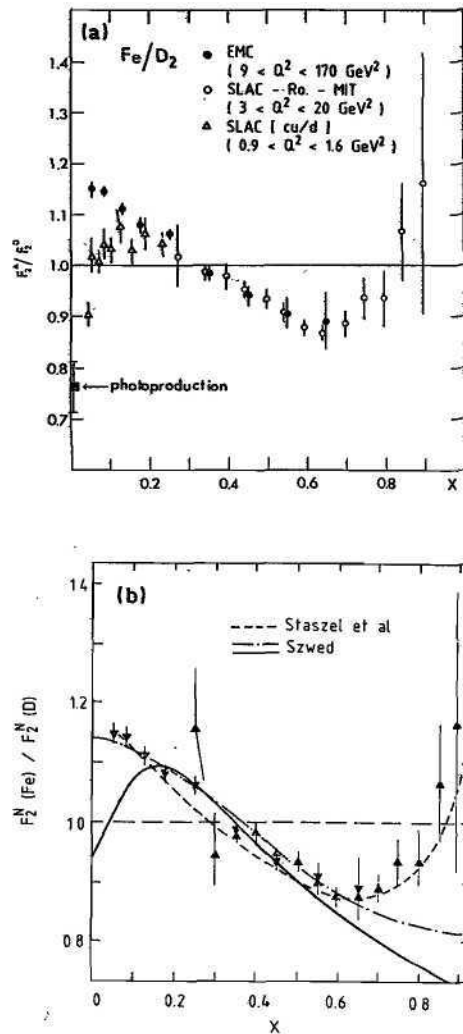


Abb. 8.2: Das Verhältnis der Nukleon-Strukturfunktion F_2 für Eisen und Deuterium und zwei Modellberechnungen.

mehr annähern. Im Rückwärtsbereich bei $x_F \approx -0.5$ werden viele Protonen gemessen, die hauptsächlich aus der Targetfragmentierung stammen. Die nach dem Lund-Modell berechneten Verteilungen sind ebenfalls in Abb. 8.3 eingezeichnet. Die Daten können gut mit dem Lund-Modell beschrieben werden, zumal zu den angegebenen statistischen Fehlern noch ein Normalisierungsfehler von 20 % addiert werden muß.

Bei kleinen Schwerpunktsmassen W können die Daten mit Messungen mit Neutrinos und Antineutrinos verglichen werden. Für die Fragmentierung vergleichbare Quarkzustände erhält man für Neutrinos im Vorwärtsbereich und für Antineutrinos im Rückwärtsbereich. Die gute Übereinstimmung der Daten in Abb. 8.4 für geladene Pionen zeigt, daß die Fragmentierung bei der elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkung in gleicher Weise erfolgt.

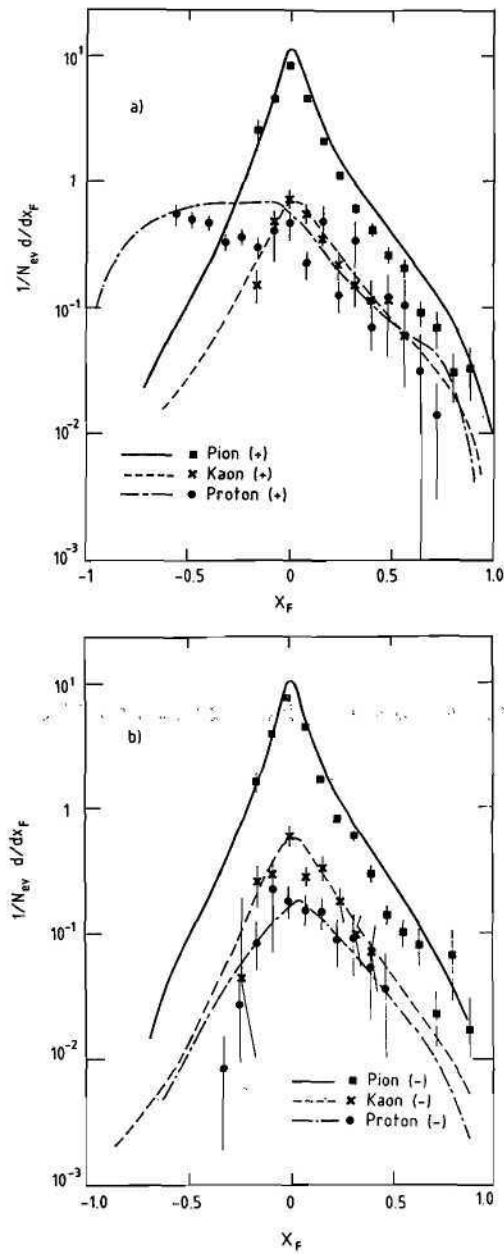


Abb. 8.3: Die normierten Verteilungen für (a) π^+ , K^+ , p und (b) π^- , K^- , $\bar{p}$. Die Kurven sind Beschreibungen mit dem Lund-Modell.

Neutrale Teilchen wie K^0 und Λ , die innerhalb des Detektors zerfallen, können gut rekonstruiert werden. Die Produktion von K^0 -Mesonen ist in Abb. 8.5 mit der Produktion von geladenen K-Mesonen verglichen. Dabei wurde der Zerfall $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ gemessen. Auf die anderen Zerfallskanäle sowie auf den K_L^0 -Zerfall wurde korrigiert. Aus dem Vergleich der gemessenen mittleren Lebensdauer mit dem bekannten Wert konnte gezeigt werden, daß der Untergrund unter dem K_S^0 -Signal klein ist. Die normierten Verteilungen für neutrale und geladene K-Mesonen stimmen in einem weiten x_F -Bereich etwa überein.

K^0 -Produktion

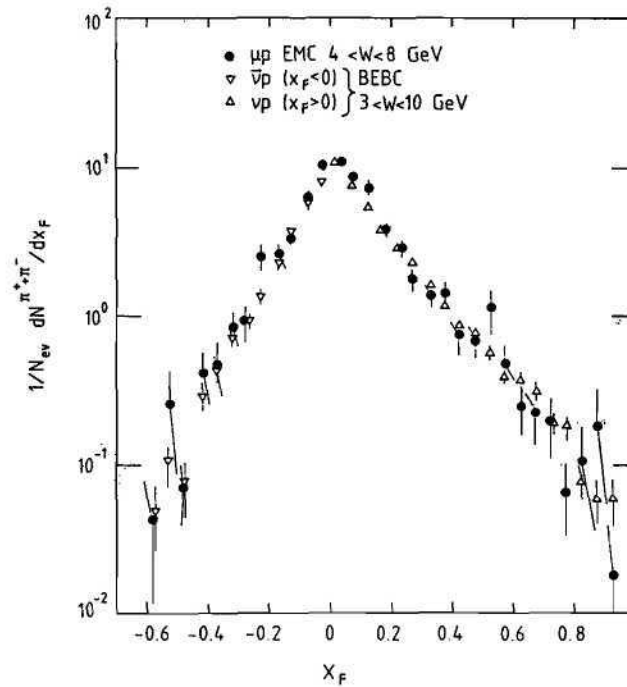


Abb. 8.4: Vergleich der Verteilungen von geladenen Pionen mit Neutrinodaten von BEBC bei kleinem W .

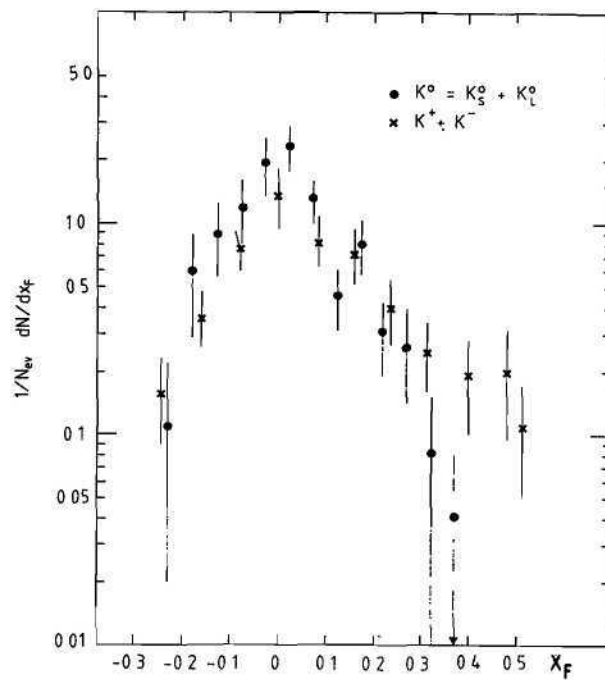


Abb. 8.5: Vergleich der Produktion von neutralen mit geladenen K-Mesonen.

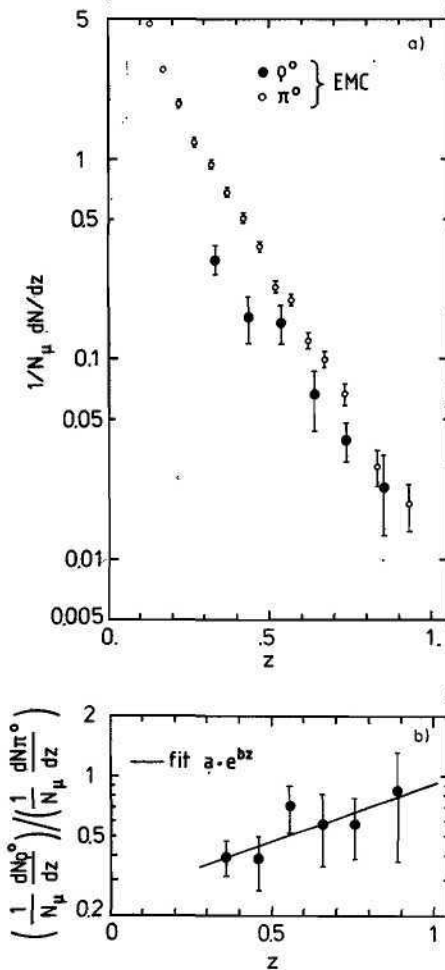


Abb. 8.6: Vergleich der Produktion von ρ^0 mit π^0 . Das Verhältnis der Produktion wird nach $z = 1$ extrapoliert.

Der Vergleich der Produktion von Vektorteilchen mit pseudoskalaren Teilchen bei großem z gibt Aufschluß über das Verhältnis der primären Produktion dieser Teilchen. Dabei ist z der Impulsanteil des gemessenen Hadrons vom Gesamtimpuls des virtuellen Photons. Bei kleinem z dagegen werden zunehmend Zerfallsprodukte von Resonanzen beobachtet, so daß nur sehr indirekt auf die primäre Mesonproduktion geschlossen werden kann. Die Abb. 8.6a zeigt die gemessene ρ^0 -Produktion zusammen mit früheren π^0 -Daten von EMC. Die ρ^0 - und π^0 -Daten wurden nur mit dem EMC-Vorwärtsspektrometer aufgenommen. Die z -Abhängigkeit der beiden Produktionsraten hat eine Neigung von $e^{-6.6z}$ für π^0 und $e^{-5.2z}$ für ρ^0 . Die Abb. 8.6b zeigt das Verhältnis der beiden Produktionsraten zusammen mit einem Fit für die Extrapolation nach $z = 1$. Bei $z = 1$ erhält man das Verhältnis:

$$\frac{\rho_{\text{prim.}}^0}{\pi_{\text{prim.}}^0} = 0.9 \pm 0.35 \text{ (stat.) } {}^{+0.35}_{-0.30} \text{ (syst.)}$$

Dieser Wert ist gut mit 1 verträglich. Er schließt den aufgrund der Spinstatistik zu erwartenden Wert 3 aus.

ρ^0 - und π^0 -
Produktion

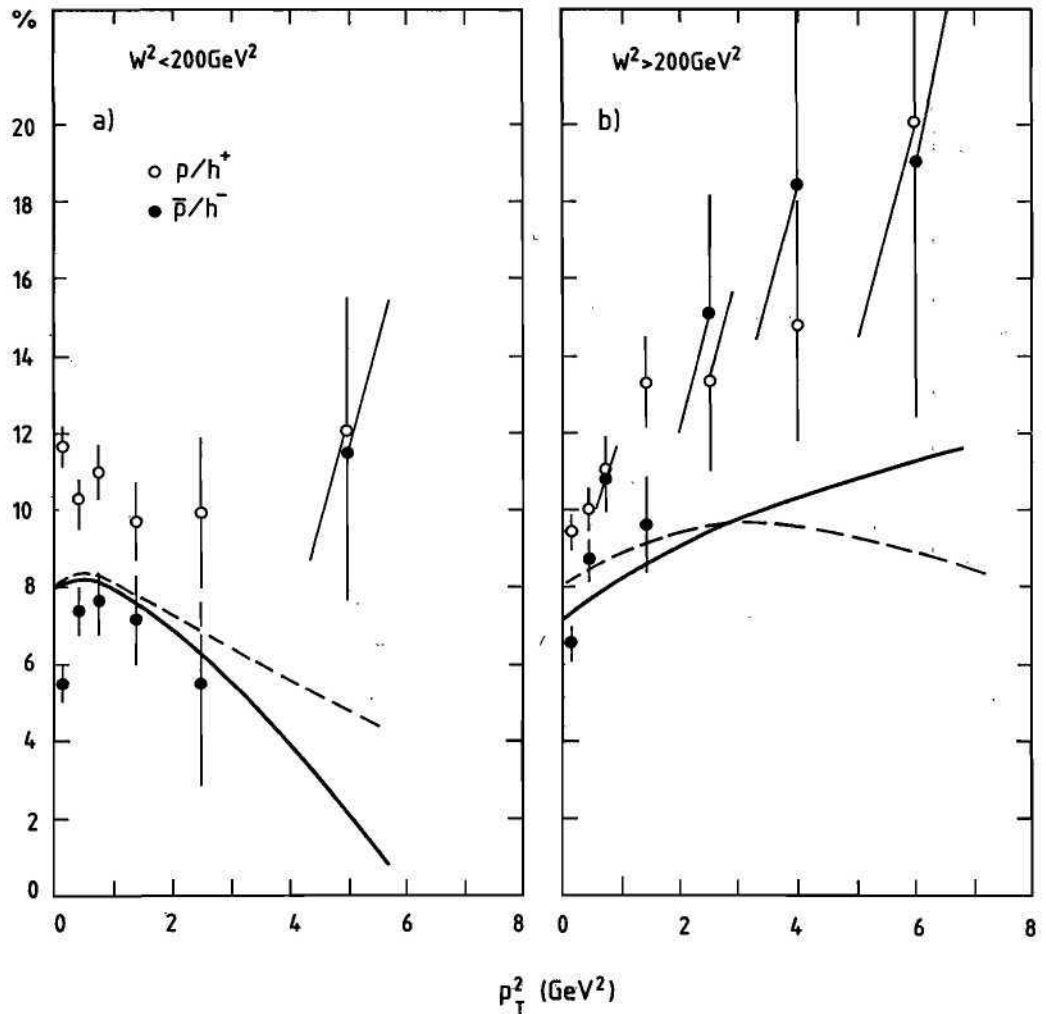


Abb. 8.7: Der Anteil der Produktion von Protonen und Antiprotonen als Funktion von p_T^2 für verschiedene Massenbereiche. Die Kurven sind Berechnungen mit dem Lund-Monte-Carlo (voll für $\bar{p}/h^-$ und gestrichelt für p/h^+).

p- und $\bar{p}$ - Produktion

In früheren EMC-Publikationen wurde nachgewiesen, daß große Transversalimpulse im Zusammenhang stehen mit einer Doppeljetstruktur durch Gluonemission. In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß bei großen Schwerpunktsmassen W erzeugte Protonen und Antiprotonen deutlich höhere Transversalimpulse aufweisen als die übrigen Hadronen. Dies legt die Vermutung nahe, daß bei der Emission harter Gluonen häufiger Baryonen im Endzustand auftreten, als dies sonst der Fall ist. Die Abb. 8.7 zeigt die relative Häufigkeit von Protonen und Antiprotonen als Funktion von p_T^2 für verschiedene Bereiche von W^2 . Bei großem W , wo Emission energiereicher Gluonen wahrscheinlicher ist, beobachtet man eine starke Zunahme der relativen Häufigkeit von Protonen und Antiprotonen mit p_T^2 . Die Kurven sind Lund-Monte-Carlo-Rechnungen für Protonen (gestrichelt) und Antiprotonen (voll). Sie stimmen mit den Daten nur grob überein.

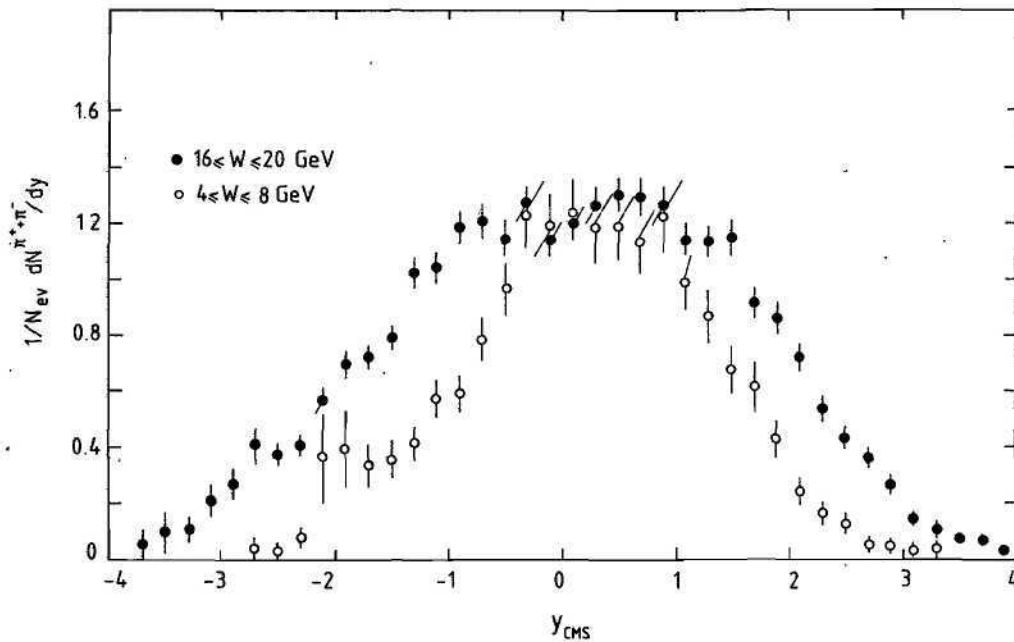


Abb. 8.8: Rapiditätsverteilung geladener Pionen für zwei Massenbereiche.

Die Abb. 8.8 zeigt die Verteilung der Rapidität im Schwerpunktsystem für zwei deutlich verschiedene Bereiche der Schwerpunktsmasse W . Für die großen Massen ist deutlich im zentralen Bereich ein Plateau zu erkennen. Die Höhe des Plateaus ist im Zentrum vergleichbar mit der Höhe der Verteilung bei kleinen Massen. Die Halbwertsbreite der Verteilung wächst von 2.5 auf 4.0 Einheiten für die mittleren Massen von 6 und 18 GeV. Diese Zunahme entspricht der Vorhersage aus dem Quark-Parton-Modell, daß die Breite des Plateaus proportional zu $\ln W$ ist.

Topologie von Ereignissen

Die Abhängigkeit der Verteilung geladener Pionen von W ist auch in Abb. 8.9 dargestellt. Für die verschiedenen Bereiche von x_F erkennt man, daß die Zunahme der Multiplizität mit W ganz auf den zentralen Bereich ($-0.3 < x_F < 0.3$) beschränkt ist. Im Vorwärtsbereich erhält man dagegen sogar eine Abnahme mit W .

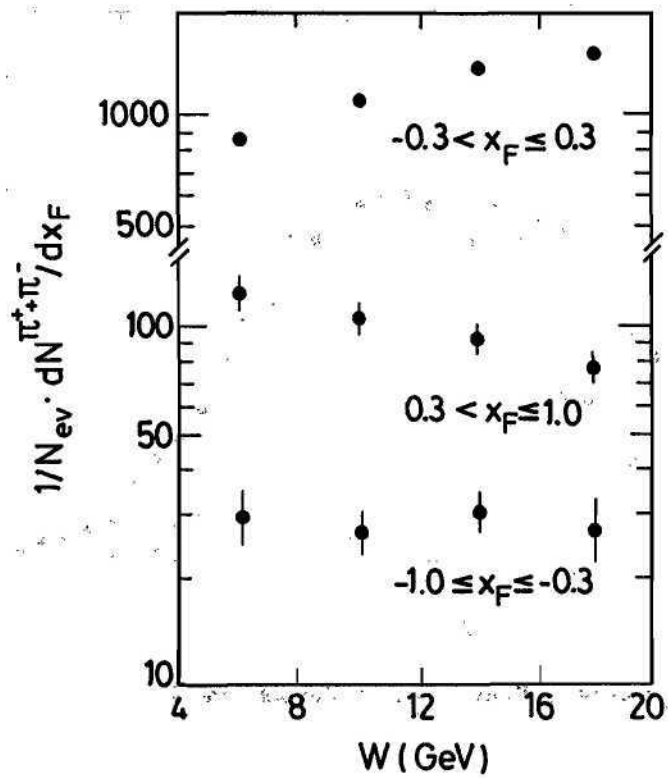


Abb. 8.9: Multiplizität geladener Pionen in verschiedenen x_F -Intervallen als Funktion von W .

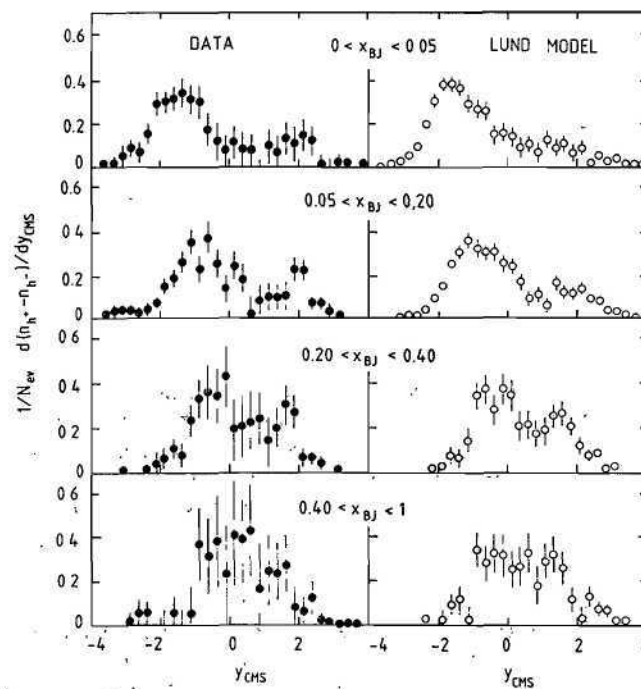


Abb. 8.10: Die Nettoladung als Funktion von y für verschiedene Bereiche von x_{BJ} . Die Vorhersage aus dem Lund-Modell ist auch dargestellt.

Nach dem Quark-Parton-Modell erwartet man, daß man die Ladung eines herausgeschlagenen Quarks im Mittel in den Fragmentationsprodukten näherungsweise wiederfinden sollte. Bei großem x_{Bj} , wo die Streuung praktisch nur an Valenzquarks erfolgt, erwartet man an einem Wasserstofftarget nur u- und d-Quarks im Verhältnis 8 : 1. Die mittlere erwartete Nettoladung im Vorwärtsbereich wäre dann 0.56 Elementarladungen. Die Abb. 8.10 zeigt die Nettoladung als Funktion der Rapidität für verschiedene x_{Bj} -Bereiche. Die nach dem Lund-Modell erwarteten Verteilungen sind ebenfalls dargestellt. Man kann deutlich erkennen, daß die nach vorne gehende Ladung im Bereich $y > 0$ mit steigendem x_{Bj} zunehmend positiv wird. Dabei muß man jedoch beachten, daß die mittlere Schwerpunktsmasse W und damit der y -Bereich mit wachsendem x_{Bj} abnimmt.

Entwicklung supraleitender Resonatoren

Die beim EMC-Experiment mitarbeitende DESY-Gruppe ist auch an der Entwicklung supraleitender Resonatoren beteiligt (s. S. 219 ff.). Der Schwerpunkt der Arbeiten lag dabei im Auffinden von Oberflächendefekten mit Hilfe von Temperaturprofilen sowie in der Behandlung der Oberflächen. Es wurde ein Schleif- und Reinigungsverfahren entwickelt, das Feldstärken ermöglicht, die weit über den angestrebten Sollfeldstärken liegen.

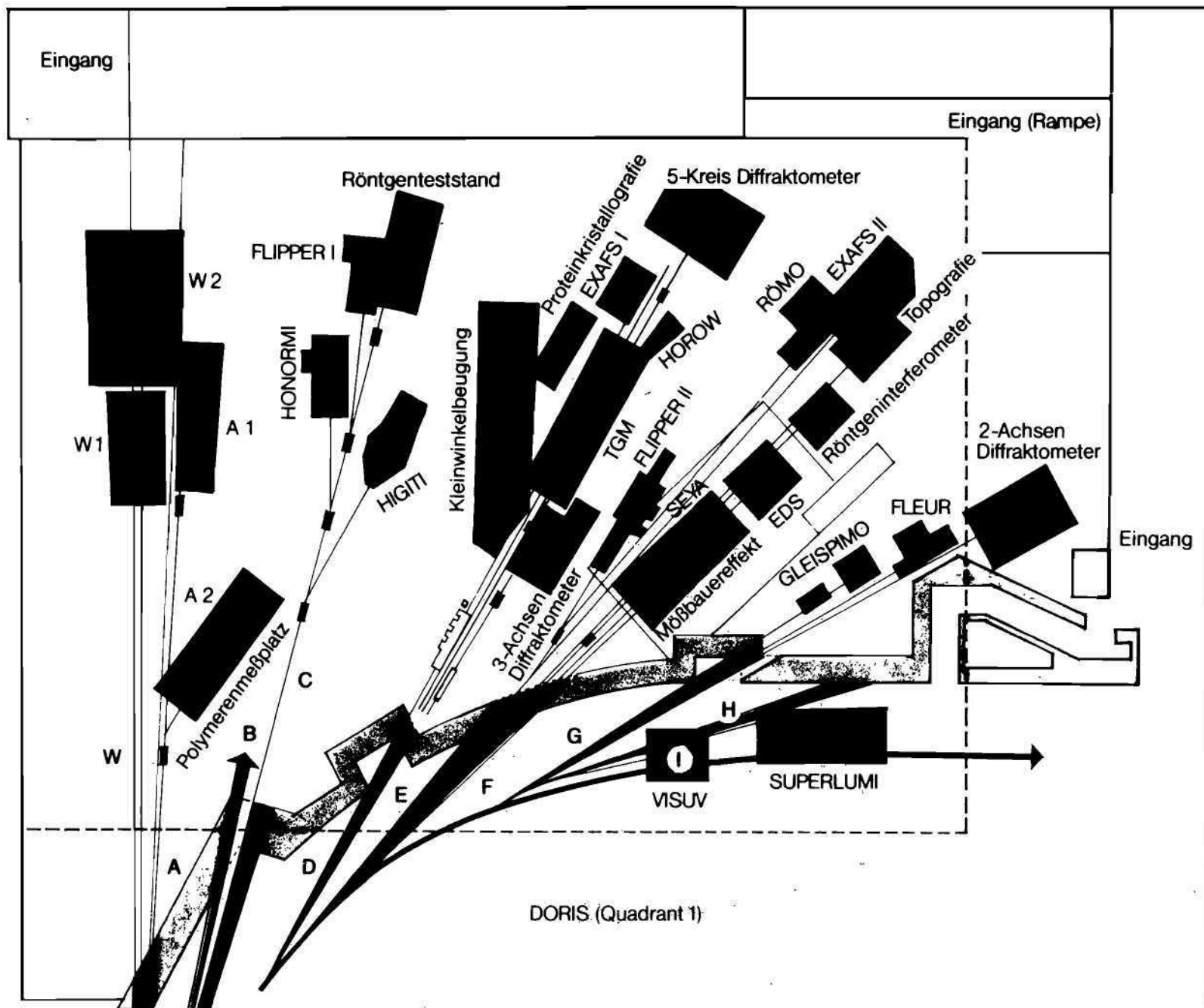


Abb. 9.1: Schematische Darstellung der Strahlführung zu den HASYLAB-Meßplätzen.

Hamburger Synchrostrahlungslabor HASYLAB

Die Experimente mit Synchrotronstrahlung sind im „Jahresbericht 1983“ des Hamburger Synchrotronstrahlungslabors HASYLAB ausführlich beschrieben, der außerdem die vollständige Liste der an den Experimenten beteiligten Institute enthält. Er kann bei Bedarf angefordert werden. An dieser Stelle wird deshalb nur ein zusammenfassender Überblick gegeben.

Mit dem Speicherring DORIS verfügt das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY über eine hervorragende Quelle für Synchrotronstrahlung. Synchrotronstrahlung ist elektromagnetische Strahlung, das heißt Licht, das von gespeicherten Elektronen oder Positronen mit hoher Intensität in einem breiten Spektralbereich abgestrahlt wird. Synchrotronstrahlung wird im Vakuum-Ultraviolett-Bereich und im Röntgengebiet für die Untersuchung der elektronischen und geometrischen Struktur der Materie und für technologische Anwendungen genutzt. Die hohe Energie der Elektronen bis zu 5,6 GeV, in Verbindung mit dem Bahnradius von 12,12 Metern in den DORIS-Ablenkmagneten, ergibt ein Spektrum, das bis in den sehr harten Röntgenbereich um 100 keV reicht.

Experimente mit Synchrotronstrahlung haben bei DESY eine annähernd 20jährige Tradition. Die Gründung von HASYLAB im Jahre 1978 führte zu einer starken Expansion. Im Berichtsjahr waren 23 unabhängige Meßplätze in Betrieb (Abb. 9.1, Tab. 9.1), darunter drei Meßplätze, die vom Europäischen Labor für Molekularbiologie EMBL in der HASYLAB-Halle betrieben werden. Hinzu kommen noch drei weitere Meßplätze am Positronenstrahl im EMBL-Gebäude. Die meisten Meßplätze konnten im Berichtsjahr wesentlich verbessert werden. Außerdem nahm der Neubau zweier Wiggler-Meßplätze und zweier weiterer Meßplätze mit fokussierten Strahlen konkrete Gestalt an.

Experimentierbetrieb

Der Speicherring DORIS, der von November 1981 bis Mai 1982 völlig umgebaut wurde, wird gemeinsam genutzt von Hochenergie-Experimenten bei Strahlenergien von 4,7 bis 5,3 GeV und für Experimente mit Synchrotronstrahlung. Im Jahre 1983 erreichte DORIS II eine sehr hohe Gesamtbetriebsdauer von über 10 Monaten. Hiervon konnten 8 Monate = 244 Tage für den Experimentierbetrieb verwandt werden. Diese Zeit wurde etwa im vereinbarten Verhältnis 1 : 2 auf Synchrotronstrahlungs-Hauptbenutzerzeit (83 Tage) und Hochenergie-Experimentierzeit (161 Tage, 4,7–5,3 GeV, Single Bunch Mode) aufgeteilt.

Die Hauptbenutzerzeit für Synchrotronstrahlungs-Experimente (3,7 GeV) wurde in fünf Blöcken über das Jahr verteilt vorgesehen. Für vier dieser Meßperioden lag der Prozentsatz derjenigen Zeit, während der ein Strahlstrom von mindestens 30 mA für eine Dauer von mindestens 2 h in der Maschine gespeichert war (die Verbesserungen der Betriebsbedingungen von DORIS II erlaubten es, das Kriterium für „gute Meßzeit“ sukzessive zu verschärfen), zwischen 65 % und 75 %. Eine zweiwöchige Periode im Sommer war wegen technischer Probleme mit dem DESY-Synchrotron nicht nutzbar. Dafür war die Nutzbarkeit der letzten vierwöchigen Periode im Dezember besonders gut; während dieser Periode gelang es auch, den bei der Füllung gespeicherten Strom von 60 mA auf 80 bis 100 mA zu erhöhen, bei einer Lebensdauer des Strahls von 5 h oder mehr. Die über die fünf Hauptbenutzer-Meßperioden akkumulierte Zeit, während der für die Synchrotronstrahlungs-Experimente gut geeignete Betriebsbedingungen herrschten, entspricht insgesamt etwa einer Dauer von 52 Tagen; damit war trotz des Ausfalls einer zweiwöchigen Meßperiode die über alles gemittelte Effektivität noch immer sehr gut. Von der Hochenergie-Experimentierzeit konnten etwa 100 Tage durch die Hochenergie- und Synchrotronstrahlungs-Experimente genutzt werden. In diesen Meßschichten sind insbesondere zeitaufgelöste Messungen und Experimente im harten Röntgengebiet gut durchführbar. Insgesamt stand damit für Synchrotronstrahlungs-Experimente an DORIS II im Jahre 1983 eine Zeit von 52 effektiven Hauptbenutzer- und etwa 100 Nebenbenutzer-Tagen zur Verfügung.

Tab. 9.1: Meßplätze im HASYLAB (Stand: Dez. 1983)

2 eV–6 eV	5 eV–50 eV	20 eV–500 eV	Röntgenbereich
VISUV	HONORMI HIGITI SEYA SUPERLUMI	FLIPPER I TGM HOROW FLIPPER II GLEISPIMO (FLEUR*)	Röntgenteststand Kleinwinkelbeugung (EMBL) Proteinkristallographie (EMBL) EXAFS I (EMBL) 5-Kreis Diffraktometer 3-Achsen Diffraktometer RÖMO EXAFS II Topographie Röntgeninterferometer EDS Mößbauereffekt 2-Achsen Diffraktometer Wiggler I* Kleinwinkelbeugung (Polymere)* Kleinwinkelstreuung*

* im Aufbau

Da DORIS II eine neue und sehr komplexe Maschine ist, sind noch nicht alle Wünsche der Experimentatoren verwirklicht. So dürften sich vor allem die Stabilität des Strahls, die Betriebszuverlässigkeit und der Strahlstrom noch steigern lassen. An diesen Verbesserungen wurde auch 1983 weiter intensiv gearbeitet und besonders gegen Ende des Jahres konnten deutliche Fortschritte erzielt werden. Betriebsstörungen von DORIS II, die mehrere Tage anhielten, hatten vor allem für eine Reihe von Kurzexperimenten, die nur für eine kurze Meßperiode eingeplant waren, Einbußen zur Folge. Dies spiegelt sich auch in einigen Jahresberichten wieder.

Im Bereich von HASYLAB konnte eine erhebliche Verbesserung der Betriebszuverlässigkeit des Strahlführungssystems erreicht werden. Ausfälle, die noch 1982 durch Defekte in den Beamshuttern und Ventilen der Strahlführung von HASYLAB hervorgerufen wurden, konnten durch den Austausch aller Faltenbälge in den Beamshuttern und einen Austausch von Ventilen im Januar 1983 fast gänzlich beseitigt werden. Die technische Betriebsgruppe von HASYLAB konnte auch als eine sichtbare Anerkennung ihrer Leistung das erste Patent verbuchen. Ihm liegt die Entwicklung einer schnellen Ansteuerungsschaltung für einen Elektromagneten zugrunde. Eng damit verbunden ist die Entwicklung eines Schnellschlußventils, die ebenfalls zum Patent angemeldet wurde.

Bei der Kompliziertheit der gesamten Anlage ist verständlich, daß Wartung und Reparatur am allgemeinen Strahlführungssystem den zu kleinen Stab von Technikern und Ingenieuren fast vollständig auslastet. Dazu gehört auch ein bereits Ende 1982 eingeführter Schichtdienst, bei dem ein Ingenieur oder Techniker bis in die späten Abendstunden im Labor zur Überwachung des Systems und für kleinere Hilfestellungen für die Experimentatoren anwesend ist. Die technische Betreuung der einzelnen Meßplätze selbst konnte aus Personalmangel nach wie vor nicht von HASYLAB übernommen werden, so sehr dies sachlich geboten wäre, und mußte den Nutzern überlassen bleiben. Beim erstmaligen Betrieb von DORIS II bei 5.3 GeV über einen Zeitraum von ca. 4 Wochen ergab sich die Notwendigkeit, die Abschirmung gegen harte Röntgenstrahlung zu verstärken. Diese Strahlenschutzprobleme konnten an den meisten Meßplätzen mit viel Aufwand gelöst werden. Weitere Verbesserungen, die auch einen leichten Zugang zu den zu wartenden Komponenten erlauben, sind noch erforderlich.

Die Planungen für den ersten Wiggler an DORIS II und für die Strahlführungen im Speicherringtunnel wurden abgeschlossen. Alle Komponenten sind in der Fertigung oder teilweise bereits fertiggestellt. Die Magnetstruktur des Wigglers sowie die mechanische Halterung sind ebenfalls weitgehend fertiggestellt (s. dazu den gesonderten Bericht). Für die Strahlführung in der HASYLAB-Halle ist die generelle Planung so weit fortgeschritten, daß Ende 1983 die Fundamente für die Monochromatoren, Spiegel und Meßplätze gegossen werden konnten. Die Detailplanung in der Halle wird sich allerdings noch in das Jahr 1984 hinziehen.

Ausblick

Das DESY-Direktorium beauftragte eine Arbeitsgruppe, Verbesserungsvorschläge für den laufenden Betrieb von HASYLAB zu erarbeiten sowie Möglichkeiten für Erweiterungen und zum Ausbau von DORIS II für Synchrotronstrahlungs-Experimente zu untersuchen. Diese Arbeitsgruppe legte im Dezember 1983 einen Bericht vor, der Empfehlungen zu der personellen Ausstattung von HASYLAB, zu Verbesserungen an DORIS II, zum Einbau weiterer Wiggler und für eine verbesserte Infrastruktur enthält. Dieser Bericht liegt dem Verwaltungsrat vor und dürfte die Grundlage für die mittelfristige weitere Entwicklung von HASYLAB werden, um die bisherigen großen Anstrengungen und investierten Mittel der verschiedenen Forschungsgruppen sowie von HASYLAB optimal zu nutzen.

Die Liste der an der Vorbereitung und Durchführung von Experimenten beteiligten Institute weist inzwischen 95 Institute und 415 Wissenschaftler aus. Nicht alle konnten im Berichtsjahr Meßzeit wahrnehmen oder zugeteilt bekommen. Weiterhin waren noch ca. 100 Wissenschaftler an den Meßplätzen des Europäischen Labors für Molekularbiologie als auswärtige Gäste vornehmlich aus den Mitgliedstaaten tätig.

Fortgang des Wiggler-Projektes

Anfang 1982 wurde in Zusammenhang mit dem Ausbau des Fächers A mit der Planung eines Multipol-Wigglers für den Speicherring DORIS II begonnen. Er besteht aus einer periodischen Anordnung von Samarium-Kobalt-Permanentmagnetblöcken und erzeugt einen intensiven Synchrotronstrahl mit einem kleinen Öffnungswinkel (Abb. 9.2) (siehe HASYLAB-Jahresbericht 1982). Nachdem Ende 1982 die Parameter festgelegt waren (Tab. 9.2), konnte Anfang 1983 mit der Konstruktion des Wigglers und der Bestellung der Magnete begonnen werden. Drei Detailprobleme mußten dabei gelöst werden: Spezifikation der Magnetblöcke, Konstruktion einer Klebmaschine zum Verkleben der Magnetblöcke und die Konstruktion des Wiggler-Gestells zum Aufnehmen der Magnetstruktur. Die Magnete wurden von der Firma Vakuumschmelze in Hanau bezogen. Die Konstruktionsarbeit führt die DESY-Konstruktionsabteilung in Zusammenarbeit mit HASYLAB aus.

Die Magnetblöcke besitzen eine mittlere Magnetisierung von 0.96 Tesla bei einer Streuung von etwa 1 %. Durch Sortieren der 130 Blöcke mit Computerhilfe konnten die Fehler der einzelnen Blöcke ausgeglichen werden, so daß der sinusförmige Magnetfeldverlauf eine größere Genauigkeit aufweist.

Zum Verkleben der Magnetblöcke auf Aluminiumschienen wurde eine Klebmaschine entwickelt, die die großen magnetischen Kräfte der Blöcke beim Kleben überwindet und für eine genaue Positionierung der Blöcke sorgt (Abb. 9.3). Die Toleranzen in den mechanischen Abmessungen der Blöcke werden durch die Klebefuge ausgeglichen.

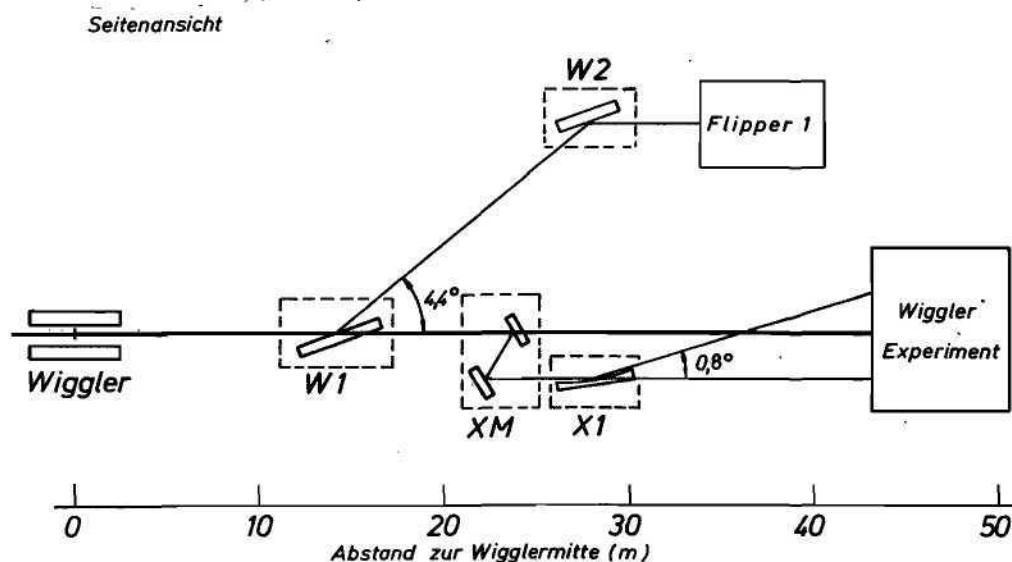


Abb. 9.2: Strahlführung beim DORIS-Wiggler.

Tab. 9.2: Parameter des DORIS-Wigglers.

Magnetmaterial:	Samarium-Kobalt
Anordnung:	4 Blöcke/Periode, Quadrat, Blöcke
Gesamtlänge:	2112 mm
Gaphöhe H:	34 mm
Anzahl der Perioden:	16
Periodenlänge:	132 mm
Wiggler-Parameter K:	7.4
Magnetfeld B_0 :	0.60 Tesla
Krit. Energie:	4.9 keV (3.5 GeV) 10 keV (5 GeV)
Divergenz:	2.2 mrad (3.5 GeV) 1.5 mrad (5 GeV)

Abb. 9.4 zeigt das Wiggler-Gestell. Die Aluminiumschienen mit den Magneten werden auf die horizontalen Führungsschienen geschraubt. Die beiden Magnetstrukturen liegen dann jeweils 17 mm oberhalb und unterhalb des Elektronenstrahls. Die Magnetträger können über die vertikalen Spindeln auseinandergefahren werden, und damit verändert sich das Magnetfeld am Ort der Elektronen. Außerdem kann die gesamte Magnetstruktur horizontal vom Elektronenstrahl weggefahren werden.

Inzwischen ist das Wiggler-Gestell geliefert worden, und die Montage der Magnete auf den Aluminiumschienen ist abgeschlossen. Im Januar 1984 sollen die Magnete in das Gestell eingebaut und die Fernsteuerung installiert werden, so daß der komplette Wiggler dann zum Einbau in DORIS II bereitsteht.



Abb. 9.3: Die Maschine zum Verkleben der Magnete.

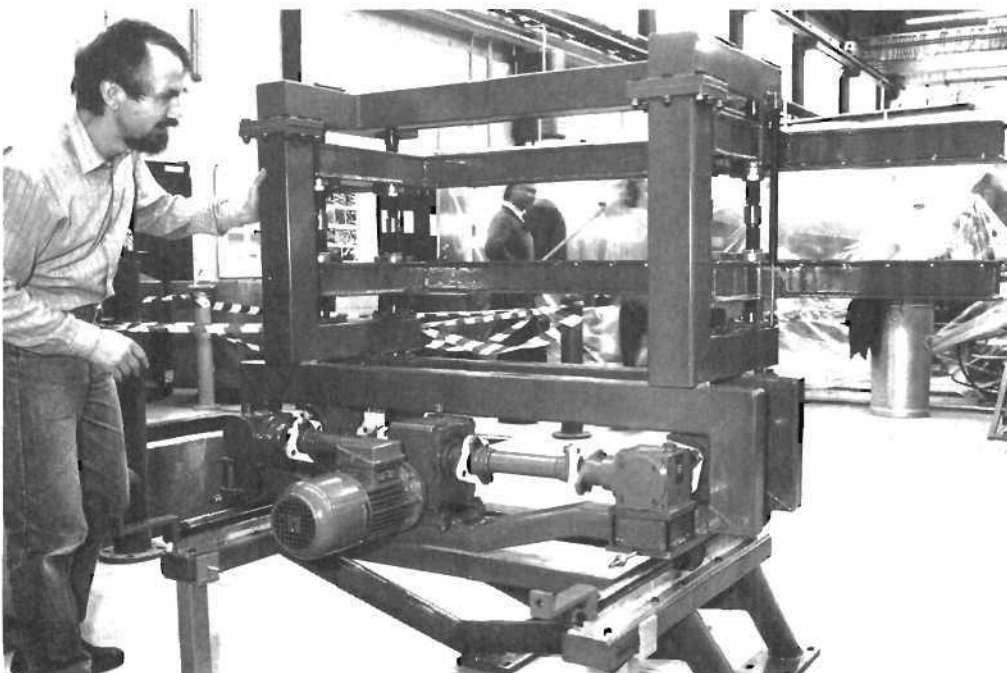


Abb. 9.4: Blick von hinten auf das Wiggler-Gestell.

EMBL - HASYLAB

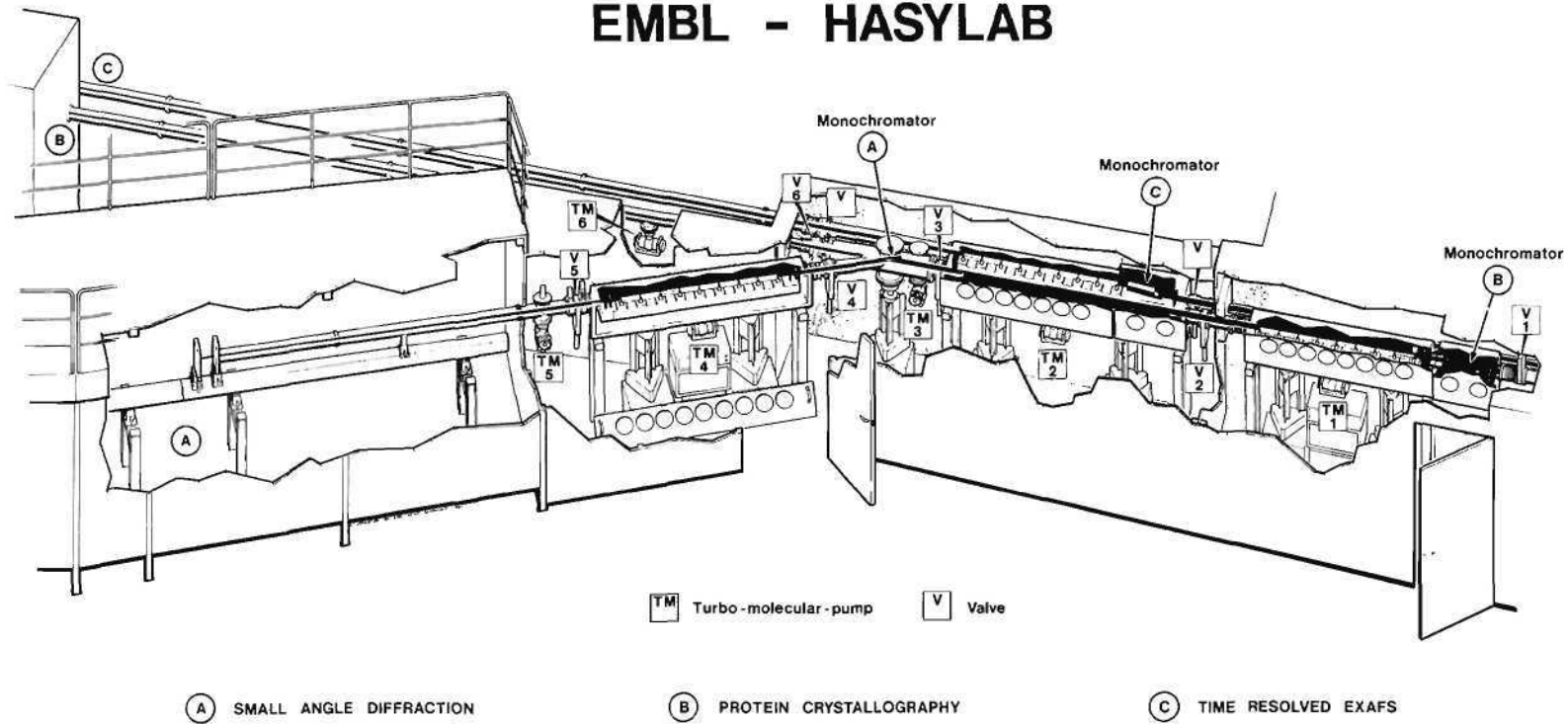


Abb. 10.1: EMBL-Experimente in der HASYLAB-Halle.

Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie EMBL

Außenstelle Hamburg

Das Programm der EMBL-Außenstelle am DORIS-Speicherring umfaßt mehr als 60 Projekte auf drei Forschungsgebieten: Proteinkristallographie, zeitaufgelöste Röntgenstreuung und EXAFS. Es wird an drei Meßplätzen in der HASYLAB-Halle durchgeführt und während des parasitären Meßbetriebs teilweise in Labor IV am Positronenring.

Die drei Instrumente, welche das EMBL an den Strahlführungen D1 und D2 aufgebaut hat, sind jetzt vollständig betriebsbereit.

Mit dem doppelfokussierenden Spiegelsystem der EXAFS-Strahlführung (D2) können selbst von sehr verdünnten Proben ausgezeichnete Spektren mit einem Fluoreszenz-Detektorsystem gemessen werden. Die Bedingungen für derartige Messungen sind allerdings wegen Sättigungsproblemen in den Fluoreszenz-Detektoren nur bei Multi-Bunch-Betrieb von DORIS optimal.

EXAFS

An der Kristallographie-Strahlführung (D1) wurden Daten von einer Vielzahl von Strukturen gesammelt, wobei der Schwerpunkt bei Strukturen mit sehr großen Einheitszellen lag, wie zum Beispiel Rhinovirus, dem Verursacher der gewöhnlichen Erkältung, oder der 50S Ribosomenuntereinheit, deren Kristalle Zellabmessungen in der Größenordnung von 30 nm besitzen. Dieses neue Instrument im HASYLAB, das sich besonders für anomale Streuexperimente eignet, wurde auch für zeitaufgelöste Experimente an anorganischen Kristallen in Zusammenarbeit mit der Gruppe von Prof. Huber von der Hamburger Universität verwendet.

Kristallographie

Das Gerät für zeitaufgelöste Kleinwinkelstreuung (D1) wurde unter anderem für das Studium der Muskelkontraktion verwendet und für dynamische Studien des Aufbaus von Viren, Chromatin und Kollagen.

Einzelheiten über die Kollagenstudien enthält der Bericht von Prof. Nemetschek. Die Daten des Projekts über die Strukturen von Mikrotubuli wurden ausgewertet und die Ergebnisse in mehreren Publikationen veröffentlicht.

Die EMBL-Instrumente im Labor 25A wurden während parasitärer Strahlzeiten weiterhin für Proteinkristallographie, anomale Kleinwinkelstreuung (Prof. Stuhmann), resonante Kernstreuung (Prof. Parak) und zeitaufgelöste Kleinwinkelstreuung an Polymeren verwendet. Über Einzelheiten der letztgenannten Projekte wird im Jahresbericht des EMBL ausführlich berichtet.

Die Entwicklung von Detektoren wurde fortgesetzt, wobei der Schwerpunkt bei dem sogenannten „fine-grid detector“ lag, mit dem die Anforderungen an einen Detektor für Proteinkristallographie, das heißt hohe Zählraten bei gleichzeitig sehr guter Ortsauflösung, erfüllt werden sollen.

Experimentelle Entwicklungen

Daneben wurde mit der Entwicklung eines neuartigen Datenerfassungs- und Datenauswertungssystems auf der Basis von Parallelprozessoren begonnen. Dieses System wird in Zukunft die Möglichkeiten der EMBL-Außenstelle entscheidend verbessern, die Mengen von Bilddaten, welche in der Proteinkristallographie und der zeitaufgelösten Kleinwinkelstreuung anfallen, zu verarbeiten.

Insgesamt benutzten 1983 mehr als 39 auswärtige Gruppen von biologischen Labors in Europa und den USA die Einrichtungen der EMBL-Außenstelle in Hamburg.

Theoretische Physik

Einen deutlichen Schwerpunkt im Forschungsprogramm der Gruppe Theorie bildeten auch 1983 die Gittertheorie und verwandte Themen. Dabei ging es sowohl um die quantitative Berechnung des Massenspektrums der Quantenchromodynamik (QCD) mit und ohne Quarks als auch um die Frage, wie verlässlich numerische Resultate auf Gittern der zur Zeit erreichbaren Größe sind. Zur Überprüfung des letzten Punktes dient zum einen das „Skalenverhalten“, das heißt die Variation von berechneten Massen und anderen physikalischen Größen als Funktion der Kopplungskonstante, und zum anderen versucht man eine systematische Verbesserung der Gitternäherung durch eine geschickte Wahl der Lagrange-Funktion.

Quantenchromodynamik

Im einzelnen wurden die Massen von Gluebällen (ohne Quarks) in SU(2) und SU(3) mit den Quantenzahlen $J^{CP} = 0^{++}, 2^{++}, 0^{-+}$ und 1^{+-} durch Monte-Carlo-Rechnungen bestimmt (DESY 83-004, -061, -106, -107). Dabei konnte für 0^{++} und 2^{++} das Skalenverhalten und, über die Energie-Impuls-Beziehung, die Lorentzinvarianz geprüft werden. Die Einführung von Kogut-Susskind-Quarks auf Gittern der Größe bis zu $10^3 \cdot 16$ erlaubte, die spontane Brechung der chiralen Symmetrie zu beobachten (DESY 83-012, -093, -094) und, im Zusammenhang damit, eine gute Beschreibung der π -, ρ -, ε -, A_1 - und der Nukleonmassen zu erreichen. Ein weiterer Beitrag zum Problem der Fermionen auf dem Gitter war der Nachweis (DESY 83-009), daß Dirac-Kähler-Fermionen im Kontinuumslimit zur richtigen axialen Anomalie führen. Der Dirac-Kähler-Formalismus erwies sich auch in einer zweidimensionalen supersymmetrischen Theorie erfolgreich (DESY 83-075). Daß leichte Quarks erwartungsgemäß das QCD-Potential zwischen schweren Quarks abschirmen, konnte in SU(2) für Wilson-Fermionen in der Hopping-Parameter-Entwicklung gezeigt werden (DESY 83-046).

Die von Symanzik entwickelten Methoden (DESY 83-016, -026), eine systematisch bessere Annäherung an das Kontinuum durch Hinzunahme längerer Wege in der Gitter-Lagrange-Funktion zu erreichen, wurden zunächst mit guten Resultaten am nichtlinearen σ -Modell erprobt (DESY 83-015). Für die SU(2) konnte eine deutliche Verbesserung noch nicht gefunden werden (DESY 83-112). Daß die Effekte der endlichen Größe von Gittern auch ihre positiven Seiten haben, wurde durch ihren Zusammenhang zum Beispiel mit physikalischen $\pi\pi$ -Streuamplituden gezeigt (DESY 83-116). Die physikalischen Größen der U(1)-Gittertheorie in 2+1 Dimensionen wurden durch Variationsrechnung berechnet (DESY 83-113).

Phänomenologie

Im Bereich der phänomenologischen QCD stellt sich immer noch das Problem, wie die starke Kopplungskonstante α_s aus Multijetereignissen bei der e^+e^- -Vernichtung zu bestimmen ist. Als vielversprechende Methode gilt die Messung der Asymmetrie bei Energie-Energie-Korrelationen. Ihre Stabilität bezüglich Jet-Auflösungsparametern, höheren Ordnungen in α_s und anderes wurden in (DESY 83-070, -095) geprüft, während die Thrustverteilung bis $O(\alpha_s^2)$ in (DESY 83-044) untersucht wurde.

Für gebundene Zustände aus schweren Quarks sind die Korrekturen zu den berechneten Massen von Interesse, die von spezifischen hadronischen Zerfallskanälen (DESY 83-030) beziehungsweise von 2-Gluon-Endzuständen (DESY 83-008) (für 3P -Zustände) herrühren. Die Massenverschiebungen betragen einige MeV. Die schwachen nichtleptonischen Zerfälle von Mesonen mit Charm wurden auf exotische Beiträge zum schwachen Hamilton-Operator hin analysiert (DESY 83-078).

Aus den Lösungen eines klassischen Modells für Confinement von statischen Quarks (einer Elektrodynamik mit feldstärkeabhängiger Dielektrizitätskonstanten) ergaben sich die Korrekturen zum linearen Potential zwischen Quarks (DESY 83-086).

Eine Reihe von Arbeiten befaßte sich mit der Wechselwirkung von magnetischen Monopolen mit Fermionen. Dabei ging es um die Energieniveaus des Monopol-Fermion-Systems (DESY 83-041), den Wirkungsquerschnitt für den Einfang von Protonen durch langsame Monopole (DESY 83-092) und um die Bildung von „Molekülen“ aus neutralen Atomen und Monopolen (DESY 83-036). Die Existenz eines Zustandes verschwindender Energie eines $SU(5)$ -Monopol-Proton-Systems mit Katalyse des Protonzerfalls wurde in (DESY 83-022) verneint.

Die Mehrzahl der genannten Projekte wurde in Zusammenarbeit mit Besuchern von auswärtigen Forschungsinstituten im Rahmen eines großzügigen Besucherprogramms und mit Kollegen des II. Instituts für Theoretische Physik der Universität Hamburg bearbeitet.

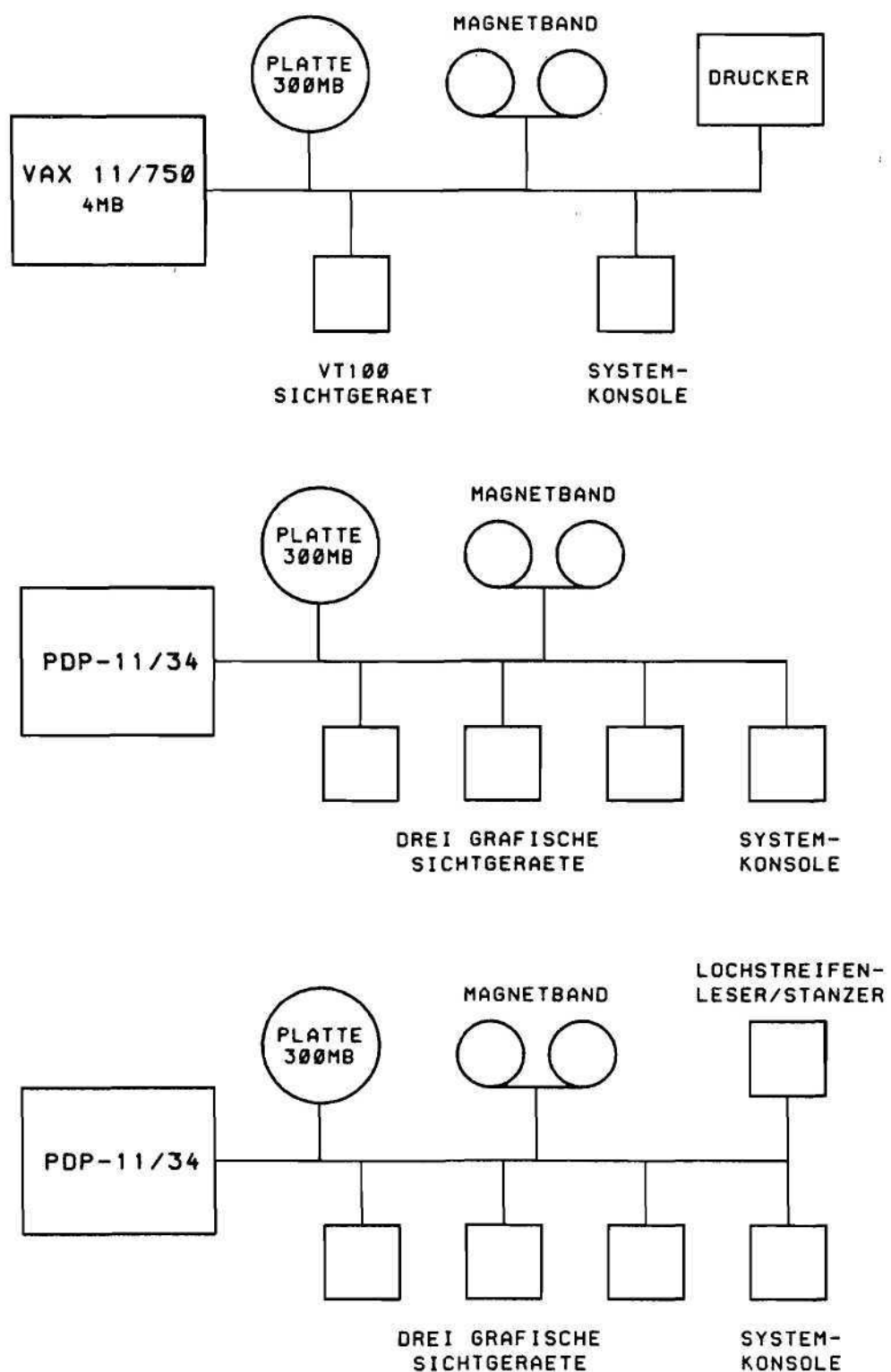


Abb. 12.1: Maschinenkonfiguration für den Leiterplattenentwurf.

Technische Entwicklungen und Dienste

Fünf DESY-Gruppen haben im Berichtsjahr die Forschungsarbeiten an den Speicherringen direkt unterstützt. Es sind dies:

1. Detektorentwicklung
2. Speicherringexperimente-Service
3. Experimenteelektronik-Entwicklung
4. Digitale Datenerfassung
5. Elektronik-Service

1. Detektorentwicklung

Im Berichtsjahr wurde eine verbesserte Gasversorgung für den neuen TASSO-Vertexdetektor in Betrieb genommen. Es handelt sich hierbei um eine geregelte Gasversorgung, die für konstante Dichte bei gleichzeitigem stetigen Gasdurchfluß durch den Detektor sorgt. Das Gas wird über Massendurchflußmesser zu 95 % Argon + 5 % CO₂ gemischt, wobei das Argon vor der Mischung noch durch destilliertes Wasser von 8 °C und das CO₂ durch Äthanol von 8 °C fließt. Die letztere Maßnahme erwies sich als notwendig, um die Ströme infolge Störstrahlung im Vertexdetektor hinreichend klein zu halten.

*TASSO-Vertex-
detektor*

Ferner wurden 720 Analog-Digital-Konverter zur Messung der z-Koordinate mittels Ladungsverteilung fertiggestellt. Dazu war es nötig, einen rechnergestützten Meßaufbau zur Entwicklung, Prüfung und zum Abgleich der ADC's zu erstellen. Weitere 672 ADC-Kanäle gleicher Bauart wurden zusätzlich für die neuen Hadronarm-Driftkammern entwickelt, getestet und in das TASSO-Experiment eingebaut.

Für die Flüssig-Argon-Schauerzähler des TASSO-Detektors wurden Verbesserungen eingeführt:

- Die Überwachung des Betriebszustandes der Argon-Zähler wird mittels eines speziell entwickelten Mikroprozessors durchgeführt. Die Programme dafür wurden erweitert und verbessert.
- Die Kühlung der Flüssig-Argon-Zähler erfolgt über Wärmetauscher mittels Flüssig-Stickstoff aus einem großen Vorratstank. Die nötige Menge an Flüssig-Stickstoff wird dabei über 6 Proportionalventile individuell an die 6 Zähler-Module entsprechend ihrem jeweiligen Argon-Gasdruck geliefert. Die Proportionalventile waren im Abstand einiger Monate immer wieder verstopft und konnten nur durch Aufwärmen mit warmem Stickstoffgas freigespült werden. Die Ursache der Verstopfung war Wassereis, welches durch unsaubere Handhabung des Stickstoffs beim Füllen der Anlieferntankwagen und der Vorratstanks in den Stickstoff gelangte. Zur Beseitigung der Verstopfung der Proportionalventile wurde im Frühjahr 1983 ein Wechselfilter in die Stickstoffleitung zu den Modulen eingebaut. Dieses Filter wird seitdem regelmäßig einmal pro Woche gewechselt, mit Stickstoffgas aufgewärmt und vom Wassereis befreit. Die Verstopfung der Proportionalventile ist durch diese Maßnahme beseitigt.

*TASSO-Flüssig-
Argon-Schauerzähler*

Für den IBM-Emulator 370/E wurde ein neues Interface entwickelt und in Betrieb genommen. Dieses Interface verbindet den 370/E mit PADAC und damit mit den bei TASSO benutzten Prozeßrechnern NORD, VAX und TMS.

Emulatoren

Entwicklung von Kalorimetern

Elektromagnetische und hadronische Kalorimeter in Proportional- beziehungsweise begrenzter Streamer-Mode gewinnen in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung für den Aufbau großer Detektoren, wie sie zum Beispiel für LEP und HERA benötigt werden. Um erste Erfahrungen mit dieser Technik zu sammeln, wurde ein Test-Schauerzähler in dieser Technik aufgebaut. Der Zähler besteht aus 43 Bleiplatten von 2 mm Stärke und 15×150 mm Größe. In den 3 mm Gaps sind insgesamt 3000 CuBe-Drähte von 70μ Durchmesser gespannt, so daß der Drahtabstand zu den Platten 1.5 mm beträgt. Diese sehr geringen Abstände wurden gewählt, um im Hinblick auf den späteren Einsatz die Schaueraufweitung möglichst gering zu halten. Der mittlere Moliere-Radius beträgt daher nur 4 cm. Das Plattenpaket von $16 X_0$ -Länge ist in einen Drucktank eingebaut, so daß leicht verschiedene Gasmischungen bei unterschiedlichen Drucken untersucht werden können.

Fragestellungen, die sodann in Messungen am Teststrahl untersucht werden, beziehen sich auf das Auffinden geeigneter Gaskompositionen, die Messung der Energielinearität und der Spannungs- und Druckabhängigkeit des Auflösungsvermögens und auf das Herausfinden möglicher Verbesserungen.

Es konnte eine Gasmischung gefunden werden, die auch im Hinblick auf Sicherheitsfragen günstig ist: 93 % CO_2 , 5 % Propan und 2 % Freon-12. Mit diesem Gas kann im Energiebereich von 1 bis 5.5 GeV ein Auflösungsvermögen von $22 \text{ } \%/ \sqrt{E}$ bei 1 Bar und 3.4 kV erreicht werden. Die Signalamplitude liegt bei etwa 50 mV an 50Ω mit ca. 20 nsec Anstiegs- und Abfallzeit. Zur Zeit wird untersucht, ob und wie eine Verbesserung des Auflösungsvermögens erreichbar ist, zum Beispiel durch den Einbau von Wänden parallel zu den Drähten zur Absorption von δ -Elektronen. Ferner werden noch unterschiedliche Kathodenmaterialien untersucht, zum Beispiel Nickel oder Graphit wegen der größeren Austrittsarbeit für Elektronen. Die Frage der Energielinearität ist wegen der geringen verfügbaren Energie in den DESY-Teststrahlen nur schwierig beantwortbar, weil bei Gasmischungen ohne Edelgaszusatz die Ausbreitung der Streamer längs der Drähte klein bleibt, Überlappungseffekte daher erst bei höherer Teilchenenergie auftreten.

In Zusammenarbeit mit Physikern der TASSO-Kollaboration wurden vorbereitende Arbeiten für ein größeres Testkalorimeter, mit dem bei HERA-Experimenten einzusetzende Techniken erprobt werden sollen, in Angriff genommen.

2. Speicherringexperimente-Service

Die Aufgaben verteilten sich im Berichtsjahr auf die Unterstützung des ARGUS-Experiments und die Entwicklung von Geräten für die HERA-Quenchüberwachung.

Arbeiten für ARGUS

— Die bereits 1982 begonnene Entwicklung eines speziellen Meßverfahrens für Ströme in Hochspannungskreisen wurde abgeschlossen. Es beruht auf der Kompensation des auf der HV-Seite fließenden Stromes durch auf der Erdseite erzeugte Stromstöße gleichbleibender Ladung über einen Trafo hinweg. Die Frequenz ist stromproportional und gestattet eine Fernmessung im Bereich zwischen 20 Nanoampere und $500 \mu\text{A}$. Es wurden 20 Meßkanäle gebaut.

- Für die negative Hochspannung der Vertexkammer wurde ein neues Crowbar-System entwickelt und gebaut.
- Die Überwachungseinrichtung „Main Alarm Panel“ erfaßt die Betriebswerte aller wichtigen Detektorkomponenten auf „Hardware“-Basis unabhängig von dem Monitor-Mikroprozessor. Hierfür wurden alle erforderlichen Teile erstellt und sowohl in der Meßhütte in Experimentnähe als auch im entfernt gelegenen Kontrollraum in Betrieb genommen. Die Übertragung der etwa 100 angezeigten Zustandsmeldungen erfolgt über eine einzige Signalleitung.
- Ein Mikroprozessorsystem, das die Experimentedaten laufend mitliest und auswertet sowie die ausgewerteten Daten auf einem Monitorschirm als farbige Spuren sichtbar macht, wurde fertiggestellt.
- Der 1982 vorbereitete Hardware-Programmspeicher wurde in Betrieb genommen, so daß für den Display-Prozessor jetzt kein Diskettenlaufwerk mehr benötigt wird.
- Für die Überwachung des Magneten wurde ein Gerät gebaut, welches über einen Shunt den Magnetstrom und an zwei Stellen mit Hallsonden die Feldstärke mißt. Beide Informationen werden sowohl durch Instrumente angezeigt als auch mit dem Monitoring kontrolliert.

Für die Überwachung der supraleitenden Magnete von HERA begann die Entwicklung verschiedener Meßmethoden. Dabei geht es darum, ein Quenchen des Magneten durch rechtzeitiges Erkennen des Spannungsanstiegs an einer Magnetwicklung, die auf einem Potential von bis zu 1000 V liegen kann, anzuzeigen. Hierzu wird ein herkömmliches Verfahren auf Halbleiterbasis mit Isolierverstärkern entwickelt. Bekanntlich weisen Halbleiterschaltungen nur eine geringe Strahlenresistenz auf. Besser sind Verfahren, die ohne Halbleiter am Magneten auskommen. Aus diesem Grunde wird noch eine Zerkhackerschaltung, welche mit temperaturgesteuerten Widerständen in Form von Glühlampen arbeitet, entwickelt. Ein weiteres halbleiterfreies Verfahren benutzt mit 50 Hz erregte Transduktoren. Eine derartige Schaltung liefert Meßsignale mit einer Verzögerung von einigen Halbwellen.

*Arbeiten
für HERA*

3. Experimenteelektronik-Entwicklung

Von Physikern der TASSO-Kollaboration wurde eine kleine Zeit-Projektionskammer (TPC) gebaut, um diese moderne Nachweisteknik für zukünftige Detektoren, entweder an PETRA oder an HERA, zu erproben. Für diese Kammer wurde eine Acquisitions- und Transfer-Elektronik entwickelt, in der nicht nur die Koordinaten in der rp -Projektion gemessen werden, sondern auch über die Driftzeit die Koordinaten in der rz -Projektion. Außerdem wird über die Signalamplitude dE/dx bestimmt.

TPC-Elektronik

Jeder Signaldraht ist an einen ladungsempfindlichen Vorverstärker angeschlossen, der den Signalstrom integriert und die Form des Pulses geeignet verstärkt (Gaußform) einem Flash-ADC zuführt, der die gesamte Driftzeit von etwa 20 μsec in äquidistante 80-nsec-Scheiben zerlegt und die Amplitudenverteilung entsprechend digitalisiert in Speicher schreibt. Ist die Driftzeit vorüber, werden alle Speicher sequentiell über ein Nonzero-Datenfilter ausgelesen.

Über das Verstärker-ADC-Problem wurde bereits 1982 berichtet, es laufen zur Zeit etwa 400 Verstärker- und 160 ADC-Kanäle.

Die in einer Zeitprojektionskammer anfallende Informationsmenge ist so groß, daß ihre Registrierung auf Schwierigkeiten stößt. Deshalb wurde ein Verfahren entwickelt, um die anfallende Information in Realzeit zu verarbeiten und eine Vorauswertung vorzunehmen (s. K. Sakaguchi „Datenreduktionsfilter“, Sept. 1983).

Das hier entwickelte Datenreduktionsfilter gestattet es, den Zeitpunkt des Eintreffens der Driftelektronen an der Signaldrahtebene und das Zeitintegral des Strompulses in Realzeit zu ermitteln, und damit die Grundlage zur Bestimmung der Teilchenkoordinate in Feldrichtung der Kammer sowie des Energieverlustes dE/dx zu erhalten. Algorithmen der Zeit- und Ladungsmessung wurden diskutiert und die zu erwartenden Fehler sowie die Zeit-, Ladungs- und Doppelspurauflösung berechnet.

Das Filter wurde aus Hardware-Standardbauelementen aufgebaut und getestet. Hierzu wurden Simulationsdaten verwendet, die auf dem IBM-Rechner des DESY-Rechenzentrums erzeugt wurden. Um diese Operation auszuführen, wurden eine IBM-Filter-Verbindung aufgebaut und die entsprechenden Transferprotokolle geschrieben.

Die Testergebnisse besagen, daß die gebaute Realisierung bei Signalamplituden zwischen 10 % und 100 % des Maximalsignals wie gewünscht arbeitet (Amplitudenfehler $< 1\%$, Zeitfehler < 4 nsec), bei Signalamplituden zwischen 1 % und 10 % jedoch ungenauer wird. Das beruht darauf, daß ein 7-Bit-Flash-ADC zur Datenerzeugung benutzt wurde, weil 8-Bit-Typen erst jetzt auf dem Markt erscheinen. Die Verwendung von 8-Bit-Daten würde den Fehler genügend reduzieren, eine Änderung des logischen Konzepts würde nicht erforderlich sein.

Damit dürfte gezeigt sein, daß es möglich ist, eine Online-Datenreduktion mit genügender Genauigkeit und mit vertretbarem Aufwand zu bauen, die für eine TPC oder für ähnliche Bildkammern Verwendung finden kann.

Parallel zur Auslese über das Hardware-Datenreduktionsfilter ist ein Software-Datenreduktionsfilter entwickelt worden (s. M. Ziegler „Online-Spurrekonstruktion in einer Time-Projection-Chamber“, März 1983), das mit dem Motorola-68000-Prozessor ausgestattet ist und welches Spuren berechnet. Es findet heraus, wie viele Spuren im Detektor sind, welches ihr Radius in der $r\phi$ -Projektion ist und wo der Schnittpunkt der Spur mit der z-Achse in der rz-Projektion ist. Diese Information wird zum Online-Rechner des Experiments übertragen, um zu entscheiden, ob das Event auf dem Magnetband gespeichert werden soll oder nicht. Da in der rz-Projektion die Spuren Geraden sind, ist es einfacher, zunächst die rz-Projektion zu untersuchen, dabei zu berechnen, ob der z-Schnittpunkt innerhalb eines akzeptablen Abstands vom Wechselwirkungspunkt ist und, wenn ja, von der gleichen Spur Radius und Bahnkoordinaten in der $r\phi$ -Ebene zu berechnen. Der dazu gehörende Algorithmus wurde auf der IBM berechnet und mit simulierten Events ausgetestet.

Dann wurde er in 68000-Makro-Assembler geschrieben und getestet. Die Laufzeit ist für typische Events mit 30 bis 50 Spuren weniger als 10 msec, davon 6 bis 7 msec für das rz-Programm, 1 msec für das $r\phi$ -Programm sowie etwa 1 msec für das Übertragen der Ergebnisdaten zum Online-Rechner.

Schneller 64Bit-Floating-Point-Prozessor

Um das Bahnverhalten der Protonen im HERA-Ring zu testen, wurde bei DESY in der Gruppe Maschinentheorie ein Tracking-Programm entwickelt, das die Bahnparameter entlang eines Umlaufs durch die über 500 Magnete berechnet. Dieses Programm, in FORTRAN geschrieben und auf der IBM getestet, soll unabhängig von der IBM auf Mikroprozessoren laufen. Da der größte Teil des Programms doppelgenaue Floating-Point-Operationen enthält und die Rechengeschwindigkeit ähnlich der der IBM sein soll, wird zur Zeit ein sehr schneller 64Bit-Floating-Point-Prozessor entwickelt, der mit einem Motorola-68000-Prozessorsystem zusammenarbeiten soll. Gewünscht werden nur die Funktionen Addieren, Subtrahieren, Multiplizieren und Komparieren. Diese werden auf getrennten Karten in Schottky-TTL-Technik entwickelt. Bisher gemessene Rechenzeiten sind etwa 250 nsec pro Addition beziehungsweise Subtraktion und etwa 800 nsec pro Multiplikation.

Die Arbeitsweise ist wie folgt: Der 16Bit-68 000-Prozessor führt das Programm aus, erkennt eine Floating-Point-Operation und übergibt die Kontrolle dem Floating-Point-Prozessor. Dieser schaltet den Speicher von 16 auf 64 Bit um, holt die zwei Operanden, lädt sie in die geeignete Arithmetikkarte, läßt die Operation ausführen und schreibt das Ergebnis zurück. Nach dem Umschalten von 64 auf 16 Bit übernimmt der 68 000 wieder die Kontrolle über den Speicher.

Gegen Ende des Jahres wurde die Additions- und Subtraktionskarte getestet. Als Testprozessor wurde ein von PCS-München entwickeltes 68 000-Stand Alone-System benutzt, das über einen FORTRAN-Compiler verfügt und als Betriebssystem UNIX benutzt. Dieses Prozessorsystem wird nachher im Betrieb mehrere 68 000-Systeme mit Floating-Point-Prozessoren kontrollieren, ihnen das Programm und die Daten laden sowie die Ergebnisse aus ihnen abholen und speichern oder darstellen.

4. Digitale Datenerfassung

Die wie in jedem Jahr durchzuführenden umfangreichen Servicetätigkeiten verteilten sich besonders auf drei Schwerpunkte:

Service-Tätigkeiten

- Wartung und Reparatur der installierten Prozeßrechner und ihrer Peripheriegeräte. Das Ausbildungsprogramm für Techniker beziehungsweise Ingenieure der Gruppe wurde durch die Teilnahme an Schulungskursen der Hersteller von neueren Geräten (DEC, CDC) fortgesetzt.
- Erweiterung des EXP-Online-Systems auf jetzt ca. 45 Benutzer.
- Installation weiterer PADAC-Crates für Rechner-Interfaces. Insgesamt sind zur Zeit ca. 100 Crates mit etwa 520 Moduln installiert.

Die Gruppe, die für das Kontrollsystem von ELSA an der Universität Bonn verantwortlich ist, hat sich entschlossen, das bei DESY entwickelte PADAC-System auch in Bonn einzusetzen. Die hierfür benötigte Hardware wurde hergestellt, getestet und ausgeliefert (5 Crates mit ca. 60 Moduln).

*PADAC-Hardware
für die Steuerung
von ELSA*

Die Benutzung des installierten Leiterplatten-Entwicklungssystems (Applicon) ist in diesem Jahr voll angelaufen. Es wurde eine größere Anzahl von Benutzern mit der Bedienung des Systems vertraut gemacht. Dabei hat sich gezeigt, daß bei der permanent ansteigenden Komplexität der zu erzeugenden Leiterplatten der Übergang auf ein 32-Bit-Rechnersystem unumgänglich ist. Aus diesem Grunde wurde eine VAX-750 mit der erforderlichen Software bestellt. Nach erfolgter Installation (Febr. 1984) wird es möglich sein, die automatischen Platzierungs- und Entflechtungsroutinen in Form von Batchprogrammen zu betreiben. Die volle interaktive Version der VAX-Software wird ab Herbst 1984 zur Verfügung stehen. Um den bis dahin bestehenden Engpaß in der Zahl der Arbeitsplätze zu verringern, wird vorübergehend eine zweite PDP-11 mit zwei weiteren graphischen Stationen installiert. Die vorgesehene Konfiguration zeigt Abb. 12.1.

CAD-Systeme

In Zusammenarbeit mit anderen DESY-Gruppen wurden umfangreiche Voruntersuchungen für die Auswahl und Einführung eines CAD-Systems für dreidimensionale mechanische Konstruktionen durchgeführt.

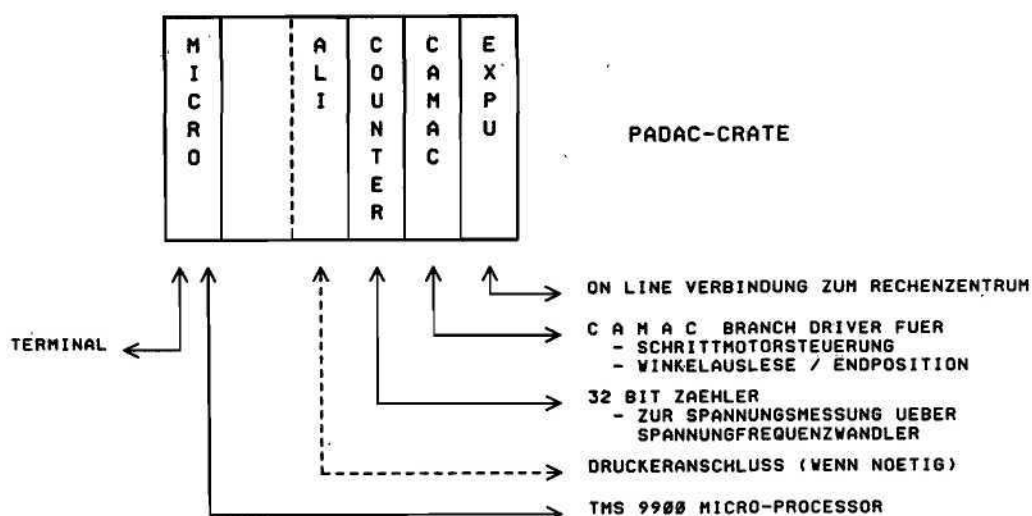


Abb. 12.2: Aufbau des Rechnercrates zur Magnetvermessung.

Installation von lokalen Netzwerken

Basierend auf dem bei DESY entwickelten FPSS-System (siehe Jahresbericht 1982) wurden mehrere LAN's (local area networks) installiert. Sie verbinden Rechner der verschiedensten Typen untereinander und erlauben einen Gesamt-Datendurchsatz, der etwa um den Faktor 20 höher liegt als bei den üblicherweise verwendeten Netzwerktypen (wie Ethernet und so weiter). Eingesetzt werden die Systeme zur Zeit bei der Maschinenkontrolle, TASSO, ARGUS und bei der digitalen Datenerfassung. Die Entwicklung an diesem System wird weitergeführt im Hinblick auf das HERA-Kontrollsystem.

Magnetvermessung

Für die Vermessung von Quadrupol-Prototypen für DESY II wurde die zur Steuerung des Meßvorgangs notwendige Hardware um einen PADAC-Microcomputer herum aufgebaut (Abb. 12.2). Es wurde ein Programm entwickelt, das folgendes leistet:

- Test der für die Vermessung benötigten Einzelkomponenten
- Steuerung des Schrittmotors und Einlese der Daten
- Konvertierung und Anpassung der Daten für das verwendete (alte) Online-Programm auf der IBM
- Darstellung der auf der IBM berechneten Ergebnisse auf einem Monitor

Das Programm befindet sich auf einer Bibliothek im Rechenzentrum und kann über die Online-Verbindung geladen werden.

HASYLAB-Informationssystem

Für (und in Zusammenarbeit mit) HASYLAB wurde ein Video-Informationssystem einschließlich der dazugehörigen Software entwickelt und in Betrieb genommen. Es gibt den Benutzern auf verschiedenen über das Experimentiergebiet verteilten Monitoren in graphischer Form Informationen über den jeweiligen Zustand der wesentlichen Komponenten der Strahlwege (Interlock, Beam Shutter, Ventile, Pumpen und so weiter) für anwählbare Bereiche der HASYLAB-Halle. Das System läuft ebenfalls auf einem PADAC-Microcomputer und benutzt im wesentlichen PADAC- und SEDAC-Komponenten, die für die Beschleunigersteuerung entwickelt wurden.

Das STELLA-Experiment zur schnellen Daten-Fernübertragung wurde abgeschlossen. Von der DESY-Station aus gelang die Datenübertragung nur mit beträchtlichen Fehlerraten.

STELLA-Experiment

Die Entwicklung eines Code-Generators für den PADAC-Microcomputer (zur Zeit TMS-9900) wurde erfolgreich weitergeführt. Die Implementierung des Loader/Linkers ist abgeschlossen; ausführliche Tests wurden bereits durchgeführt. Damit steht ein auf der PDP-11 laufender Cross-Compiler der Sprache MODULA-2 für den TMS-9900 zur Verfügung, dessen Zuverlässigkeit und Qualität noch durch umfangreichere praktische Anwendung zu prüfen ist.

MODULA-2-Compiler

Parallel dazu wurde mit der Portierung des MODULA-2-Systems auf die IBM begonnen. Um möglichst schnell ein laufendes System zu erhalten und eventuell gewünschte weitere Portierungen (zum Beispiel VAX) zu erleichtern, wurde als Zwischensprache FORTRAN gewählt. Ein Code-Generator, der als Ausgabe FORTRAN-Code erzeugt, ist mittlerweile installiert und wird zur Zeit durch ausführliche Probeläufe getestet.

Auf dem vorhandenen Rechner AEG 80-60 wurden vorbereitende Software-Arbeiten durchgeführt zur Unterstützung des Einsatzes von Mikroprozessoren bei der Steuerung der Prototypen der supraleitenden HERA-Magnete (Editor, Bibliothekssystem und so weiter).

*Steuerung von
supraleitenden
Magneten*

5. Elektronik-Service

Die Gruppe Elektronik-Service betreut für alle Bereiche von DESY die elektronischen Meßgeräte von der Anschaffung bis zur Ausmusterung. Allen Geräteanschaffungen geht eine intensive Beratung und Genehmigung durch ein Elektronik-Komitee voraus, um eine optimale Geräteauswahl zu gewährleisten. Dabei wird Standardisierung angestrebt, um Austauschbarkeit und Reparatur zu vereinfachen.

Die Instandhaltung eines großen Geräteparks ist für die Verfügbarkeit der Geräte wichtig. Durch vorbeugende Wartung und schnelle Reparatur defekter Geräte werden die Ausfallzeiten kurz gehalten. Die Instandhaltung der Geräte ist zwar aufwendig und erfordert eine hohe Qualifikation des Personals, dennoch ist ein eigener Service wirtschaftlich, insbesondere da längere Wartezeiten entfallen.

	1983	1982	1981
Gerätebestand	11 000	11 000	11 000
Wert in Mio DM	36	36	36
Gerätezuwachs Stück	312	515	758
Eigenreparatur Stück	1 100	1 200	1 150
Ersatzteilkosten DM	80 000	70 000	65 000
Fremdreparatur Stück	95	89	64
Fremdreparatur Kosten DM	92 000	72 000	60 000
Fremdwartung Stück	77	65	73
Fremdwartung Kosten DM	45 000	40 000	45 000

Im Gerätepool stehen den Benutzern ca. 1200 Geräte (Wert 4 Mio DM) zum Entleihen zur Verfügung; von ihnen sind etwa $\frac{2}{3}$ dauernd ausgeliehen.

Bibliothek und Dokumentation

Überblick

Bibliothek und Dokumentation haben die Aufgabe, die von den bei DESY tätigen Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern benötigte Fachliteratur zu sammeln und so zu katalogisieren/dokumentieren und bereitzustellen, daß sie leicht gefunden werden kann.

Die weltweit erscheinende Literatur über Hochenergie-/Elementarteilchenphysik wird möglichst vollständig ermittelt und durch Kauf (Monographien, Zeitschriften, Konferenzabhandlungen) oder Tausch (Konferenzabhandlungen, Berichte/Vorabdrucke, Diplomarbeiten, Dissertationen, Habilitationsschriften) erworben.

Bibliothek und Dokumentation vertreten DESY als Mitglied in der Arbeitsgemeinschaft der Spezialbibliotheken (ASpB), im Hamburger Arbeitskreis für Dokumentation (HADOK) und im Arbeitskreis für Bibliotheks- und Informationswesen der Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen.

Durch die Bereitstellung von Praktikaplätzen für den Fachbereich Bibliothekswesen der Fachhochschule Hamburg und Einrichtung einer Ausbildungsstelle für Bibliotheksassistenten zum 1. 8. 83 beteiligt sich die Bibliothek aktiv an der Ausbildung zu bibliothekarischen Berufen.

Bibliothek

Die nachfolgende Aufstellung zeigt die Entwicklung der Bibliothek im Berichtszeitraum.

Bestand

	Zugang	Löschungen	Bestand (31. 12. 83)
Monographien	902	115	12 218
gebundene Zeitschriftenbestände	885*	—	12 932
laufend gehaltene Zeitschriften	4	—	325
Berichte und Vorabdrucke	5 521	3 407**	33 700

* Hierin sind 69 Bände für EMBL enthalten

** Veröffentlichte Berichte/Vorabdrucke werden fortlaufend aus dem Bestand aussortiert

Benutzung

1280 Leser (Stand 31. 12. 83) benutzten 1983 regelmäßig die Bibliothek. Sie verursachten durchschnittlich 400 Ausleihvorgänge pro Woche. Im auswärtigen Leihverkehr wurden 412 Literaturstellen von anderen Bibliotheken besorgt und 301 an andere vermittelt. Hierbei hat sich vor allem der unbürokratisch ablaufende Kopienverkehr zwischen den AGF-Bibliotheken hervorragend bewährt. Etwa 30 000 Kopien neu eingegangener Berichte und Vorabdrucke wurden den DESY-Mitarbeitern im Jahre 1983 zur Verfügung gestellt.

Kataloge

Das Projekt „Maschinenlesbare Erfassung des Buchbestandes/Rechnergestützte Erstellung der Kataloge“ wurde im Jahre 1983 fortgesetzt. Bis Jahresende konnten ca. 53 % des Bestandes erfaßt werden.

Es werden alle bibliographisch wichtigen Angaben und die Inhaltsverzeichnisse aufgenommen. Mit Hilfe dieser Daten sollen künftig die Bibliothekskataloge maschinell erstellt werden. Es wird dann die Möglichkeit bestehen, maschinelle Literaturrecherchen aus dem gesamten Buchbestand vorzunehmen, wozu das bestehende Retrievalprogramm der Dokumentation verwendet werden kann.

Das Projekt wird seit Juni 1983 im Rahmen allgemeiner Maßnahmen zur Arbeitsbeschaffung (ABM) aus Mitteln der Bundesanstalt für Arbeit (BfA) durch das Arbeitsamt Hamburg gefördert. Es wird im Frühjahr 1985 abgeschlossen werden.

Die Buchreihe K Handbibliothek, in der bisher Literatur über Kernphysik, Physik der Elementarteilchen, Hochenergiebeschleuniger, klassische Quantenmechanik und Quantenfeldtheorie zu finden war, wurde – wie im Vorjahr bereits die ausleihbaren Bücher dieser Reihe – in drei Reihen geteilt:

- K: Kernphysik
- E: Elementarteilchenphysik, Beschleuniger, Quantenfeldtheorie
- Q: klassische Quantenmechanik

Damit wurde diese Änderung der Systematik abgeschlossen und das Auffinden der bei DESY am häufigsten verlangten Literatur wesentlich erleichtert. Alle Bücher der Reihen E und Q erhielten neue Signaturen; der Katalog wurde vollständig überarbeitet.

Seit Dezember 1983 befindet sich in der Reihe T (Technik) der Handbibliothek eine komplette Sammlung der jeweils letzten Auflagen der DIN-Taschenbücher. Hierin sind alle DIN-Normen nach dem neuesten Stand abgedruckt.

Systematik

Normen

Dokumentation

14 745 Arbeiten aller Art (Berichte und Vorabdrucke, Zeitschriftenartikel, Konferenzbeiträge, Monographien) aus den Gebieten Elementarteilchen-/Hochenergiephysik, Quantenfeldtheorie und Beschleunigertechnologie wurden im Jahre 1983 dokumentarisch erfaßt, klassifiziert und mit Schlagwörtern versehen. Die so aufbereiteten Daten wurden auf Magnetbänder aufgenommen und fortlaufend kumuliert.

Datenbank

Die Tabelle zeigt die von der Dokumentation im Jahre 1983 erfaßten Schriften:

	experimentell	instrumentell	theoretisch	insgesamt
Berichte und Vorabdrucke	852	740	3 929	5 521
andere Veröffentlichungen (Zeitschriften, Konferenzen, Bücher)	1 505	893	6 826	9 224
gesamt	2 357	1 633	10 755	14 745

Berichte und Vorabdrucke, über die der schnelle Informationsaustausch in der Hochenergiephysik läuft, wurden von der Dokumentation mit einer durchschnittlichen Verzögerung von eineinhalb Wochen erfaßt und den Benutzern zur Verfügung gestellt.

Da andere Dokumentationssysteme nur Zeitschriftenartikel, Bücher und nur zum Teil Konferenzen referieren, ist die schnelle Bearbeitung von Vorabdrucken und Berichten außerordentlich wichtig, zumal die zeitliche Verzögerung zwischen dem Eingang eines Vorabdrucks und seiner eventuellen Veröffentlichung erfahrungsgemäß etwa ein halbes Jahr beträgt.

Auch im Jahr 1983 erschienen etwa 10 % der aufgenommenen Artikel in russischer Sprache und wurden im Original erfaßt. Somit wurden sie etwa 10 Monate vor ihrem Erscheinen in englischer Übersetzung von der DESY-Dokumentation referiert.

*Dokumentations-
dienste*

Der maschinenlesbare Datenbestand der DESY-Dokumentation wurde in fünf Formen dem Benutzer angeboten:

— Als vierzehntägig erscheinende Zeitschrift HIGH ENERGY PHYSICS INDEX (HEP) mit jährlich kumulierten Autoren- und Sachindizes.

— Als vierzehntägig herausgegebener SDI-Dienst (= Selective Dissemination of Information): Die 262 (im Vorjahr 252) Teilnehmer (davon 64 Teilnehmer von DESY und der Universität Hamburg und 198 Teilnehmer von anderen deutschen und ausländischen Instituten) erhalten vierzehntägig Maschinenausdrucke über neuerschienene Titel auf ihrem Forschungsgebiet.

— Als Retrieval-Ausdruck: Eine Datenbank mit ca. 148 000 Publikationen ab 1969 steht für die einmaligen retrospektiven Literatursuchen zur Verfügung. Gesucht werden kann nach Titel, Titelteilen, Autoren, Quellen und Schlagwörtern. Insgesamt wurden im Berichtsjahr für 111 Teilnehmer 250 Literaturrecherchen im Stapelbetrieb erstellt.

Die Physikalischen Institute der RWTH Aachen und das MPI für Physik und Astrophysik in München verfügen im Rahmen der sehr engen wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit DESY über Computerterminals, die direkt an die DESY-Rechenanlage angeschlossen sind. Von Mitarbeitern dieser Institute können so Literaturrecherchen in der HEP-Datenbank im Stapelbetrieb am Ort vorgenommen werden.

— Als Magnetbanddienst: Ebenfalls im Rahmen des wissenschaftlichen Austausches und der nationalen und internationalen Zusammenarbeit von DESY mit anderen Forschungsinstituten wurden 8 Institutionen regelmäßig mit den Datenbändern des HIGH ENERGY PHYSICS INDEX beliefert. Diese Institute benutzten die DESY-Datenbänder in ihren eigenen Informationssystemen für Retrieval und SDI. Institutionen, die den Magnetbanddienst der DESY-Dokumentation in Anspruch nehmen, verpflichten sich, die Datenbänder ausschließlich für Literaturinformationsdienste innerhalb ihrer Institute zu verwenden.

— Im Online-Retrieval: Im Rahmen des an DORIS II aufgebauten Crystal Ball-Experiments ist in der DESY-Bibliothek ein Bildschirmterminal aufgestellt, das über eine Telefonstandleitung an die Rechenanlage des Stanford Linear Accelerator Center SLAC angeschlossen ist. Mittels des leicht bedienbaren dialogfähigen Retrievalprogramms SPIRES können die Bibliotheksbenutzer seit Mai 1982 in der auch am SLAC-Rechner installierten HEP-Datenbank im Online-Betrieb Literaturrecherchen selbst vornehmen.

Für die Arbeit der Bibliothek ist die Tätigkeit der Dokumentation unentbehrlich. Der HIGH ENERGY PHYSICS INDEX dient in der Bibliothek als Katalog für die gesamte Berichts- und Zeitschriftenliteratur. Ohne diesen Index wäre ein Auffinden dieser Literatur (ca. 148 000 Literaturstellen) nicht möglich.

Andere Dienstleistungen

Übersetzungsdienst

17 Arbeiten größeren Umfangs mit insgesamt 277 Schreibmaschinenseiten wurden aus dem Russischen ins Deutsche oder Englische übertragen. Weitere 19 Seiten wurden vom Französischen ins Deutsche beziehungsweise vom Deutschen ins Französische übersetzt. 84 Kurzfassungen von Berichten sowjetischer Forschungsinstitute wurden ins Englische übersetzt. Außerdem werden die Titel, Inhaltsverzeichnisse sowie andere bibliographische Angaben der in russischer Sprache erscheinenden Arbeiten aus den wissenschaftlichen Zeitschriften, Reports, Konferenzen, Büchern ins Englische übersetzt. Autorennamen werden von der kyrillischen in die lateinische Schrift übertragen.

Es wurden Druckaufträge für 154 DESY-Berichte, 65 Interne Berichte sowie 67 Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften bearbeitet.

*Berichts- und
Veröffentlichungs-
wesen*

Zum ständigen Service von Bibliothek und Dokumentation gehören auch die wöchentlichen Bibliotheksmitteilungen, die fortlaufend kumulierte Anti-Preprintliste (Liste der zur Veröffentlichung gelangten Vorabdrucke), die vierzehntägig kumulierte Fassung des HIGH ENERGY PHYSICS INDEX sowie der als Anhang der Bibliotheksmitteilungen unregelmäßig erscheinende Tagungskalender. Seit Mitte 1978 liegt die kumulierte Anti-Preprintliste auch als Microfiche vor, die bei CERN unter Verwendung von DESY-Magnetbändern hergestellt werden. Die DESY-Anti-Preprintliste wird außer an CERN auch an die Universitäten Aachen, Bielefeld, Berlin, Bonn, das Zentrum für Theoretische Physik in Marseille und das MPI für Physik und Astrophysik in München geliefert.

Sonstiges



2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

Bereich Maschine

Inhalt

Seite

Die gegenwärtigen Beschleuniger:

Übersicht	187
Speicherring PETRA	188
Speicherring DORIS	194
Synchrotron DESY	200
Arbeiten der Gruppe des Bereichs Maschine	204
Strahlenschutz	217
Neue Beschleunigungstechniken	218

Das Zukunftsprojekt:

Die Speicherringanlage HERA	222
-----------------------------	-----

Übersicht

Das mehrjährige Ausbauprogramm der Hochfrequenzbeschleunigungsanlagen in PETRA wurde 1984 fortgesetzt und abgeschlossen. Dadurch konnte die bei PETRA für die Hochenergiephysik nutzbare Teilchenenergie gegenüber 1982 von $2 \times 20 \text{ GeV}$ auf $2 \times 22.6 \text{ GeV}$ erhöht werden.

PETRA

DORIS II lief 1983 etwa 7000 Stunden für seine Benutzer, davon 30 % als Synchrotronlichtquelle und 70 % für die Hochenergiephysik. Bei 5 GeV Strahlenergie wurden integrierte Luminositäten von mehr als 1000 nb^{-1} pro 24 Stunden erreicht.

DORIS II

Die Versorgung der Speicherringe mit Elektronen und Positronen erfolgte in gegenüber den Vorjahren unveränderter Form (DESY I mit Linac I, Linac II und PIA). Die Vorarbeiten für ein neues Synchrotron DESY II als Ersatz für das über 20 Jahre alte Synchrotron DESY I im gleichen Tunnel wurden 1983 so weit vorangebracht, daß eine größere Menge von Material und Komponenten bestellt werden konnte.

*Einschuß-
beschleuniger*

Zwei Wege zu neuen Hochfrequenzbeschleunigungstechniken wurden 1983 bei DESY weiter verfolgt:

*Neue Beschleuni-
gungstechniken*

- Supraleitende Hohlraumresonatoren
- Beschleunigung eines zweiten Strahles durch das in einer Struktur hinterlassene Streufeld eines vorangegangenen Strahles („Wakefield-Beschleunigung“)

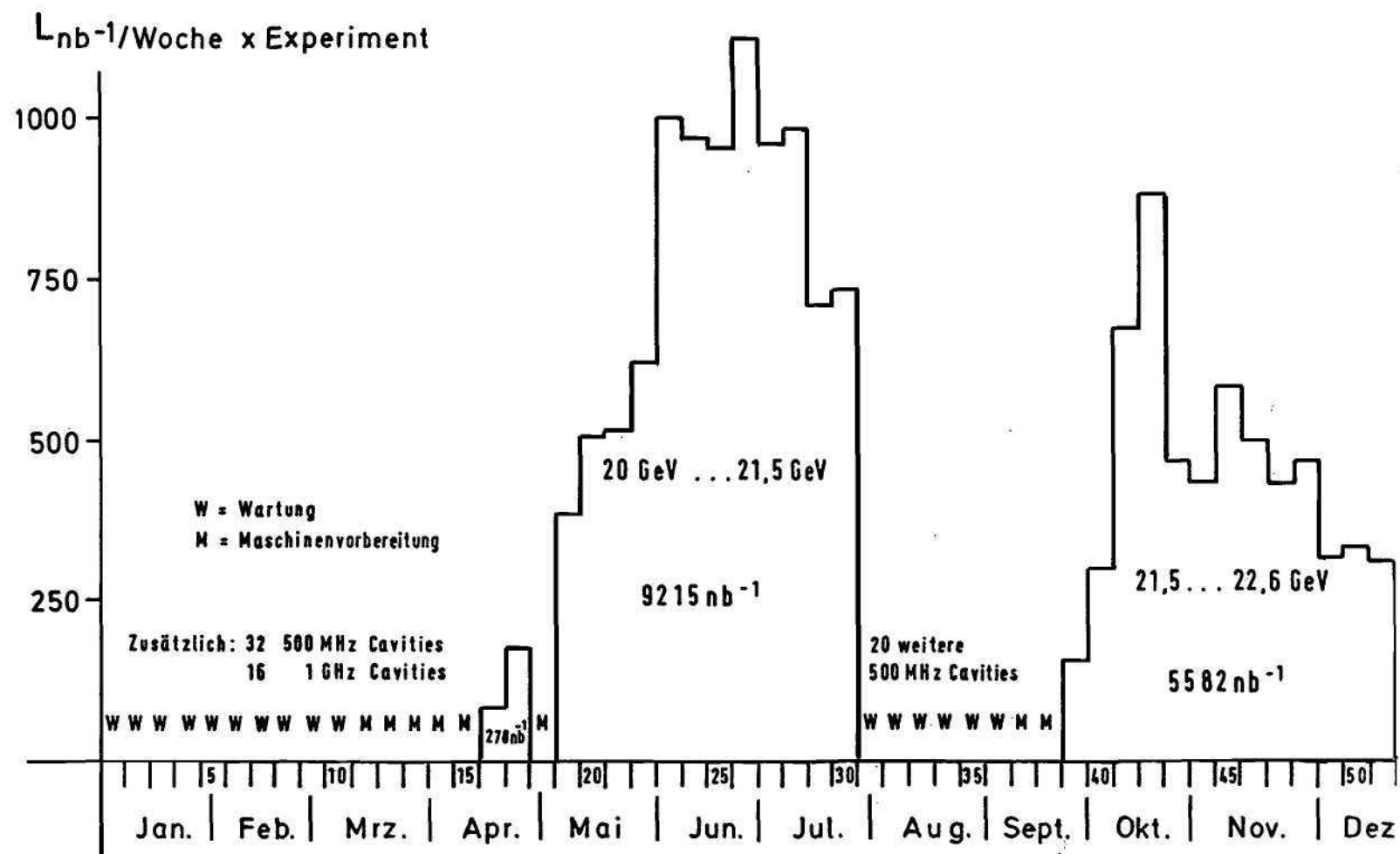


Abb. 14.2: Die im Laufe des Jahres 1983 mit PETRA erzielte Luminosität.

Speicherring PETRA

Durch die Erweiterung der Hochfrequenzanlagen bei PETRA konnte die nutzbare Teilchenenergie von 2×20 GeV auf 2×22.6 GeV erhöht werden.

Überblick

Dieser erstmals bei e^+e^- -Kollisionen zugängliche Energiebereich wurde in kleinen Energieschritten (2×15 MeV) nach neuen Teilchen durchsucht.

Die oberhalb 2×20 GeV akkumulierte Luminosität betrug $\sim 15\,000\text{ nb}^{-1}$ pro Experiment.

Durch Verringerung der Strahlhöhe konnte die spezifische Luminosität von $3 \times 10^{29}\text{ cm}^{-2}\text{ s}^{-1}\text{ mA}^{-2}$ auf 5×10^{29} gesteigert werden, das heißt bei gleichem gespeicherten Strom wird die 1.7fache Luminosität erzeugt.

Abb. 14.1 zeigt die im Laufe des Jahres bei PETRA benutzte Teilchenenergie, Abb. 14.2 die erzielte Luminosität. Die langen Montagezeiten dienten zum Einbau der zusätzlichen Beschleunigungsstrecken und deren Erprobung. Ein ungewöhnlich kleiner Anteil der Betriebszeit wurde 1983 für Maschinenphysik und Entwicklung verwendet: nur 2.5 %. Dagegen standen 81 % der Betriebszeit für Hochenergiephysik zur Verfügung, während der Rest von 16 % für die Vorbereitung der Maschine auf den Betrieb bei den höchsten Energien notwendig war. Weitere Details der Maschinenzeitverteilung und die Ausfallstatistik sind aus Abb. 14.3 zu entnehmen.

Betriebsergebnis

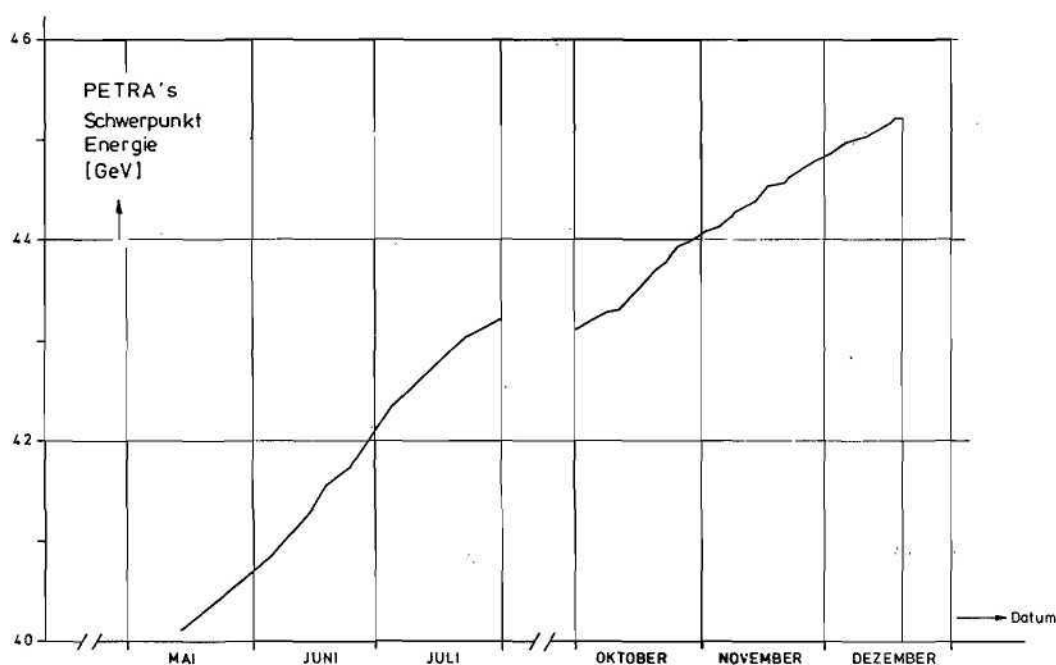


Abb. 14.1: Die im Laufe des Jahres 1983 bei PETRA benutzten Teilchenenergien.

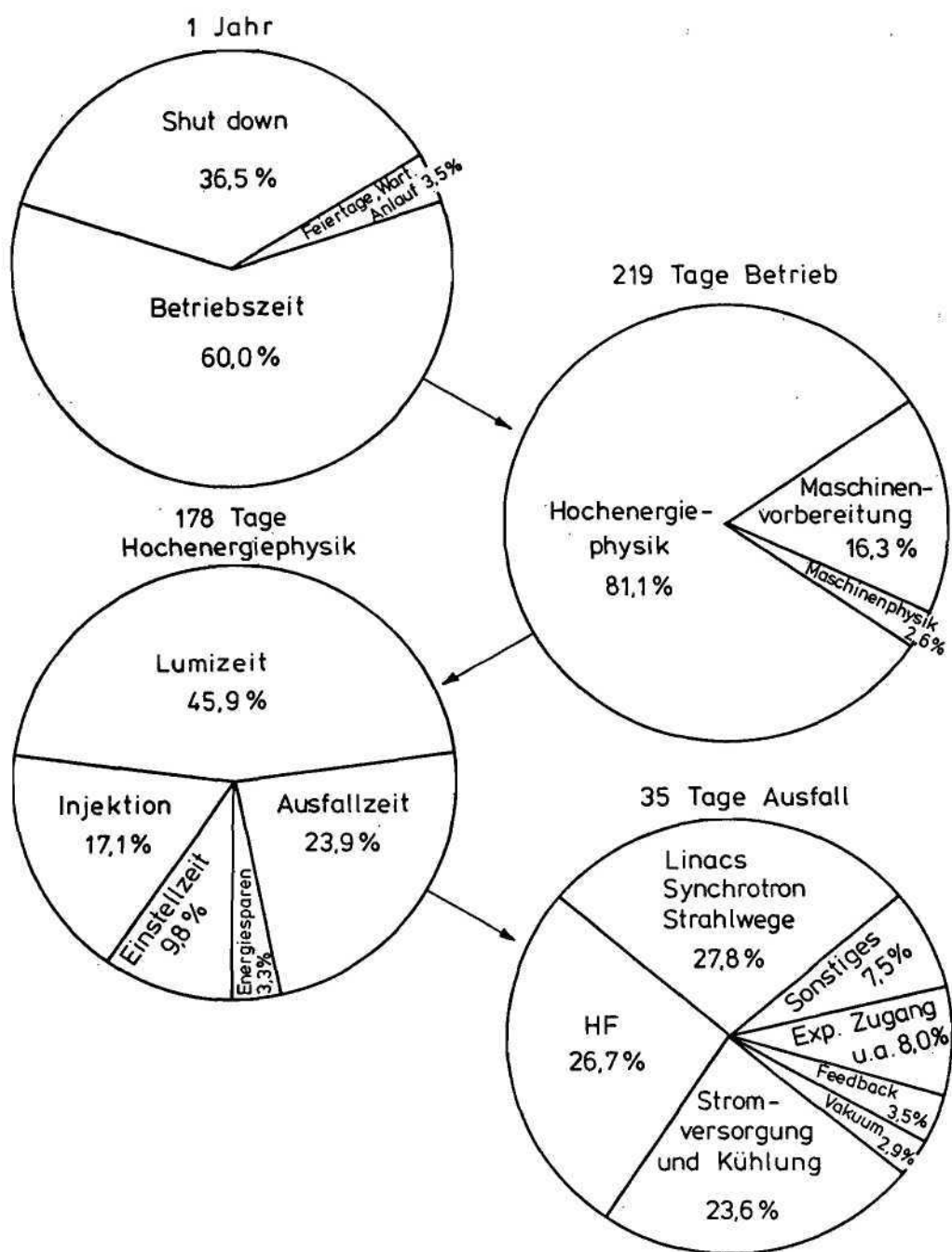


Abb. 14.3: Maschinenzeitverteilung und Ausfallstatistik von PETRA im Jahre 1983.

Tab. 14.1: Das PETRA-HF-System (Stand Ende 1983).

Ort:	500 MHz					1 GHz West
	Nord	Süd	Ost	West	Summe	
Senderleistung [MW]	2.2	2.2	2.2	2.0*	9.0	0.6
Zahl der Klystrons	4	4	4	4	16	3
Zahl der Cavities 5zellig	12	12	16	16	56	
6zellig	—	—	—	—	—	16
7zellig	20	20	16	—	56	8
Shuntimpedanz [$M\Omega$]	675	675	640	360	2350	180

* Begrenzt wegen der kleineren Zahl von Cavities im Westen.

1982 war die Leistung der HF-Sender verdoppelt worden, wodurch sich die zur Teilchenbeschleunigung verfügbare Spannung von 80 MV auf 110 MV erhöhte. 1983 wurde auch die Zahl der Beschleunigungsstrecken (Cavities) von 60 auf 112 nahezu verdoppelt. Dabei erhöhte sich die Beschleunigungsspannung auf nunmehr 170 MV. In Tab. 14.1 sind die Daten des jetzigen HF-Systems angegeben.

HF-Ausbau

Die zusätzlichen Beschleunigungsstrecken bestehen aus je 7 Einzelzellen gegenüber 5 Zellen der bisherigen Resonatoren. Sie erzeugen dadurch eine ca. 20 % höhere Spannung als die 5-zelligen Cavities. Der Spannungserhöhung dient auch ein von 120 mm auf 80 mm verkleinerter Innendurchmesser für den Strahldurchtritt.

Da die vorhandene Senderleistung sich jetzt auf mehr Cavities verteilt, treten Probleme durch Überbelastung einzelner Cavities nicht mehr auf.

Das 1-GHz-Hochfrequenzsystem wird bei den höchsten Strahlenergien zusätzlich zur Beschleunigung herangezogen. Dadurch wird die erreichbare Spitzenenergie um ca. 2×300 MeV erhöht.

Alle für den Einbau von HF-Beschleunigungsstrecken geeigneten Stellen in PETRA sind jetzt belegt. Der 1981 begonnene Ausbau der Hochfrequenzanlagen ist damit abgeschlossen. Eine weitere Energieerhöhung ist nur noch beschränkt über eine Leistungserhöhung der Sender oder den Einsatz von supraleitenden Beschleunigungsstrecken möglich.

Nach dem Einbau von 68 zusätzlichen mehrzelligen Beschleunigungsstrecken sind in PETRA insgesamt 824 Cavityzellen vorhanden (vorher: 364). Der gespeicherte Strahl „sieht“ dadurch eine ungewöhnlich hohe Impedanz, die sein Verhalten beeinflusst.

Der maximale Einzelbunchstrom war vorher durch eine vertikale Instabilität auf etwa 3 mA begrenzt. Durch künstliche Verlängerung der Bunche konnte er auf 18 mA erhöht werden, ohne die Instabilitätsgrenze zu erreichen. Jetzt liegt die Grenze ohne Verlängerung bei 1 mA, und der maximale Strom mit Bunchverlängerung beträgt 8 mA. Von größerer Bedeutung im praktischen Betrieb ist der Einfluß der Satellitenresonanzen, das heißt der Koppelresonanzen zwischen Betatron- und Synchrotronresonanzen.

Maximaler Strom

Sie werden durch Dispersion in den Cavities und durch transversale Felder verursacht, die der Strahl bei asymmetrischem Durchgang in den Cavities selbst induziert. Mit wachsendem Strom werden diese Resonanzen so breit, daß sie auch einen günstig gewählten Arbeitspunkt überdecken und die Lebensdauer des Strahls drastisch reduzieren. Während früher 4×6 mA injiziert und auf höhere Energien beschleunigt werden konnten, gelingt das jetzt nur mit 4×2.5 mA. An der Überwindung dieser Grenze wird zur Zeit gearbeitet.

Optik

Wichtig für die Erreichung hoher Ströme ist eine geeignete Teilchenoptik. Die Forderungen an die Optik für eine gute Injektion und für gute Luminosität sind sehr unterschiedlich. Um sie besser erfüllen zu können, wurde 1983 die Zahl der getrennt einstellbaren Quadrupolstromkreise von 19 auf 22 erhöht. Dadurch wurde eine verbesserte Klasse von Optiken ermöglicht, die erheblich zum guten Betrieb bei den höchsten Energien beigetragen hat. Der Übergang von der Injektions- zur Luminositätsenergie führt über insgesamt 6 verschiedene vorausberechnete und korrigierte Zwischenstufen der Optik.

Luminosität, Strahlhöhe

Die maximale Luminosität wird bestimmt durch den Strahlstrom und den Strahlquerschnitt. Da die Satellitenresonanzen zur Zeit stärkere Strahlströme verhindern, wurde versucht, den Strahlquerschnitt durch Verkleinerung der Strahlhöhe zu verringern. Die Analyse der verschiedenen Ursachen für eine vertikale Strahlaufweitung¹⁾ ergab die Bedeutung einer Kompensation von vertikaler Dispersion und Orbitablage in den Bögen von PETRA. Als Maß für die erzielte Verbesserung wird die Q-Aufspaltung der vertikalen Betatronfrequenz bei Strahl-Strahl-Wechselwirkung benutzt. Diese ist direkt proportional zur erzielten Luminosität.

Nacheinander wurden ca. 30 lokale Orbitbeulen bewegt und der Einfluß auf die Q-Aufspaltung beobachtet. Dadurch gelang es, die Luminosität in mehreren Durchgängen schrittweise um fast 100 % zu erhöhen. Das erreichte Optimum ist allerdings so empfindlich von der Orbitablage abhängig, daß es nicht über lange Zeit gehalten werden kann, insbesondere bei Energieänderungen. An einer Automatisierung dieser Methode wird daher zur Zeit gearbeitet.

Polarisation

Verbessert wurde an PETRA auch die Meßmöglichkeit der Polarisation. Ein neuer Nd-YAG-Laser mit einer Spitzenleistung von 100 MW wurde installiert, mit dem die Meßzeit um einen Faktor 10 verringert werden konnte. Eine vollständige Polarisationsmessung dauert jetzt nur noch einige Sekunden.

¹⁾ A. Piwinski, DESY M/VM-83-08

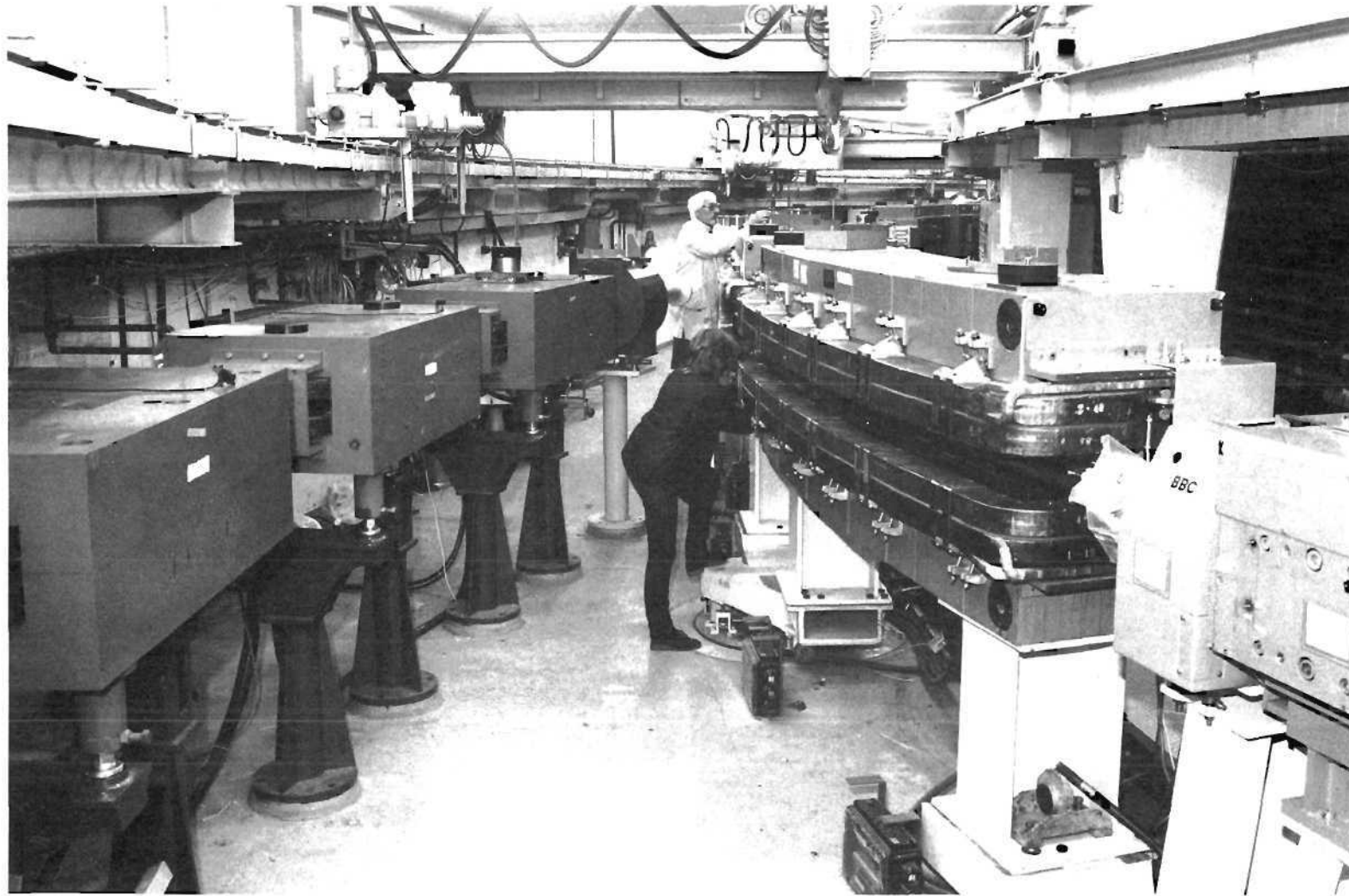


Abb. 15.1: Der Speicherring DORIS II nach Fertigstellung.

Speicherring DORIS

Im Berichtsjahr wurde DORIS II (Abb. 15.1) für Hochenergiephysik, Synchrotronstrahlung und Weiterentwicklung der Maschine voll genutzt. Von den 8760 h des Jahres waren 7386 h oder 84.3 % für den Betrieb vorgesehen. Die Restzeit entfiel auf Umbauten und Wartung für alle Beschleuniger („Shut-down“-Zeit) sowie auf Feiertage.

Überblick

Die für die Hochenergiephysik vorgesehene Strahlzeit wurde zum weitaus größten Teil für die Datennahme bei 5.016 GeV Strahlenergie (Y'-Resonanz) benutzt. Unter Verwendung einer Optik mit 4 cm für die vertikale β -Funktion am Wechselwirkungspunkt wurden hierbei integrierte Luminositäten von mehr als 1000 nb^{-1} in 24 Stunden und Spitzenluminositäten von $1.5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ erreicht.

Abb. 15.2 und 15.3 zeigen die im Jahr 1983 erreichten Luminositäten für die Hochenergiephysik und die in DORIS II gespeicherte Ladung während der Betriebszeiten als Synchrotronstrahlungsquelle. Tab. 15.1 zeigt die Planung für die Hauptbenutzerzeit, Tab. 15.2 gibt Auskunft über die nach Abzug der Ausfallzeiten erreichte nutzbare Zeit. In Tab. 15.3 sind die Einzelheiten der Maschinenzeitverwendung durch die Hauptbenutzer, in Tab. 15.4 schließlich die Ursachen für technische Ausfälle zusammengestellt. Die Zeitangaben sind in allen 4 Tabellen immer auf die geplante Gesamtbetriebszeit von 7386 Stunden als 100 % bezogen.

Betriebsergebnis

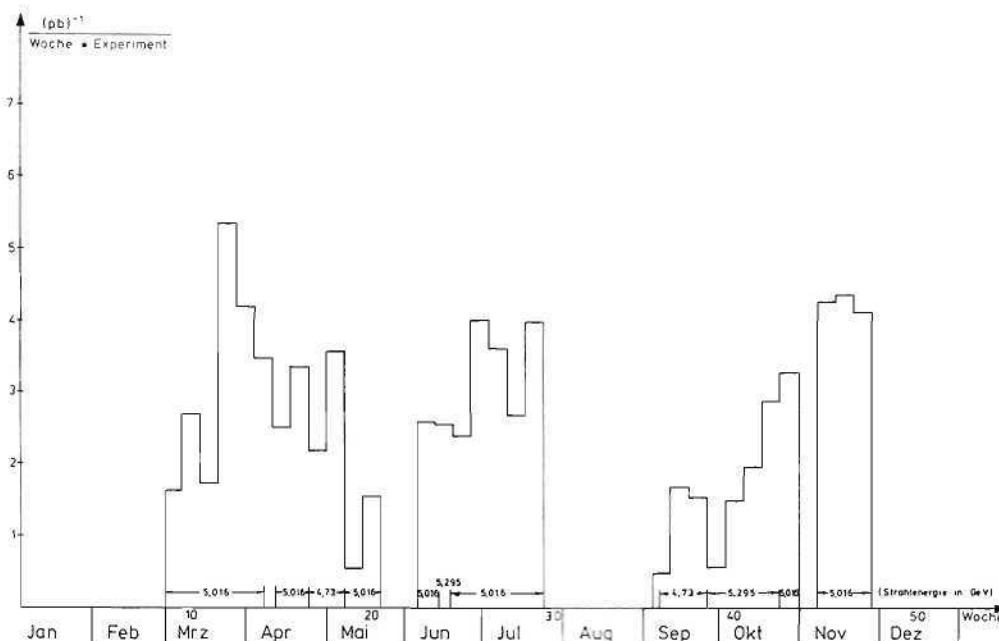


Abb. 15.2: Die im Laufe des Jahres 1983 mit DORIS II erzielte Luminosität.

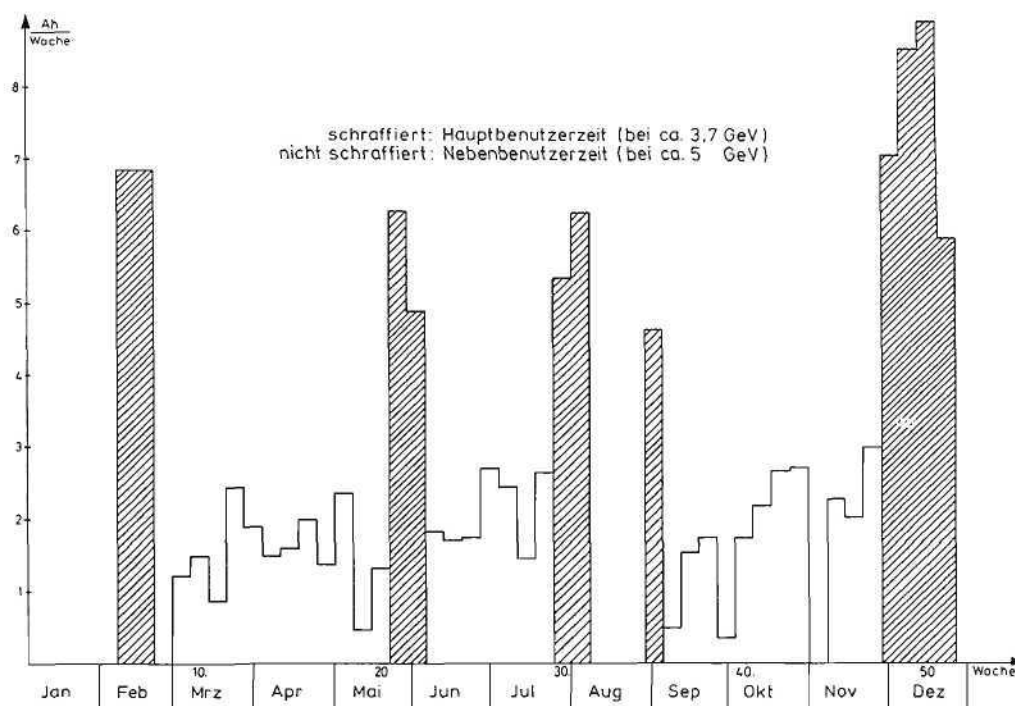


Abb. 15.3: Die im Laufe des Jahres 1983 in DORIS II gespeicherte Ladung für Synchrotronstrahlung.

Tab. 15.1: Geplante Nutzung von DORIS II im Jahr 1983.

Hochenergiephysik	4736 h $\triangleq$ 64.1 %
Synchrotronstrahlung	1954 h $\triangleq$ 26.5 %
Maschinenentwicklung	696 h $\triangleq$ 9.4 %
Summe:	7386 h $\triangleq$ 100.0 %

Tab. 15.2: Nutz- und Ausfallzeiten an DORIS II im Jahr 1983.

Nutzbare Zeit	4792.6 h $\triangleq$ 64.9 %
Technische Ausfälle	1575.7 h $\triangleq$ 21.3 %
Maschineneinstellung und Injektion	1017.7 h $\triangleq$ 13.8 %
Summe:	7386.0h $\triangleq$ 100.0 %

Tab. 15.3: Verwendung der DORIS II-Hauptbenutzerzeit im Jahr 1983.

Hauptbenutzer	Energie [GeV]	Zugeteilte Zeit [h]	Nutzbare Zeit [h]	Integrierte Luminosität $[(\text{pb})^{-1}]$	Gespeicherte Ladung [A h]
ARGUS	5.3	744	$414.7 \pm 55.7 \%$	7.9	
Crystal Ball	4.73	920	$529.5 \pm 57.6 \%$	9.5	55.6
Crystal Ball	5.02	3072	$1808.9 \pm 58.9 \%$	60.2	
	3.7	216	$147.3 \pm 68.2 \%$	—	—
DORIS II-	4.73	48	$27.4 \pm 57.1 \%$	—	—
Eigenbedarf	5.02	336	$282.6 \pm 84.1 \%$	—	—
	5.3	96	$28.4 \pm 29.6 \%$	—	—
HASYLAB	3.7	1954	$1553.8 \pm 79.5 \%$	—	77.6
Summe:	—	7386	$4792.6 \pm 64.9 \%$	77.6	132.2

Tab. 15.4: Ursachen für technische Ausfälle von DORIS II im Jahr 1983.

Ausfallursache	Gesamtdauer [h]	$\frac{\text{Gesamtdauer}}{7386 \text{ h}} \times 100$
Kein Strahl aus Vorbeschleunigern	439.1	5.9 %
Zugang für Experimente	267.4	3.6 %
Vakuumlecks	183.8	2.5 %
Stromversorgung für Dipol- und Quadrupolmagnete	133.8	1.8 %
HF-Sender	109.4	1.5 %
Technische Ausfälle bei Experimenten (z. B. ARGUS-Magnet)	71.8	1.0 %
Injektionssystem	47.6	0.6 %
HEW-Ausfälle	28.5	0.4 %
Senderstromversorgung	22.8	0.3 %
Andere Vakuumfehler (z. B. technisches Interlock, Pumpenausfall)	18.1	0.2 %
Kühlung der Sender und Cavities	14.7	0.2 %
Wasserschäden im Ring	12.6	0.2 %
Versehentliches Brechen des Interlocksystems	12.6	0.2 %
Sonstiges (z. B. Hindernisse im Strahlrohr)	213.3	2.9 %
Summe:	1575.5	21.3 %

Polarimeter

Elektronen und Positronen eines gespeicherten Strahles werden dadurch polarisiert, daß sie Synchrotronstrahlung emittieren. Diese Polarisation verändert die Rückstreuwinkelverteilung eines gegen den gespeicherten Strahl gerichteten zirkular polarisierten Laserstrahles und kann auf diese Weise gemessen werden. Läßt man geeignete hochfrequente Felder auf den Strahl wirken, kann die Polarisation abgebaut werden. Die Frequenz dieser depolarisierenden Felder hängt vom magnetischen Moment des Elektrons ab. Da die ersten beiden Größen genau bekannt sind, kann die mittlere Energie der Teilchen auf diese Weise mit großer Präzision bestimmt werden. Zu diesem Zweck wurde ein Laserpolarimeter²⁾ an DORIS II installiert und die Masse der Y' -Resonanz zu $(10\,023.1 \pm 0.4 \pm 0.5)$ MeV bestimmt.

Röntgen-Kamera

Die Luminosität eines Speicherringes ist umgekehrt proportional zum Produkt aus Strahlbreite σ_x und Strahlhöhe σ_z im Wechselwirkungspunkt. Die Strahlbreite liegt aufgrund der üblichen Maschinenparameter fest. Erheblich schwerer zu kontrollieren ist die Strahlhöhe. Sie ist in der Regel so klein, daß die optische Auflösung beim Beobachten des sichtbaren Anteils der Synchrotronstrahlung nicht ausreicht, um sie zu messen. Daher wurde eine Kamera installiert³⁾, die die Strahlhöhe mit Hilfe des Röntgenanteils der Synchrotronstrahlung mißt. Sie gestattete es, die Strahlhöhe zu minimieren und damit die spezifische Luminosität um etwa 20 % zu vergrößern (siehe Abschnitt „Maschinenstudien“).

*Regelung
der Strahlage*

Die Experimente der Synchrotronstrahlungsnutzer sind in Entfernungen zwischen 10 und 40 m vom Quellpunkt aufgebaut. Deshalb führen insbesondere Winkeländerungen der Teilchenbahn am Quellpunkt zu Lageänderungen des Synchrotronlichtstrahles am Ort des Experiments. Die in diesem Zusammenhang relevanten vertikalen Veränderungen der Gleichgewichtsbahn in DORIS II sind wahrscheinlich auf geringfügiges Kippen der horizontalen Ablenkermagnete des Speicherringes zurückzuführen. Unabhängig von der Ursache für die Bahnschwankungen des gespeicherten Strahles kann der Quellpunkt für einen Synchrotronstrahlungs-Strahl durch je 2 Steuerspulen stabilisiert werden. Auch mit Hilfe nur einer Steuerspule läßt sich bereits eine Verbesserung erzielen. Ein solches Regelungssystem wurde aufgebaut und führte zu ersten Erfolgen.

*Rückkopplungs-
system für
Vielbunch-Betrieb*

Für die Nutzung der Synchrotronstrahlung ist deren Intensität und damit die speicherbare Teilchenstromstärke wichtig. Zu Beginn des Jahres konnten in einem Bunch etwa 40 mA und in 60, 120, 240 oder 480 Bunchen etwa 60 mA gespeichert werden. In allen Fällen war die Stromstärke durch transversale Strahlinstabilitäten begrenzt. Diese können durch Rückkopplungssysteme bekämpft werden. Tatsächlich ließen sich 40 mA im Einzelbunch nur unter Einsatz eines schmalbandigen Rückkopplungssystems erzielen. Die Bandbreite der für ein Rückkopplungssystem nötigen Verstärker steigt mit der Zahl der gespeicherten Bunche. So wären für DORIS II und 480 gespeicherte Bunche Verstärker mit einer Bandbreite von 250 MHz bei guter Phasenkonstanz und einer Ausgangsleistung von einigen kW erforderlich, die technisch kaum beherrschbar sind.

Theoretische Überlegungen⁴⁾ zeigen jedoch, daß auch ein Strahl mit **vielen** Bunchen stabilisiert werden kann, wenn die Schwingungssignale nur **einen** Bunch verarbeiten und auf alle übrigen rückgekoppelt werden. Ein solches System wurde aufgebaut und experimentell geprüft. Es zeigte sich, daß damit 80 mA bis 90 mA in 120 Bunchen gespeichert werden können. Der Strahl wirkte aber immer noch sehr unruhig.

²⁾ B. Barber u. a., A precision measurement of the Y' meson mass, DESY 83-067

³⁾ Eine Beschreibung dieser Kamera wird noch veröffentlicht.

⁴⁾ R. D. Kohaupt, private Mitteilung

Ein anderer Ausweg besteht darin, nur wenige Bunche, zum Beispiel vier, zu füllen. Wird dabei ein Bunch durch ein schmalbandiges Rückkopplungssystem stabilisiert, so werden auch die übrigen stabilisiert, weil die Bunche durch den Instabilitätsmechanismus selbst miteinander verkoppelt sind.

Unter Einsatz des vorhandenen, aber durch eine neue elektronische Bunchbesetzungszahlsteuerung ergänzten schmalbandigen Rückkopplungssystems konnten damit in 4 oder 8 Bunchen etwa 100 mA gespeichert werden.

Zu Beginn des Jahres wurde anstelle der 8-cm-Optik ($\beta_x^* = 0.7$ m, $\beta_z^* = 8$ cm) eine 4-cm-Optik ($\beta_x^* = 0.62$ m, $\beta_z^* = 4$ cm) eingestellt. Dadurch erhöhte sich die spezifische Luminosität⁵⁾, ⁶⁾ wie erwartet von $1.21 \times 10^{28} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ mA}^{-2}$ auf $2.0 \times 10^{28} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ mA}^{-2}$. Spitzenwerte in der Luminosität von $1.5 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ und in der integrierten Luminosität von mehr als 1000 nb⁻¹ pro Tag wurden bei 5.0 GeV erreicht. Die Übereinstimmung zwischen gemessenen und gerechneten Werten der Optik wurde in weiteren Maschinenstudien durch Änderung der Eichkonstanten der Quadrupolmagnete verbessert. Dies führte zusammen mit dem Einsatz der bereits erwähnten Röntgenkamera zu einer Erhöhung der spezifischen Luminosität bei kleinen Strömen (2×10 mA) auf $2.4 \times 10^{28} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} \text{ mA}^{-2}$, was einer Kopplung (Verhältnis von vertikaler zu horizontaler Emittanz) von 1 % entspricht. (Die theoretische Grenze liegt bei 0.6 %.) Weitere Messungen zeigten, daß bei Kollision von 2 starken Strahlen eine Vielzahl von optischen Resonanzen entsteht. Dies erklärt die recht kurze Strahllebensdauer von etwa 2 h, die sich einstellt, wenn größere Ströme als 2×30 mA gespeichert werden.

*Maschinen-
studien*

⁵⁾ H. Neseemann u. K. Wille, First operational experience with DORIS II, IEEE Trans. on Nucl. Science NS-30, (1983) 1998

⁶⁾ H. Neseemann u. K. Wille, Operational experience with DORIS II, Proceedings of the 12th Intern. Conf. on High Energy Accel., 1983, Batavia



Abb. 16.1: Prototyp eines Dipolmagneten für das neue Elektron/Positron-Synchrotron DESY II.

Synchrotron DESY

Der Betrieb des Synchrotrons im Jahre 1983 unterschied sich nicht von dem der Vorjahre; es arbeitete als reines Injektorsynchrotron für die Speicherringe DORIS II und PETRA. Beide Ringe wurden mit Elektronen- und Positroneneinzelbunchen versorgt. Die Ejektion der Strahlen für PETRA erfolgte bei 7 GeV, während für DORIS II je nach Aufgabenstellung die Strahlen zwischen 3 und 5,3 GeV zu ejizieren waren. Daneben wurden Teststrahlen, das sind schwach intensive Photonenstrahlen, an einem feststehenden Kohlefadentarget am Sollkreis erzeugt und für das Austesten von Experimenteapparaturen in den Hallen 1 und 2 zur Verfügung gestellt.

*DESY I-
Betrieb*

Einige kleinere technische Verbesserungen wurden im Berichtszeitraum vorgenommen, um die Effektivität des Synchrotrons zu erhöhen; hierzu sind aufzuzählen: Verbesserungen an der Rechnersteuerung der Ejektion und des Strahltransports und Verbesserungen an der Software (FILE-Handling). In den Füllpausen der Speicherringe wurde das Synchrotron auf Sparbetrieb (Bereithalten der Maschine bei 1 GeV und dadurch minimaler Stromverbrauch) geschaltet. Der Linac I-Injektor wurde mit einer neuen Triodenkanone ausgerüstet. Von dem höheren Strahlstrom konnten bis zu 4.5×10^9 Elektronen pro Bunch beschleunigt werden. Routinemäßig wurden 3×10^9 erreicht. Dieses ist gegenüber früher eine Steigerung um einen Faktor 2. Die Injektion bei den Speicherringen war dadurch problemlos und die Füllgeschwindigkeit verbessert. Die Betriebsstatistik für 1983 bleibt mit 7 % Ausfallzeit im Rahmen der Ergebnisse der Vorjahre (Tab. 16.1 und 16.2).

Für die Vorbeschleunigung von Elektronen und Positronen soll ab 1986 das dann 22 Jahre in Betrieb gewesene Synchrotron DESY I durch ein neues 9-GeV-Injektorsynchrotron DESY II ersetzt werden. DESY II soll in demselben Tunnel wie DESY I untergebracht werden. DESY I wird nach Übernahme des Routinebetriebes durch DESY II auf eine Version DESY III umgebaut, speziell zur Vorbeschleunigung von Protonen.

DESY II

Vom 5.11.1984 bis zum 28.2.1985 soll DESY II mit einer provisorischen 12,5-Hz-Magnetstromversorgung (ausreichend bis etwa 1 GeV) aufgebaut werden und danach, während DESY I noch für den Speicherring-Injektionsbetrieb zur Verfügung steht, in Betrieb gesetzt und erprobt werden. Im Winter 1985/86 sollen dann die Ejektionskanäle zu DORIS II und PETRA angeschlossen und die provisorische Magnetstromversorgung durch die endgültige ersetzt werden.

1983 wurden die Konstruktionsarbeiten für die Komponenten von DESY II weitgehend abgeschlossen und Aufträge für Material und Teile herausgegeben.

DESY II hat eine sogenannte „separated function“-Magnetstruktur, das heißt, es sind Dipole, Quadrupole und Sextupole getrennt voneinander vorgesehen. Für alle Magnettypen wurden Prototypen gebaut (Abb. 16.1) und teilweise bereits auf einer Ende 1983 noch unfertigen neu erstellten Magnetmeßanlage vermessen. Für die Dipole wurden Werkzeuge, Bleche und Spulen bestellt, Quadrupole und Sextupole hingegen komplett zur Fertigung an die Industrie vergeben.

Für die aus 0,3 mm starkem Edelstahlblech mit Stützlamellenverstärkung zu fertigenden Vakuumkammern wurden Prototypstücke gebaut (Abb. 16.2).

Das Kontrollsystem, die Elektronik und die Monitore basieren weitgehend auf den bereits vorliegenden technischen Lösungen sowohl von DESY I als auch von PETRA; eine Reihe von Geräten wurde 1983 bereits in die Fertigung gegeben. Als „Knotenpunkt“ für die Elektronik soll die ehemalige sogenannte „innere Experimentierfläche“ des Synchrotrons dienen. Hier setzt die Rechnerkontrolle an, die zunächst vom alten Synchrotronkontrollraum, dann endgültig vom zentralen Beschleunigerkontrollraum erfolgen soll.

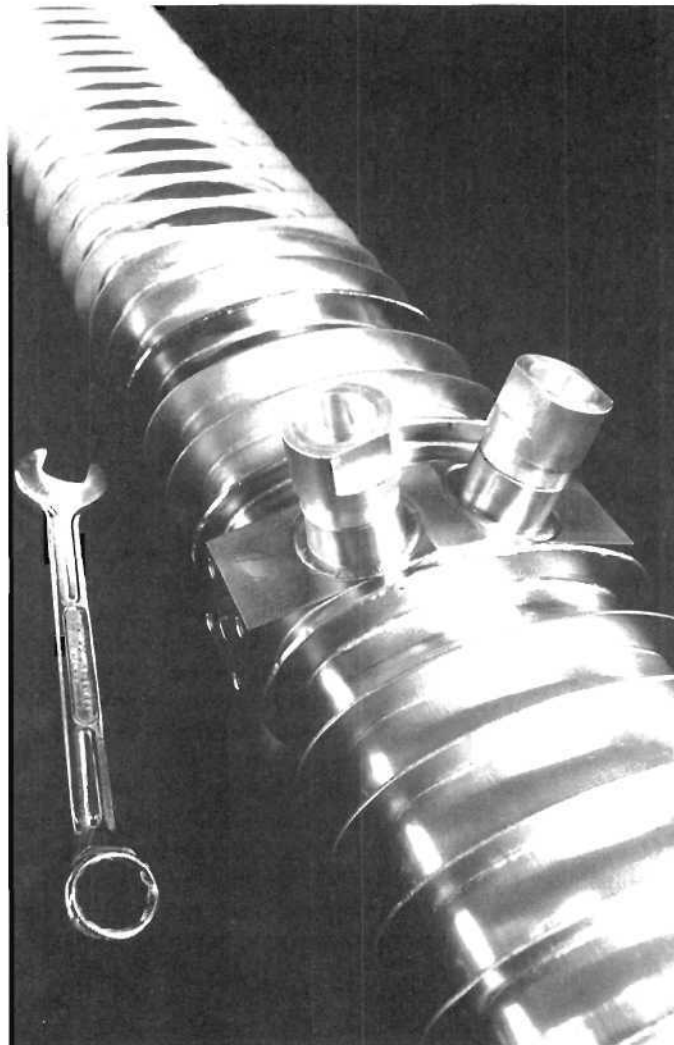


Abb. 16.2: Ein Stück der Vakuumkammer aus Edelstahl für DESY II.

Für die Injektion und die Ejektion: wurden Geometrie und Optiken gerechnet. Technische Lösungen für die Transportwegmagnete wurden festgelegt, desgleichen die Auslegung der Kicker und Septa.

Die Dimensionierung der Magnetstromsysteme kam 1983 ebenfalls voran. Für die Dipolkreise sollen die Kondensatoren von DESY I verwendet werden, als Drosseln für die Quadrupolkreise sollen D-Magnete des ehemaligen NINA-Synchrotrons für die Sextupolkreise Drosseln des alten DESY I-„flat top“-Systems eingesetzt werden. Für den Dipol-Schwingkreis soll das Wechselrichterprinzip beibehalten werden, für die Quadrupol- und Sextupolkreise sollen neuartige für 12.5 Hz mit Gleichstromüberlagerung modulierbare Gleichrichter entwickelt und eingesetzt werden.

Tab. 16.1: Betriebsstatistik des DESY-Synchrotrons im Jahr 1983.

Monat	Gesamt-Betriebszeit	für Hauptbenutzer vorgesehen, erhalten	erhalten DORIS (h %), PETRA (h %)	Maschinenstudien	Wartungszeiten	Montagezeiten	Nebenbenutzer am Synchrotron
Januar	192 h	168 h	167.7 h	167.7 (99.2)	24 h	3. 1.—23. 1. 83	168 h
Februar	672 h	672 h	652.4 h	652.4 (97.1)			672 h
März	736 h	736 h	717.6 h	717.6 (97.5)	169.1 (96.1)		736 h
April	624 h	624 h	581.2 h	581.2 (93.6)	584.2 (92.6)		624 h
Mai	744 h	744 h	709.2 h	709.2 (95.3)	634.6 (93.3)		744 h
Juni	720 h	720 h	683.5 h	683.5 (94.9)	661.6 (91.9)		720 h
Juli	744 h	744 h	693.1 h	689.2 (92.6)	693.1 (93.2)		576 h
August	408 h	336 h	238.5 h	238.5 (71.0)	72 h	8. 8.—22. 8. 83	408 h
September	720 h	720 h	574.6 h	574.6 (79.8)	279.4 (75.9)		720 h
Oktober	744 h	744 h	703.6 h	694.5 (93.4)	703.6 (94.6)		744 h
November	720 h	720 h	696.9 h	691.6 (96.1)	696.9 (96.8)		648 h
Dezember	634 h	538 h	527.3 h	527.3 (98.0)	517.9 (96.3)	96 h	456 h
Summe	7658 h	7466 h 97.5 %	6945.6 h 93 %	6927.3 h 92.8 %	4904.4 h 92.9 %	96 h 1.3 %	7216 h 94.2 %

Tab. 16.2: Analyse der Störungen, die jeweils zu mehr als 1 Stunde Betriebsausfall des Synchrotrons im Jahr 1983 führten.

Transportwegmagnete und Netzgeräte	13
Septumausfälle	7
Kickerausfälle	8
Folienmonitore	2
Störungen durch Rechner und Interface	11
Wasserstörungen	21
Magnete und Magnetstromversorgung des Synchrotrons, sowie allgemeine Stromausfälle	20
Ausfälle durch Vakuumlecks und Vakuumpumpen	17
Intensitätsverlust („Regen“)	9
Interlockursachen	6
Ausfälle im Linac I	9
im Linac II	10
in PIA	1
Hochfrequenz	7
Magnetstromregelung	4
Fehlbedienungen	3
Änderung des Betriebszustandes	5

Angegeben ist die **Anzahl der Störungen** 153

Die insgesamt **ausgefallenen Experimentestunden** betrafen sich auf **520.4 h (7.0 %)**.

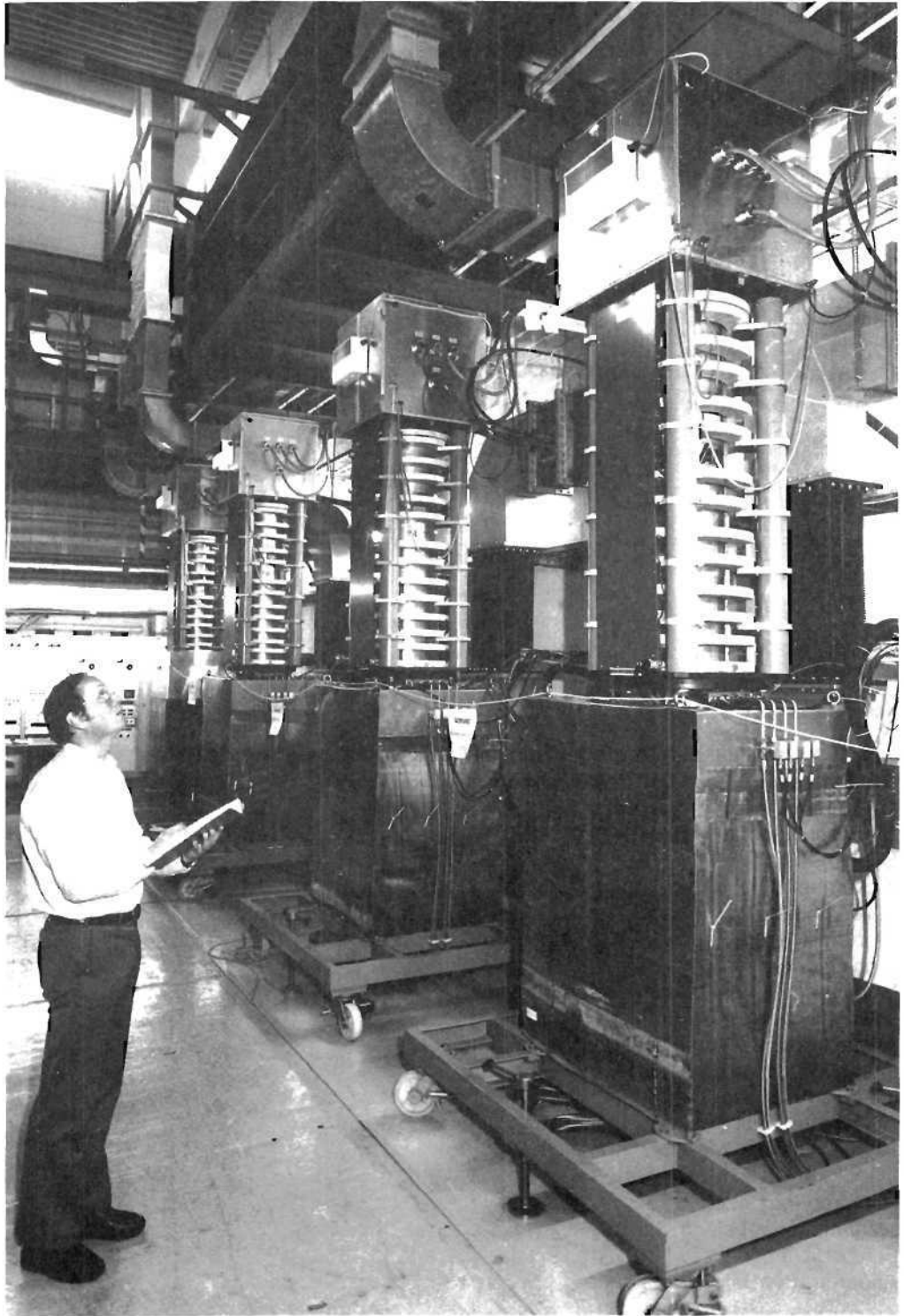


Abb. 17.1: 4fach-HF-Sender mit 2 Klystrons am PETRA-Speicherring.

Arbeiten der Gruppen des Bereichs Maschine

Angesichts des für 1984 vorhersehbaren Zwanges, möglichst alle Kräfte auf das HERA-Projekt zu konzentrieren, mußte das Jahr 1983 zu dem Versuch genutzt werden, PETRA zum Betrieb bis über 23 GeV mit möglichst hoher Luminosität einzurichten, ferner DORIS II endgültig in den Routinebetrieb zu überführen und schließlich die Auslegung von DESY II abzuschließen.

*Koordinatoren
und Wissenschaftler*

Hiermit waren die Maschinenkoordinatoren und die Wissenschaftler im Berichtsjahr stark belastet, zumal die Vorarbeiten für HERA ebenfalls schon merklichen Umfang hatten. Hinzu kamen die Studienprojekte über neue Beschleunigungstechniken. Die Einzelheiten sind in den entsprechenden Kapiteln dieses Berichtes aufgeführt.

Der M-Bereich wurde 1979 nach der Fertigstellung von PETRA reorganisiert. Unter Ausnutzung der beim Bau von PETRA gewonnenen Erfahrungen und in Ansehung der Aufgabe, den Betrieb und die Weiterentwicklung **aller** Beschleuniger und Speicherringe ohne Personalverstärkung durchzuführen, wurden seinerzeit die maschinenorientierten Gruppen zugunsten von komponentenorientierten technischen Gruppen aufgegeben. Die maschinenorientierten Probleme wurden seitdem von den drei Koordinatoren für DESY, DORIS und PETRA wahrgenommen. Das Schichtpersonal für den durchlaufenden Beschleunigerbetrieb wurde unverändert in Form von Teilschichtdienst von den technischen Gruppen gestellt.

*Organisation der
technischen Gruppen*

Diese Organisation hat sich ausgezeichnet bewährt, so daß grundlegende Änderungen nicht erforderlich wurden. Die in diesem Rahmen 1983 dennoch getroffenen Veränderungen sind vor allem durch die infolge des HERA-Projektes zu erwartende erhebliche Ausweitung der Aufgaben motiviert in dem Bestreben, die Mehrbelastung der Mitarbeiter durch Vermeidung von Parallelentwicklungen und Abgrenzungsproblemen so gering wie möglich zu halten. Deshalb wurden alle Hochfrequenzaktivitäten – Cavities, Sender und Entwicklung supraleitender Resonatoren – in **einer** Arbeitsgruppe zusammengefaßt. Eine ähnliche Zusammenlegung aller zu den Kontrollen und der Instrumentierung gehörenden Sachgebiete wurde in die Wege geleitet. Die für das Sachgebiet „Planung von Beschleunigerstrukturen, Tunneln und Experimentierhallen“ tätigen Mitarbeiter wurden in einer selbständigen Arbeitsgruppe zusammengefaßt.

Der Abschluß des „PETRA-23“-Programmes, das heißt die Verdoppelung der Sender (Abb. 17.1) und Cavities von PETRA zwecks Erhöhung der Strahlenergie von 19 auf 23 GeV hatte 1983 Priorität für die Hochfrequenzgruppe. In Montagezeiten im März und im August waren insgesamt 68 mehrzellige Beschleunigungsstrecken samt den zugehörigen Hohlleitersystemen sowie Regel- und Kontrolleinrichtungen neu zu installieren. Wegen der geplanten hohen Leistungspegel waren dabei an Hohlleiterkomponenten und Leistungsabsorbern Nachentwicklungen zu leisten.

Hochfrequenz

Erweitert wurden nicht nur die 500-MHz-Anlagen (52 zusätzliche Cavities), sondern auch das 1-GHz-System (16 zusätzliche Cavities). Das 1-GHz-System mit nunmehr 3 Klystrons und 24 Cavities steht damit sowohl für effektive Bunchverlängerungen bis zu Strahlenergien um etwa 13 GeV, als auch zur Maximalenergieerhöhung im Bereich von 22.5 bis 23.4 GeV zur Verfügung.

Auf der Senderseite konnten Ende 1983 in der Halle Ost die neuen Klystrons der Type YK 1301 mit Strahlspannungen von 75 kV (gegenüber 62 kV in den alten Anlagen im Norden und im Westen) auf Leistungen bis zu 700 kW_{cw} pro Klystron (das heißt 1400 kW_{cw} pro Sender) gebracht werden, nachdem genügend Cavities zur Aufnahme der Leistung installiert waren. Das Einrichten der Systeme für die maximal erreichbare Leistung von mindestens 1500 kW_{cw} pro Doppelsender (mit jeweils 16 Cavities) bleibt für 1984 vorbehalten.

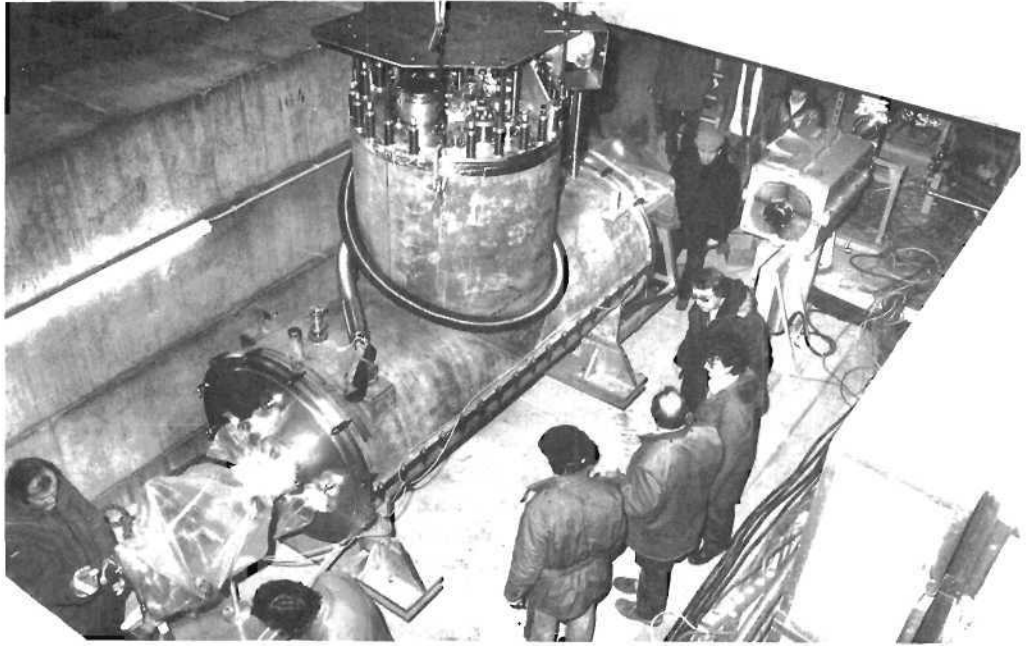


Abb. 17.2: Für 2 Monate war ein bei CERN gebauter supraleitender HF-Resonator zu Testzwecken im PETRA-Ring eingebaut.

Ende 1983 wurde für den PETRA-Experimentierbetrieb für alle HF-Systeme zusammen ein Betrieb mit $9.5 \text{ MW}_{\text{cw}}$ erreicht (das heißt 22.5 GeV mit 4 Bunchen à 2.5 mA).

Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der 500-MHz-Klystrons vom Typ YK 1301 (maximal $800 \text{ kW}_{\text{cw}}$ statt $600 \text{ kW}_{\text{cw}}$ gegenüber dem Typ YK 1300) konnte Ende 1983 auch das erste Serienklystron YK 1250 bei 1 GHz mit $400 \text{ kW}_{\text{cw}}$ erprobt werden (gegenüber 200 bis $300 \text{ kW}_{\text{cw}}$ des Versuchstyps V 109 SK).

Neben dem PETRA-Programm mußte die Hochfrequenzgruppe 1983 das HF-Konzept für DESY II erstellen, das Studienprogramm für die supraleitenden Cavities maßgeblich mittragen einschließlich der Vorbereitungen von Tests bei größeren Leistungen, Hilfestellung für das „Wakefield“-Experiment geben und vor allem ein umfangreiches und technisch weitgestreutes Verbesserungs- und Entwicklungsprogramm für die zu den HF-Anlagen gehörenden elektronischen Einrichtungen (Steuerung, Regelung, Fehlererkennung, Sicherheit) durchführen. Die Fertigstellung der Klystron- und Komponententestsender (500 MHz und 1 GHz) in der Halle IIa mußte wegen Personalmangel zurückgestellt werden.

Neben der Aufrechterhaltung des laufenden Betriebs der Anlagen zur Stromversorgung, Kühlung und Lüftung/Klimatisierung für die Beschleuniger, Speicherringe und Experimente gab es für die Energieversorgung Tätigkeitsschwerpunkte bei Aus- und Neubauprojekten:

– **Erweiterung der Hochfrequenzanlagen:** Die Stromversorgungs- und Kühlanlagen für den HF-Testsender wurden fertig aufgebaut und in Betrieb genommen.

– **Energieerhöhung PETRA:** Im Zuge der Gesamtarbeiten für die Energieerhöhung von PETRA auf 23 GeV wurden Wasserkühlanlagen, vorwiegend für die Kühlung der zusätzlichen Beschleunigungsresonatoren, erweitert und in Betrieb genommen.

– **Elektronikentwicklung für getaktete Netzgeräte:** Ein neues Korrektornetzgerät mit 200 Watt Ausgangsleistung wurde entwickelt. Das Gerät arbeitet mit einer Taktfrequenz von 20 kHz und hat alle erforderlichen Steuer- und Regelfunktionen. Es soll erstmalig in einer größeren Serie für DESY II eingesetzt werden.

Ebenso mit einer Taktfrequenz von 20 kHz arbeitet ein Transistorchopper, der serienreif entwickelt wurde. Er kann sowohl im Bypass zu Gleichstrommagneten zusammen mit einem Widerstand als auch in Serie als Gleichstromquelle eingesetzt werden und ist für Ausgangsleistungen bis zu 12 kW vorgesehen. Für größere Gleichstromleistungen wurde ein Thyristorchopper erfolgreich erprobt. Er arbeitet mit einer Taktfrequenz bis zu 3 kHz .

– **DESY II:** Für DESY II sind Kabelverbindungen und Kühlwasserleitungen im Ringtunnel geplant. Mit der Modernisierung mehrerer älterer Gleichstromquellen, die für Strahlführungswegen eingesetzt werden sollen, wurde begonnen. Der Teststand zur Erregung von DESY II-Magneten mit Gleichstrom und 12.5-Hz -Wechselstrom wurde einschließlich der Energiespeicherelemente aufgebaut und betrieben. Als Stromquelle dient dabei ein mit 12.5 Hz modulierter Gleichrichter, der sowohl die Gleich- als auch die Wechselspannung liefert. In mehreren Schritten konnten die Eigenschaften dieses Geräts verbessert werden, so daß es als Prototyp für die später erforderlichen Stromquellen der Quadrupol- und Sextupolstromkreise dienen kann.

– **Drehstromnetze:** Die Oberwellenfilter- und Blindstromkompensationsanlagen wurden erweitert, um dem gestiegenen Bedarf, bedingt durch die höhere Energie von PETRA, gerecht zu werden. Vorausgegangen waren umfangreiche Berechnungen der Einschalt- und Resonanzvorgänge.

– **HERA:** Seit Mitte des Berichtsjahres laufen umfangreiche Konstruktions- und Planungsarbeiten für die Lüftungsanlagen der HERA-Experimentierhallen, deren Ergebnisse Berücksichtigung in den Bauentwürfen fanden. Detailkonstruktionen haben begonnen. Ebenso begannen detaillierte Planungen für Rohrleitungs- und Kabelführungen sowie für den 3. Anschluß an die öffentliche Stromversorgung mit dem dazugehörenden Transformator $110/10 \text{ kV}$.

Energieversorgung

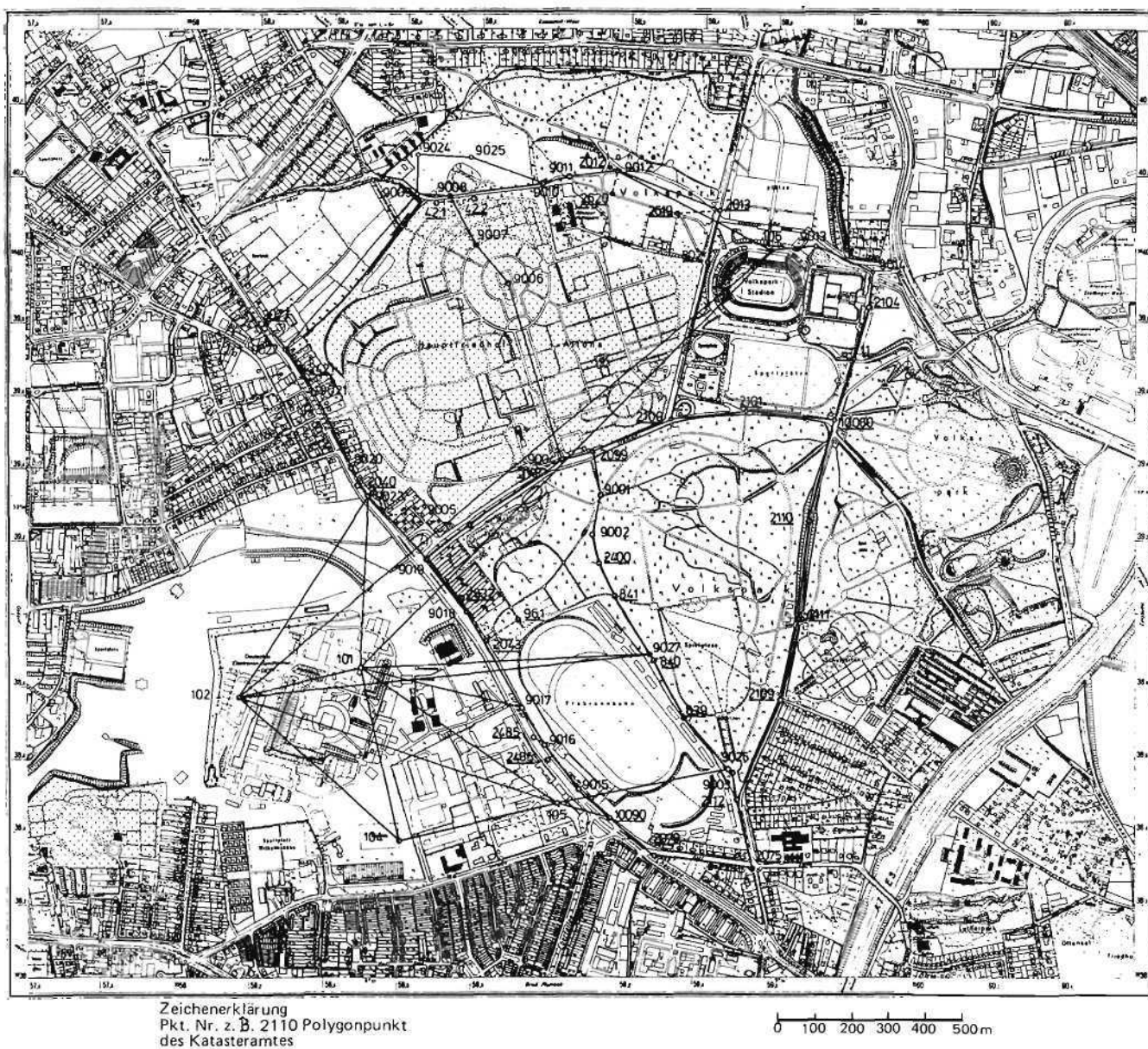


Abb. 17.3: Polygonnetz für die Vermessung der HERA-Bauten.

— **Abwärmenutzung:** Die Anlage zur Nutzung der Abwärme des Detektormagneten ARGUS wurde in Betrieb genommen. Sie ist in der Lage, das gesamte DORIS-Areal zu beheizen.

Für die in den beiden Shut-downs (Januar bis März und August/September 1983) anfallenden größeren Montageprojekte wurde von der Gruppe „Aufbau von Beschleunigern und Experimenten“ die Gesamtplanung und die Koordinierung der verschiedenen Gewerke durchgeführt.

*Aufbau von
Beschleunigern und
Experimenten*

Hervorzuheben sind davon:

- Umsetzung und Neueinbau von 94 Cavities und 20 Quadrupolen in den 4 langen geraden Stücken N, S, O, W, wozu die Veränderung der Tunnelabschirmung in den Hallen Ost und West und der Neueinbau der gesamten Installation notwendig wurde.
- Im Tunnelbereich der Halle Ost wurde für zwei Monate das supraleitende Cavity von CERN eingebaut (Abb. 17.2). Dazu mußte die Tunnelabschirmung geändert werden. Hilfseinrichtungen und ein Kontrollraum wurden in der Halle aufgebaut.
- An allen PETRA-Experimenten ist von den Mini- β -Magneten jeweils der Quadrupol Typ A durch den größeren Typ A1 ersetzt worden, was eine Änderung der Magnetaufstellung bedingte.

Neben den üblichen Wartungsarbeiten an den Experimenten wurden größere Arbeiten wie folgt ausgeführt:

- JADE wurde herausgefahren, um das Vakuumrohr zu reparieren.
- Beim TASSO-Detektor wurden die Vorwärtsdetektoren zwecks Nachbesserung und Neu-eichung am Teststrahl 14 zeitweise ausgebaut.

Über das ganze Jahr hinweg wurden Arbeiten für den weiteren Ausbau des Personeninterlocks bei HASYLAB ausgeführt.

Ebenfalls über das ganze Jahr erstreckten sich die Arbeiten für Gassicherheit:

- Regelmäßige Kalibrierung aller eingesetzten Geräte und Meßköpfe
- Güteprüfung neuer Meßköpfe betreffs Empfindlichkeit, Lebensdauer und Fremdeinfluß (Frigen), insbesondere Vergleich zwischen Geräten verschiedener Hersteller
- Betreuung der Anlagen an den Teststrahlen und in den Labors

Schließlich wirkte die Gruppe an Entwicklungs-, Konstruktions- und Fertigungsaufgaben für DESY II- und HERA-Magnete mit. Für PETRA wurden etwa 80 Sextupole umgebaut.

Die Vermessungsgruppe hatte 1983 folgende Arbeiten durchzuführen:

Vermessung

PETRA:

- Radiale Lagevermessung der Magnete in den Oktanten 1, 2, 3, 5 und 6 im Frühjahrs-Shut-down
- Neujustierung der Quadrupole mit Kontrollnivellements im Frühjahr und Herbst
- Kontrolle und Justierung der QB-Magnete und der benachbarten Mini- β -Quadrupole beiderseits der Experimentierhallen
- Angabe von Cavity- und Quadrupolpositionen in den langen geraden Stücken mit anschließender Justierung
- Kontrollvermessungen der Magnete in den langen geraden Stücken mit Nachjustierungen
- Untersuchung des Verhaltens der Trennfugen des Tunnelbauwerks in Abhängigkeit von der Lufttemperatur



Abb. 17.4: Sämtliche Beschleuniger bei DESY werden im zentralen Kontrollraum überwacht und gesteuert.

PETRA-Experimente:

- JADE: Vermessung des Detektormagneten beim Verfahren, Vermessung der Myon-Kammern und Triggerzähler
- CELLO: Einbau einer neuen Vakuumkammer, mehrmalige Neujustierung der Mini- β -Magnete beim Auffahren des Detektors
- TASSO: Einbau eines neuen Vorwärtsspektrometers

DORIS II:

- Kontrollvermessung im Quadranten 1 und 4
- Einmessung der Septa
- Vermessung Crystal Ball

HASYLAB:

Absteckung Strahl 1 und Wigglerstrahl in der Halle, Einrichten der Strahldurchführung

DESY I und DESY II:

- Belastungsmessungen Krandecke – Kontrolle der Kranbahn
- Koordinierung DESY II und Absteckung der Strahlführung
- Aufbau der Magnetmeßmaschinen in Halle 2 (Justierung der Dipolmeßbank, der Quadrupolmeßvorrichtung, Aufbau von Testmagneten)

Verschiedenes:

Testaufbau einer bei TASSO beteiligten Gruppe in Halle 2: Justierung der Magnetmeßbank mit mehrmaligen Kontrollvermessungen, Justierung des Spektrometers

HERA:

- Erkundung eines Vermessungssystems für Lage und Höhe unter Verwendung des Festpunktfeldes der Stadt Hamburg für die erste Bauphase
- Messung des ermittelten Polygonnetzes im Volkspark mit Anschluß an die PETRA-Hochpunkte sowie den neu geschaffenen Meßpunkt auf einem Reemtsma-Gebäude und einen Hilfspunkt auf dem Treppenhaus des Volkspark-Stadions (Abb. 17.3)
- Rechnerische Ausgleichung der Ergebnisse; Berechnung der Punktkoordinaten im örtlichen und Gauß-Krüger-System
- Kontrollnivellement über die amtlichen Höhenbolzen im Volkspark; rechnerische Ausgleichung nach Anschluß an das DESY-Netz
- Entwurf eines Vermessungsnetzes für die genaue Tunnel- und HERA-Vermessung mit Hochpunkten bei der Halle Nord (Vermessungsturm) und auf dem Treppenhaus des Stadions
- Genauigkeitsuntersuchung dieses Netzes
- Absteckung der Hallenachsen im Gelände; tachymetrische Aufnahme der betreffenden Gebiete und Erstellung der jeweiligen Lagepläne

Hilfsmessungen für Beschleunigerentwicklung:

- Supraleitende Spule (Montage)
- Dipolmontage (Vorrichtung)
- Supraleitende Cavities (Zusammenbau)

Zentraler Kontrollraum:

- Alle DESY-Beschleuniger werden von diesem im Vorjahr erstmals betriebsfertig eingerichteten Raum über 11 Konsolarbeitsplätze gesteuert und kontrolliert (Abb. 17.4). Der Kontrollraum wird durch 10 Prozeßrechner unterstützt. Zur Kontrolle der Beschleuniger werden einige tausend Operations- und Serviceprogramme bereitgehalten.

*Kontrollen und
Instrumentierung*

- Die Entwicklung solcher Programme und die Optimierung von Kontrollprozeduren ist Aufgabe der Kontrollgruppe. So wurde im Berichtsjahr der Programmkomplex zur Speicherung und Reproduktion von Prozeßzuständen („process file system“) erneuert und für alle Beschleuniger vereinheitlicht. Dieses System gestattet neben der Definition von Prozeduren auch ihre Verkettung zu automatischen Abläufen. Im Rahmen der Vereinheitlichung und Vereinfachung der Bedienung wurden die früher verwendeten TOUCH PANEL gänzlich durch eine konsequente Anwendung von BALL, CURSOR und RGB-Monitoren ersetzt.
- Der erreichte Standard im MAN-MACHINE DIALOG für die im Verbund arbeitenden Beschleuniger hat erheblich zur Vereinfachung der Prozeduren beigetragen und die Bedienung der verschiedenen Beschleuniger durch nur eine Mannschaft ermöglicht.

Der Prozeßrechner-Pool:

- Der POOL besteht aus 16 Mini-Rechnern vom Typ NORD 10 und NORD 100. Neben Wartung und Betrieb wurden Entwicklungen in Hard- und Software durchgeführt.
- Im Laufe des Jahres wurde das von der DESY-Gruppe „Digitale Datenerfassung“ entwickelte Rechnernetzinterface FPSS an 15 Maschinen installiert. Zur Implementation des Netzes waren umfangreiche Softwareentwicklungen und Testläufe erforderlich.
- Ergänzend zu diesen Arbeiten wurde eine „remote-fähige“ Version des Interpreters „POCAL“ auf allen Maschinen implementiert. Auf allen am „NETZ“ beteiligten Rechnern können jetzt Programme oder Datensätze „REMOTE“ geladen, übertragen oder exekutiert werden.
- Die Entwicklung einer rechnergestützten Audio-Bibliothek mit DESY-spezifischem Wortschatz wurde abgeschlossen. Hierdurch werden künftig sprachverständliche Echos von den verschiedenen Prozessen generiert und über das Rechnernetz im Kontrollraum wiedergegeben.
- Zur Unterstützung der Mikroprozessor-Entwicklung wurde ein PASCAL-Compiler für die TMS-Familie erstellt.

Das SEDAC-System:

- Dieses System verbindet die Prozeßelemente mit dem Rechnerpool. Es hat sich im Berichtszeitraum auf über 3500 Kontrolleinheiten ausgedehnt. Mehrere neue Interfacemodule wurden entwickelt und in den Prozeß eingefügt. Mit der systematischen Integration von Mikroprozessoren wurde begonnen. Prototypen und Vorserien existieren für die Mikroprozessortypen der TMS-Familien 9900 und MOTOROLA 68000.

Instrumentierung:

- Generell wurden auch 1983 an allen elektronischen Geräten und Anlagen die üblichen betriebsnahen Verbesserungen und Anpassungen an neue Erfordernisse durchgeführt. Strahl-diagnoseeinrichtungen und Interfaceelektronik standen wegen ihrer Bedeutung für den alltäglichen Betriebsablauf dabei im Mittelpunkt.
- Für die Schirmmonitore, Strahlprofilmessung und Strahllagemessung wurden Entwicklungen durchgeführt, desgleichen zur Vorbereitung einer rechnergestützten Auswertung von Fernsehkamerasignalen für einen Bilddigitizer.
- Die relative Meßgenauigkeit der Strahllagemessung in PETRA konnte durch eine neue Auswerteelektronik erheblich verbessert werden. Erste Versuche zeigen eine Auflösung von weniger als 10 Mikrometer. Dies ist im Hinblick auf spezielle Messungen in PETRA von Bedeutung.
- Mit dem Bau des Strahllagemeißsystems für DESY II wurde begonnen.

Daneben gab es eine Fülle von Sonderentwicklungen, von denen nachfolgend Beispiele aufgelistet sind:

- Umbau der Senderphasenregelung DORIS II auf ein neues Konzept

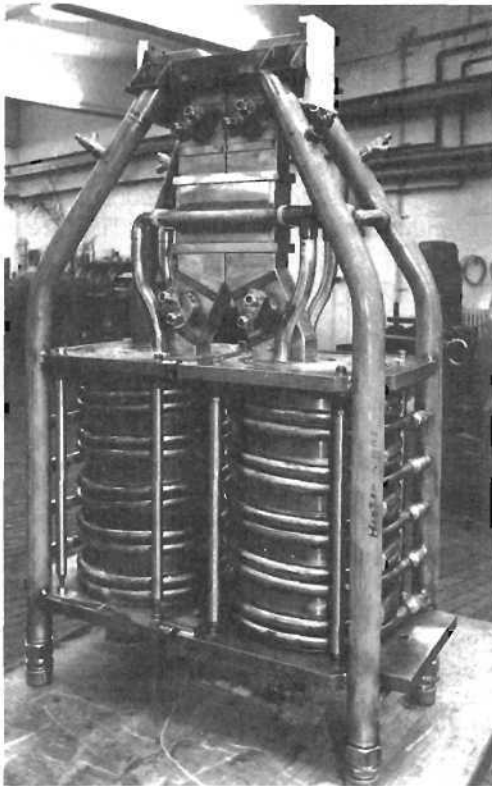


Abb. 17.5: Das SLED-Cavity für den Linearbeschleuniger II ist ein Speichercavity mit 4- bis 5facher Leistungsaufnahme.

- Umstellung des gesamten Temperatur-Interlock-Systems der PETRA-Magnete von Arbeits- auf Ruhestromprinzip
- Separate Neuverkabelung und Verdoppelung des Notaussystems von PETRA zur Verbesserung der Personensicherheit
- Verbesserung des Feedback-Systems von DESY I und DORIS II durch Verwendung einer neuentwickelten, breitbandigen Elektronik und eines Widerstandsmonitors als Sensor. Dadurch konnte die laufende Betriebsintensität in DESY I auf das Zweifache gesteigert werden.
- Entwicklung eines Zeitreglers für die Kicker- und Septapulser an allen Beschleunigern zwecks Stabilisierung der internen Driften
- Bau eines direkten Bunchstromdisplays für PETRA mit parallelem Rechnerausgang
- Modifizierung des vorhandenen L1-Gun-Puls-Modulators nach Einbau einer neuen Strahlkanone im Linac I. Parallel dazu Entwicklung und Bau eines neuen schnellen Gun-Puls-Modulators in Avalanche-Technik. Die Pulslänge konnte auf < 2 nsec reduziert werden.
- Vorrichtung zur Messung der vertikalen Strahlhöhe in DORIS II mit Hilfe einer Röntgenlochkamera, eines Leuchtschirms und einer Diodenzeilenkamera, in Kooperation mit HASYLAB
- Vorrichtung zur Dauermessung der Bunchlänge in PETRA mit Anzeige und Registrierungsmöglichkeit im Beschleunigerkontrollraum
- Zeitstabiler und rechnergesteuerter Triggeregenerator für die Streak-Kamera zur longitudinalen Bunchmessung an PETRA
- Entwurf und Teilerprobung einer Elektronik zur automatischen Q-Messung (Q-Scan über Energie) in DESY II

- Entwicklung und Bau eines von der Strahlage unabhängigen induktiven Strahlstrommonitors mit großer Apertur (60 mm) und einer sehr hohen oberen Eckfrequenz von 500 MHz. Der Vorteil dieses Monitors liegt unter anderem in der trotz galvanischer Entkopplung vom Vakuumsystem niedrigen unteren Eckfrequenz. Ein derartiger Monitor konnte erfolgreich im Injektionsweg zum L1 zur Optimierung des Prebunching erprobt werden.
- Entwicklung und Bau eines Moduls „SETI“ zur Übertragung von TI-Prozessor-Daten an SEDAC in je 8 Wort a 16 Bit Länge in beiden Richtungen. Dieses Modul ist zur zeitunkritischen Übertragung kleinerer Datenmengen geeignet und erlaubt das Ansprechen eines TI-Prozessors über SEDAC.
- Entwicklung und Bau einer mikroprozessorgesteuerten Zyklussteuerung mit SEDAC-Interface
- Erweiterung des vorhandenen Mikroprozessorsystems durch Einführung des (multi-tasking) Betriebssystems PEDOS zur floppy-disk-unterstützten Softwareentwicklung
- Entwicklung und Fertigstellung von Steuerinterface für das Temperatur-Mapping an den supraleitenden Cavities (MHS)
- Entwicklung eines Mikrocomputer-Systems für den Klystron-Leistungsteststand in der Halle 2 a
- Entwicklung und Erprobung eines drifffreien dc-gekoppelten Δ -Pulsgenerators (Einzelbunchsimulator) und einer Ladungsmeßschaltung zur genauen Eichung von Strommonitoren
- Elektronische Ausrüstung des Meßstandes für DESY II-Magnete in Halle II für Gleich- und Wechselfeldmessungen (einschließlich dynamischer Feldfehler).

Neben allen diesen betriebsbezogenen Aktivitäten wurden Sonderprojekte unterstützt, wie das Polarisationsexperiment in DORIS und erste Vorbereitungen auf HERA.

Injektion

Größtes technisches Projekt der Injektionsgruppe war im Berichtsjahr die Fertigung und Vorprüfung der Speichercavity-Anlage für den Linearbeschleuniger II (Abb. 17.5), mit deren Einbau in das HF-System des Linacs am Jahresende begonnen wurde.

Der mechanische Aufbau der 12 Speichercavity-Doppeleinheiten wurde 1983 von der DESY-Werkstatt in Zusammenarbeit mit der Gruppe Injektion fertiggestellt. Es sind jeweils zwei Hohlraumresonatoren, die im T_{015} -Mode arbeiten und über einen 3-db-Koppler gekoppelt sind. Die Leerlaufgüte liegt bei 100 000. Diese Einheiten werden zwischen den Klystrons und den Linacabschnitten angebracht. Man erreicht so, daß ein großer Teil der HF-Energie während des 3 μ sec langen 20-MW-Pulses, den das Klystron liefert, hier gespeichert wird. Durch eine Linac-HF-Struktur-Füllzeit vor Ende des Pulses wird diese Energie durch einen Phasensprung von 180° in der Klystronansteuerung abgerufen. Durch eine Überlagerung der Welle, die aus dem Klystron kommt, mit der aus den Speichercavities wird die Eingangsleistung um einen Faktor 4 bis 5 erhöht. Berücksichtigt man die Gruppengeschwindigkeit in den Abschnitten, so ergibt sich eine Steigerung der Energie der Elektronen (Pulslänge $\approx$ 100 μ sec) gegenüber dem ursprünglichen Betrieb um einen Faktor 1.6, wenn die Teilchen gegen Ende des 3- μ sec-Pulses eingeschossen werden.

Wichtige Vorteile, die sich durch den Umbau ergeben, sind:

- Die gesteigerte Energie der Elektronen, die auf das Positronentarget treffen, führt zu einer ebenfalls um 60 % höheren Intensität der entstehenden Positronen und der in PIA erzeugten e^+ -Bunche, was letztlich zu einer Reduktion der Füllzeit in HERA führt (die bisher mit 0.5 h angesetzt werden mußte).
- Im Positronenteil des Linac II können zwei Abschnitte eingespart werden; die für PIA notwendige Energie von 450 MeV wird von nur 7 mit Speichercavities ausgerüsteten Abschnitten aufgebracht. Ferner kann die Leistung der Klystrons herabgesetzt werden, die Lebensdauer

der Röhren wird dadurch größer. Die beiden freiwerdenden Abschnitte werden hinter Linac I aufgebaut, um die Energie der Elektronen für DESY II von zur Zeit 55 MeV auf 230 MeV zu erhöhen.

Der Umbau vom Linac II wird im Februar 1984 fertig, der vom Linac I wird im Winter-Shut-down 1984/85 durchgeführt.

Weitere Schwerpunkte der Arbeiten der Injektionsgruppe waren Entwurf und Berechnung der Optiken für Injektion, Ejektion und Transportwege im Zusammenhang mit DESY II sowie Vorüberlegungen für den Teilchentransfer PETRA/HERA.

Aus der Menge weiterer technischer Vorhaben seien genannt:

- Konstruktion, Fertigung und Einbau eines neuen vertikalen Anregungskickers in PETRA
- Auf- und Einbau eines Testkickers in DORIS II
- Fertigstellung der Fernsteuerung von PIA und Linac II
- Entwicklung von gepulsten Transportwegmagneten für DESY II und HERA
- Fertigung der Elektronik zu den Speichercavities
- Einbau eines neuen Injektionssystems mit einer Triodenkanone am Linac I, Ergebnis: 2mal höherer Elektronen-Strom im Synchrotron

Neben den allgemeinen Wartungs-, Reparatur- und Modifikationsarbeiten an den Vakuumanlagen der DESY-Beschleuniger liegt der Schwerpunkt der Tätigkeiten der Vakuum-Gruppe im Jahr 1983 im Entwurf und der Konstruktion des Vakuumsystems für DESY II sowie in der Technologie und Fertigung der Vakuumkammern und anderer Komponenten dieses Systems.

Vakuum

Für DESY II wurde eine kostengünstige gerippte dünnwandige Edelstahlvakuumkammer (Abb. 16.2) entwickelt, die geringe Wirbelströme bei maximaler Ausnutzung der Magnetapertur und absoluter „HF-Glattheit“ aufweist. Die Verstärkungsrippen dieser Kammer wurden durch Laserstrahlschneiden hergestellt und mittels eines dafür entwickelten Hochtemperaturlötverfahrens auf die dünnwandige Vakuumkammer gefügt. Dadurch war es möglich, beim 12.5-Hz-Betrieb der Magnete auf die teuren und empfindlichen Keramik-Vakuumkammern zu verzichten.

Für den Betrieb der Ionenzerstäuberpumpen von DESY wurde ein neues Hochspannungsnetzgerät aus Standardkomponenten entwickelt. Durch diese Entwicklung konnte der Platzbedarf der Netzgeräte um den Faktor 4 sowie die Kosten um den Faktor 2 reduziert werden.

Im Zuge der Änderung des DORIS II-Vakuumsystems wurden alle Kicker mit neu entwickelten „HF-glatten“ Vakuumkammern ausgerüstet. Darüber hinaus ist die neue Vakuumkammer für den ersten Wigglermagneten sowie die dazugehörige Auslaßkammer für das Synchrotronlicht gefertigt und eingebaut worden.

Für das ARGUS-Experiment wurde eine neue dünnwandige, mit Kohlefasern verstärkte Aluminiumvakuumkammer entwickelt und in DORIS II eingebaut.

Das alte Vakuumsystem von Linac I wurde modernisiert und im Bereich der Elektronenkanone neu gebaut.

Darüber hinaus wurde die Injektionsgruppe bei der Fertigung, den Tests und dem Einbau der neuen Speicherkavitäten für Linac II unterstützt.

Strahlenschutz

Alle Strahlenschutzmessungen des Jahres 1983 zeigen, daß die Personendosen, die Ortsdosen in zugänglichen Bereichen, Aktivitätskonzentrationen in Luft und Wasser sowie staubförmige Kontaminationen in Beschleunigerräumen sicher unterhalb der zulässigen Grenzen lagen. Die hohen Energien des Speicherrings PETRA brachten gegenüber den Vorjahren leicht erhöhte Ortsdosen in den Experimentierhallen mit sich, vorwiegend durch gestreute Synchrotronstrahlung; jedoch lagen bei allen ortsfesten Meßstationen die Werte unter 1000 mrem/Jahr. Zusätzlich zu den regelmäßigen Messungen in zugänglichen Bereichen wurden die Dosisleistungen im Synchrotron und in den Speicherringen während des Betriebes bestimmt zur Abschätzung der Strahlenbelastung von Maschinenkomponenten.

Überwachung

Besonders studiert wurde im Speicherring PETRA die Verteilung der Dosis durch Synchrotronstrahlung. Wegen der mit der 4. Potenz der Strahlenergie ansteigenden Abstrahlung erhält man im Tunnel sehr hohe Dosisleistungen. Bei den im Dezember erreichten Strahlströmen und mit der Energie von 22.5 GeV ergeben sich direkt an der zum Zentrum gerichteten Seite der Vakuumkammer in einem Dipolmagneten 10^6 rad/h, an der Bleiabschirmung dieser Kammer 10^4 rad/h und in der Tunnelmitte 10^3 rad/h. Derartige Meßergebnisse, die mit Hilfe von Festkörperdosimetern gewonnen wurden, wurden mit Rechnungen verglichen. Es zeigt sich, daß die Dosisberechnung mit Monte-Carlo-Technik trotz der relativ komplizierten Geometrie Ergebnisse liefert, die in befriedigender Weise mit den Messungen übereinstimmen. Aufgrund dieser Übereinstimmung kann man Abschätzungen über die zu erwartende Strahlenbelastung empfindlicher Komponenten durch Synchrotronstrahlung im Speicherring HERA vornehmen.

Studien an PETRA

Im übrigen lag das Schwergewicht der Arbeiten neben der permanenten Strahlungsüberwachung bei Abschirmungsrechnungen für das HERA-Projekt. Hier werden Monte-Carlo-Programme und analytische Rechenprogramme vom CERN und vom Fermi Laboratory (USA) verwendet. Neben der Beantwortung zahlreicher praktischer Fragestellungen, zum Beispiel zur Abschirmung von hochenergetischen Neutronen in den HERA-Hallen, wurden allgemeinere Untersuchungen angestellt über die Abhängigkeit der Neutronendosen von Protonenenergie und Targetdimensionen, Vergleich mit früher entwickelten halbempirischen Rechenmethoden und anderes.

Studien für HERA

Ebenfalls betrachtet wurden die Erzeugung und Ausbreitung niederenergetischer Neutronen unterhalb einer Energie von 50 MeV, die von Monte-Carlo-Rechnungen nicht mehr erfaßt werden. Weiter verbessert wurden die Werte über die zu erwartenden Dosen durch Myonen an der Erdoberfläche, die in dem bereits erschienenen Umweltbericht angegeben wurden. Aufgrund dieser Angaben erhielt DESY Ende des Jahres die atomrechtliche Errichtungsge-nehmigung für HERA.

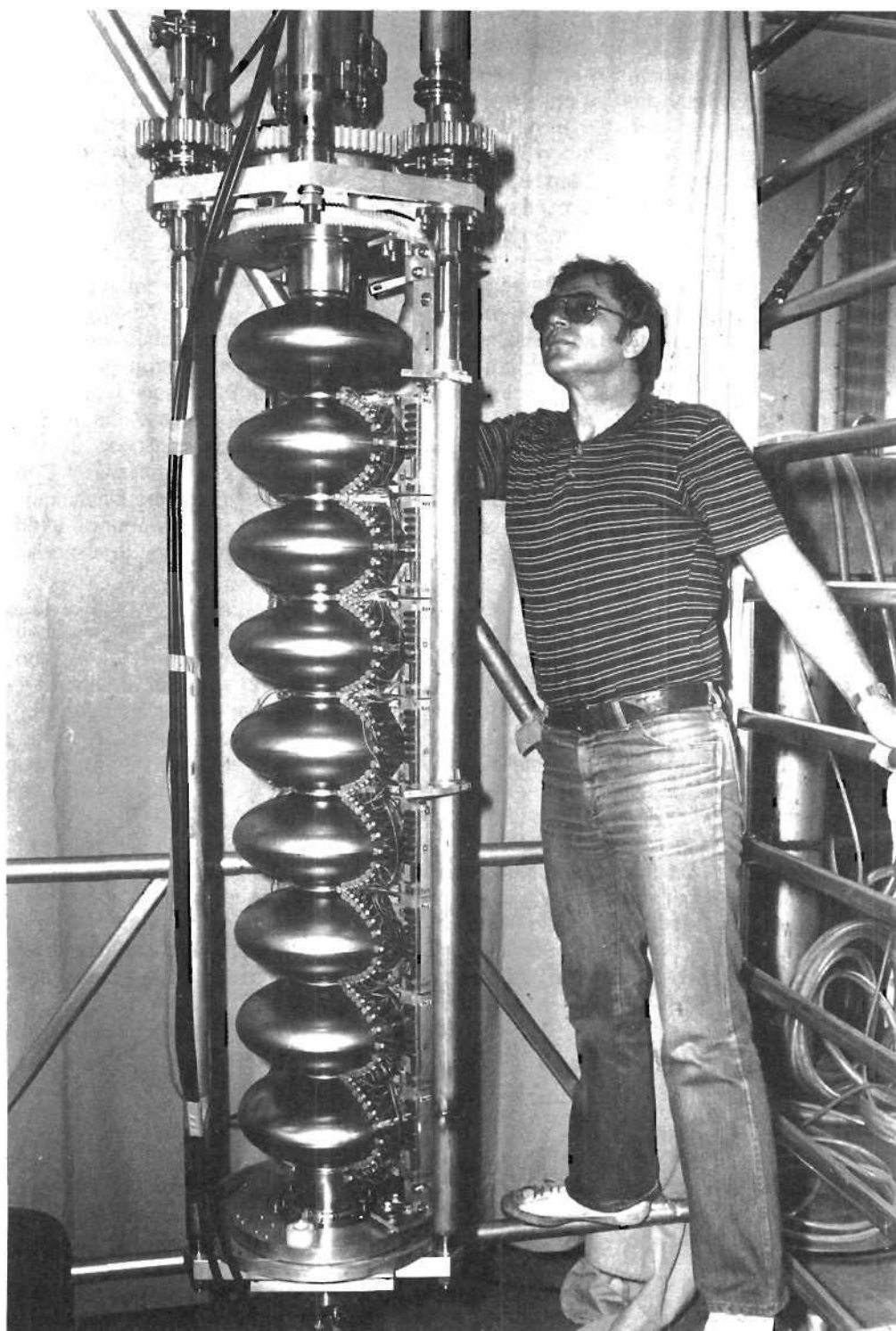


Abb. 19.1: Ein 9-zelliger supraleitender HF-Resonator (1 GHz) für den PETRA-Speicher-ring.

Neue Beschleunigungstechniken

Wegen der bei vorgegebenem Maschinenradius mit der 4. Potenz der Strahlenergie steigenden Abstrahlungsverluste kommt der Energiebilanz der Hochfrequenzbeschleunigung bei e^+e^- -Speicherringen eine ganz besondere Bedeutung zu, zumal die erforderliche Senderleistung und damit der Primärenergiebedarf sogar mit der 8. Potenz der Strahlenergie anwächst. Die „Primärenergie“, das heißt hier die aus dem Drehstromnetz erforderliche Energie für die Hochfrequenzsender, wird dabei im wesentlichen in drei Bereichen aufgezehrt, von denen nur einer unmittelbar zur Beschleunigung und Strahlungsverlustkompensation der Teilchen beiträgt:

- Verluste in den Klystrons der Sender
- Verluste in den Beschleunigungsstrecken
- Auf die Teilchenstrahlen übertragene Energie

Da es bei großen Speicherringen um Senderleistungen zwischen 10 und 100 MW geht, ist ersichtlich, daß hier von der Betriebskostenseite her bei wachsender Strahlenergie selbst bei Maschinen mit großem Radius schnell eine Art „Schallmauer“ erreicht wird.

Nachdem man bei den in den Hochfrequenzsendern zumeist verwendeten Klystrons in den letzten Jahren wesentliche Wirkungsgradverbesserungen erreichen konnte, konzentrierte sich das Interesse immer stärker auf die Vermeidung von Energieverlusten in den Beschleunigungsstrecken. So wurde, wie in anderen Labors auch, bei DESY an der Entwicklung supraleitender Beschleunigungsstrecken gearbeitet.

Da bei Linearbeschleunigern keine Synchrotronstrahlungsverluste auftreten, ist der Einsatz moderner Hochleistungslinacs unmittelbar zur Erzeugung kollidierender e^-e^+ -Strahlen eine viel diskutierte Alternative zu immer größeren Speicherringen. Um derartige Linearbeschleuniger wirtschaftlich bauen zu können, müssen Gradienten von mehr als 100 MeV/m erzielt werden. In diesen Zusammenhang gehört die bei DESY untersuchte Möglichkeit, einen geladenen Strahl durch das in einer Struktur angeregte Streufeld („Wakefield“) eines vorangegangenen Strahls zu beschleunigen.

Mit einer bei CERN gebauten 5-zelligen supraleitenden 500-MHz-Struktur wurde im Berichtsjahr bei PETRA ein Strahltest durchgeführt. Daneben konnte das DESY-1000-MHz-Programm weitergeführt werden. Ein horizontaler Badkryostat für zwei 9-zellige Strukturen (Abb. 19.1) wurde gefertigt; in Laborversuchen wurden im vertikalen Testkryostaten Feldstärken bis zu 5.5 MV/m erreicht.

Für eine Versuchsanordnung zum Funktionsnachweis des „Wakefield“-Beschleunigungsprinzips wurden Laborentwicklungen und Komponentenbeschaffungen eingeleitet.

Ein bei CERN entwickeltes 5-zelliges supraleitendes 500-MHz-Cavity wurde im März 1983 in PETRA eingebaut (Abb. 17.2) und dort etwa 2 Monate unter normalen Speicherringbetriebsbedingungen getestet. Das Cavity war dabei an die gleichen Phasen-, Amplituden- und Frequenzkontrollen angeschlossen wie die normalleitenden PETRA-Beschleunigungsstrecken. Trotz gewisser Handicaps – das Cavity mußte mit Rücksicht auf eine Quenchstelle in einer Zelle asymmetrisch abgestimmt werden, und es entwickelte sich ein Feinleck an der Bleidichtung eines HOM-Kopplers – lieferte der Versuch eine Fülle von Informationen⁷⁾.

Problemstellung

Überblick

Supraleitende Resonatoren

⁷⁾ F. Bernard et al., CERN/EF 83-12 (1983), 12th Int. Conf. on High Energy Accel. Fermilab, Batavia, August 1983

Das Cavity wurde sowohl zusammen mit den zu diesem Zeitpunkt in PETRA installierten 92 normalleitenden 500-MHz-Cavities und 8 1-GHz-Cavities bei hohen Strömen (bis zu 10 mA) und hohen Energien (bis zu 20 GeV) betrieben, wie auch bei nicht erregten normalen Cavities bei 7 GeV und 2.3 mA (in 4 Bunchen). In diesem Zustand wurde der Strahl in PETRA lediglich mit Hilfe des bei 2.1 MV/m arbeitenden supraleitenden Cavities gespeichert.

Das DESY-1000-MHz-Programm wurde 1983 erheblich vorangebracht trotz merklicher Beeinträchtigung durch die angespannte Personalsituation (Abwicklung des PETRA-23-Programmes und Vorarbeiten für HERA ohne zusätzliches Personal).

Es wurden verschiedenen Firmen über zwei weitere 9-zellige Strukturen Aufträge erteilt, so daß für den in PETRA geplanten Test in einem Badkryostaten für zwei 9-zellige Strukturen dann insgesamt drei Strukturen wahlweise zur Verfügung stehen.

Für den 1-GHz-Leistungseinkoppler und die HOM-Auskopplung wurden die Konstruktionen ausgearbeitet sowie Labormuster und Prototypen gebaut und gemessen.

Der bereits erwähnte horizontale Doppelkryostat für den PETRA-Versuch wurde gefertigt und befand sich am Jahresende in der Testphase.

In den beiden vertikalen Testkryostaten wurden zahlreiche Messungen an unterschiedlich behandelten 1-, 2-, 5- und 9-zelligen Strukturen durchgeführt; am 9-Zeller erreichte man 5.5 MV/m bei 3.5 K und 4.5 MV/m bei 4.2 K (ohne Quench, Begrenzung durch Mangel an HF-Leistung).

„Wakefield“- Beschleunigung

Zum experimentellen Nachweis über die Brauchbarkeit der rechnerisch geprüften Möglichkeit, einen geladenen Strahl durch die in einer Struktur von einem „Vorläuferstrahl“ angeregten Streufelder zu beschleunigen, wurde bei DESY 1983 mit der Planung eines ca. 20 m langen Versuchsaufbaues begonnen⁸¹. Dieser besteht aus einer Kanone zur Erzeugung sowohl des Hohlstrahles, welcher im „Wakefield Transformer“ das beschleunigende Feld mit über 100 MV/m aufbauen soll, als auch des zu beschleunigenden Zentralstrahles, ferner einem Prebuncher, drei Dreifachbeschleunigungsstrecken aus der Reserve von DESY I zur Vorbeschleunigung, einer Driftstrecke, dem eigentlichen „Wakefield Transformer“, mehreren Gruppen von Solenoiden zur Fokussierung und einer Strahlanalysevorrichtung. Ein Klystronsender mit 1.2 MW Spitzenleistung wird aus Reservebeständen unter Verwendung des Gleichrichters der HF-Testhalle aufgebaut.

Die Kanone war im Berichtsjahr im Entwurfsstadium, die Fokussierung wurde gerechnet, die Solenoide und deren Halterung konstruiert und bestellt. Der „Wakefield Transformer“ kam 1983 nicht über die Berechnungsphase hinaus; für Kontroll- und Analyseeinrichtungen gab es Vorüberlegungen.

⁸¹ Bialowons, Dehne et al., „A Wakefield Transformer Experiment“, 12th Int. Conf. on High Energy Accel., Fermilab, Batavia, August 1983

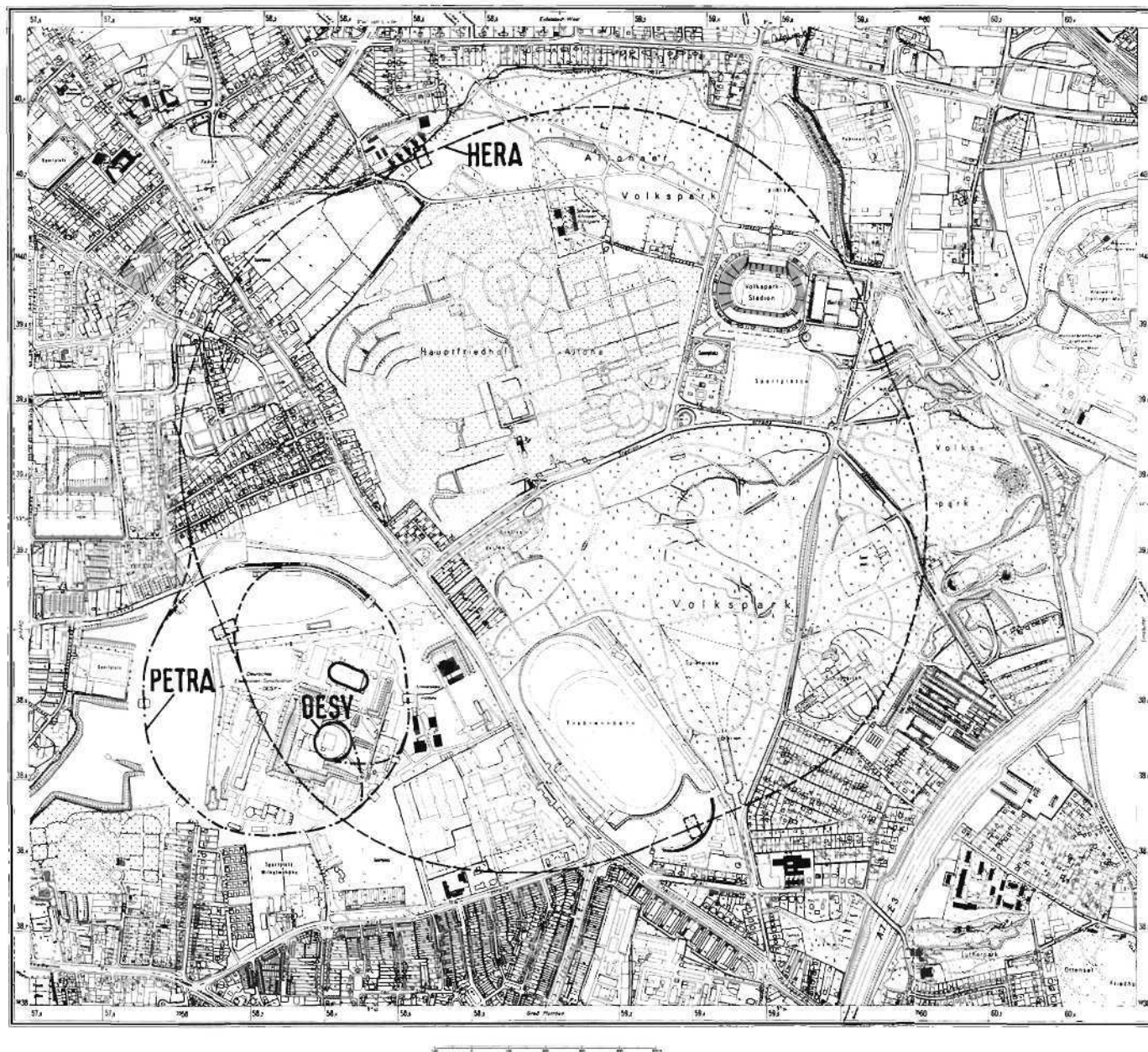


Abb. 20.1: Die Lage der geplanten HERA-Speicherringanlage in Hamburg-Bahrenfeld.

Speicherringanlage HERA

Herausragendes Ereignis auf dem Weg zur Genehmigung des Projekts HERA (Abb. 20.1) war im Jahr 1983 der Grundsatzbeschuß des Bundesministers für Forschung und Technologie, Dr. Heinz Riesenhuber, zum Bau von HERA. Ebenfalls am 22. 2. 1983 hat der Senat der Freien und Hansestadt Hamburg diese Grundsatzentscheidung zu HERA begrüßt. Die vor der endgültigen Genehmigung noch zu erfüllenden Voraussetzungen betrafen die Verbindlichkeit des Kostenrahmens in Höhe von 654 Millionen DM (Preisstand 31. 12. 1980), die Vereinbarung zwischen dem Bund und Hamburg über die gemeinsame Finanzierung, die hinreichende Konkretisierung der in Aussicht gestellten Beteiligung ausländischer Forschungseinrichtungen an der Errichtung von HERA und die Festlegung von Organisation und Projektkontrolle.

*Genehmigungs-
verfahren*

Die Prüfung der Bauunterlagen HERA hat die Kostenschätzungen von DESY voll bestätigt und die seit dem Projektvorschlag vom Juli 1981 durchgeführten Vorbereitungsarbeiten bei den Komponenten der Speicherringe gaben ebenfalls keinen Anlaß, die Kostenabschätzungen zu revidieren. Von DESY wurde darauf hingewiesen, daß die Einhaltung des Kostenrahmens in erster Linie eine Frage von technischen Entscheidungen bei der Auslegung der Speicherringkomponenten ist. Mit Schreiben vom 17. 10. 1983 konnte Senator Prof. Sinn dem BMFT mitteilen, daß Hamburg zum Abschluß einer Finanzierungsvereinbarung für HERA bereit ist, bei der Hamburg einen besonderen Anteil an den Investitionskosten übernimmt.

Kosten

Eine ausländische Beteiligung beim Bau von HERA ist durch die Lieferung von Komponenten vorgesehen, die zum Teil von ausländischen Laboratorien in Zusammenarbeit mit DESY entwickelt und unter Mitwirkung der ausländischen Industrie gebaut werden. Am 27. 6. 1983 fand bei DESY ein erneutes Treffen mit Vertretern von Laboratorien und Forschungsorganisationen aus Frankreich, Großbritannien, Israel, Kanada und Norwegen sowie einem Vertreter der Europäischen Gemeinschaft statt. Bei dieser Gelegenheit wurde wieder das hohe wissenschaftliche Interesse an HERA bekräftigt, das durch eine erneute Stellungnahme des Europäischen Komitees für Zukünftige Beschleuniger (ECFA) vom 8. Juni 1983 unterstützt wurde.

*Auslands-
beteiligung*

Für HERA wurde eine Projektorganisation vorgesehen, bei der die derzeitigen Bereiche von DESY beibehalten werden. Mitarbeiter aus allen DESY-Bereichen sollen auf Zeit im Rahmen der HERA-Projektgruppen mit Teilaufgaben des Projekts betraut werden. Dazu wird die Mitarbeit von Wissenschaftlern und Technikern auswärtiger Institute erwartet. Die Gliederung des Gesamtprojektes in Teilaufgaben wurde in einem anlagenorientierten Projektstrukturplan vorgenommen.

Organisation

Am 3. 11. 1983 wurde eine Informationsveranstaltung für deutsche Firmen zum Projekt HERA durchgeführt. Auf Einladung der Handelskammer Hamburg und von DESY kamen über 400 Teilnehmer von etwa 200 Firmen zu diesem Industrietag.

*Industrie-
beteiligung*

Entsprechend der Aufforderung des BMFT, die für den Baubeginn von HERA erforderlichen Vorarbeiten zügig zu Ende zu führen, wurden die Planungen für die Tiefbauarbeiten an den vier Experimentierhallen und am Ringtunnel so weit fertiggestellt, daß Anfang Oktober 1983 die Unterlagen für eine öffentliche Ausschreibung dieser Rohbauarbeiten vorlagen.

Bauten

Am 22. 12. 1983 konnten die Bauarbeiten dann ausgeschrieben werden. Zur Haushaltsunterlage „Bau“ nahm das Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau am 14. 10. 1983 baufachlich abschließend Stellung. Die aufgeworfenen technischen Fragen müssen im Verlauf der weiteren Planung beantwortet werden. Die nach § 111 der Hamburgischen Bauordnung erforderliche Zustimmung zum Bau von HERA wurde mit Schreiben vom 18. 11. 1983 erteilt.

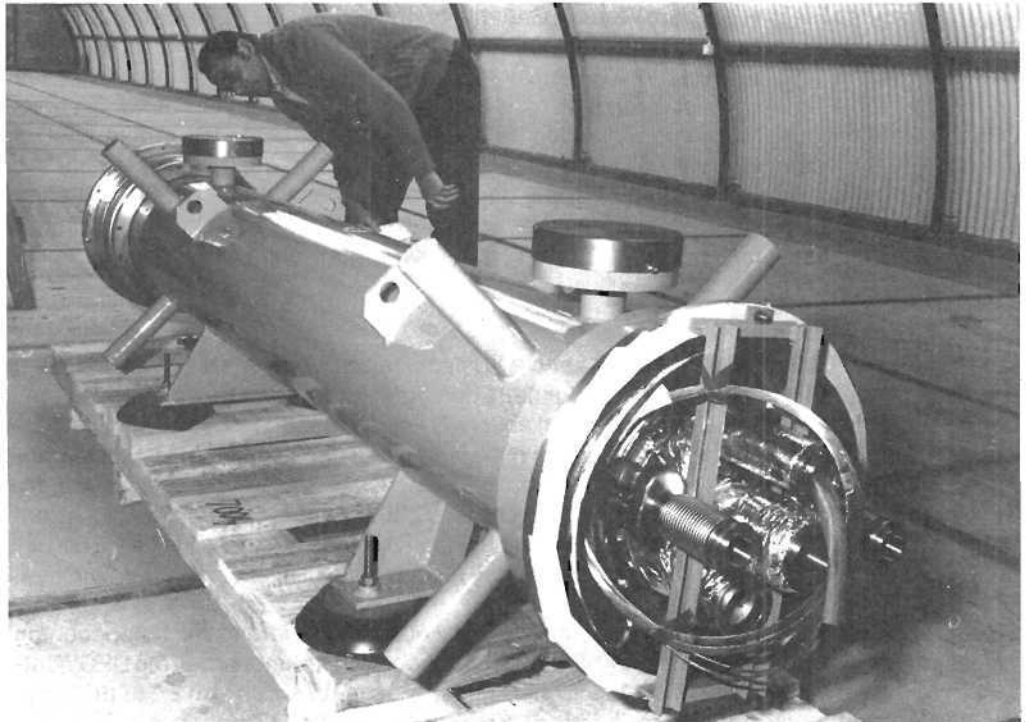


Abb. 20.2: Der erste bei CERN in Saclay/Frankreich hergestellte supraleitende Quadrupol-Prototyp für den Protonenring.

Das Bundesvermögensamt Hamburg trat im Auftrag von DESY in Verhandlungen mit den privaten Grundstückseigentümern, um von ihnen persönliche Dienstbarkeiten für die Untertunnelung ihrer Grundstücke zu erhalten.

Elektronen-Speicherring

Die Planungs- und Entwicklungsarbeiten für die Auslegung und die einzelnen Komponenten des HERA-Elektronen-Speicherrings wurden weitergeführt. Dabei hat sich ergeben, daß die Zellenlänge gegenüber dem Projektvorschlag auf 23.5 m verlängert werden soll. Es ist außerdem geplant, eine 10 m lange Einheit aus Ablenk- und Quadrupolmagneten zu erproben, um dadurch möglicherweise Kosteneinsparungen zu erzielen.

Protonen-Speicherring

Für die Auslegung der Beschleunigungskomponenten des Protonen-Speicherrings fand am 18./19.10.1983 eine intensive Diskussion über die Konstruktion des Protonen-Linearbeschleunigers mit Experten vom Rutherford-Laboratorium und vom CERN statt. Über das Protonen-Hochfrequenzsystem wurde am 14./15.11.1983 im Rahmen der geplanten Zusammenarbeit mit Experten aus Kanada, vom CERN und vom Rutherford-Laboratorium beraten.

Im Rahmen des Entwicklungsprogramms für supraleitende Magnete wurden 1983 insgesamt fünf 1 m lange supraleitende Spulen gebaut. Der erste komplette 6 m lange supraleitende Dipolmagnet mit Kryostat und Joch wurde Anfang 1983 fertig (Abb. 22.2).

Der erste von BBC gebaute Dipol mit kaltem Eisen wurde zum Ende des Jahres so weit fertig, daß eine Auslieferung an DESY zu Beginn von 1984 vorgesehen wurde.

Zwei Prototypen der Quadrupolmagnete wurden in Saclay fertiggestellt und Ende 1983 zu DESY transportiert (Abb. 20.2).

Eine 1 m lange Korrekturspule mit Quadrupol- und Sextupolfeldern ist bei NIKHEF in Amsterdam gebaut und bei DESY vermessen worden.

Im September konnte der Bau der 70 m langen Magnettesthalle abgeschlossen werden (Abb. 23.5). In dieser Halle werden zwei komplette supraleitende Magnetzellen, bestehend aus je sechs Dipol- und zwei Quadrupolmagneten, im Dauerbetrieb getestet.

Für das HERA-Kältesystem wurde intensiv über die zur Diskussion stehenden Konzepte beraten. Um die Entscheidung vorzubereiten, wurden technische Studien an drei Firmen in Deutschland, Frankreich und der Schweiz in Auftrag gegeben, die Erfahrungen mit der Herstellung von Flüssig-Helium-Anlagen haben. Zur weiteren Vorbereitung der Konzeptentscheidung wurden die mit der Auslegung des Kältesystems zusammenhängenden Fragen sehr ausführlich vom 23. bis 25. 8. 1983 mit Experten vom Fermi-Laboratorium (USA) und vom 13. bis 15. 9. 1983 mit Experten vom Brookhaven-Laboratorium (USA) diskutiert.

Kältesystem

Zur Diskussion der für die Untersuchung von Elektron-Proton-Wechselwirkungen bei HERA anwendbaren Experimentiertechniken wurde vom 9. bis 11. 6. 1983 von DESY, ECFA und NIKHEF ein Workshop in Amsterdam veranstaltet. Aufgrund der Vorbereitung dieser Tagung durch insgesamt sechs Arbeitsgruppen wurde eine ausreichende Basis für die spätere Vorbereitung von Experimentevorschlägen für HERA geschaffen. An der Tagung in Amsterdam nahmen über 200 Wissenschaftler aus Europa und dem übrigen Ausland teil.

*Experimente
an HERA*

Bereich Zentrale Datenverarbeitung, Entwicklung und Betrieb

Inhalt	Seite
Übersicht	229
Datenverarbeitung	230
Neue Technologien, Kältetechnik und Gase	238
Technische Dienste	248

Übersicht

Wie im vergangenen Jahr konzentrierten sich die Aktivitäten des Bereiches auch diesmal vorwiegend auf die Schwerpunkte

- Weiterentwicklung des Rechenzentrums
- Entwicklung supraleitender Magnete für den HERA-Protonenring
- Verbesserung der technischen Infrastruktur

Die langfristige Strategie zur Leistungserhöhung des Rechenzentrums wurde mit der Installation eines weiteren Großrechners fortgesetzt. Damit wurde die bisherige Dreierkonfiguration aus unterschiedlichen Maschinen durch eine Zweierkonfiguration aus zwei identischen Rechnern ersetzt. Eine derartige Konfiguration ist unter betrieblichen und Verfügbarkeits-Gesichtspunkten als optimal anzusehen. Wegen ihrer guten Ausbaumöglichkeiten kann sie auch als langfristig stabil angesehen werden.

Rechenzentrum

Die Entwicklungsarbeiten für die supraleitenden Magnete verzeichneten mit der Fertigstellung der ersten originallangen 6-m-Dipol-Prototypen neue Erfolge. Durch eine geänderte Wicklungsgeometrie konnten noch vorhandene Feldinhomogenitäten durch höhere Multipole nahezu beseitigt werden. In einer weiteren technischen Variante wurde die Verwendung von Aluminiumkollars erfolgreich untersucht. Der erste in Saclay gebaute supraleitende Quadrupol wurde nach ebenfalls erfolgreichen Tests an DESY ausgeliefert. Der alternative Prototyp-Dipolmagnet von BBC steht kurz vor der Fertigstellung.

*Supraleitende
Magnete*

Um die durch den Bau von HERA auf die technischen Dienste von DESY zukommenden vielfältigen Aufgaben besser bewältigen zu können, wird eine Modernisierung der technischen Ausstattung angestrebt. Nach der Einführung von NC-gesteuerten Maschinen in den Werkstätten wurden intensive Marktuntersuchungen angestellt, um ein für DESY geeignetes CAD-System für die mechanische Konstruktion sowie für die Erstellung von Stromlaufplänen zu finden. Neben der technischen Leistungsfähigkeit wird vor allem den Aspekten der Benutzerfreundlichkeit und der Ergonomie der Arbeitsstationen große Beachtung geschenkt, um die Einführung zu erleichtern.

*Technische
Infrastruktur*

Mathematische Ausdrücke wie $z = x + y$ oder $\int_{x_1}^{\infty} f(x) dx$ können innerhalb von Textzeilen auftreten. Formeln können auch in Formelzeilen herausgehoben werden:

$$U \begin{pmatrix} 0, \dots, n-1 \\ x_0, \dots, x_{n-1} \end{pmatrix} = \det \{u_i(x_j)\}_0^{n-1} \geq 0.$$

$$(100) \quad f(x) = \sum_{i=1}^n A_i \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\alpha(t-x_i)^2}}{1 + \beta(x - (t-x_i))^2} dt$$

$$\int_a^b \sum_{j=0}^n f(x_j) \prod_{\substack{k=0 \\ k \neq j}}^n \frac{x - x_k}{x_j - x_k} dx \quad (\text{A.1})$$

Abb. 21.1: Ein Beispiel für mit T_EX editierte mathematische Formeln.

Datenverarbeitung

Betrieb des Rechenzentrums

Die Arbeit der Gruppe war im Berichtsjahr geprägt von der Vorbereitung und Durchführung des Übergangs von 3 Rechnern ($1 \times \text{IBM/3081} + 2 \times \text{IBM/168}$) auf 2 Rechner ($2 \times \text{IBM/3081}$).

Überblick

Anfang Juni war der erste Schritt vollzogen. Zu diesem Zeitpunkt waren zwei Zentraleinheiten IBM/3081 D mit je einem 16-MB-Hauptspeicher und 16 Kanälen installiert. Das bedeutete eine Kapazitätssteigerung von etwa 30 % gegenüber dem alten Zustand. Die Aufgabenverteilung ist seitdem:

System (BB): JES3, TSO und Batch
System (CC): EXP und Batch

Danach waren Maßnahmen zur Anpassung der Peripherie an die neue Konfiguration erforderlich:

- Mit den leistungsfähigeren Maschinen konnte der Batch-Durchsatz wesentlich erhöht werden. Dabei entsteht jedoch mehr Konkurrenz auf den Datenpfaden. Da die Gesamtzahl der Kanäle nicht erhöht wurde, mußten schlechtere Antwortzeiten im Timesharing-Betrieb hingenommen werden. Um dem abzuweichen, wurde im Oktober die Zahl der Kanäle auf dem System BB durch Einbau einer dritten Kanalgruppe auf 24 erhöht.
- Die Erhöhung des Batch-Durchsatzes erfolgt vor allem durch die parallele Verarbeitung einer größeren Zahl von Jobs (Erhöhung der Zahl der Initiatoren), weniger durch schnelleres Verarbeiten der Jobs, da die Peripherie nicht schneller geworden ist. Mehr Jobs parallel benötigen mehr Daten online. Deshalb wurde die Zahl der Plattenlaufwerke durch Installation eines 3380-Plattenstranges erhöht.
- Das höhere Jobaufkommen führte zur Queue-Bildung vor dem Converter/Interpreter (CI). Einen wesentlichen Anteil an der Verweilzeit im CI stellt das Lokalisieren der benötigten Daten im Katalog dar (Locate). Um das Locate zu beschleunigen, wurde der Katalog in fünf Teile gesplittet. Die neuen Platten vom Typ IBM/3380 in Dünnfilm-Technik haben schnellere Übertragungsraten bei größerer Kapazität pro Laufwerk. Um die Möglichkeit des wirtschaftlichen Einsatzes dieser Platten bei DESY in größerem Umfang untersuchen zu können, wurde das Betriebssystem MVS/SP 1.3.2 installiert. Mit den Arbeiten dafür war die Systemprogrammierung im letzten Quartal des Berichtsjahres ausgelastet.
- Kleinere Maßnahmen zur Performance-Verbesserung waren die Aufteilung der Timesharing-Terminals auf zwei Kanäle und die Trennung des Massenspeicher-Anschlusses vom Druckerkanal.

Die optimale Auslegung der Peripherie zu erreichen, wird auch im kommenden Jahr eine der Hauptaufgaben bleiben.

Im Berichtsjahr wurden folgende Durchsatzzahlen erreicht (in Klammern die Steigerung gegenüber dem Vorjahr):

Gesamtdurchsatz

Batch 683 139 (4.7 %) Jobs mit 29 871 (40.1 %) CPU-Stunden
TSO 356 206 (15.9 %) Sessions mit 2 802 (32.1 %) CPU-Stunden
Die CPU-Ausnutzung betrug 61.6 % (im Vorjahr 60.0 %).

Die Hauptbenutzer des Rechenzentrums waren (Zahlen in Prozent):

Batch		TSO	
TASSO	16.43	ARGUS	18.03
JADE	11.65	MARK J	12.79
Theorie	11.47	TASSO	12.24
PLUTO	11.03	Z-Bereich	10.65
ARGUS	10.64	JADE	9.52
MARK J	8.25	PLUTO	7.70
II. Inst. Theor.	6.09	CELLO	4.93
CELLO	5.19	M-Bereich	4.87
M-Bereich	4.76	I. Inst. Exp.	4.31
Crystal Ball	4.16	Crystal Ball	3.39
Z-Bereich	2.29	Externe	2.49
II. Inst. Exp.	1.59	HASYLAB	1.79
Magnetgruppe	1.05	II. Inst. Theor.	1.67
EMC	0.78	II. Inst. Exp.	1.59
95.38 %		95.97 %	

Datenverbindungen

Seit Jahresmitte bestehen Verbindungen unter dem Netzwerk Job-Entry Protokoll (NJE) mit dem MPI für Physik und Astrophysik in München und über das MPI mit dem IPP Garching und mit dem Rutherford Appleton Laboratory (RAL) in Großbritannien und über das RAL mit CERN und Saclay.

Das NJE ist ein Computer-Computer-Link, das allen angeschlossenen Rechenzentren erlaubt, Jobs und Output auszutauschen und den Benutzern die Möglichkeit eröffnet, lokal editierte Jobs mit Hilfe von einfachen Steuerbefehlen bei einem beliebigen Mitglied des Netzes zur Ausführung zu bringen und bei einem beliebigen Mitglied zu drucken. Im Falle des RAL ersetzt das NJE-Link das bisher betriebene Back-to-Back-Link.

Fernverbindungen über Stand- beziehungsweise Wahlleitungen existieren seit längerem zu den Universitäten Aachen und Siegen sowie zum KfK Karlsruhe. Weitere Verbindungen nach Darmstadt und Heidelberg stehen kurz vor der Inbetriebnahme.

DESY ist als Pilotpartner für das European Academic Research Network (EARN) ausgewählt worden. EARN ist ein Netzwerk, das in Deutschland ca. 20 Pilotpartner über Standleitungen miteinander verbindet. Über die Pilotpartner können jeweils weitere Teilnehmer an das Netz angeschlossen werden. Vom deutschen Knoten in Darmstadt sind Verbindungen ins europäische Ausland vorgesehen, schließlich auch eine Verbindung in das amerikanische Bitnet, an das ca. 100 amerikanische Universitäten und Forschungseinrichtungen angeschlossen sind.

Betrieb

Um der steigenden Komplexität des Rechenzentrums gerecht zu werden, ist der Konsolbereich völlig neu gestaltet und instrumentiert worden. Für jedes System stehen jetzt fünf Konsolen zur Verfügung:

- Die Systemkonsole zum Laden des Systems und anderes, auf der während des Betriebes ein Hardwaremonitor Prozessor- und Kanalbelastung anzeigt
- 2 MVS-Konsolen für die beiden Prozessoren

- Ein Bildschirmgerät, auf dem mit Hilfe des Softwaremonitors CMFMON ständig die Aufteilung der CPU-Zeit auf die aktiven Jobs angezeigt wird
- Die JES3-Konsole, von der im Normalfall der gesamte Komplex kontrolliert wird

Außerdem sind umschaltbar auf das jeweils als JES3-Global gefahrene System verfügbar:

- Ein Bildschirm und ein Drucker für Massenspeichermeldungen
- Ein Bildschirm für NJE-Meldungen

Darüber hinaus stehen Bandkonsolen, Abfragekonsolen und so weiter zur Verfügung. Durch diese Ausstattung ist die Anlage überschaubarer geworden, das Auftreten von Störungen wird schneller bemerkt, und die Diagnose wird wesentlich erleichtert.

Zur Diskussion der durch die Vernetzung von Rechenzentren auftretenden Operating-Probleme (Sprachschwierigkeiten, unterschiedliches Schedule, schwierige Diagnose sporadischer Leistungsfehler) hat eine erste Zusammenkunft der Rechenzentrumsleiter von CERN, DESY und RAL im September am CERN stattgefunden.

Durch die Einführung des Programmpakets „Reliability-Plus“ (R+) wird eine quantitative Qualitätskontrolle der installierten Hardware durch Vergleich der Fehlerhäufigkeit bei mehreren 100 Installationen ermöglicht. R+-Berichte sind daher hervorragend als Diskussionsgrundlage für Gespräche mit dem technischen Außendienst geeignet.

Zur Ausbildung der Mitarbeiter (Systemprogrammierer und Operateure) soll neben dem Besuch externer Kurse und dem Unterricht im eigenen Haus unter Zuhilfenahme von Videokursen jetzt auch das Computer Based Training (CBT) eingesetzt werden. Zu diesem Zweck sind die Lizenzprogramme **Interactive Instruction Authoring System (IIAS)** und **Interactive Instruction Presentation System (IIPS)** angemietet worden. Sie erläutern das Entwerfen eigener Kurse (IIAS) und die Präsentation selbstgeschriebener oder angemieteter Kurse (IIPS). Diese Dienste sind unter TSO verfügbar.

Ausbildung

Das Projekt „Datenverarbeitung in der Verwaltung“ verfolgt vor allem drei Ziele:

- Bessere Informationsmöglichkeiten für alle Beteiligten durch aktuell abrufbare Berichte, besonders über den Stand der Budgets und finanzieller Bewegungen sowie von Bedarfsanmeldungen und Bestellungen
- Auffangen der durch HERA verursachten Mehrarbeit in den Verwaltungsabteilungen „Finanzen“ und „Einkauf“
- Daher Ablösung des bisherigen Systems (Online-Datenerfassung auf einer Inforex mit nachfolgender Batchverarbeitung auf den Großrechnern) durch ein „real time“ buchendes System auf den Großrechnern

*Datenverarbeitung
in der Verwaltung*

Ausgehend von einer Kommunikationsstudie im Jahre 1982 wurden durch ein Team von Mitarbeitern aus den Rechenzentrums- und Verwaltungsgruppen die Lösungsmöglichkeiten auf breiter Front untersucht.

Das betrachtete System soll außer Personaldaten alle datenverarbeitungsfähigen Daten der Verwaltung aufnehmen und verarbeiten können. Ein wichtiger Gesichtspunkt war dabei die Integration des Systems, damit Mehrfachbuchungen vermieden und bereits vorhandene Informationen mit den zusätzlichen Daten des betrachteten Geschäftsprozesses verknüpft werden können. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Aussagefähigkeit des Systems und die Verknüpfungsfähigkeit der Moduln für die Verwendung als Informationssystem. Schließlich sollte die Budgetüberwachung im System enthalten sein, auch im Hinblick auf die HERA-Projektverfolgung.

Unter den verschiedenen Alternativen schied die Eigenprogrammierung wegen des möglichst frühen Einsatzzeitpunktes aus. Daher wurde ein auf dem Markt befindliches integriertes Programmsystem ausgewählt, das den beschriebenen Randbedingungen genügt.

Noch vor Abschluß des Jahres konnte mit den ersten Mitarbeiterschulungen begonnen werden. Die Einführung des Systems ist für das Jahr 1984 vorgesehen.

Verschiedenes

Im Laufe des Jahres wurde ein weiterer Terminalpool im Laborgebäude 1 d eingerichtet. Außerdem wurde damit begonnen, den großen Experimenten Terminals zur freien Verfügung zu überlassen. Am Jahresende waren 154 alphanumerische Terminals auf dem DESY-Gelände installiert.

Große Anstrengungen wurden unternommen, die Benutzerinformation zu verbessern. In Zusammenarbeit mit der Gruppe „Rechnerperipherie“ wurde der Umfang und die Qualität der Online-Hilfen wie „Index“, „Help“ und Informations-„C-Listen“ wesentlich ausgebaut. Am Jahresende wurde eine völlig neu gestaltete Ausgabe des „Computer Center User's Guide“ herausgegeben.

Das Hardware-Interface für den Online-Support der Experimente (EXP) mußte umgestaltet werden, da die IBM/3081 das Direct Control Feature (DCF) nicht mehr besitzt. In Zusammenarbeit mit der DESY-Gruppe „Digitale Datenverarbeitung“ wurde ein neues Protokoll erdacht, implementiert und ausgetestet, das über zwei Ferndatensteuereinheiten 2701 am Blockmultiplexkanal der 3081 läuft und nur noch Standard-I/O-Routinen benutzt. Darüber hinaus ist diese Verbindung breitbandiger als der Vorgänger.

Rechnerperipherie

Die Schwerpunkte der Arbeit im Berichtsjahr waren der Betrieb und die Weiterentwicklung des graphischen Systems IPS und des Rechnernetzes DESYNET sowie graphischer und allgemeiner Anwendungssoftware.

Benutzungsstatistik von IPS

Im Berichtsjahr 1983 wurden graphische Anwendungsprogramme in 88 587 (57 970)¹⁾ IPS-Sitzungen von 784 (687) verschiedenen Benutzern („user-id"s) aus 46 (45) verschiedenen Benutzergruppierungen („accounts“) ausgeführt. Dabei wurden 701 (519) CPU-Stunden Rechenzeit (IBM 370/168 Einheiten) verbraucht. Sie verteilte sich wie folgt auf die großen Experimente:

31 (8) %	für ARGUS
16 (26) %	für MARK J
14 (21) %	für JADE
10 (16) %	für TASSO
8 (9) %	für PLUTO
7 (3) %	für CELLO

Der Rest von 14 (17) % wurde von 40 (39) weiteren „accounts“ verbraucht.

¹⁾ Die Zahlen in Klammern zeigen jeweils die Werte des Vorjahres.

²⁾ Die charakteristischen Vorteile solcher Schirme sind im Jahresbericht 1982 ausführlich beschrieben worden.

Es wurden über 182 000 (165 000) Bilder mit einer Gesamtlänge von ca. 78 (70) km auf den beiden elektrostatischen Plottern ausgegeben. Davon waren ca. 35 (34) % Darstellungen physikalischer Meßergebnisse (erzeugt mit dem graphischen Editor GEP) und ca. 36 (35) % Textseiten wissenschaftlicher Veröffentlichungen (erzeugt mit den Textsystemen SCRIPT/CALLIGRA und T_EX/TEXOUT); die restlichen 29 (31) % waren überwiegend Darstellungen physikalischer „events“ (erzeugt mit experimentespezifischen Programmen).

- Die Entwicklung separater Hardware zur Abhandlung der Netzprotokolle wurde abgeschlossen. Die Produktion der Moduln und deren Einbau in DESYNET ist angelaufen. Das bedeutet eine Entlastung der Knotenrechner und eine Steigerung der Datenübertragungsgeschwindigkeit.
- Ebenfalls zur erheblichen Steigerung des Datendurchsatzes im DESYNET wurde eine DMA-Kanalhardware (DMA = direct memory access) entwickelt. Ein Prototyp läuft bereits im Laborbetrieb.
- Ein neuer Typ von IPS-Arbeitsstationen wurde zur Serienreife entwickelt. Es wird ein hochauflösender einfarbiger Rasterbildschirm (Fernsehtechnik)²⁾ mit 1024 Bildpunkten pro Zeile verwendet. Neben dem alphanumerischen Tastenfeld wird zur graphischen Eingabe eine Rollkugel mit Auslösetasten und einem Potentiometerfeld standardmäßig angeboten; der Anschluß eines graphischen Tablett zur Menüeingabe und Digitisierung ist vorgesehen und getestet. Die Hardware für 5 Stationen ist bereits produziert worden; mit dem Aufbau wurde begonnen.
- Ein weiterer öffentlicher Terminal-Pool für das Laborgebäude I — bestehend aus einem Terminalrechner mit zwei graphischen 619-Terminals — wurde im Berichtsjahr den Benutzern übergeben.

Betriebliche Fortschritte für DESYNET und IPS

Softwareunterstützung für 32-Bit-Mikroprozessoren:

Für die 32-Bit-Mikroprozessorfamilie NS16000 der Firma National Semiconductor Corporation wurde die Implementierung der cross software NSX16 auf dem IBM-System für die Version 1.6 abgeschlossen. Die verbesserte Version 2.0 wird noch bearbeitet. Es werden mittel- und langfristig große Vorteile vom Einsatz dieser Rechner in DESYNET und IPS erwartet.

Neue Entwicklungen für DESYNET und IPS

Verbindung von DESYNET zu den Datendiensten der Bundespost:

Es wurden Untersuchungen begonnen, die zum Ziel haben, eine Verbindung (gateway) zwischen DESYNET und DATEX-P — dem öffentlichen Datenvermittlungsnetz der Bundespost — zu realisieren. Diese würde es ermöglichen, sowohl Terminals von beliebigen Orten aus mit dem DESY-Rechenzentrum zu verbinden, als auch von ans DESYNET angeschlossenen Terminals mit externen Rechenzentren zu kommunizieren.

Anschluß von Personal Computern an DESYNET:

Es wurde damit begonnen, eine allgemeine Schnittstelle (nach der V24-Norm) im DESYNET zu implementieren, die insbesondere den Anschluß von Personal Computern erlauben soll. Die Schwierigkeit liegt vor allem in der Festlegung eines Übertragungsprotokolls und dessen Realisierung.

Farbbildschirme für IPS:

Im Zuge der Einführung von farbigen Rasterbildschirmen für IPS wurde auch das zusätzliche Element Farbe berücksichtigt. Der Prototyp eines mehrfarbigen IPS-Terminals wurde aufgebaut und befindet sich im Test. Die Hauptarbeit wird in der Software-Unterstützung für diese neue Dimension der Graphik liegen.

Graphische Software

Auf dem Gebiet der anwendungsorientierten graphischen Software auf der Großrechnerseite gab es folgende Schwerpunkte:

- Im Berichtszeitraum nahm die Benutzung von GEP weiter zu: Die Anzahl der Batchjobs wuchs um 23 % auf 171 500 und die der interaktiven Sitzungen um 54 % auf 29 300.
- In Zusammenarbeit mit der Crystal Ball-Kollaboration wurde für die Standardsubroutinen des SLAC-HPAK-Plotprogramms ein GEP/HPAK-Interface geschrieben, so daß auf einfache Weise Auswerteprogramme der Crystal Ball-Kollaboration an das GEP-System angeschlossen sind.
- Die wichtigsten Arbeiten wurden am interaktiven GEP-Modul geleistet. Für den Zwei-Terminal-Modus von IPS wurde eine Full-screen-Version des interaktiven GEP bis zur Testreife entwickelt. Durch den Full-screen-Modus für den Dialog wird die Benutzerfreundlichkeit wesentlich erhöht:
 - Einzelne Parameter eines Kommandos können gezielt geändert werden und werden im Full-screen-Panel kommentiert wiedergegeben.
 - Für die Eingabe von Funktionen für Anpassungsrechnungen und von Zahlenkolonnen wurde ein Full-screen-Editor mit von NEWLIB bekannten Zeilenkommandos zur Verfügung gestellt.
 - Die HELP-Möglichkeiten wurden wesentlich verbessert. Über eine Funktionstaste kann zu jedem Kommando das zugehörige HELP aufgerufen werden. Über eine weitere Funktionstaste wird zum ursprünglichen Kommando zurückgesprungen. Einige HELP-Kommandos sind durch Bilder auf dem graphischen Terminal ergänzt. Beim Rücksprung wird das ursprüngliche Bild wieder gezeigt.

Textverarbeitung

Im Laufe des Berichtsjahres wurde das neue Textformatierprogramm $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ implementiert. $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ist ein von D. E. Knuth in Stanford entwickeltes Programmsystem zum automatischen Satz von Texten, insbesondere auch von Texten mit mathematischen Formeln. Dieses System und eine zusätzliche Komponente $\text{A}_{\text{M}}\text{S}-\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, die von der American Mathematical Society erstellt wurde, steht jetzt den Benutzern bei DESY allgemein zur Verfügung.

Die Ausgabe des von $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ für den Satz bearbeiteten Textes kann auf den Geräten des graphischen Systems IPS erfolgen, das heißt sowohl auf den graphischen Bildschirmgeräten als auch auf den elektrostatischen Plottern. Der Modul für die graphische Ausgabe basiert auf einem an der Universität Pisa erstellten Programm.

Bei DESY laufen zur Zeit die Versionen 0.9999 von $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ und $\text{A}_{\text{M}}\text{S}-\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, die durch ein für DESY angepaßtes preprint-Format (DESYPT) ergänzt werden. Die Benutzung der neuen Möglichkeiten wird durch eine Full-screen-NEWLIB-CLIST unterstützt.

Die besondere Stärke von $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ liegt im exzellenten Satz mathematischer Formeln, wie Abb. 21.1 zeigt.

Allgemeine Software für TSO-Benutzer

Die Implementierung des Programmentwicklungssystems NEWLIB beim National Laboratory for High Energy Physics (KEK) in Japan stellte im Berichtsjahr einen besonderen Erfolg dar. NEWLIB soll dort als Haupteditor eingesetzt werden.

Die überall auf dem DESY-Gelände verteilten Fernsehschirme mit Informationen über die Maschinenbenutzung zeigen jetzt auch die Anzahl der gerade aktiven TSO-Sitzungen an. Diese wird von einem neuen Programmteil in NEWLIB festgestellt und übertragen.

Folgende wichtige Arbeiten wurden erledigt:

- Durch Erweiterung des LDS-Kommandos wurde ein komfortables Werkzeug zur „Rettung“ irrtümlich vernichteter Teile von Bibliotheken geschaffen.
- Zur Unterstützung der (nicht Full-screen-fähigen) TWX-Terminals bei RAL, die über Telefonleitungen Zugang zum DESY-Rechenzentrum haben, wurde in NEWLIB ein automatischer FULL OFF-Befehl eingebaut.
- Ein nicht unerheblicher Aufwand wurde bei der Verbesserung der Syntax vieler Kommandos getrieben.
- Die Anzahl der programmierbaren Funktionstasten wurde von 12 auf 24 erhöht.
- Die wechselseitige Information von Benutzern, die gleichzeitig an derselben NEWLIB-Datei arbeiten, wurde wesentlich verbessert.
- Der SLAC-Linkage-Editor wurde implementiert; er bietet Informationen über nicht initialisierte Variable sowie die Herkunft von Load-Moduln.

Gegen Ende des Berichtsjahres stieg die Benutzung von NEWLIB auf ca. 1000 Sitzungen pro Tag mit ca. 300 Transaktionen pro Sitzung.

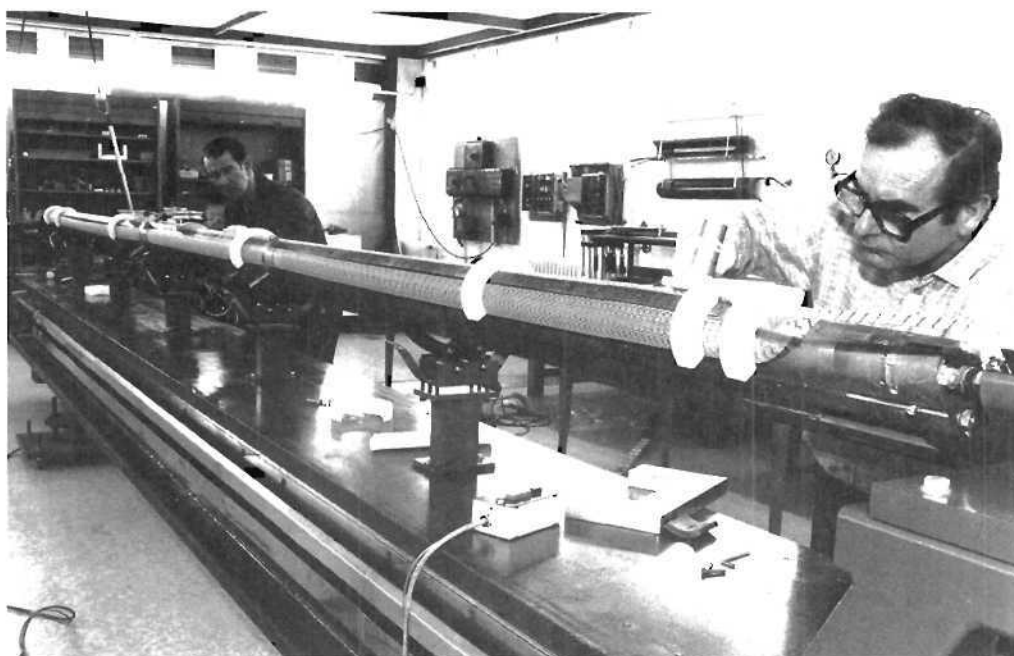


Abb. 22.1: Herstellung einer originallangen HERA-Dipol-Prototypspule.

Neue Technologien, Kältetechnik und Gase

Neue Technologien

Im Berichtsjahr hat sich der Schwerpunkt der Aktivität der Gruppe „Neue Technologien“ noch weiter in Richtung Entwicklung und Test supraleitender Magnete für HERA verlagert. Diese Arbeiten beanspruchen zur Zeit den überwiegenden Teil der Kapazität der Gruppe. Darüber hinaus wurde weiterhin technische Hilfe für den Betrieb der Kälteanlage der supraleitenden Spule des Detektors CELLO sowie zur Kälteversorgung von Testeinrichtungen an supraleitenden Hochfrequenz-Cavities geleistet.

Überblick

In Fortsetzung der in den Vorjahren begonnenen Arbeit wurden insgesamt 5 kurze (1 m lange) supraleitende Spulen gebaut, mit deren Hilfe verschiedene Isolationsarten, Spulengeometrien, Spulenklammerwerkstoffe und Kabel verschiedener Hersteller getestet wurden.

Entwicklung und Test supraleitender Magnete

Im einzelnen:

Spule	Isolation	Geometrie	Klammer	Leiter
1 S 1	Kapton	alt	Stahl	Furukawa/Japan
1 S 2	Kapton/Glasband	alt	Stahl	Furukawa
(1 S 2-Al	Kapton/Glasband	alt	Aluminium	Furukawa)
1 S 3	Kapton/Glasband	neu	Stahl	LMI
1 S 4	Kapton/Glasband	neu	Stahl	IGC
1 S 5	Kapton/Glasband	neu	Stahl	VAC

Spule 1 S 2-Al ist aus Spule 1 S 2 durch Ersetzen der Stahlklammer durch eine Aluminiumklammer entstanden. Soweit bisher erkennbar, bringt die Verwendung von Aluminium als Klammernmaterial keinerlei Nachteile. Vorteile sind der Preis und die stärkere Kontraktion bei Abkühlung. Quenchtests und Feldmessungen bei Helium-Temperatur wurden mit den Spulen 1 S 1, 1 S 2 und 1 S 2-Al durchgeführt. Die spezifizierten Werte wurden erreicht. Die Frage Kapton- oder Kapton/Glasbandisolierung wurde zugunsten von Kapton/Glasband entschieden.

Eine neue Spulengeometrie, die einen ursprünglich vorhandenen 14- und 18-Pol mit Hilfe von in die Spule eingebauten Keilen eliminiert und das Feld noch besser homogenisiert, wurde im warmen Zustand erfolgreich getestet.

Nach Fertigstellung aller für die Serienproduktion geeigneter Vorrichtungen wurden insgesamt 4 originallange (6 m) supraleitende Spulen hergestellt (Abb. 22.1). Sie unterscheiden sich in der Spulengeometrie, im Material für die Spulenklammer und im Leitermaterial wie folgt:

Spule	Isolation	Geometrie	Klammer	Leiter
6 S 1	Kapton/Glasband	alt	Stahl	Furukawa
6 S 2	Kapton/Glasband	alt	Stahl	Furukawa
6 S 3	Kapton/Glasband	neu	Stahl	IGC
6 S 4	Kapton/Glasband	neu	Aluminium	IGC



Abb. 22.2: Der erste supraleitende Dipol-Prototyp für den HERA-Protonenring war am 3. November 1983 fertiggestellt.

Die neue Spulengeometrie enthält die zur Verbesserung des 14- und des 18-Pols notwendigen Keile in der inneren und äußeren Spulenlage. Alle Spulen wurden bei Zimmertemperatur gemessen und zeigten die erwartete Feldqualität.

Tests bei Helium-Temperatur wurden bisher nur mit der Spule 6 S 2 gemacht. Bei den Quenchtests wurden die Kurzprobenwerte für den Leiter erreicht. Die Feldqualität ist gut und entspricht den Erwartungen für die alte Spulenkonfiguration (Tab. 22.1).

Um die Spulen mit ihrem Originalkryostaten, aufgebaut aus Halbschalen, umgeben zu können, wurde eine Schweißvorrichtung gebaut und in Betrieb genommen. Sie benutzt die ebenfalls fertiggestellte Jochstapelvorrichtung, auf der 4 Halbjochs für die ersten beiden Magnete hergestellt wurden. Darüber hinaus wurden einige Traversen und die für den weiteren Magnetzusammenbau notwendige Drehvorrichtung beschafft.

Der erste komplette Magnet mit Spule 6 S 1 mit Kryostat und Joch wurde am 3. November 1983 fertig (Abb. 22.2). Bei Jahresende war auch der Zusammenbau des zweiten Magneten mit Spule 6 S 3 erfolgt.

Im Jahre 1983 wurden Feldmessungen bei Zimmertemperatur an allen fertiggestellten Spulen (5 kurzen und 4 langen) und Feldmessungen bei Helium-Temperatur sowie Quenchtests an den Spulen 1 S 1, 1 S 2 (beziehungsweise 1 S 2-AI) und 6 S 2 durchgeführt. Darüber hinaus wurden auch erste warme Messungen bei BBC in Mannheim am dort zu bauenden Prototyp mit kaltem Jocheisen gemacht (Abb. 22.3 und Tab. 22.1).

Magnetfeld-
messungen

Tab. 22.1: Gemessene Magnetfeldkoeffizienten für verschiedene Dipolmodelle und Prototypen.

Spulen Nr.	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	
	$\times 10^4$								$\times 10^4$								
1 S 1	-1.3	2.3	0.6	-1.8	-0.2	15.0	0.0	-12.9	4.0	0.2	-0.1	-0.4	-0.8	0.2	1.5	0.1	w
	-0.5	-1.1	0.3	-0.7	-0.4	14.1	0.0	-12.6	4.3	0.2	0.0	0.0	0.7	-0.6	0.0	0.5	c 6000 A
1 S 2	-0.9	12.9	-1.0	-2.2	0.7	16.3	-0.1	-13.1	-0.8	-0.1	-1.1	0.6	-1.1	0.3	1.3	-0.4	w
	-2.3	7.9	-0.7	-1.2	0.2	14.5	0.0	-11.8	0.7	-0.2	-0.6	0.3	-0.4	-0.4	0.0	0.3	c 6000 A
1 S 2-AL	-3.0	4.9	-0.9	-2.3	0.9	16.2	-0.7	-13.5	-2.2	0.6	-0.9	0.4	-1.2	0.4	1.3	-0.2	w
	-2.7	3.0	-0.9	-1.8	-0.6	14.4	0.0	-12.3	-1.7	0.5	-0.8	0.4	0.1	-0.2	0.0	0.3	c 6000 A
1 S 3	0.2	-0.2	0.7	0.7	-0.6	0.1	0.0	-0.2	0.1	-0.9	0.2	0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	w
1 S 4	-0.3	-7.6	0.3	-0.3	0.0	-0.7	-0.5	-0.1	0.5	0.7	-2.4	0.0	-0.5	-0.3	0.0	-0.1	w
1 S 5	-0.1	-2.1	0.0	0.7	0.1	-0.1	0.0	-0.3	-0.1	0.4	0.3	0.1	0.4	0.1	0.1	0.0	w
6 S 1	0.8	1.7	1.4	-0.7	-0.2	14.5	0.9	-12.3	2.5	0.0	0.8	-0.9	-1.5	0.0	1.2	-0.1	w
6 S 2	-1.0	-0.1	-0.4	-1.7	-0.3	14.4	1.6	-11.3	0.9	1.1	-1.5	0.3	2.2	0.0	-2.4	0.8	W _{nach der 1. Std. Kühlung} c 6500 A
	0.2	-2.7	0.2	-1.9	0.4	14.2	0.0	-12.0	-0.7	1.4	1.1	0.0	0.5	0.6	0.0	-0.7	
6 S 3	-3.2	2.1	-0.1	0.3	0.3	-0.2	0.0	-0.3	-0.2	-0.6	2.0	-0.6	0.4	-0.2	0.2	0.0	w
6 S 4	1.7	1.3	1.7	0.4	-0.3	0.3	0.1	-1.3	-3.2	-0.4	-3.6	0.0	0.2	0.1	-0.6	-0.2	w

Definition der Harmonischen b_n (normal) und a_n (gedreht)

$$B_\varphi(r, \varphi) = B_0 \times \sum_n \left(\frac{r}{r_0} \right)^{n-1} \times (b_n \cos n\varphi - a_n \sin n\varphi)$$

mit $r_0 = 2.5 \text{ cm}$

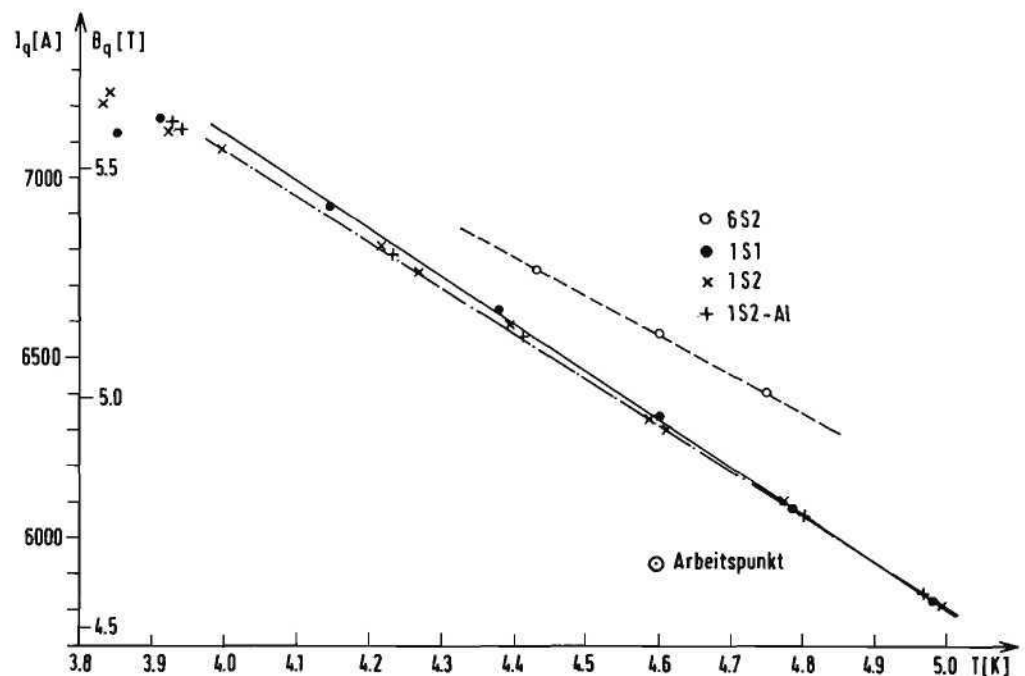


Abb. 22.3: Abhängigkeit des Quenchstromes der Dipolmodelle von der Temperatur.

Damit kalte und warme Messungen unabhängig voneinander bei DESY durchgeführt werden können, wurde der Rechner (LSI 11/23) und die zugehörige Elektronik gedoppelt. Zwei neue Meßspulensysteme mußten gekauft werden, um auch Messungen bei den durch die neuen Korrekturspulen verkleinerten Strahlrohrdimensionen zu ermöglichen.

Kälteversorgung

Zur systematischen Erprobung der Magnete und zur Durchführung kältetechnischer Experimente verschiedenster Art wurde um eine im Vorjahr gelieferte Helium-Kälteanlage mit einer Nominalleistung von 400 W ein leistungsfähiges Verteiler- und Testnetz geplant, aufgebaut und in seinem ersten Abschnitt in Betrieb genommen. Es erfüllt folgende Aufgaben:

- Gleichzeitige Versorgung von bis zu 3 Badkryostaten in einem Zweiphasenkreis. Dieser Zweig bezieht einen 2000-l-Flüssighelium-Vorratstank mit ein, in dem für Experimente innerhalb des Systems auf Vorrat verflüssigt werden kann. Aus diesem Tank ist auch das Abfüllen von flüssigem Helium in Transportgefäße zwecks Abgabe an andere Gruppen möglich.
- Kühlung von Prototypedipolen und -quadrupolen unter Originalbedingungen mit einphasigem, unterkühltem Helium.
- Versorgung eines Systemteststandes in einer separaten Testhalle mit Kälteleistung, ausreichend für einen gleichzeitigen Test von bis zu 4 Halbzellen der Original-HERA-Struktur (eine Halbzelle umfaßt 3 Dipole, 1 Quadrupol, Korrektorelemente, Quenchstopper und Sicherheitsvorrichtungen).



Abb. 22.4: Verlegen einer flexiblen 4fach-Transferleitung für flüssiges und gasförmiges Helium.

Der mechanische Aufbau dieses Verteilersystems, welches auch wirksame Einrichtungen zum Auffangen und Wiederreinigen des bei einem Quench plötzlich verdampfenden Heliums umfaßt, ist soweit abgeschlossen, daß die Magnettests der 1-m-Magnetmodelle und 6-m-Prototypspulen im Badkryostaten bis Ende des Jahres aufgenommen werden konnten. (Bis dahin wurden die Kryostate durch von Hand zu steckende Transferleitungen individuell versorgt.)

Zur Versorgung der Systemtesthalle wurde erstmalig eine industriell gefertigte, aus flexiblen Metallschläuchen aufgebaute 4fach-Transferleitung von ca. 50 m Länge verlegt (Abb. 22.4). Sie wird Anfang 1984 in Betrieb genommen.

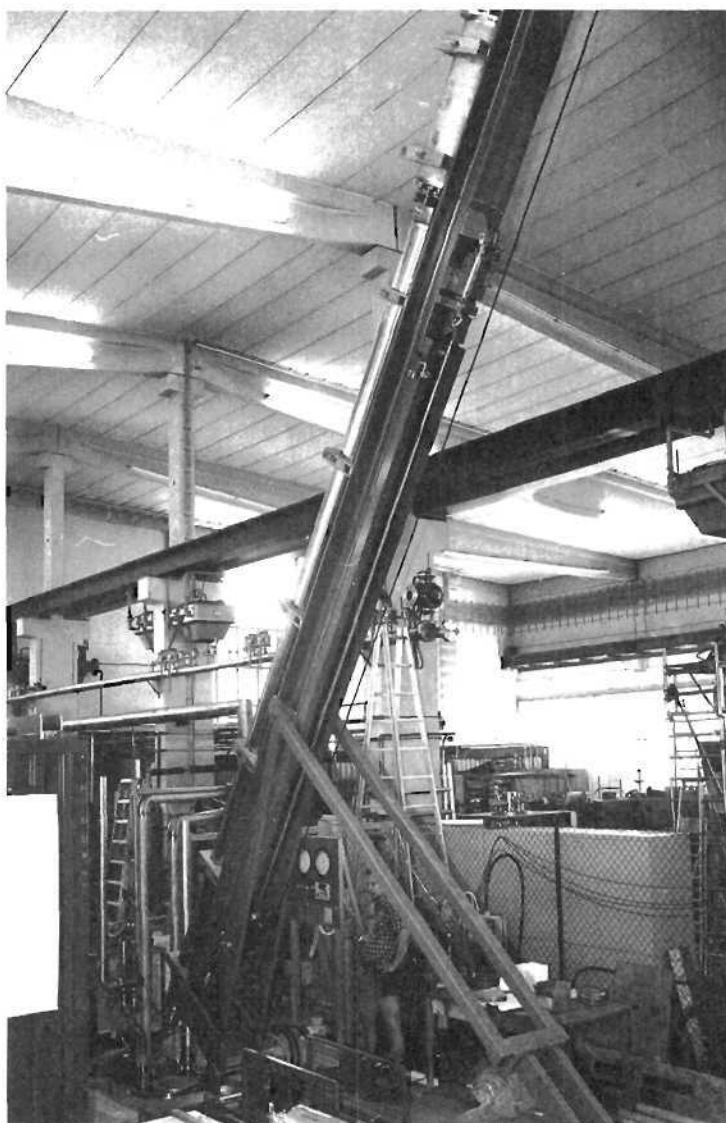


Abb. 22.5: Einbau eines 6 m langen Dipols in den im Boden versenkten Testkryostaten.

Als Vorstufe für eine rechnergesteuerte Überwachung des Kältesystems wurde die Messung der Betriebsdaten über elektrische Meßwandler und Computer aufgebaut und in Betrieb genommen. Sie konnte bereits mehrfach mit Erfolg zur Analyse von Störfällen an der Kälteanlage herangezogen werden. Als nächste Ausbaustufe dieses Systems sind Überwachungs- und Regelvorgänge wie „Kaltfahren“, „Warmfahren“, „Quenchrecovery“ mittels Kleinrechner in Arbeit. Die bei diesem System gewonnenen Erfahrungen können direkt auf das für HERA aufzubauende Kältesystem übertragen werden.

Zum weiteren Umfang des Kältesystems gehörten Entwurf, Konstruktion, Bau sowie Anschluß und Inbetriebnahme eines 8 m hohen, zur Aufnahme von 6 m Prototypspulen geeigne-

ten Badkryostaten, der in Zusammenarbeit mit den DESY-Gruppen „Konstruktion“ und „Mechanische Fertigung“ realisiert wurde. Zu seiner Installation gehörte ein ca. 7 m tiefes Loch im Boden von Halle III sowie eine hydraulisch betätigte Montagevorrichtung zum senkrechten Einbau von Spulen in den Kryostaten (Abb. 22.5).

— Bau einer Vorrichtung zur Messung von Reibungskoeffizienten verschiedener Materialien im Vakuum und bis Temperaturen von 77 K sowie Durchführung von Messungen im Zusammenhang mit der Entwicklung von mechanischen Abstützungen für die Dipole.

*Sonstige
Laborversuche*

— Durchführung von Kurzprobenmessungen an Kabeln der Dipole zwecks Kontrolle der Lieferqualitäten. Diese Messungen wurden provisorisch mit vorhandenen Labormitteln durchgeführt. Eine Spezifikation für eine für Serienuntersuchungen geeignete Anordnung Kryostat – Magnet – Probenhalterung wurde in Zusammenarbeit mit einem Diplomanden ausgearbeitet und an die Industrie zwecks Einholung von Angeboten verschickt.

— Neuentwicklung, Bau und Test der verschiedensten Komponenten wie: Helium-Niveau-Meßsonden, Quench-Schutzvorrichtungen für Magnetestkryostate, Stromzuführungs-Kühlgas-Regelsystem, Stromzuführungsüberwachung, Lötvorrichtungen für supraleitende Kabelverbindungen.

Im Rahmen eines Entwicklungsvertrages mit CEN Saclay wurden dort 2 Quadrupolprototypen entwickelt und gebaut. Der erste Quadrupol wurde im November 1983 einschließlich Kryostat geliefert (Abb. 20.2), der zweite soll im Januar 1984 eintreffen. Beide wurden erfolgreich im Badkryostaten bis zu einem Gradienten von 90 T/m getestet.

*Quadrupol-Vertrag
mit CEN/Saclay*

Neben den Arbeiten an den HERA-Magneten wurde in Zusammenarbeit mit externen Experten eine vergleichende Studie über zwei verschiedene Varianten eines möglichen Kühlsystems für den supraleitenden HERA-Protonenring bei den kompetenten europäischen Kältefirmen in Auftrag gegeben. Das Ergebnis wurde in zwei Workshop-Wochen mit Experten von FNAL und Brookhaven diskutiert. Die Diskussionen lieferten wertvolle Informationen für die Ausgestaltung des Kältesystems.

*Planungsarbeiten
für HERA*

Kältetechnik und Gase

Die Gruppe „Kältetechnik und Gase“ ist verantwortlich für den Bau großer Gasverteilungs- und Mischanlagen für Hochenergieexperimente, die Überwachung dieser Anlagen sowie die gesamte Gasverteilung auf dem DESY-Gelände einschließlich der Gaslagerverwaltung. Da inzwischen der Bau von Gasanlagen für die Experimente weitgehend abgeschlossen ist, soll die Gruppe sich wieder stärker in das Gebiet der Kälteerzeugung einarbeiten, um die vielfältigen Aufgaben, die mit dem Bau und Betrieb von HERA verbunden sein werden, erfüllen zu können.

Im Berichtsjahr hat die Gruppe „Kältetechnik und Gase“ folgende Arbeiten ausgeführt:

— Die ehemalige Helium-Kälteanlage des PLUTO-Experimentes wurde in der Halle Nord-Ost abgebaut und in der Halle Ost wieder installiert und in Betrieb genommen. Sie versorgte dort ein von CERN gebautes supraleitendes Cavity (Abb. 17.2), das für einen Langzeittest unter Betriebsbedingungen in PETRA von Genf nach Hamburg gebracht wurde. Die Anlage dient weiterhin dazu, den Flüssig-Helium-Bedarf der Hochfrequenz-Gruppe, die sich ebenfalls mit der Entwicklung supraleitender Cavities befaßt, zu decken.

*Installationen
an den Detektoren*

— Für den ARGUS-Detektor wurde eine Gasversorgungs- und Mischanlage gebaut unter Verwendung einer Spezialpumpe für Methylal, wie sie für die Flüssig-Chromatographie entwickelt wurde. Die Anlage befindet sich zur Zeit in Halle I zusammen mit dem Vertexdetektor in der Erprobung. Außerdem wurde für den ARGUS-Detektor der Stickstoffkreislauf, der die Entstehung entzündlicher Gasgemische bei Lecks mit brennbaren Gasen verhindern soll, umgebaut und in seiner Leistung verdoppelt.

Abkühlanlage für supraleitende Cavities

— Für die DESY-internen Arbeiten zur Entwicklung supraleitender Cavities wurde von der Gruppe eine Abkühlanlage für die 9-zelligen Cavities (je 2 in einem Kryostaten) konzipiert und mit dem Bau begonnen. Die Anlage ermöglicht es, derartige Systeme mit inneren Temperaturgradienten ≤ 20 K bis auf Stickstoff-Temperatur abzukühlen.

Helium-System

— Der Helium-Niederdruckballon des Helium-Sammelleitungssystems auf dem DESY-Gelände wurde erneuert sowie die vorhandenen Reiniger der Helium-Reinigungsanlage umgebaut; ebenso wurde die gesamte Hochdruck- und Niederdruckverrohrung zwischen Helium-Ballon, Kompressor und Druckspeicher erneuert. Darüber hinaus wurde ein Helium-Sammelsystem konzipiert, das es erlauben soll, in Zukunft große Mengen stark verunreinigtes Helium aufzufangen und wieder zu verflüssigen.

Gasrückgewinnung

— Der Kompressor der ehemaligen Neon/Helium-Rückgewinnungsanlage wurde mit einem Flüssig-Argon-Tank ausgerüstet und so umgebaut, daß er seit Mitte des Jahres gasförmiges Argon produzieren kann. Damit entfällt die Notwendigkeit, gasförmiges Argon in Hochdruckflaschen zu kaufen; dieses wird vielmehr durch Rückgewinnung aus Flüssig-Argon-Anwendungen selbst erzeugt.

Technologietransfer

Arbeitnehmer- Erfindungen

Im Berichtsjahr konnten folgende Arbeitnehmererfindungen neu in Anspruch genommen werden:

„Beleuchtete Lupe zur Untersuchung von Schreib-Lese-Köpfen in Datenträgereinheiten“

„Thyratronpulser“

„Ionenzerstäuberpumpe“

„Reinigungsverfahren für supraleitende Niob-Cavities“

„Breitbandiges Hochfrequenz-Fenster im Giga-Hertz-Bereich für sehr hohe Leistung“

„Higher-Order-Mode-Absorber für eine Hohlleiteranordnung“

Die „Beleuchtete Lupe“ dient dazu, magnetische Schreib- und Leseköpfe in Platteneinheiten zur Datenspeicherung auf unzulässige Verschmutzungen zu untersuchen, die im Betrieb zur Zerstörung der Platte – und damit auch der Information – führen können.

Mit der neuen Schaltung für „Thyratronpulser“ wird deren Leistungsbereich etwa verdoppelt.

Durch das neue „Reinigungsverfahren für supraleitende Cavities“ wird die innere Oberfläche in ihren Eigenschaften so verbessert, daß fast die doppelte Längsfeldstärke zugelassen werden kann. Dieses Verfahren hat der supraleitenden Hochfrequenz zu einem bemerkenswerten Durchbruch verholfen.

Die „breitbandigen Hochfrequenz-Fenster“ und „Higher-Order-Mode-Absorber“ schaffen die nötigen Voraussetzungen zum Betrieb der supraleitenden 1-GHz-Cavities mit hoher Leistung.

Lizenzverträge wurden über die „Fertigung von NIM-Kassetten“ und die „Beleuchtete Lupe“ mit kleinen Firmen im Hamburger Umland abgeschlossen. Vor allem die „Lupe“ erweist sich als ausgesprochener „Renner“: Der Lizenznehmer — eine Firma mit 7 Mitarbeitern — konnte bereits vor Aufnahme der Serienproduktion etwa 100 Stück an namhafte EDV-Firmen verkaufen — es liegt ganz offensichtlich eine „Marktlücke“ vor.

Lizenzen

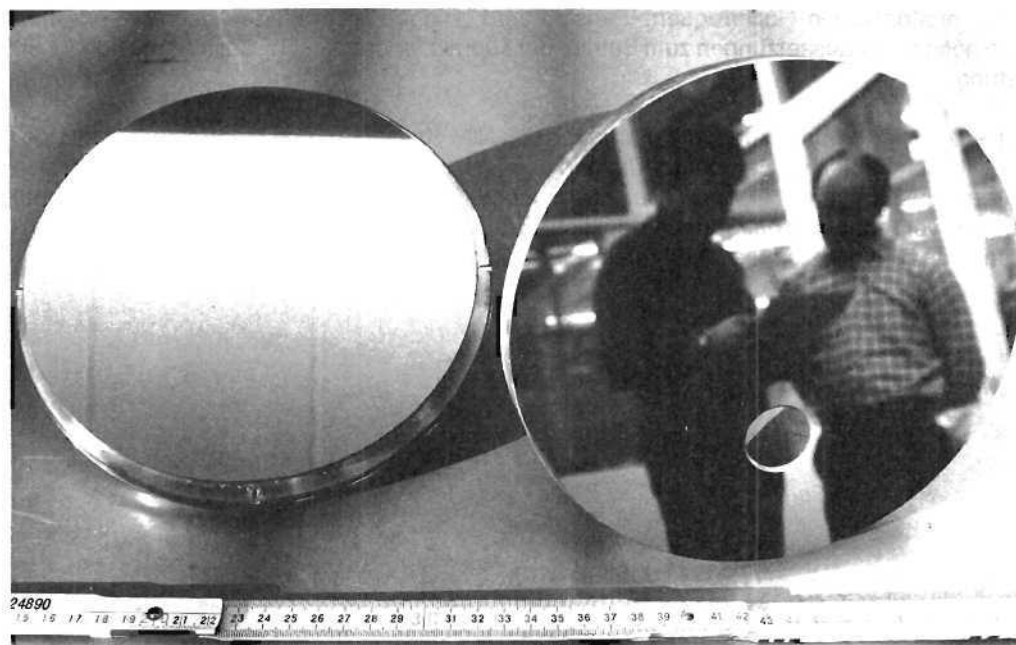


Abb. 23.1 : Die Oberflächen-Rauhigkeit dieses Speichercavity-Koppelflansches (Kupfer) beträgt $R_a = 0.0067 \mu\text{m}$.

Technische Dienste

Die Konstruktionskapazität verteilte sich etwa zu gleichen Teilen auf die drei technischen Bereiche. So erhielt der Forschungsbereich 26 %, der Maschinenbereich 23 %, und auf den Bau der supraleitenden Magnete entfielen 33 % der Kapazität, auf sonstige Arbeitsleistung 18 %.

Konstruktion

Bereich Forschung:

Für CELLO wurde eine neue Stereo-Driftkammer mit den erforderlichen Montagevorrichtungen konstruiert, für HASYLAB ein neuartiger Wiggler, Vorrichtungen sowie die erforderlichen Strahlauslaßkammern und Strahlführungskomponenten für den Wigglerstrahl bei DORIS II. Als Vorgriff auf eine spätere Detektoränderung wurden für ARGUS verkürzte Kompensationsspulen konstruiert.

Bereich Maschine:

Für DESY II wurde der Ablenkmagnet für den Ring sowie Kickermagnete für die Strahlwege konstruiert. Für die Serienfertigung von Speicher-Cavities für Linac I und II wurden Fertigungszeichnungen erstellt. Einen Schwerpunkt bildeten die Konstruktionsarbeiten für ein supraleitendes 1-GHz-Cavity mit 2×9 Zellen sowie den erforderlichen HF-Komponenten. Für HERA wurde mit der Konstruktion der Elektronenring-Ablenkmagnete begonnen.

Supraleitende Magnete:

In dem abgelaufenen Jahr lag der Schwerpunkt der Arbeiten in der Entwicklung und Konstruktion von 6-m-Kryostaten der Typen A-D sowie der erforderlichen Montagevorrichtungen, Transport- und Hebetraversen. Weiter wurde die Konstruktion eines 8 m langen vertikalen Test-Kryostaten abgeschlossen. Für das Testen kompletter supraleitender Magnete wurde eine komplizierte Anschlußbox sowie eine E-Modul-Meßvorrichtung konstruiert.

Schwerpunkte in der Mechanischen Fertigung mit ca. 50 % der Werkstattkapazität waren die Fertigung der ersten Kryostate für supraleitende Dipolmagnete, der Bau eines Bad-Kryostaten zum Testen fertiger supraleitender Spulen, der Bau eines Kryostaten für ein 2×9 -zelliges supraleitendes Cavity sowie die Serienfertigung von Speichercavities für den Linac II.

*Mechanische
Fertigung*

Alle Werkstattaufträge wurden, wie immer, über die Arbeitsvorbereitung abgewickelt. Der Anteil der internen Fertigung lag 1983 bei ca. 4 Mio. DM, Aufträge zur Fertigung bei externen Firmen wurden für 2 Mio. DM vergeben. Einige herausragende Arbeiten seien hier beispielhaft erwähnt:

Linac II:

Die Einzelteillfertigung für 13 Doppelspeicher-Cavities wurde weitestgehend abgeschlossen. Zur Zeit werden die Einzelelemente zu Baugruppen zusammengelötet, fertig bearbeitet und montiert.

Hervorzuheben ist hierbei der intensive Einsatz der beiden CNC-Fräsmaschinen sowie das extern durchgeführte „Polierdrehen“ von Zylindern und Flanschen (Abb. 23.1) mit extrem geringer Oberflächenrauigkeit, wie sie nur mit Diamantwerkzeugen und einer schwingungs-freien Lagerung (Luftlagerung) erzielt werden kann.

DESY II:

Für die Fertigung von Prototyp-Jochen für Ablenkmagnete in geblechter Ausführung wurden Arbeiten wie das Stanzen der Bleche einschließlich des erforderlichen Werkzeugbaus, das Anfertigen der Stapelvorrichtung sowie das Stapeln und Verschweißen der Bleche, Verkleben der Endblocks an externe Firmen vergeben. Vergabe sowie Kontrolle der Fertigung erfolgte unter der Verantwortung der Arbeitsvorbereitung. Es konnten daraufhin die Aufträge für die Serienfertigung erteilt werden.

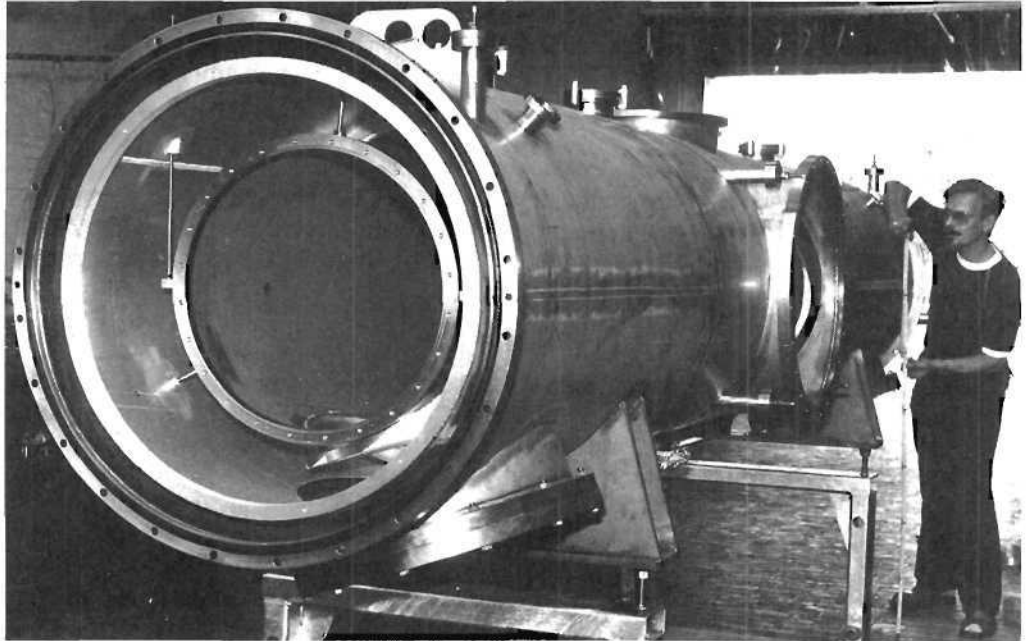


Abb. 23.2: Kryostat für das 9-zellige supraleitende PETRA-Cavity.

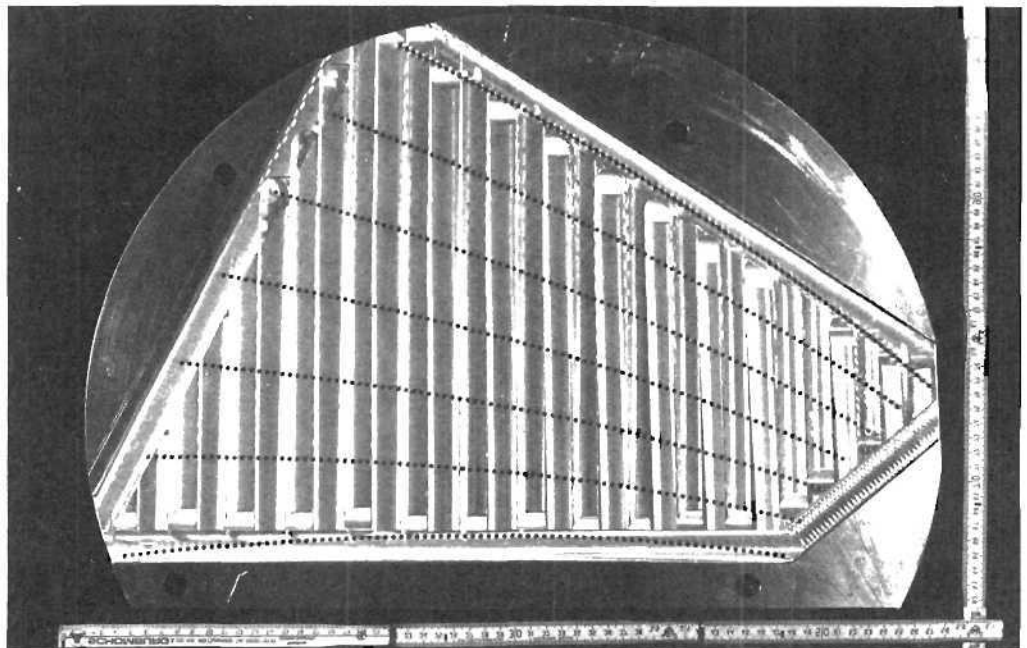


Abb. 23.3: Endflansch einer Test-Driftkammer für JADE.

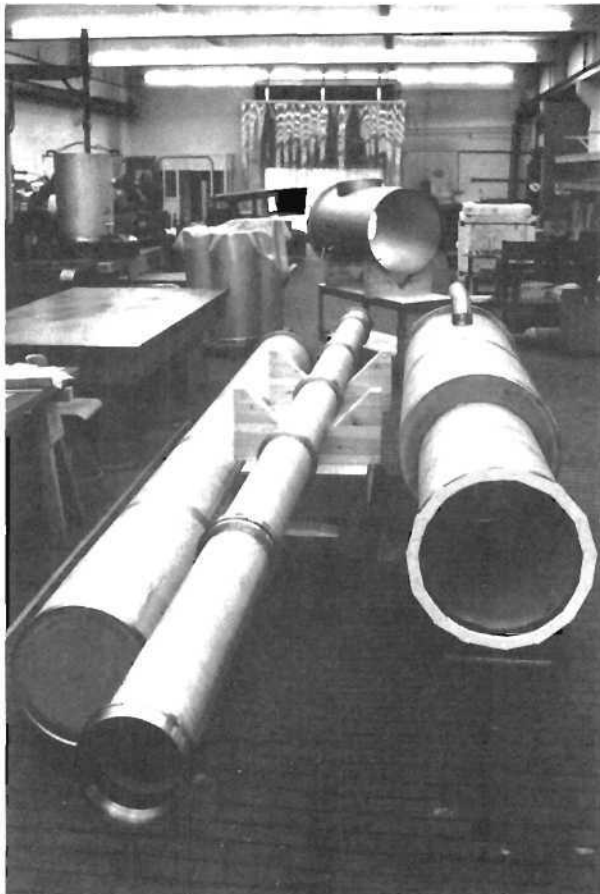


Abb. 23.4: Rohrkomponenten für den Test-Kryostaten für supraleitende Dipolmagnete.

PETRA:

Die Fertigung von HF-Komponenten für die Energieerhöhung von PETRA konnte im Berichtszeitraum abgeschlossen werden. Für die 500-MHz- und 1-GHz-Cavities mußten insgesamt 150 Feinabstimmungen, 115 Einkoppelfenster, 85 Absorber, 200 Meßschleifen sowie Gestelle, Gehäuse und sonstiges Zubehör gefertigt werden. Besonders aufwendig war der Bau des ersten Kryostaten für zwei 9-zellige supraleitende Cavities (Abb. 23.2). Die Ausricht-, Schweiß- und Montagearbeiten wurden intern gefertigt, die Anfertigung der großen Einzelteile, wie der Blechzylinder und der großen Flansche, erfolgte extern.

Forschungsgruppen:

— Die bedeutendste mechanische Komponente, die es im Forschungsbereich zu fertigen gilt, ist die Stereo-Driftkammer für CELLO. Dieser Behälter aus Aluminium hat einen Durchmesser von 1,4 m und eine Länge von 2,8 m. Seine gewölbten Stirnscheiben erhalten je 45 000 Bohrungen, wobei eine Ortsgenauigkeit von 0,015 mm angestrebt wird. Durch die Besonderheit, diese Kammer mit einem inneren Überdruck von 2,3 bar betreiben zu wollen, muß der Gesamtbehälter gemäß Druckbehälterverordnung gebaut und behördlich abgenommen werden. Nach umfangreichen Gesprächen der Arbeitsvorbereitung mit der Industrie konnten nun die ersten Aufträge für die Einzelfertigung vergeben werden.

- Für den neuen Wiggler-Strahl bei DORIS II werden für HASYLAB zur Zeit intern neue Vakuumrohre und Auslaßkammern sowie extern die Gestelle mit Justierungen zur Aufnahme der Komponenten (Abb. 9.4) und der Wiggler-Magnet gefertigt. Neben diversen feinmechanischen Geräten konnten 7 Strahlmonitore und 4 Beam-shutter an HASYLAB ausgeliefert werden.
- Für JADE wurde eine Test-Driftkammer gefertigt. Die Anordnung der Bohrungen in Form einer logarithmischen Spirale wurde auf der CNC-Fräsmaschine programmiert und mit einer Lagegenauigkeit von 0.03 mm gebohrt (Abb. 23.3). Der zugehörige Test-Druckbehälter wurde extern gefertigt.
- In der Plexiglasfertigung sind besonders die Arbeiten für die Hole-Tagger von CELLO hervorzuheben.

Supraleitende Magnete:

Die Anfertigung von Komponenten für den Test-Kryostaten (Abb. 23.4) sowie den verschiedenen Kryostaten von 6 m Länge haben ca. 25 % der gesamten Werkstattkapazität in Anspruch genommen. Neben den für die interne Fertigung notwendigen Vorrichtungen wurden für die Gesamtmontage und den Spulentransport verschiedene Vorrichtungen und Traversen extern gefertigt. Neben diesen Aufgaben war ein weiterer Schwerpunkt für die Arbeitsvorbereitung die Beschaffung von Sondermaterialien und -halbzeugen für die Kryostaten und Spulenstützringe sowie die Herstellung von Feinschneidwerkzeugen zum Stanzen von Aluminium-Kollarblechen.

Elektronik-Fertigung

Von der Gruppe „Elektronik-Fertigung“ ist ähnlich wie im Vorjahr eine Vielzahl von Aufträgen der unterschiedlichsten Art für die unterschiedlichsten Gruppen ausgeführt worden.

Da die großen Vorhaben, wie PETRA-Energieerhöhung, DORIS II, ARGUS usw. weitestgehend im Vorjahr abgeschlossen werden konnten und für die neuen größeren Vorhaben, wie DESY II und Vorarbeiten für HERA, die Planungen noch im vollen Gange sind, ist es im Berichtsjahr zu keiner deutlichen Schwerpunktbildung gekommen.

Im Vergleich zum Vorjahr ist die Zahl der bearbeiteten Aufträge in etwa gleich hoch; jedoch ist das Arbeitsvolumen pro Auftrag sehr viel geringer. Dieses hat dazu geführt, daß die Vergabe von Lohnaufträgen an externe Firmen im Berichtsjahr nahezu auf Null zurückgegangen ist.

Tischlerei

Die Räumlichkeiten der Tischlerei wurden durch einen Anbau erweitert. Damit konnte die bestehende Enge in den Sozialräumen, die durch die Aufnahme von 3 Auszubildenden nicht mehr tragbar war, beseitigt werden. Die auszuführenden Arbeiten der DESY-Tischlerei waren, neben einer großen Zahl von Kleinaufträgen, durch Vorarbeiten für das HERA-Projekt bestimmt.

Die größeren Arbeiten im einzelnen:

- Konstruktion und Anfertigung eines DESY-eigenen Ausstellungssystems.
- Transport und Aufbau von DESY-Ausstellungsteilen in einzelnen Universitätsstädten.
- Konstruktion und Fertigung von Transport- und Ausstellungsverrichtungen für die Ausstellung von Dipol-Magnetteilen von HERA auf der Messe „Energie 83“.
- Anfertigung von 1:1-Modellen für die HERA-Magnet-Prototypfertigung.
- Bau eines Modells einer HERA-Experimentierhalle.
- Weitere Modelle wurden für die DESY II-Planung angefertigt.
- Für Sichtgeräte und Rechner wurden große Arbeitstische zur Einrichtung von Kontrollräumen gefertigt.

- Schaltschrankräume erhielten Doppelfußböden.
- Der Einbau von Schallschutzwänden in Kontrollräumen wurde ausgeführt.
- Durch die Umbaumaßnahmen in der Tischlerei wurden Eigenleistungen in Form von Bauarbeiten (Fensterumbau), Schrankwandumbau und Neuanfertigungen erforderlich.
- Für die Gebäudeerhaltung wurden Fenster erneuert und Bauarbeiten in Zusammenarbeit mit anderen DESY-Gruppen ausgeführt.

Fernsprech- und Uhrenanlage:

Der Betrieb der zentralen Telefonanlage mit den vielfachen Änderungen von Teilnehmerberechtigungen, Kurzwahlzielen, Fehlersuche und Störungsbeseitigungen sowie der Wartung und Entstörung von jetzt 1500 Telefonapparaten und Geräten bilden nach wie vor die Hauptaufgabe. Erwähnt werden sollte aber die Anbindung von Daten- und Diagnoseleitungen an das Postnetz sowie das Nachrüsten sämtlicher Reihen- und Vorzimmeranlagen mit einer Netzausfallkontrolle.

Bei der zentralen Uhrenanlage wurden sämtliche Nebenuhren aus dem Fernsprechkabelnetz herausgenommen und auf ein neues, separates Uhrenkabelnetz gelegt.

Fernmeldetechnik

Kabelverlegung:

Neben den allgemeinen Kabelarbeiten, Rangierarbeiten an den Hauptverteilern, der Dokumentation von Änderungen und Ergänzungen an den Kabelnetzen ist bei den Koaxialnetzen besonders die Neueinrichtung von weiteren Vierdraht-Datenleitungen, TSO-Anschlüssen und IBM-Online-Verbindungen zu erwähnen. Für die bevorstehende Einführung der Datenverarbeitung in der Verwaltung wurden die Gebäude der Verwaltung und der Warenwirtschaft an das TSO-Kabelnetz angeschlossen.

Von den Fernmeldenetzen für Rauchmelder, Gasüberwachung, der Wasserver- und -entsorgung konnten 60 % auf zusätzliche Leitungsüberwachung zum Technischen Notdienst umgerüstet und umgeschaltet werden.

Im August 1983 wurden von DESY 14 neue Auszubildende für gewerbliche Berufe in die Lehrwerkstatt aufgenommen; insgesamt 8 junge Leute haben ihre Abschlußprüfung mit befriedigenden und guten Ergebnissen bestanden. Von diesen konnte eine technische Zeichnerin von DESY mit unbefristetem Arbeitsvertrag übernommen werden. Zur Zeit befinden sich somit 57 Jungen und Mädchen in gewerblicher Ausbildung bei verschiedenen DESY-Gruppen (Tab. 23.1).

Ausbildung in gewerblichen Berufen

Um die besonders durch die „Hamburger Aktion“ vom Dezember 1983 kräftig erhöhte Zahl der Ausbildungsanfänger fachgerecht zu betreuen, war sowohl personell als auch räumlich eine Erweiterung der Ausbildungskapazität notwendig: In gemeinsamer Anstrengung von Hamburg und DESY wurden 2 zusätzliche Ausbilderstellen bereitgestellt, die zum Februar des Berichtsjahres mit 2 jungen Meistern besetzt werden konnten. Jetzt hat jeder der beiden verantwortlichen Ausbildungsmeister, einer für elektronische, einer für mechanische Berufe, einen Assistenten bekommen. Damit ist zugleich die bisher kritische Vertreterfrage gelöst.

Die Elektronik-Grundausbildung wurde aus dem Gebäude der Lehrwerkstatt ausgegliedert und in den Anbauten der Experimentierhalle I neu eingerichtet. Die elektrische Installation ihrer neuen Räume führten die auszubildenden Elektroanlagen-Installateure unter Anleitung ihres neuen jungen Meisters selbst aus. Dabei wurde die Zahl der Elektroausbildungsplätze von 8 auf 12 erhöht; für die Mechanik war dadurch Raum frei, um weitere 4 Werkbankplätze und 2 Schweißplätze ordnungsgemäß einzurichten sowie eine Drehbank zusätzlich aufzustellen.

Die Mitarbeiter in den DESY-Betriebsgruppen, die Auszubildende nach dem 1. Lehrjahr übernehmen, haben sich neben ihren täglichen Entwicklungs- und Fertigungsaufgaben der Betreuung der Auszubildenden mit großem Engagement gewidmet.

Das Einweisen beziehungsweise Betreuen von Hochschul- und Schülerpraktikanten wurde fortgesetzt, soweit sich dies organisatorisch mit der laufenden Grundausbildung vereinbaren ließ. Es wurden insgesamt 12 Hochschulpraktikanten über jeweils 8 bis 12 Wochen und ca. 15 Schüler über je 3 Wochen mit Handwerksarbeit vertraut gemacht.

Im Rahmen der allgemeinen DESY-Fortbildung wurde im Frühjahr ein Kursus „A+E-Schweißen“ für ca. 40 interessierte DESYaner, mit über mehrere Wochen verteilten Übungsstunden, von und in der Hauptwerkstatt durchgeführt.

Aufgrund der positiven Aufnahme im Vorjahr seitens der mechanischen Ausbildung wurde im Dezember wieder ein 5tägiger Kurs „Einführung Drehen“ für 4 bis 5 Physiker und Laboranten abgehalten.

Tab. 23.1 : Übersicht über die gewerbliche Ausbildung bei DESY in 1983.

Beruf	ausbildende DESY-Gruppe	aus-gelernt	neu	Dez. 83 gesamt
Technischer Zeichner	Ausbildungswerkstatt (LA) + Konstruktion (W 1)	2	3	10
Bau- und Möbeltischler	Tischlerei (W 7)	—	—	3
Feinmechaniker	LA + mechanische Fertigung (W 4 1)	3	5	17
Dreher	LA + W 4 1	—	—	2
Betriebsschlosser	LA + Betriebshandwerker	2	—	3
Elektrogeräte-Mechaniker Energiegeräte-Elektroniker	LA + Kraft, Wasser, Klima (MKK)	1	—	4
Elektroanlagen-Installateur Energieanlagen-Elektroniker	LA + MKK	—	2	2 2
Nachrichtengeräte-Mechaniker Feingeräte-Elektroniker	LA + Elektronik-Fertigung div. F + M-Gruppen	—	4	8 6
Summe		8	14	57

Bauten

Im vergangenen Jahr wurde eine 70 m lange und ca. 7 m breite Testhalle errichtet (Abb. 23.5), in der eine Kette von 12 supraleitenden Magneten als System getestet werden soll. Zu dieser Testhalle gehören auch ein Container, in dem die notwendigen Meßeinrichtungen untergebracht werden, sowie eine Reihe von Tanks, in denen das Helium gespeichert werden kann.

Als Vorleistung für HERA ist die Erweiterung zweier Sickerbecken auf dem DESY-Gelände zu betrachten. Das größte der drei bestehenden Sickerbecken, in denen das von DESY aus dem Grundwasser entnommene Kühlwasser dem Boden wieder zugeführt wird, wird künftig durch die HERA-Halle West überbaut werden. Deshalb mußte schon jetzt eine ausreichende Fläche für die Versickerung des Wassers geschaffen werden. Die beiden Sickerbecken wurden so



Abb. 23.5: Die 70 m lange Testhalle für den Verbundtest von 12 supraleitenden Magneten.

bemessen, daß sie auch große Regenwassermengen, wie sie bei einem sogenannten Jahrhundertregen erwartet werden, aufnehmen können, so daß Überschwemmungen von tiefliegenden Gebäudeteilen verhindert werden.

Eine weitere Vorleistung für das HERA-Projekt beinhaltet die Errichtung eines Meßpunktes auf einem Gebäude der Firma Reemtsma, mit dessen Hilfe das Vermessungsnetz auf Bereiche außerhalb des bisherigen DESY-Geländes ausgedehnt werden soll.

Zur Vorbereitung des Einbaus eines Wigglers in den DORIS II-Ring wurde ein Verbindungstunnel zwischen dem DORIS II-Ring und der HASYLAB-Halle, „Fächer A“ hergestellt und die zugehörigen Fundamente mit Montagebühnen errichtet.

Die Tischlerei wurde durch einen kleinen Anbau erweitert, mit dem es möglich wurde, die Sozialräume der Tischlerei wesentlich besser zu gestalten.

An der Stelle der alten Tragfluthalle wurden in Leichtbauweise Lagerhallen errichtet, die eine überdeckte Lagerung von weniger empfindlichem Gerät ermöglichen, das aber dennoch nicht direktem Witterungseinfluß ausgesetzt werden darf. Dadurch konnten die DESY-Experimentierhallen I und II weitgehend geräumt werden.

Auch die Lagerung von Abschirmsteinen stellte bisher ein ständiges Platzproblem dar, da ein erheblicher Teil der Parkflächen auf dem DESY-Gelände belegt wurde. Deshalb wurde der vorhandene Steinlagerplatz in seiner Fläche verdoppelt.

Zur Verschönerung des DESY-Geländes wurden im Garten der Kantine kleine Sitzinseln eingerichtet, damit — ähnlich wie bei CERN — bei schönem Wetter das Essen und der Kaffee auch draußen eingenommen werden können. Ferner wurde der Verkehrskreis am Eingang des DESY-Geländes verkehrstechnisch und gärtnerisch umgestaltet.

Die Bauunterhaltung nahm wiederum einen breiten Raum ein. So mußten die Fassaden an den Gebäuden Linac II und Laborgebäude I a bis d sowie der Südgiebel der Halle II, ferner Teile des Gästewohnheims I völlig saniert werden. Die Sanierung der Flachdächer sowie die Erneuerung von Dachrinnen stellen in der Bauunterhaltung ein Dauerthema dar.

Transport

Die Transportgruppe ist für die Durchführung aller internen und externen Transporte zuständig. Sie pflegt und wartet darüber hinaus alle DESY-eigenen Fahrzeuge.

Betriebsschlosserei

Die Mitarbeiter der Betriebsschlosserei werden zu vielen Spezialarbeiten herangezogen, die besondere handwerkliche Befähigungen erfordern. Die Gruppe wurde vor allem bei den Montagearbeiten für den Fächer A im HASYLAB eingesetzt.

Sicherheit

Die Gruppe „Sicherheit“ besteht aus 2 Ingenieuren und 16 Kontrolltechnikern. Die Sicherheitsingenieure überwachen im Auftrag des Direktoriums die Einhaltung aller einschlägigen Sicherheitsvorschriften, sind zuständig für die sicherheitstechnische Abnahme von technischen Einrichtungen, insbesondere Experimenten und Gebäuden, sowie für alle Sicherheitsbelange auf dem DESY-Gelände. Ihnen zur Seite steht der Sicherheitsrat, bestehend aus leitenden Mitarbeitern von DESY, der zu grundsätzlichen Sicherheitsproblemen Stellung nimmt und bei der Erarbeitung von neuen Regelungen mitwirkt. Außerdem besteht ein Arbeitsschutzausschuß, in den jede technische Gruppe einen Mitarbeiter entsendet, und in dem Sicherheitsfragen des Arbeitsalltags diskutiert werden und Verbesserungsvorschläge eingebracht werden.

Die Sicherheitsingenieure arbeiten ferner mit der Eigenunfallversicherung der Freien und Hansestadt Hamburg zusammen sowie mit dem Amt für Arbeitsschutz bei der Prüfung von Druckbehältern und Dampfkesseln.

Die Gruppe „Sicherheit“ wirkte bei Neubauplanungen und Planungen von Umbauten mit, insbesondere bei der Werkstatt für die Auszubildenden der Elektro-Berufe. Bei weiteren Umbauten wurde bereits in die Planungsphase die Sicherheitsgruppe regelmäßig eingeschaltet, um insbesondere den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung zu entsprechen.

Der Sicherheitsrat tagte im Berichtsjahr sechsmal. Schwerpunkt war weiterhin die Gassicherheit in den Experimenten.

Der Arbeitsschutzausschuß tagte fünfmal.

Betriebsbegehungen:

Im Berichtsjahr wurden in insgesamt 18 Begehungen gemäß Arbeitssicherheitsgesetz §§ 3, 6 und 9 die Arbeitsplätze von 380 Mitarbeitern geprüft. In sechs Fällen wurden gezielt bestimmte Arbeitsplätze oder Arbeitsverfahren besichtigt. Es handelte sich hier um die Bereiche: Bleiarbeiten im PETRA-Tunnel bei der Gruppe „Vakuum“, Spulenwickeln bei der Gruppe „Neue Technologien“, der Großkopierer bei der Verwaltung und der Wächterkontrollgang.

Brandschutz:

— Auch in diesem Berichtszeitraum wurde die Schulung der Mitarbeiter gegen Feuergefahren und die Schulung in der Bekämpfung von kleineren Feuern systematisch weitergeführt. Bei zahlreichen Übungen wurden insgesamt 7 Gruppen mit ca. 130 Personen praktisch in der Handhabung der bei DESY üblichen Feuerlöscher unterwiesen.

— Die Erfahrungen im PETRA-Tunnel mit den neuen Rauchmeldern waren positiv, so daß die Planung für die Ausrüstung des DORIS-Tunnels abgeschlossen werden konnte. Dieser soll im Jahre 1984 mit entsprechenden Aspirationsprobenkammern ausgerüstet werden.

Technischer Notdienst:

Die Personalstärke konnte voll gehalten werden. Bei dem Umfang der zu überwachenden Anlagen und der Größe des Geländes spielt der ständige Ausbau der zentralen Störungsmeldealanlage weiterhin eine wichtige Rolle. Außerhalb der normalen Arbeitszeit wurden Überwachungsarbeiten an den DESY-Anlagen kontinuierlich oder auf Einzelanforderung durchgeführt.

Es wurden folgende besondere Leistungen des Technischen Notdienstes ausgeführt:

Unfall mit Krankentransport	11mal
Erstversorgung von Verletzten	6mal
Einsatz bei Aufzugalarm	102mal
Rauchmeldealarm	73mal
Feueralarm	12mal
Einsatz bei Stromausfall DESY	4mal
Gasalarm	64mal

HERA:

Im Laufe der Baubesprechungen wurden kontinuierlich sicherheitstechnische Anforderungen mit eingebracht, insbesondere bei der Feinplanung der Hallenkomplexe mußten die verschiedenen Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung und der Sicherheitstechnik mitberücksichtigt werden.

Schulung:

Auch in diesem Berichtsjahr wurde die „Erste Hilfe“-Ausbildung weitergeführt. Das Malteser-Hilfswerk führte einen Kursus für 28 Mitarbeiter in der „Ersten Hilfe“ aus. Diese Mitarbeiter wurden in einer zusätzlichen Unterweisung mit der Herz-Lungen-Wiederbelebung vertraut gemacht, die bei DESY von besonderer Bedeutung ist, seitdem der Anteil der elektrischen Installationen sehr hoch ist.

Der Betriebsarzt nahm weiterhin die Aufgaben nach § 3 des Arbeitssicherheitsgesetzes wahr. Seine jährliche Einsatzzeit betrug unverändert 350 Stunden beziehungsweise 7 Stunden pro Woche. Der Betriebsarzt wurde von einer Krankenschwester und einer Verwaltungsangestellten unterstützt. Je ca. $\frac{1}{3}$ seiner Einsatzzeit entfielen auf arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, auf Beratungen und auf Begehungen der Arbeitsplätze. Es war wiederum eine größere Zahl von Untersuchungen durchzuführen. Schwerpunktmäßig überwogen jedoch in diesem Berichtsjahr die Beratungen auf persönlichen Wunsch von DESY-Mitarbeitern. Die

Betriebsarzt

Untersuchungen wurden zum Teil von anderen Ärzten durchgeführt, so die augenärztlichen Untersuchungen, Röntgen-, Ergometrie- und spezielle Laboruntersuchungen. Insgesamt wurden im Berichtsjahr 238 arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen ausgeführt; 396 DESY-Mitarbeiter sind in unterschiedlichen Intervallen durch Untersuchungen zu überwachen.

Die beratende Tätigkeit des Betriebsarztes erstreckte sich zunächst auf verschiedenartige schriftliche und mündliche Stellungnahmen gegenüber dem Arbeitgeber (Fragen des Arbeitseinsatzes, des Arbeitsplatzwechsels, der Rehabilitation, zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen sowie zu besonderen Gefährdungen an einzelnen Arbeitsplätzen und entsprechenden Vorsorgemaßnahmen). Die DESY-Mitarbeiter selbst wendeten sich in zunehmendem Maße, insgesamt in 243 Fällen, an den Betriebsarzt oder die Betriebskrankenschwester, so daß hier oft zu wenig Zeit für die gewünschte individuelle Beratung zur Verfügung stand. Betriebsarzt und Betriebskrankenschwester führten neben den obligaten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen auch andere Untersuchungen auf Wunsch aus, ferner Erste-Hilfe-Leistungen, Hilfe bei akuten Krankheitsfällen und anderes (Telefonate/Schriftwechsel mit Krankenhäusern und behandelnden Ärzten usw.). Ferner wurden 146 Schutzimpfungen vorgenommen.

Der Betriebsarzt gab weiterhin Informationen zur Gesundheitsvorsorge in der Zeitschrift des Betriebsrates „DESY INTERN“.

Die Begehungen der Arbeitsplätze erfolgten gemeinsam mit den Sicherheitsingenieuren und einem Mitglied des Betriebsrates. In 18 Begehungen wurden die Arbeitsplätze von ca. 380 Mitarbeitern in 9 Gruppen besichtigt und das Ergebnis in Protokollen festgehalten.

Der Betriebsarzt nahm an den 5 Sitzungen des Arbeitsschutzausschusses teil und gab hier Anregungen.

Mit Förderung des Direktoriums konnte von März bis Mai des Berichtsjahres ein zweiter Kurs im Autogenen Training für 20 DESY-Mitarbeiter durchgeführt werden.

Veröffentlichungen und Vorträge

F-Bereich

CELLO

Veröffentlichungen

CELLO-KOLLABORATION,
H.-J. BEHREND *et al.*

Measurement of the τ Lifetime.
Nucl. Phys. B211 (1983) 369
und DESY 82-056

The Influence of Fragmentation Models on
the Determination of the Strong Coupling
Constant in e^+e^- Annihilation into Hadrons.
Nucl. Phys. B218 (1983) 269
und DESY 82-061

Coupling Strengths of Weak Neutral Currents
from Leptonic Final States at 22 and 34 GeV.
Z. Phys. C16 (1983) 301 und DESY 82-063

Investigation of Two Photon Final States in
 e^+e^- Annihilation at $\sqrt{s} = 34.2$ GeV.
Phys. Lett. 123B (1983) 127
und DESY 82-080

Lepton Pair Production in Deep Inelastic $e-\gamma$
Scattering.
Phys. Lett. 126B (1983) 384
und DESY 83-017

Experimental Study of the Hadronic Photon
Structure Function.
Phys. Lett. 126B (1983) 391
und DESY 83-018

τ Branching Ratios and Polarization Limits in
 e^+e^- Interactions at $\sqrt{s} = 34$ GeV.
Phys. Lett. 127B (1983) 270
und DESY 83-019

Inclusive Production of Electrons and Muons
in Multihadronic Events at PETRA.
Z. Phys. C19 (1983) 291 und DESY 83-034

Inclusive γ and π^0 Production in e^+e^- Annihi-
lation at 14, 22 and 34 GeV c.m. Energy.
Z. Phys. C20 (1983) 207 und DESY 83-066

Measurement of the Reaction $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$
at PETRA.
Z. Phys. C21 (1984) 205 und DESY 83-081

Results from CELLO on Electroweak Inter-
actions.
DESY 83-087

On the Model Dependence of the Determina-
tion of the Strong Coupling Constant in Se-
cond Order QCD from e^+e^- Annihilation into
Hadrons.
DESY 83-127
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

Proposal to Upgrade the CELLO Detector.
DESY CELLO 83-01

U. BINDER, W. de BOER, G. GRINDHAM-
MER, R. KOTTHAUS, H. LIERL, B. SACK
Comparison between Argon/Methane and
Argon/Ethane Gas Mixtures in Cylindrical
Drift Chambers Operating in a High Trans-
verse Magnetic Field.
MPI-PAE/Exp.EI. 115, München (1983)

P. COLAS
Production de Paires de Leptons dans la
Diffusion Profondément Inélastique —
Étude Expérimentale.
LAL 83-08, Orsay (1983)

Y. DUCROS
Search for Scalar Particles and Excited Lep-
tons at PETRA.
Acta Phys. Pol. B14 (1983) 8 und 589

J. ENGLER
Electromagnetic Calorimeters using Wire
Chambers.
KfK-3541, Karlsruhe (1983)

Status and Perspectives of Liquid Argon
Calorimeters.
KfK-3595, Karlsruhe (1983)

J. ENGLER, H. KEIM
A Liquid Ionization Chamber Using Tetra-
methylsilane.
KfK-3638, Karlsruhe (1983)

J. H. FIELD
 $\gamma\gamma$ and $e\gamma$ Collisions at Future High Energy
Colliders.
LPNHE-83-04, Paris (1983)

What have we Learned from Measurement of
the 2γ Radiative Widths of the Pseudoscalar
and Tensor Mesons?
LPNHE-83-05, Paris (1983)

G. FLÜGGE
Search for New Particles in e^+e^- Annihilation.
KfK-3474, Karlsruhe (1983)

H. KÜSTER
Investigation of Tau Pair Production at
PETRA.
KfK-3610, Karlsruhe (1983)

H. SCHNEIDER
Semileptonic Decays of c and b Quarks.
KfK-3643, Karlsruhe (1983)

G.-G. WINTER
Silicon Photodiode Readout of a Lead-Scin-
tillator Shower Counter.
DESY 83-097
zur Veröffentl. in Nucl. Instr. Meth.

Dissertation

H. RANDOLL
Untersuchung hadronischer Ereignisse in
hochenergetischen e^+e^- -Annihilationen
gemessen mit dem Detektor CELLO.
KfK-3569, Karlsruhe (1983)

Vorträge

H.-J. BEHREND
The reaction $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$ measured with
the CELLO-Detector.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Colli-
sions, Aachen (1983)

W. de BOER
Influence of Fragmentation Models on the
Determination of α_s .
18th Rencontre de Moriond, Les Arcs (1983)

Comparison between Argon/Methane and
Argon/Ethane Gas mixtures in Cylindrical
Drift Chambers operating in a High Trans-
verse Magnetic Field.
Wire Chamber Conf., Wien (1983)

New Results from CELLO and Upgrading of
the Detector.
Seminarvortrag, MPI München (1983)

G. BUSCHHORN
Amsterdam und danach.
HERA-Seminar, MPI München (1983)

G. CARNESECCHI, J. PAMELA
Production of Inclusive Muons in e^+e^-
Annihilation.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

A. CORDIER
Experimental Study of the Photon Structure
Function.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

CELLO Results.
CRN Strasbourg (1983)

J. ENGLER
Electromagnetic Calorimeters using Wire
Chambers.
Wire Chamber Conf., Wien (1983)

Status and Perspectives of Liquid Argon
Calorimeters.
2nd Conf. on Advanced Detectors,
Pisa (1983)

J. H. FIELD
Measurement of Resonance Production
and the F_2 Photon Structure Function in
Two-Photon Collisions.
Seminarvortrag, DESY (1983)

$\gamma\gamma$ and $e\gamma$ Collisions at Future High Energy
Collider.
5th Int. Workshop on Photon-Photon
Collisions, Aachen (1983)

What we have Learned on Measurements of
 2γ Radiative Widths of the Pseudoscalar and
Tensor Mesons.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys.,
Brighton (1983)

G. FLÜGGE
Some Recent Results from PETRA.
ECCD, Athen (1983)

B. FORSTBAUER

Szintillationslicht in Flüssig-Argon-Ionisationskammer.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

K. GAMERDINGER

Identifizierung von Elektronen in multihadronischen Ereignissen mit dem Flüssig-Argon-Kalorimeter des Detektors CELLO.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

G. GRINDHAMMER

Optionen für HERA: Ausbau von CELLO.
HERA-Seminar, MPI München (1983)

P. GROSSE-WIESMANN

Results from CELLO on Electroweak Interactions.
Europhys. Study Conf. on Electroweak Effects at High Energies, Erice (1983)

Signatur für die Produktion neutraler nicht wechselwirkender Teilchen (Grenzen für Photinos).

DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Limits for Photino Production.
Seminarvortrag, DESY (1983)

J. HAISSINSKI

CELLO Results.
Ecole Polytechnique Palaiseau (1983)

C. KIESLING

Exotische Effekte.
HERA-Seminar, MPI München (1983)

Elektroschwache Effekte in e^+e^- -Wechselwirkungen.
Kolloquiumsvortrag, Univ. München (1983)

F. KOVACS

Production of the f_0 in $\gamma\gamma$ Collisions.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Selected Topics on $\gamma\gamma$ Physics.
Warsaw Symposium on Elementary Particles, Kazemierz (1983)

H. KUESTER

Tau-Verzweigungsverhältnisse und Tau-Polarisationsgrenzen in e^+e^- -Wechselwirkung bei $\sqrt{s} = 34$ GeV.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Y. LAVAGNE

The Influence of Fragmentation Models on the Determination of the Strong-Coupling Constant in e^+e^- Annihilation into Hadrons.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

H. LIERL

Search for High p_T Jets in Photon-Photon Collisions without Photon Tagging.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

$\gamma\gamma$ Physics Results from CELLO.
Inst. f. Hochenergiephys. Heidelberg (1983)

H. MÜLLER

CELLO Contributions for the Brighton Conference.
Seminarvortrag, DESY (1983)

B. SACK

Vergleich der Impuls- und Vertexauflösung des CELLO-Detektors mit und ohne Vertexkammer.
Herbstschule, Maria Laach (1983)

H. SCHNEIDER

Semileptonic Decay of c- and b-Quark.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

W. WIEDENMANN

τ -Produktion bei $\sqrt{s} = 14$ und 22 GeV.
Herbstschule, Maria Laach (1983)

Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983) and Int. Symp. on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Cornell/USA (1983)

CELLO-KOLLABORATION

Inclusive Production of Electrons and Muons in Multihadronic Events at PETRA.

Inclusive γ and π^0 Production in e^+e^- Annihilation at 14, 22 and 34 GeV c.m. Energy.

Experimental Study of the Hadronic Photon Structure Function.

Lepton Pair Production in Deep Inelastic $e-\gamma$ Scattering.

Measurement of the Reaction
 $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$ at PETRA.

Production of f_0 in $\gamma\gamma$ Collisions.

τ -Branching Ratios and Polarisation Limits in e^+e^- Interactions at $\sqrt{s} = 34$ GeV.

On the Model Dependence of the Determination of the Strong Coupling Constant in Second Order from e^+e^- Annihilation into Hadrons.

JADE

Veröffentlichungen

JADE-KOLLABORATION,
W. BARTEL et al.

A Search for New Heavy Leptons at PETRA.
Phys. Lett. 123B (1983) 353
und DESY 83-002

Experimental Evidence for Differences in $\langle p_T \rangle$ between Quark Jets and Gluon Jets.
Phys. Lett. 123B (1983) 460
und DESY 82-086

Measurement of the Processes $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ and $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ at PETRA.
Z. Phys. C19 (1983) 197
und DESY 83-035

Charged Particle and Neutral Kaon Production in e^+e^- Annihilation at PETRA.
Z. Phys. C20 (1983) 187
und DESY 83-042

Precise Measurement of Total Cross Sections for the Process $e^+e^- \rightarrow$ Multihadrons in the c.m. Energy Range Between 12.0 and 36.4 GeV.
Phys. Lett. 129B (1983) 145
und DESY 83-050

Observation of Inclusive η Production in e^+e^- Annihilation at c.m. Energies of 34 GeV.
Phys. Lett. 130B (1983) 454
und DESY 83-063

A Search for Flavour-Changing Neutral Currents in b Decay at PETRA.
Phys. Lett. 132B (1983) 241
und DESY 83-049

Particle Distribution in 3-Jet-Events Produced by e^+e^- -Annihilation.
Z. Phys. C21 (1983) 37
und DESY 83-080

Test of Fragmentation Models by Comparison with 3-Jet Events Produced in $e^+e^- \rightarrow$ Hadrons.
DESY 83-079
zur Veröffentl. in Phys. Lett. B

Vorträge

A. BALL
Weak Neutral Current Studies by JADE at PETRA.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

W. BARTEL
Neuere Ergebnisse von PETRA.
Plenarvortrag, DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Interaction Regions and Background at HERA.
HERA-Workshop, Amsterdam (1983)

Quark and Gluon Fragmentation.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

S. BETHKE
Second Order QCD-Effects and Gluon Fragmentation in e^+e^- -Annihilations.
Seminarvortrag, CERN (1983)

Experimentelle Studien zur 4-Jet-Produktion in multihadronischen Endzuständen der e^+e^- -Vernichtung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

C. K. BOWDERY

A Search for Flavour-Changing Neutral Currents in b Decay at PETRA.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

D. CORDS

Recent Results on e^+e^- Annihilation from PETRA.
3rd Int. Conf. on Phys. in Collision, Como (1983) und Seminarvortrag, SIN Villigen (1983)

R. FELST

Die Elektron-Positron-Vernichtung als Sonde in den Mikrokosmos.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Kiel (1983)

G. DIETRICH

A Large Polygon Drift Chamber for the JADE Experiment at PETRA.
Wire Chamber Conf., Wien (1983)

Eine große Polygon-Driftkammer für das JADE-Experiment am e^+e^- -Speicherring PETRA.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

D. HAIDT

BEBC — Present and Future.
Seminarvortrag, CERN (1983)

Fragmentation of Partons.
Conf., Talloires (1983)

Properties of Jets.

Triangle Conf., Wien (1983)

R.-D. HEUER

Trigger and Data Reduction in High Energy e^+e^- -Experiments.
Three-Day in-Depth Review on the Impact of Specialized Processors in Elementary Particle Phys., Padua (1983)

Produktion von Baryonen in der e^+e^- -Vernichtung.

Auslese von Driftkammern mit einem 100 MHz FADC-System.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Experience with the Jetchamber of JADE.
TPC Workshop, Vancouver (1983)

S. KOMAMIYA

Experimental Determination of Parameters in Hadronic Fragmentation Models.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Vector Meson Production in e^+e^- Annihilation.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

K. MEIER

Inklusive η Produktion in multihadronischen Ereignissen bei PETRA.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

B. NAROSKA

Recent Results from JADE on Electroweak Interaction.
Europhys. Study Conf. on Electroweak Effects at High Energies, Erice (1983)

Electroweak Interference, Neutrino Electron Scattering and Related Topics.
Int. Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Cornell (1983)

T. NOZAKI

Experimental Study of the Photon Structure Function F_2 in the Q^2 Range from 10 to 200 GeV^2 .
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

J. OLSSON

Resonance Production in $\gamma\gamma$ Reactions.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Recent Results in $\gamma\gamma$ -Physics from JADE at PETRA.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

A. PETERSEN

Differences between Quark and Gluon Jets; Recent Results from JADE.
18th Rencontre de Moriond, Aime la Plagne (1983)

Unterschiede zwischen Quark- und Gluon-Jets in der e^+e^- -Annihilation.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Differences between Quark Jets und Gluon Jets in e^+e^- Annihilation — Results from JADE.
Seminarvortrag, Univ. Manchester (1983) und Rutherford Appleton Lab. (1983) und Univ. Oxford (1983)

H. SCHIEMANN

Wirkungsquerschnitt und Ladungs-Asymmetrie in μ -Paaren aus der e^+e^- -Vernichtung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

S. TAKEDA

Search for Supersymmetric Particles (JADE/PETRA).
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

A. WAGNER

Studium der elektroschwachen Wechselwirkung in e^+e^- Wechselwirkungen.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Marburg (1983)

Operating Experience with JADE and Plans for OPAL.
Int. Meeting on Advanced Detectors, Pisa (1983)

G. WEBER

Experimental Facilities and Future Plans at DESY.
2nd Symposium on Pan American Collaboration, Rio de Janeiro (1983)

S. YAMADA

Recent Results from PETRA on QED, Electroweak Interactions and New Particle Search.
18th Rencontre de Moriond on Electroweak Interactions, Aime la Plagne (1983)

Search for New Particles.
Int. Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Cornell (1983)

MARK J**Veröffentlichungen****A. BÖHM**

Weak Neutral Currents in e^+e^- -Experiments.
DESY 83-084
zur Veröffentl. in Proc. of the Europhys. Study Conf., Erice (1983)

Electroweak Interference.
Proc. of the Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983) und DESY 83-103

M. CHEN

Test of QCD at PETRA.
zur Veröffentl. in Proc. of the Int. School of Subnuclear Phys., Erice (1983)

Recent Results from PETRA.
zur Veröffentl. in Proc. of the Asia Pacific Phys. Conf., Singapore (1983)

P. DUINKER

Status of and Search for New Leptons at PETRA.
NIKHEF-H/83-1, Amsterdam
zur Veröffentl. in Proc. of the Int. School of Subnuclear Phys., Erice (1983)

G. HERTEN

Measurement of Weak Neutral Current Coupling for Leptons and Heavy Quarks.
Proc. of the Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

Measurement of Heavy Quark Fragmentation.
Proc. of the Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

H. B. NEWMAN

Conference Summary.
zur Veröffentl. in Proc. of the Europhys. Study Conf., Erice (1983)

M. POHL

QED Processes in Two Photon Reactions.
Proc. of the 5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983) und DESY 83-047

H. RYKACZEWSKI

Latest Results on Hadron Production at PETRA.
DESY 83-085
zur Veröffentl. in Proc. of the Asia Pacific Phys. Conf., Singapore (1983)

J. SALICIO
Results from MARK-J.
zur Veröffentl. in Proc. of the Europhys.
Study Conf., Erice (1983)

Dissertationen

G. HERTEN
Messung der Ladungsasymmetrie in der
Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ mit dem MARK-J
Detektor bei PETRA.
RWTH Aachen (1983)

HO MENG-CHIA
The Trigger and Data Taking System of the
MARK-J Detector.
Amsterdam (1983)

ZHU REN-YUAN
Determination of the Strong Coupling Con-
stant up to Complete Second Order in QCD.
MIT/Cambridge (USA) (1983)

Diplomarbeiten

E. DEFFUR
Studium schwerer Leptonen mit dem
MARK-J Detektor bei PETRA.
RWTH Aachen (1983)

TH. HEBBEKER
Messung semileptonischer Zerfälle schwerer
Quarks mit dem MARK-J Detektor bei
PETRA.
RWTH Aachen (1983)

Vorträge

A. BÖHM
Weak Neutral Currents in e^+e^- -Experiments.
Int. Europhys. Study Conf., Erice (1983)

Search for New Particles and Test of the
Electroweak Theory at PETRA and PEP.
Gordon Conf. on Elementary Particle Interac-
tion, Andover (1983)

Electroweak Interference.
Plenarvortrag, Int. Europhys. Conf. on High
Energy Phys., Brighton (1983)

Recent Results and Future Plans of MARK-J.
DESY-PRC (1983)

J. BURGER
MARK-J 1983: Results and Future Plans.
DESY-PRC (1983)

M. CHEN
Test of QCD at PETRA.
Int. School of Subnuclear Phys., Erice (1983)

Recent Results from PETRA.
Asia Pacific Phys. Conf., Singapore (1983)

P. DUINKER
Status of and Search for New Leptons at
PETRA.
Int. School of Subnuclear Phys., Erice (1983)

TH. HEBBEKER
Hadronische Ereignisse mit zwei Myonen in
der e^+e^- -Vernichtung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

G. HERTEN
Measurements of the Charge Asymmetry in
 $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Recent MARK-J Results for the Brighton
Conference.
DESY (1983)

Measurements of Heavy Quark Fragmenta-
tion.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys.,
Brighton (1983)

Measurements of Weak Neutral Current
Coupling for Leptons and Heavy Quarks.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys.,
Brighton (1983)

H. B. NEWMAN
Conference Summary.
Europhys. Study Conf., Erice (1983)

M. POHL
QED Processes in Two Photon Reactions.
5th Int. Workshop on Photon-Photon
Collisions, Aachen (1983)

Semileptonic Decays of Charm and Bottom.
Workshop on Search for Heavy Flavors,
Como (1983)

The Electroweak Standard Model in e^+e^- -Re-
actions.
Int. School of Subnuclear Phys., Erice (1983)

F. P. POSCHMANN
Study of Inclusive Muon Events.
Kolloquiumsvortrag, DESY (1983)

Inklusive Myon-Ereignisse in der e^+e^- -
Vernichtung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

H. RYKACZEWSKI
Suche nach dem Topquark in hadronischen
Endzuständen der e^+e^- -Vernichtung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Latest Results on Hadron Production at
PETRA.
Asia Pacific Phys. Conf., Singapore (1983)
und Seminarvortrag Inst. of High Energy
Phys., Peking (1983)

Test of Some Fundamental Ideas of Elemen-
tary Particle Physics by Studying e^+e^- Inter-
actions at PETRA.
Osaka (1983) und Hongkong (1983)

Highlights of the Singapore Conference.
Peking (1983)

J. SALICIO
Results from MARK-J.
Europhys. Study Conf., Erice (1983)

Recent Results from MARK-J Detector at
PETRA.
XIth Winter Meeting on Fundamental Phys.,
Toledo (1983)

H. A. WALENTA
MARK-J. Vertex Chamber Progress Report.
DESY-PRC (1983)

PLUTO

Veröffentlichungen

PLUTO-KOLLABORATION,
CH. BERGER et al.

Energy Moments for Quark Jets at PETRA.
Z. Phys. C19 (1983) 205
und DESY 83-040

Measurement of Transverse Momenta in
 e^+e^- Annihilation Jets at PETRA.
DESY 83-054
zur Veröffentl. in Z. Phys. C

Measurement of the Muon Pair Asymmetry in
 e^+e^- Annihilation at $\sqrt{s} = 34.7$ GeV.
Z. Phys. C21 (1983) 53
und DESY 83-084

Exclusive Production of Hadron Pairs at
Large Momentum Transfer in Photon-Photon
Interactions.
DESY 83-122
zur Veröffentl. in Phys. Lett. B

A. ALI, F. BARREIRO
Energy-Energy Correlations in e^+e^- Annihila-
tion.
DESY 83-070
zur Veröffentl. in Nucl. Phys. B

CH. BERGER
Two Photon Physics.
PITHA 83/22, Aachen (1983)

G. BELLA
Results from PLUTO.
DESY PLUTO 83-02

L. CRIEGEE
Selected Recent Results from PETRA at
DESY.
DESY PLUTO 83-06

J. B. DANTON
Two Photon Physics.
RL-83-103, Rutherford Lab. (1983)

A. DEUTER
High p_T Reactions in Photon-Photon
Collisions.
Proc. of the Int. Conf. on Two-Photon
Interactions, Lake Tahoe (1983)
und DESY 83-088

M. POPPE

Q^2 -Dependence of Single Meson Production in $\gamma\gamma$ Collisions.
Proc. of the Int. Conf. on Two-Photon Interactions, Lake Tahoe (1983)
und DESY 83-088

H. SPITZER

Summary of the Experimental Discussion Session.
Lecture Notes in Phys. 191 (1983) 318
und DESY 83-059

W. WAGNER

Total Cross Section and Photon Structure Functions.
Lecture Notes in Phys. 191 (1983) 206
und PITHA 83/17, Aachen (1983)

Photon Structure Functions and Determination of α_s .

Proc. of the Int. Conf. on Two-Photon Interactions, Lake Tahoe (1983)
und DESY 83-088

Dissertationen**F. M. L. de ALMEIDA Jr.**

Sterman-Weinberg Jets and Energy Flow in the Center of Mass Energy Range 9.4 – 31.6 GeV.
Siegen (1983), DESY PLUTO 83-04

B. NEUMANN

Ladungseigenschaften von Quark-Jets in der e^+e^- -Annihilation bei 30 GeV.
Siegen (1983), DESY PLUTO 83-01

K.-H. PAPE

Die Energie-Energie-Korrelation hadronischer Ereignisse in der e^+e^- -Vernichtung bei Schwerpunktsenergien von 34.6 und 35 GeV im Vergleich mit der Quantenchromodynamik.
Hamburg (1983), DESY PLUTO 83-08

K. H. STUPPERICH

Bestimmung von α_s in 1. und 2. Ordnung QCD aus dem 3-Jet Wirkungsquerschnitt und Vergleich der Fragmentationsmodelle von Lund und Hoyer et al.
Siegen (1983), DESY PLUTO 83-03

Diplomarbeiten**K. DIEHLMANN**

Aufbau und Test von ebenen Driftkammern im Vorwärtsspektrometer des PLUTO-Detektors.
Hamburg (1983), DESY PLUTO 83-05

H. MÜLLER

Höhenstrahltest der zylindrischen Driftkammer des Detektors PLUTO.
Siegen (1983), DESY PLUTO 83-07

Vorträge**F. ALMEIDA**

A Sterman-Weinberg Type Jet.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

F. BARREIRO

Determining α_s in e^+e^- Continuum.
Plenarvortrag, XIth Winter Meeting on Fundamental Phys., Toledo (1983)

G. BELLA

Results from PLUTO.
Europhys. Study Conf. on Electroweak Effects at High Energies, Erice (1983)

CH. BERGER

Two Photon Physics 1983.
Plenarvortrag, Int. Symposium on Lepton-Photon Interactions, Cornell (1983)

V. BLOBEL

A Method for Unfolding the Photon Structure Function.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

J. BÜRGER

Selected Results from PETRA Experiments.
Plenarvortrag, 7th Int. Conf. on Experimental Meson Spectroscopy, Brookhaven (1983)

P. BUSSEY

Two-Photon Physics from PLUTO.
Seminarvortrag, Univ. Birmingham (1983)

S. CARTWRIGHT

High p_T Jets in the PLUTO Detector.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

High p_T Hadron Production in $\gamma\gamma$ Interactions.
Seminarvortrag, Rutherford Lab. (1983) und Oxford (1983)

C. Y. CHANG

Recent Results from PLUTO.
Seminarvortrag, John Hopkins Univ. Baltimore (1983) und Univ. of Maryland College Park (1983)

L. CRIEGEE

Selected Recent Results from PETRA at DESY.
Plenarvortrag, Kazimierz (1983)

J. DANTON

Two Photon Physics.
Plenarvortrag, Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

A. DEUTER

Messung der Photon-Strukturfunktion mit dem PLUTO-Detektor.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

High p_T -Phenomena in $\gamma\gamma$ -Reactions.
Int. Conf. on Two-Photon Interactions, Lake Tahoe (1983)

C. GRUPEN

Detektortechnologie für HERA.
Seminarvortrag, Siegen (1983)

Eigenschaften von Streamerrohren.
Seminarvortrag, Aachen (1983)

News from Cosmic Rays at High Energies.
Kolloquiumsvortrag, DESY (1983)

H. KAPITZA

Messung der Ladungsasymmetrie in der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ mit dem Detektor PLUTO.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

R. KELLOGG

Two-Gamma Exclusive Production of Muon and Hadron Pairs.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

B. KING

Measurements of F_2 .
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Structure Function and Event Topologies.
Seminarvortrag, DESY (1983)

G. KNIES

2 γ Scattering at Very Large Q^2 (10-130 GeV²).
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Results from PETRA Experiments on $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{Hadrons}$ at $0.1 < Q^2 < 120 \text{ GeV}^2$.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

K. KRASKI

Bestimmung von $F_2(x, Q^2)$ bei großen Q^2 und großen x -Werten aus dem PLUTO-Experiment.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

S. MAXFIELD

Preliminary Results on Double Tag Events.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

K.-H. PAPE

Energie-Energie-Korrelation hadronischer Ereignisse bei 35 GeV Schwerpunktsenergie.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Results of α_s -Measurements from Hadronic One-Photon Events at 35 and 34.6 GeV c.m. Energy, PLUTO.
 α_s - Meeting, DESY (1983)

J. PIELORZ

Analyse von Pionen, Elektronen und Photonen im PLUTO Vorwärtsspektrometer.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

M. POPPE

Q^2 -Dependence of Single Meson Production in $\gamma\gamma$ -Collisions.
Int. Conf. on Two-Photon Interactions, Lake Tahoe (1983)

F. RAUPACH

A new Determination of the Photon Structure Function.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

M. RIEBESELL

Tests von BGO-Schauerzählern.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

A. SKUJA

Recent Results on Two-Photon Interactions Using the PLUTO Detector.
Seminarvortrag, Rutherford Lab. (1983) und Univ. Coll. London (1983) und Univ. Oxford (1983)

H. SPITZER

Summary of the Experimental Discussion Session.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Harte $\gamma\gamma$ -Wechselwirkungen.
Seminarvortrag, Dortmund (1983)

Experimental Results on Hard Two-Photon Interactions
Seminarvortrag, MPI München (1983)

K. H. STUPPERICH

Vergleich der Fragmentationsmodelle von Lund und Hoyer et al. — Einfluß der Fragmentation auf die Bestimmung von α_s .
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

A. TYLKA

Recent Results from PLUTO.
Seminarvortrag, DESY (1983)

W. WAGNER

Total Cross Sections and Photon Structure Functions.
Plenarvortrag, 5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Photon Structure Functions and Determination of $\alpha_s(\Lambda)$.
Int. Conf. on Two-Photon Interactions, Lake Tahoe (1983)

Photon Structure Function.
Seminarvortrag, Fermilab, Batavia (1983)

K. WITTENBURG

Fotodiodenauslese von BGO-Schauerzählern.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

M. ZACHARA

Single Resonances Production in Two-Photon Interactions.
5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

Exclusive Processes in Two-Photon Interactions.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

TASSO

Veröffentlichungen

TASSO-KOLLABORATION,
M. ALTHOFF et al.

D^{*+} Production by e^+e^- Annihilation near 34.4 GeV c.m. Energy.
Phys. Lett. 126B (1983) 493
und DESY 83-010

Differential Cross Sections for $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$ in the c.m. Energy Range from 2.0 to 3.1 GeV.
Phys. Lett. 130B (1983) 449
und DESY 83-064

Observation of Ξ^- , Ξ^0 Production in e^+e^- Annihilation.
Phys. Lett. 130B (1983) 340
und DESY 83-071

An Improved Measurement of Electroweak Couplings from $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ and $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$.
Z. Phys. C22 (1984) 13
und DESY 83-089

Properties of Charm Jets Produced in e^+e^- Annihilation Near 34 GeV.
Phys. Lett. 135B (1984) 243
und DESY 83-114

Observation of Hard Processes in Collisions of Two Quasi-Real Photons.
DESY 83-115
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

Observation of F Meson Production in High Energy e^+e^- Annihilation.
Phys. Lett. 136B (1984) 130
und DESY 83-119

Production and Muonic Decay of Heavy Quarks in e^+e^- Annihilation at 34.5 GeV.
Z. Phys. C22 (1984) 219
und DESY 83-121

Jet Production and Fragmentation in e^+e^- Annihilation at 12 – 43 GeV.
DESY 83-130
zur Veröffentl. in Z. Phys. C

Measurement of R and Search for the Top Quark in e^+e^- Annihilation between 39.8 and 45.2 GeV.
DESY 84-001
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

Evidence for Local Compensation of Baryon Number in e^+e^- Annihilation.
DESY 84-004
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

Experimental Test of the Flavor Independence of the Quark-Gluon Coupling.
DESY 84-005
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

H. KOLANOSKI

Recent Results from e^+e^- Experiments.
Proc. of the XIVth Spring Symposium on High Energy Phys., Georgenthal (1983)
und KMU-HEP 83-07, Leipzig (1983)

Hadronic Final States in Soft Photon-Photon Scattering.
Proceedings of the 5th Int. Workshop on Photon-Photon Collisions, Aachen (1983)

E. LOHRMANN

Einführung in die Elementarteilchenphysik.
(Teubner-Verlag)

P. MUSSET, M. PRICE, E. LOHRMANN
Search for Magnetic Monopoles in Electron-Positron Collisions at 34 GeV c.m. Energy.
Phys. Lett. 128B (1983) 333.

G. WOLF

The Determination of α_s in e^+e^- Annihilation.
zur Veröffentl. in Proc. XIVth Int. Symposium on Multiparticle Dynamics, Granlibakken, Lake Tahoe (1983)

Dissertation

L. KÖPKE

Die Erzeugung von $K\bar{K}$ und $p\bar{p}$ -Endzuständen in Photon-Photon-Stößen.
Bonn IR-83-16, Univ. Bonn (1983)

Diplomarbeit

T. KRACHT

Die Proportionalkammern des neuen TASSO-Vorwärtsdetektors.

Vorträge

M. ALTHOFF

Die inklusiven Wirkungsquerschnitte für geladene Pionen, Kaonen und Nukleonen in der e^+e^- Vernichtung bei hohen Energien.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

M. DITTMAR

Messung von K^0 , $\bar{K}^0$ und K^* Produktion in e^+e^- -Vernichtung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

E. HILGER

Photon-Photon-Wechselwirkungen.
Plenarvortrag, DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Photon-Photon-Wechselwirkungen.
Stand nach der Aachen-Konferenz.
Univ. Bonn (1983)

Resonances in Two-Photon Scattering.
XIVth Int. Symposium on Multiparticle Dynamics, Granlibakken, Lake Tahoe (1983)

U. KARSHON

Search for Unusual and Heavy States in $\gamma\gamma$ -Collisions.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

F. J. KIRSCHFINK

Bestimmung der Photonstrukturfunktion $F_2(Q^2, W)$ bei hohen Impulsüberträgen.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Experimental Study of the Photon Structure Function $F_2(x, Q^2)$ in the High Q^2 Region.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

L. KÖPKE

Anregung des Tensormesons $f'(1520)$ in Photon-Photon-Stößen.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Analysis of the Processes $\gamma\gamma \rightarrow K^+K^-$ and $\gamma\gamma \rightarrow K_S^0\bar{K}_S^0$.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

Analysis of the Processes $\gamma\gamma \rightarrow K\bar{K}$ and $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$.
Seminarvortrag, Univ. of California Santa Cruz (1983)

H. KOLANOSKI

Recent Results from e^+e^- Experiments.
XIVth Spring Symposium on High Energy Phys., Georgenthal (1983)

Hadronic Final States in Soft Photon-Photon Scattering.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

H. J. KRASEMANN

Charged Hadron Identification with the TASSO Detector at PETRA.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

H. KÜCK

Proton-Antiprotonpaare, erzeugt in der Zwei-Photon-Streuung.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Exclusive Proton-Antiproton Production in Two-Photon Collisions.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

Baryon-Paarproduktion in Zweiphoton-Stößen.
Univ. Bonn (1983)

P. LEU

Results on Electroweak Interactions at PETRA.
Topical Conf. on Radiative Corrections in $SU(2) \times U(1)$, Triest (1983)

Observation of Hard Processes in Untagged $\gamma\gamma$ Collisions.

Results on Exclusive Reactions in $\gamma\gamma$ Collisions.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

E. LOHRMANN

Review of e^+e^- Physics with PETRA.
Topical Conf. of the 1983 SLAC Summer Inst. on Particle Phys.

K. LÜBELSMEYER

Hadron Production in e^+e^- Annihilation.
XVIIIth Rencontre de Moriond, La Plagne (1983)

Liquid Argon Electromagnetic Calorimeter for the TASSO Detector at PETRA.
TIFR, Bombay (1983)

P. MÄTTIG

Quark Fragmentation in e^+e^- Jets.
XVIIIth Rencontre de Moriond, La Plagne (1983)

H.-U. MARTYN

Beobachtung elektroschwacher Interferenzeffekte in leptonschen Reaktionen mit TASSO.
Kolloquiumsvortrag, Aachen (1983)

D. NOTZ

Status des 370/E-Projekts bei DESY.
Rutherford Lab. (1983)

D. PANDOULAS

Hadron Composition of the Final State in High Energy e^+e^- Annihilation.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Recent Results from TASSO on Baryon Production in Jets.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys., Brighton (1983)

J. RIMKUS

Messung der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ bei PETRA-Energien.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

G. RUDOLPH

Bestimmung von α_s in der e^+e^- Annihilation.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

W. SCHÜTTE

Der TASSO Vertex-Detektor.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

N. WERMES

Difficulties and Inherent Problems in the Determination of $\alpha_s(W)$.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

E. WICKLUND

Inklusive Elektronen im TASSO Flüssig-Argon-Zähler.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

G. WOLF

Quark Fragmentation and Jets.
Kolloquiumsvortrag, MPI München (1983)

Particle Production in High Energy e^+e^- Annihilation.
Kolloquiumsvortrag, LBL Berkeley (1983)

Recent Results from TASSO and the HERA Project.
Kolloquiumsvortrag, SLAC Stanford (1983)

Quark Fragmentation.
Kolloquiumsvortrag, CERN (1983)

High Energy e^+e^- Annihilation.
Univ. Bari (1983)

Kann man Quarks sehen?
Kolloquiumsvortrag, Siegen (1983)

The Determination of α_s in e^+e^- Annihilation.
XIVth Int. Symposium on Multiparticle Dynamics, Granlibakken, Lake Tahoe (1983)

Das Experiment TASSO.
DESY (1983)

Jet Production and Fragmentation.
Theory Workshop, DESY (1983)

The HERA Project.
Seminarvortrag, Weizmann Inst. Rehovot (1983)

Elementarteilchenphysik, Stand und Ziel.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Dortmund (1983)

M. WOLLSTADT

Durchsicht des e^+e^- -Schwerpunktenergiebereichs von 38 bis 38.6 GeV mit TASSO.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

Eine detaillierte Analyse der Zwei-Photon-Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

A Detailed Analysis of the Reaction $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^+\pi^-$.
5th Int. Workshop on Photon-Photon-Collisions, Aachen (1983)

Crystal Ball

Veröffentlichungen

CRYSTAL BALL-KOLLABORATION,
D. P. BARBER et al.
und ARGUS-KOLLABORATION

A Precision Measurement of the Y' Mass.
DESY 83-067
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

G. CONFORTO
Study of Y' Radiative Decays with the Crystal Ball at DORIS II.
INFN/G 1 83/002
zur Veröffentl. in Proc. Workshop on Search for Heavy Flavours, Como (1983)

J. E. GAISER
Results from the Crystal Ball at DORIS II.
SLAC-PUB-3232
zur Veröffentl. in Proc. SLAC Summer
Institute (1983)

A. SCHWARZ
First Results from the Crystal Ball at
DORIS II.
DESY 83-108

Study of Radiative Decays of the Υ' with the
Crystal Ball at DORIS II.
Proc. Europhys. Conf. on High Energy Phys.,
Brighton (1983)

Vorträge

K. KOENIGSMANN
Spektroskopie schwerer Quarks.
DPG-Tagung, Wuppertal (1983)

U. STROHBUSCH
Der Crystal Ball an DORIS II.
Univ. Hamburg (1983)

K. WACKER
Neue Ergebnisse vom Crystal Ball Detektor.
Univ. Heidelberg (1983)

J. K. BIENLEIN
Die starke Wechselwirkung — von der Ent-
deckung des Neutrons zu den Quarkonia.
Festkolloquium Univ. Erlangen-Nürnberg
(1983)

F. H. HEIMLICH
Quarkonia and Υ , Υ' Results at DORIS II.
Univ. Florenz (1983)

Veröffentlichung

LENA-KOLLABORATION

J. K. BIENLEIN
Gluon Fragmentation in $\Upsilon(1S)$ Decays.
Proc. XVIIIth Rencontre de Moriond,
Aime La Plagne (1983)
und DESY 83-037

ARGUS

Veröffentlichungen

ARGUS-KOLLABORATION,
A. ALBRECHT et al.

The ARGUS Driftchamber.
Nucl. Instr. Meth. 217 (1983) 153

Branching Ratio and Mass Spectrum of the
Decay $\Upsilon' \rightarrow \Upsilon \pi^+ \pi^-$.
Phys. Lett. 134B (1984) 137

A Precision Measurement of the Υ' Meson
Mass.
zur Veröffentl. in Phys. Lett.

A. DRESCHER et al.
The ARGUS Electron/Photon Calorimeter.
DESY 83-023

A. ARAFIEV et al.
The ARGUS Muon Chambers.
DESY 83-025

Vorträge

H. ALBRECHT
First Results from ARGUS.
Lawrence Berkeley Lab. (1983) und SLAC
Stanford (1983) und Univ. Kansas (1983) und
Fermilab Batavia (1983)

M. DANILOV
The ARGUS Driftchamber.
Wire Chamber Conf., Wien (1983)

W. FRISKEN
First Results from ARGUS.
Canadian Underground Phys. Conf.,
Toronto (1983) und Princeton Univ. (1983)
und Michigan Univ. (1983) und
Chicago Univ. (1983)

R. S. ORR
Recent Results from ARGUS.
Univ. Rochester (1983)

J. D. PRENTICE
Recent Results from ARGUS.
Canadian Association of Physicists,
Annual Congress, Victoria (1983) und
Nucl. Phys. Lab. Oxford (1983)

W. SCHMIDT-PARZEFALL
First Results from ARGUS.
Seminarvortrag, CERN (1983)

H. SCHRÖDER
First Results from ARGUS.
Gordon Res. Conf., Andover (1983)

H. D. SCHULZ
Recent Results from ARGUS.
Int. Europhys. Conf. on High Energy Phys.,
Brighton (1983)

EMC

Veröffentlichungen

EUROPEAN MUON COLLABORATION,
J. J. AUBERT et al.

Measurement of $R = \sigma_p/\sigma_n$ in Deep Inelastic
Muon-Proton Scattering.
Phys. Lett. 121B (1983) 87

Measurement of the Deuteron Structure
Function F_2 and a Comparison of Proton and
Neutron Structure.
Phys. Lett. 123B (1983) 123

Production of Charmonium in 250 GeV
 μ^+ Iron Interactions.
Nucl. Phys. B213 (1983) 1

Production of Charmed Particles in 250 GeV
 μ^+ Iron Interactions.
Nucl. Phys. B213 (1983) 31

The Ratio of the Nucleon Structure Functions
 F_2 for Iron and Deuterium.
Phys. Lett. 123B (1983) 275

Measurement of Hadronic Azimuthal Distri-
butions in Deep Inelastic Muon Proton
Scattering.
Phys. Lett. 130B (1983) 118

Production of π^0 Mesons in Muon Hydrogen
Interactions at 200 GeV.
Z. Phys. C18 (1983) 189

A Search for Free Quarks in Deep Inelastic
Muon Scattering.
CERN-EP 83-122

$\bar{q}^0$ Production in Deep Inelastic μ p Inter-
actions.
CERN-EP 83-125

A Comparison of Proton, Antiproton and
Meson Distributions in Final States of Deep
Inelastic Muon Scattering.
CERN-EP 83-164

EUROPEAN MUON COLLABORATION
J. P. ALBANESE et al.

The Vertex and Large Angle Detectors of a
Spectrometer System for High Energy Muon
Physics.
Nucl. Instr. Meth. 212 (1983) 111

HASYLAB

Anmerkung: Die vollständige Liste von Ver-
öffentlichungen und Vorträgen sämtlicher im
HASYLAB tätigen Experimentiergruppen ist
im HASYLAB-Jahresbericht abgedruckt.

Veröffentlichungen

G. TOLKIEHN, W. PETERSEN
A Method for the Quantitative Determination
of Synchrotron Radiation X-Ray Spectra for
Absolute XRF — Trace Element Detection.
Nucl. Instr. Meth. 215 (1983) 515
und DESY SR 83-01

J. BARTH, F. GERKEN, J. SCHMIDT-MAY,
A. FLODSTRØM, L. I. JOHANSSON
Two Valence States in Oxidized Europium
Metal.
Chem. Phys. Lett. 96 (1983) 532
und DESY SR 83-02

- F. GERKEN, J. SCHMIDT-MAY
Calculated Photoemission Spectra of the 5f States in the Actinides.
J. Phys. F13 (1983) 1571
und DESY SR 83-03
- E. ROICK, R. GAETHKE, G. ZIMMERER, P. GÜRTLER
Self-Trapping of Hot and Thermalized Excitons in Solid Xenon.
Solid State Comm. 47 (1983) 333
und DESY SR 83-04
- R. MÜNCH, H. D. HOCHHEIMER, A. WERNER, G. MATERLIK, A. JAYARAMAN, K. V. RAO
High Pressure and EXAFS-Study of Cr-Rich Cr-Ge Alloys.
Phys. Rev. Lett. 50 (1983) 1619
und DESY SR 83-05
- T. PERMIEN, R. ENGELHARDT, C. A. FELDMANN, M. IWAN, E. E. KOCH
Angle-Resolved Photoemission from Oriented Films of Lead Phthalocyanine on a Cu(100) Surface.
Chem. Phys. Lett. 98 (1983) 527
und DESY SR 83-06
- E. SCHMIDT, H. SCHRÖDER, B. SONNTAG, H. VOSS, H. E. WETZEL
Resonant Vacuum Ultraviolet Photoemission of Atomic Fe, Co and Ni.
J. Phys. B16 (1983) 2961
und DESY SR 83-08
- G. MATERLIK, B. SONNTAG, M. TAUSCH
Experimental Atom-to-Solid L-Level Shifts for Ce, Sm, Gd and Er.
Phys. Rev. Lett. 51 (1983) 1300
und DESY SR 83-09
- J.-H. FOCK, H.-J. LAU, E. E. KOCH
Electronic Band Structure of Solid CO₂ as determined from the hv — Dependence of Photoelectron Emission.
DESY SR 83-10
zur Veröffentlich. in Chem. Phys.
- E. ROICK, R. GAETHKE, P. GÜRTLER, T. O. WOODRUFF, G. ZIMMERER
Observation of Surface Sensitive Luminescence in Solid Argon; Relation to Self-Trapping and Relaxation of Excitons.
DESY SR 83-11
zur Veröffentlich. in J. Phys. C.
- B. F. SONNTAG
Experimental Progress in Atomic and Molecular Photoionization.
Book of Invited Papers XIIIth Int. Conf. on the Phys. of Electronic and Atomic Collisions, Berlin (1983) und DESY SR 83-12
- G. MATERLIK, P. SUORTTI
Measurement of the Polarization of X-Rays from a Synchrotron Source.
DESY SR 83-13
zur Veröffentlich. in J. Appl. Cryst.
- C. KUNZ
Intershell Coupling Phenomena in Photoemission from solids.
Proc. XIIIth Int. Conf. on Vacuum Ultraviolet Radiation Phys., Jerusalem (1983) und DESY SR 83-15
- H. Cerva, W. GRAEFF
Contrast Investigations of Surface Acoustic Waves by Stroboscopic Topography.
I. Orientation Contrast
DESY SR 83-16
zur Veröffentlich. in Phys. Stat. Sol. A.
- J.-H. FOCK, E. E. KOCH
Partial Cross Sections and Autoionization Resonances in the Valence Shell Photoemission from Solid Acetylene.
DESY SR 83-16
zur Veröffentlich. in Chem. Phys. Lett.
- U. O. KARLSSON, S. A. FLODSTRÖM, R. ENGELHARDT, W. GÄDEKE, E. E. KOCH
Intrinsic Surface State on Be (0001).
DESY SR 83-17
zur Veröffentlich. in Solid State Comm.
- K. SEKI, U. KARLSSON, R. ENGELHARDT, E. E. KOCH
Intramolecular Energy Band Dispersion of n-C₃₆H₇₄ Observed by Angle-Resolved Photoemission with Synchrotron Radiation.
DESY SR 83-18
zur Veröffentlich. in Chem. Phys. Lett.
- R. REININGER, S. BERNSTORFF, P. LA-ORTE, V. SAILE, I. T. STEINBERGER
Extrinsic Photoconductivity in Xenon-Doped Fluid Argon and Krypton.
DESY SR 83-20
zur Veröffentlich. in Chem. Phys.
- TH. MOELLER, B. JORDAN, P. GÜRTLER, G. ZIMMERER, D. HAAKS, J. Le CALVÉ, M. C. CASTEX
Analysis of Structured Fluorescence Spectra of the Cl₂ Molecule Excited Selectively with Synchrotron Radiation.
Spectral Line Shapes, Vol. 2, Walter de Gruyter & Co. (1983)
- Spectroscopic Investigation of the Electronic Structure of the Chlorine Molecule in the VUV.
Chem. Phys. 76 (1983) 295
und DESY SR 82-15
- F. GERKEN
Calculated Photoemission Spectra of the 4f States in the Rare Earth Metals.
J. Phys. F13 (1983) 703
und DESY SR 82-12
- J. BARTH, F. GERKEN, C. KUNZ
Atomic Nature of the L_{2,3} — White Lines in Ca, Sc and Ti Metals as Revealed by Resonant Photoemission.
Phys. Rev. B28 (1983) 3608
- W. MALZFELDT, W. NIEMANN, P. RABE, N. SCHWENTNER
EXAFS Studies of Krypton Atoms in Matrices of Argon and Nitrogen.
EXAFS and Near Edge Structures, Springer Series in Chem. Phys. 27 (1983) 203
- P. DREIER, P. RABE, W. MALZFELDT, W. NIEMANN
Anomalous Scattering Factors from X-Ray Absorption Data by Kramers-Kronig Analysis.
EXAFS and Near Edge Structures, Springer Series in Chem. Phys. 27 (1983) 379
- R. KNAUF, A. THOMÄ, H. ADRIAN, R. L. JOHNSON
Phase Diagram and High Resolution Photoemission Study of the Superconducting and Magnetic Pseudoternary bct Ho(Rh_{1-x}Ru_x)₂B₄ System.
zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B
- J. JORTNER, E. E. KOCH, N. SCHWENTNER
Excitons and Energy Transfer in Insulators. Photophys. and Photochem. in the Vacuum Ultraviolet, D. Reidel Publishing Company (1983)
und HASYLAB 83-04
- E. E. KOCH, P. GÜRTLER
Methods to Study Higher Excited States in Molecules and Molecular Crystals by Means of Synchrotron Radiation.
Photophys. and Photochem. in the Vacuum Ultraviolet, D. Reidel Publishing Company (1983)
und HASYLAB 83-07
- E. E. KOCH
Photoemission from Molecular Crystals, Bandstructure and Resonance Effects. Electronic Excitations and Interaction Processes in Organic Molecular Aggregates, Springer Series in Solid State Sciences, (1983)
und HASYLAB 83-08
- Soft X-Ray Spectroscopies Applied to the Study of Organic Materials.
HASYLAB 83-10
zur Veröffentlich. in Advances in Soft X-Ray Science and Technology, SPIE Proceedings Vol. 447 (1983)
- E. E. KOCH, D. E. EASTMAN, Y. FARGE
Synchrotron Radiation — A Powerful Tool in Science.
Handbook on Synchrotron Radiation, North Holland Publishing Company (1983)
- J.-H. FOCK, H. J. LAU, E. E. KOCH
Electronic Band Structure of Solid CO₂ as Determined from Excitation Energy Dependence of Photoelectron Emission Spectra.
zur Veröffentlich. in Chem. Phys.
- N. SCHWENTNER, E. E. KOCH, J. JORTNER
Energy Transfer in Solid Rare Gases.
zur Veröffentlich. in Energy Transfer in Condensed Matter, Plenum Press

R. I. G. UHRBERG, G. V. HANSSON,
U. O. KARLSSON, J. M. NICHOLLS,
P. E. S. PERSSON, S. A. FLODSTRÖM,
R. ENGELHARDT, E. E. KOCH
A Well Known Surface State on Si (III) 2x1
Identified as a Bulk Contribution.
zur Veröffentl. in Phys. Rev. Lett.

B. LENGELER, J. E. MÜLLER, G. MATERLIK
Near Edge Structure in Cerium and Cerium
Compounds.
EXAFS and Near Edge Structure, Springer
Series in Chem. Phys. 27 (1983) 151

L-Edge X-Ray Absorption Spectra of γ - and
 α -Cerium.
Phys. Rev. B28 (1983) 2276

G. MATERLIK, J. E. MÜLLER, J. W. WILKINS
L-Edge Absorption Spectra of the Rare
Earths: Assessment of the Single-Particle
Picture.
Phys. Rev. Lett. 50 (1983) 267

G. MATERLIK, J. ZEGENHAGEN,
A. FATTAH, W. UELHOFF
Untersuchungen an Kupfer-Einkristallen mit
Röntgeninterferenzfeldern.
23. Diskussionstagung der Arbeitsgemein-
schaft Kristallographie, Tübingen (1983)
Z. Kristallogr. 162 (1983) 167

M. J. BEDZYK, G. MATERLIK, M. V. KOVAL-
CHUK, E. K. MUKHAMEDZHANOV
X-Ray Standing Wave Field Induced Photo-
electron Analysis of Disordered Layers on
Single Crystals.
Abstracts Vllth Int. Conf. on Crystal Growth,
Stuttgart (1983)

A. KROLZIG, G. MATERLIK, M. SWARS,
J. ZEGENHAGEN
A Feedback Control System for Synchrotron
Radiation Double Crystal Instruments.
zur Veröffentl. in Nucl. Instr. Meth.

O. KESKI-RAHKONEN, G. MATERLIK,
B. SONNTAG, J. TULKKI
The L-Level X-Ray Absorption Spectra of
Atomic Barium and Mercury.
zur Veröffentl. in J. Phys. B

M. J. BEDZYK, G. MATERLIK,
M. V. KOVALCHUK
X-Ray Standing Wave Modulated Electron
Emission near Absorption Edges in Non-
centrosymmetric Crystals.
zur Veröffentl. in Phys. Rev. B

Depth Selective X-Ray Standing Wave
Analysis.
zur Veröffentl. in Phys. Rev. Lett.

G. MATERLIK, A. FRAHM, M. J. BEDZYK
X-Ray Interferometric Solution of the Surface
Registration Problem.
zur Veröffentl. in Phys. Rev. Lett.

G. MATERLIK, J. ZEGENHAGEN,
W. UELHOFF
Investigation of Electrochemically Deposited
Surface Layers with X-Ray Interference
Fields.
Abstracts Vllth Int. Conf. on Crystal Growth,
Stuttgart (1983)

J. REICHARDT, L. LEY, R. L. JOHNSON
Band Edges, Fermi Level Position, and Hy-
drogen Concentration in Surface Near Re-
gions of α -Si:H.
Proc. of Xth Int. Conf. on Amorphous and Li-
quid Semiconductors, Tokyo (1983)

R. KÄRCHER, R. L. JOHNSON, L. LEY
Photoemission Study of Hydrogenated and
Unhydrogenated Amorphous Si_xH_y ($0 \leq x \leq 2$).
Proc. Xth Int. Conf. on Amorphous and Liquid
Semiconductors, Tokyo (1983)

C. RIEKEL
Dynamic Structural Variation in Polyacetylene
Studied by Synchrotron Radiation.
Makromol. Chem., Rapid Commun. 4 (1983)
479

C. RIEKEL, K. MENKE
A Synchrotron Scattering Study on the Doping
of Polyacetylene by I_2 Molecular Crystals and
Liquid Crystals.

R. REININGER, U. ASAF, I. T. STEINBERGER,
V. SAILE, P. LAPORTE
Photoconductivity and the Evolution of
Energy Bands in Fluid Xenon.
Phys. Rev. B28 (1983) 3193

Photoionization of Xenon Below the Atomic
Ionization Potential.
DESY SR 82-20
zur Veröffentl. in Phys. Rev. A

E. SCHMIDT, H. SCHRÖDER, B. SONNTAG,
H. VOSS, H. E. WETZEL
 $M_{2,3}$ - Shell Auger and Autoionization Spec-
tra of Free Cr, Mn, Fe, Co, Ni und Cu Atoms.
zur Veröffentl. in J. Phys. B

Vorträge

Vllth International Conference on
Vacuum Ultraviolet Radiation Physics,
Jerusalem (1983)
Veröffentlicht in Annals of the Israel Physical
Society 6 (1983)

J.-H. FOCK, H. J. LAU, E. E. KOCH
Electronic Band Structure of Solid CO_2 as
Determined from the Excitation Energy
Dependence of Photoelectron Emission
Spectra.

R. ENGELHARDT, C. A. FELDMANN,
W. GÄDEKE, U. KARLSSON, E. E. KOCH,
T. PERMIEN
Angle-Resolved Valence Band Photoemis-
sion from Oriented Films of Organic and
Metal-Organic Molecules on Metal Surfaces.

J.-H. FOCK, E. E. KOCH
Shape Resonances in Photoemission from
Condensed Films of Small Molecules.

B. JORDAN, G. ZIMMERER, D. HAAKS,
M. C. CASTEX, J. Le CALVÉ
Spectroscopic and Kinetic Study of Rare Gas
Chlorides with VUV Synchrotron Radiation
Excitation.

E. ROICK, R. GAETHKE, P. GÜRTLER,
G. ZIMMERER
Time Resolved Luminescence Spectroscopy
of Rare Gas Solids under Selective Excitation
with Synchrotron Radiation.

TH. MÖLLER, J. Le CALVÉ, M. C. CASTEX,
D. HAAKS, B. JORDAN, P. GÜRTLER,
G. ZIMMERER
VUV Absorption and Fluorescence of the
 Cl_2 Molecule.

S. BERNSTORFF, V. SAILE
Photoemission from Excitons and the Lowest
Conduction Band States in Rare Gas Solids.

R. REININGER, U. ASAF, I. T. STEINBERGER,
P. LAPORTE, S. BERNSTORFF, V. SAILE
Photoionization Processes Involving Xenon
Excimers.

S. BERNSTORFF, P. LAPORTE,
R. REININGER, V. SAILE, I. T. STEIN-
BERGER, J. L. SUBTIL
Excitons in Fluid and Solid Argon.

R. REININGER, S. BERNSTORFF, P. LA-
PORTE, V. SAILE, I. T. STEINBERGER
Photoconduction in Fluid and Solid Argon
Doped by Xenon Impurity.

R. REININGER, U. ASAF, I. T. STEINBERGER,
P. LAPORTE, S. BERNSTORFF, V. SAILE
Electron Energy Bands in Fluid Xenon, Kryp-
ton and Argon.

J. SCHMIDT-MAY, R. NYHOLM
Photoemission Studies of the Oxidation of
Eu, Yb, Lu and Hf Metals.

**Frühjahrstagung der DPG Atomphysik,
Molekülphysik etc., Regensburg (1983)**
Veröffentlicht in Verhandl. DPG (VI) 18 (1983)

R. BRUHN, E. SCHMIDT, H. SCHRÖDER,
B. SONNTAG, H. VOSS, H. E. WETZEL
Photoelektronenspektroskopie an atomarem
Fe, Co und Ni im Bereich der 3p-Rumpfanre-
gungen.

E. SCHMIDT, H. SCHRÖDER, B. SONNTAG,
H. VOSS, H. E. WETZEL
Elektronenangeregte Augerspektren von ato-
marem Cr, Mn, Fe, Co, Ni und Cu.

J.-H. FOCK, E. E. KOCH
Analyse der partiellen Wirkungsquerschnitte
in der Valenzband Photoemission von kleinen
Molekülen in fester Phase.

Shape Resonanzen in der Photoemission an festen kleinen organischen Molekülen.

W. KRONAST, W. MEHLHORN
Neue Messung des Alignments des Cd^+ ($4d^9 5s^2 \ ^2D_{5/2}$)-Zustands nach Photoionisation.

B. JORDAN, G. ZIMMERER, D. HAAKS, J. Le CALVÉ, M. C. CASTEX
Bildung und strahlender Zerfall von XeCl in Cl_2 dotiertem Xe.

DPG-Frühjahrstagung, Festkörperphysik, Freudenstadt (1983)
Veröffentlicht in Verhandl. DPG (VI) 18 (1983)

S. BERNSTORFF, V. SAILE
Photoemission aus Exzitonenniveaus und vom Leitungsbandboden in festen Edelgasen.

G. MATERLIK, B. SONNTAG, M. TAUSCH
L-Röntgenabsorptionskanten von atomarem und metallischem Ce, Sm und Er.

F. SLOTTKE, J. SCHMIDT-MAY, C. KUNZ, E. E. KOCH
Resonante Photoemission an Nickelhalogeniden.

J. SCHMIDT-MAY, R. NYHOLM
Photoemissionsuntersuchungen an oxydiertem Europium- und Ytterbium-Metall.

R. GAETHKE, E. ROICK, G. ZIMMERER, P. GÜRTLER
Photolumineszenz- und Anregungsspektren von festem Neon.

E. ROICK, R. GAETHKE, G. ZIMMERER, P. GÜRTLER
Zeit- und energieaufgelöste Photolumineszenz von festem Argon, Krypton und Xenon.

R. MÜNCH, H. D. HOCHHEIMER, A. WERNER, K. V. RAO, G. MATERLIK
EXAFS-Untersuchung von Chrom dotiert mit Ge.

15th Europhys. Conf. on Macromolecular Physics and Hamburg Macromolecular Symposium, Hamburg (1983)

C. RIEKEL
X-Ray Diffraction on Polymers by Using the Synchrotron Radiation Facility at DESY in Hamburg.

K. SEKI, U. KARLSSON, R. ENGELHARDT, E. E. KOCH
Angle Resolved Photoemission Studies of the Valence Bands of $n\text{-C}_{36}\text{H}_{74}$ Utilizing Synchrotron Radiation.

ESRP Workshop „Synchrotron Radiation Users Requirements of the ESRF“, Schloß Nordkirchen (1983)

W. GRAEFF, M. SAUVAGE, T. TUOMI
Topography at the ESRF.

W. GRAEFF
Report on the Possible Use of the ESRF for Angiography.

G. MATERLIK
Crystal Monochromators.

Standing Waves.

V. SAILE
X-Ray Mirrors.

XIIIth Int. Conf. on the Phys. of Electronic and Atomic Collisions, Berlin (1983)

E. SCHMIDT, H. SCHRÖDER, B. SONNTAG, H. VOSS, H. E. WETZEL
Electron Spectroscopy of Atomic Fe, Co and Ni excited by VUV Photon Impact.

U. BECKER, E. SCHMIDT, B. SONNTAG, H. E. WETZEL, A. VINOGRADOV
Resonant Photoemission Study of the Xe-4d-Excitations.

J.-H. FOCK
Shape-Resonanzen in der Photoemission an Molekülkristallen kleiner Moleküle.
Seminarvortrag, MPI für Festkörperforschung Stuttgart (1983)

J.-H. FOCK, E. E. KOCH
Shape Resonances in Photoemission from Simple Molecular Crystals.
Int. Workshop on Atomic and Molecular Photoionization, Berlin (1983)

W. GRAEFF
Monochromators and Optical Elements for Synchrotron Radiation.
Workshop „Beam Definition Devices: Neutron Monochromators, Mirrors, Polarizers, Choppers“, KfA Jülich (1983)

Some Considerations on Non-Invasive Angiography with Synchrotron Radiation.
L.U.R.E., Orsay (1983)

Angiography with Synchrotron Radiation.
EMBL Meeting „Synchrotron Radiation in Biology“, Hamburg (1983) und Kolloquiumsvortrag, Univ. Hamburg (1983)

E. E. KOCH
Photoemission from Molecular Crystals: Final State Resonances and Angular Resolved Measurements.
Meeting of the Study Group on Solid State Spectroscopy, Council of Europe, Cortona (1983)

Spectroscopy of Organic Molecules and Molecular Crystals.
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Post graduate lecture program of the Swiss Western Universities on „Synchrotron Radiation“ (1983)
Electronic Structure of Organic Molecular Crystals.
ETH Zürich (1983)

Photoemission from Molecular Crystals, Bandstructure and Resonance Effects.
Int. Symposium on Electronic Excitations and Interaction Processes in Organic Molecular Aggregates, Elmau (1983) und Kolloquiumsvortrag, Wisconsin Univ. Madison (1983)

Electronic Structure of Molecular Crystals: Initial States, Final States and Decay Processes.
Kolloquiumsvortrag, Brookhaven Nat. Lab. Upton (1983)

Conference Summary.
Vllth Int. Conf. on Vacuum Ultraviolet Radiation Phys., Jerusalem (1983)

Soft X-Ray Spectroscopies Applied to the Study of Organic Materials.
The Brookhaven Conference: Advances in Soft X-Ray Science and Technology, (1983)

Spektroskopie und Strukturuntersuchungen mit Synchrotronstrahlung.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Würzburg (1983)

Synchrotron Radiation Sources, Present and Future.
Int. Workshop on Atomic and Molecular Photoionization, Berlin (1983)

G. MATERLIK
Stehende Röntgeninterferenzfelder als Mikrosonde im Festkörper und an der Oberfläche.
Seminarvortrag, MPI für Festkörperforschung, Stuttgart (1983)

DORIS II als Synchrotronstrahlungsquelle.
EMBL Workshop, Hamburg (1983)

W. NIEMANN
Physikalische und Technische Grundlagen von Röntgenmonochromatoren für den Einsatz am Speicherring.
Seminarvortrag, PTB Berlin (1983)

EXAFS-Studies of Matrixisolated Systems.
Europhys. Study Conf. „Clusters of Atoms“, Bad Honnef (1983)

C. RIEKEL
Neutron and Synchrotron Scattering Studies on the Doping of Polyacetylene by AsF_5 and I_2 .
Symposium on Order in Polymeric Materials: Implications for Electronic, Magnetic and Optical Phenomena, Waltham (1983)

Strukturuntersuchungen an Polyacetylen.
DPG-Tagung, Ulm (1983)

V. SAILE
HASLAB-Organization and Experimental Programme.
Chinese Conf. on Synchrotron Radiation, Hefei (1983)

Beamlines, Experimental Stations and Science Programme at HASLAB.
Inst. for High Energy Phys. Peking (1983)

Recent Solid State Studies with Synchrotron Radiation.
Jerusalem Univ. (1983)

Combined Excitation by Laser- and Synchrotron Radiation.
Extended Scientific Council, DESY (1983)

Interaction of Light with Matter — Selected Experimental Techniques and Results.
Cours Int. Post-Universitaires,
Univ. Liège (1983)

Laser.
DESY (1983)

Spectroscopy of Excited States by Combining Synchrotron Radiation with a Laser.
Wissenschaftliches Symposium,
Univ. Hamburg und Karls-Univ. Prag, (1983)

B. SONNTAG
Many-Electron Effects in Inner Shell Excitations of Atoms by Photon Impact.
Annual Meeting of the Society for Atomic Collision Research in Japan, Tokyo (1983)

B. SONNTAG, A. YAGISHITA
VUV Spectroscopy of Free Metal Atoms.
Annual Meeting of the Physical Society of Japan, (1983)

M. C. CASTEX, J. Le CALVÉ, B. JORDAN, G. ZIMMERER, D. HAAKS
Etude Spectroscopique et Cinétique du Mélange Cl_2 /Argon Excité par le Rayonnement Synchrotron.
Kolloquiumsvortrag, Orleans (1983)

Dissertationen

J.-H. FOCK
Photoemissionsmessungen an den Molekülkristallen von SF_6 , CCl_4 , N_2 , CO_2 , C_2H_2 und C_2H_4 mit veränderlicher Anregungsenergie.
Univ. Hamburg (1983)
HASLAB 83-11

R. FRAHM
Röntgenabsorptionsfeinstruktur und Nahordnung in amorphen und kristallisierten metallischen Gläsern.
Univ. Kiel (1983)

B. JORDAN
Untersuchung der Reaktionskinetik von Edelgas-Monochloriden mit Hilfe zeitaufgelöster Spektroskopie.
Univ. Hamburg (1983)
HASLAB 83-09

H. SCHRÖDER
Resonante Photoemission der Atome Cr, Mn und Cu bei Anregung der 3p-Schale.
Univ. Hamburg (1982)
HASLAB 83-05

H. WILCKE
Absorptions- und Emissionsspektroskopie von N_2 -Molekülen in Edelgasmatrizen.
Univ. Kiel (1983)
HASLAB 83-12

Diplomarbeiten

W. GÄDEKE
Untersuchung der Valenzbandstruktur der Nukleinsäurebasen Uracil, Thymin, Adenin und Guanin mit Hilfe der winkelaufgelösten Photoemission.
Univ. Hamburg (1983)
HASLAB 83-13

K. KELTING
Untersuchung optisch angeregter Lumineszenz an KJ-Einkristallen bei verschiedenen Temperaturen.
Univ. Hamburg (1983)

K.D. LIEDTKE
Ein Röntgenpaßbandfilter für Comptonexperimente mit Synchrotronstrahlung.
Univ. Dortmund (1983)

U. MATHEWS
Bau eines hochauflösenden Röntgenspektrometers.
Univ. Kiel (1983)

TH. PRESCHER
Photoemissionsmessungen an atomarem Cäsium im Bereich der 4d-Ionisationschwelle.
Univ. Hamburg (1983)

U. RIECK
Zeitaufgelöste Fluoreszenzmessungen an Kr_2 .
Univ. Hamburg (1983)

TH. RISSE
Entwicklung und Test neuartiger Monochromatoren für Synchrotronstrahlung.
Univ. Dortmund (1983)

F. SENF
Aufbau und Erprobung eines Überschall-Düsen-Molekularstrahls.
Univ. Hamburg (1983)

H. VOSS
Messung der Augerspektren der atomaren Übergangsmetalle Fe, Co, Ni und Cu bei Anregung der 3p-Schale durch Elektronenstoß.
Univ. Hamburg (1983)
DESY HASLAB 83-06

Staatsexamensarbeiten

H. HOWOLDT
Aufbau und Test eines Detektors für Photoelektronen.
Univ. Hamburg (1983)

J. MÜLLER
Aufbau und Test eines Energieanalysators für Photoelektronen mit einem gepulsten Laser als Lichtquelle.
Univ. Hamburg (1983)

Theoretische Physik

Veröffentlichungen

A. ALI, F. BARREIRO
Energy-Energy Correlations in e^+e^- Annihilation.
DESY 83-070

H. ARATYN, A. H. ZIMMERMAN
A Dirac-Kähler Approach to the Two Dimensional Wess-Zumino N=2 Model on the Lattice.
DESY 83-075

I. M. BARBOUR, J. P. GILCHRIST, G. SCHIERHOLZ, H. SCHNEIDER, M. TEPPER
Lattice QCD with Light Quark Masses: Does Chiral Symmetry Get Broken Spontaneously?
DESY 83-012

I. M. BARBOUR, J. P. GILCHRIST
Possible Open Channel Effects in the Charmonium Spectrum.
DESY 83-030

I. M. BARBOUR, P. GIBBS, J. P. GILCHRIST, H. SCHNEIDER, G. SCHIERHOLZ, M. TEPPER
Strong Evidence for Spontaneous Chiral Symmetry Breaking in (Quenched) QCD.
DESY 83-093 (LAPP-TH 87)

F. A. BERENDS, P. de CAUSMAECKER, R. GASTMANS, R. KLEISS, W. TROOST, T. T. WU
Multiple Bremsstrahlung in Gauge Theories at High Energies. III: Finite Mass Effects in Collinear Photon Bremsstrahlung.
DESY 83-125

Multiple Bremsstrahlung in Gauge Theories at High Energies. IV: The Process $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma\gamma$.
DESY 83-126

B. BERG, S. MEYER, I. MONTVAY, K. SYMANZIK
Improved Continuum Limit in the Lattice O(3) Non-Linear Sigma Model.
DESY 83-015

B. BERG
Lambda Scale for the Improved Lattice O(N) Non-Linear Sigma Model.
DESY 83-031

Monte Carlo Simulations with Symanzik Improved Actions.
DESY 83-120

B. BERG, A. BILLOIRE, K. KOLLER
Monte Carlo Calculation of SU(2) Glueball States with Manton's Action.
DESY 83-045

B. BERG, C. PANAGIOTAKOPOULOS
The Photon in U(1) Lattice Gauge Theory.
DESY 83-083

- B. BERG, S. MEYER, I. MONTVAY
Monte Carlo Simulations with Symanzik's Improved Actions in the Lattice $O(3)$ Non-Linear σ -Model.
DESY 83-098
- M. BÖHM, W. HOLLIK
Model Dependence of the Electromagnetic Corrections to Lepton Pair Production in Electron-Positron Collisions.
DESY 83-060
- Electroweak Radiative Corrections to the $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ Asymmetry.
DESY 83-118
- C. BOURRELY, P. CHIAPPETTA, J. SOFFER, T. T. WU
High-Energy Pion-Proton Elastic Scattering and the Pion Form Factor.
DESY 83-048
- D. BUCHHOLZ, S. DOPLICHER
Exotic Infrared Representations of Interacting Systems.
DESY 83-027
- J. P. GILCHRIST, G. SCHIERHOLZ, H. SCHNEIDER, M. TEPPER
Meson and Baryon Masses for Light Kogut Susskind Quarks on a Large Lattice.
DESY 83-094 (LAPP-TH 88)
- M. GÖCKELER
Axial-Vector Anomaly for Dirac-Kähler Fermions on the Lattice.
DESY 83-009
- M. GÖCKELER, H. JOOS
On Kähler's Geometric Description of Dirac Fields.
DESY 83-128
- F. GUTBROD, G. KRAMER, G. SCHIERHOLZ
Higher Order QCD Corrections to the Three-Jet Cross Sections: Bare Versus Dressed Jets.
DESY 83-044
- F. GUTBROD, I. MONTVAY
Scaling of the Quark-Antiquark Potential and Improved Actions in $SU(2)$ Lattice Gauge Theory.
DESY 83-112
- P. HASENFRATZ, I. MONTVAY
Meson Spectrum in Quenched QCD on a 16^4 Lattice.
DESY 83-072
- K. ISHIKAWA, G. SCHIERHOLZ, M. TEPPER
Calculation of the Glueball Mass Spectrum of $SU(2)$ and $SU(3)$ Non-Abelian Lattice Gauge Theories. I: Introduction and $SU(2)$.
DESY 83-004 (LAPP-TH 72)
- K. ISHIKAWA, G. SCHIERHOLZ, H. SCHNEIDER, M. TEPPER
On the Topological Structure of the Vacuum in $SU(2)$ and $SU(3)$ Lattice Gauge Theories.
DESY 83-006 (LAPP-TH 71)
- K. ISHIKAWA, T. KOBAYASHI, M. KURODA, S. YAMADA
Scalar Electron Production in e^+e^- Annihilation.
DESY 83-033 (TPR-83-8)
- K. ISHIKAWA, A. SATO, G. SCHIERHOLZ, M. TEPPER
Calculation of the Glueball Mass-Spectrum of $SU(2)$ and $SU(3)$ Non-Abelian Lattice Gauge Theories. II: $SU(3)$.
DESY 83-061
- H. JOOS, I. MONTVAY
The Screening of Colour Charge in Numerical Hopping Parameter Expansion.
DESY 83-046
- V. A. KHOZE, M. A. SHIFMAN
Heavy Quarks.
DESY 83-105
- G. KRAMER
Theory of Jets in Electron-Positron Annihilation.
DESY 83-068
- G. KRAMER, G. SCHIERHOLZ, H. N. SCHNEIDER
Higher Order QCD Corrections to the Energy-Energy Correlation Function.
DESY 83-095
- M. KRAMMER, H. SCHNEIDER
QCD Self-Energy Contribution to the Mass-Shifts in the 3p_J -States.
DESY 83-008
- W. LANGGUTH
Variational Determination of the Stringtension and the Glueball Mass in $(2+1)$ Dimensional $U(1)$ Lattice Gauge Theory for all Values of the Coupling Constant.
DESY 83-113
- H. LEHMANN, T. T. WU
Classical Models of Confinement.
DESY 83-086
- X. LI
The Composite Model with Five Generations of Massless Leptons and Quarks.
DESY 83-077
- X. LI, S. F. TUAN
The Decays $P_c \rightarrow VP$ in the Group Theoretical and Quark Diagrammatic Approaches.
DESY 83-078
- M. LÜSCHER
On a Relation between Finite Size Effects and Elastic Scattering Processes.
DESY 83-116
- GERHARD MACK
Dielectric Lattice Gauge Theory.
DESY 83-052
- H. MEYER
Unexpected Behavior of an Order Parameter for Lattice Gauge Theories with Matter Fields.
DESY 83-069
- P. MITRA, P. WEISZ
On Bare and Induced Masses of Susskind Fermions.
DESY 83-013
- I. MONTVAY
Quantum Chromodynamics on the Lattice.
DESY 83-001
- Estimate of the Effect of Virtual Quark Loops on Meson Masses in Lattice QCD.
DESY 83-074
- G. MÜNSTER
Quantitative Non-Monte Carlo Methods for Low-Energy QCD.
DESY 83-109
- K. OLAUSSEN, H. A. OLSEN, P. OSLAND, I. ØVERBØ
Kazama-Yang Monopole-Fermion Bound States. I: Analytic Results.
DESY 83-041
- K. OLAUSEN, H. A. OLSEN, I. ØVERBØ
Proton Capture by Magnetic Monopoles.
DESY 83-092
- A. PÉNA, M. SOCOLOVSKY
On the Continuum Limit of Z_4 Lattice Gauge Theory.
DESY 83-003
- TH. W. RUIJGROK, J. A. TJON, T. T. WU
Monopole Chemistry.
DESY 83-036
- G. SCHIERHOLZ, M. TEPPER
On the Restoration of Lorentz Invariance in $SU(2)$ and $SU(3)$ Lattice Gauge Theories.
DESY 83-106 (LAPP-TH-89)
- Glueball Masses on Large Lattices.
DESY 83-107 (LAPP-TH-90)
- G. SCHIERHOLZ
The Hadron Spectrum in Lattice QCD.
DESY 83-129
- B. SCHOLZ, F. STEINER
Path Integral Quantization in the Temporal Gauge.
DESY 83-055
- B. SCHREMPF, F. SCHREMPF
A Confining $SU(2)_L \times SU(2)_R$ Gauge Model of the Weak Interactions.
DESY 83-024
- K. S. SOH
Anomaly Free Condition and $SU(3)_C \times U(1)_{em}$ Reality in Grand Unified Theories.
DESY 83-082

K. H. STRENG
The Nonabelian Structure of QCD in
Quarkonium Decays.
DESY 83-043

K. SYMANZIK
Continuum Limit and Improved Action in
Lattice Theories. I: Principles and O^4 Theory.
DESY 83-016

Continuum Limit and Improved Action in
Lattice Theories. II. $O(N)$ Nonlinear Sigma
Model in Perturbation Theory.
DESY 83-026

T. F. WALSH, P. WEISZ, T. T. WU
Monopole Catalysis of Proton Decay.
DESY 83-022

P. WEISZ, R. WOHLERT
Continuum Limit Improved Lattice Action for
Pure Yang-Mills Theory. II.
DESY 83-091

T. T. WU
Interaction of a Fermion with a Monopole. I.
DESY 83-021

Technische Entwicklungen und Dienste

Veröffentlichung

G. PFEIFFER
Ein allgemeines Dialogsystem zur Erzeugung
spezialisierter Bildverarbeitungssysteme.
Angewandte Informatik 5 (1983) 200

Diplomarbeiten

K. SAKAGUCHI
Datenreduktionsfilter zur Auslese einer
Zeitprojektionskammer.
Univ. Hamburg (1983)

M. ZIEGLER
Online Spurrekonstruktion in einer
Time-Projection-Chamber.
Univ. Mainz (1983)

Vortrag

H.-J. STUCKENBERG
Online Datareduction and Trackfollowing in
the Time Projection Chamber at DESY.
Xth Int. Symposium on Nuclear Electronics,
Bratislava (1983)

M-Bereich

Veröffentlichungen

K. BANE, T. WEILAND
Verification of the SLC Wake Potentials.
SLAC/AP-1, Stanford (1983)

D. P. BARBER, H. D. BREMER, J. KE-
WISCH, H. C. LEWIN, T. LIMBERG, H. MAIS,
G. RIPKEN, R. ROSSMANITH, R. SCHMIDT
Progress in Measurement and Understanding
of Beam Polarization in Electron-Positron
Storage Rings.
DESY 83-065

D. P. BARBER et al.
A Precision Measurement of the Υ' Meson
Mass.
DESY 83-067

J. KEWISCH
Simulation of Electron Spin Depolarization
with the Computer Code SITROS.
DESY 83-032

H. MAIS, G. RIPKEN
Theory of Spin-Orbit Motion in Electron-
Positron Storage Rings.
Summary of Results.
DESY 83-062

A. PIWINSKI
Dependence of the Luminosity on Various
Machine Parameters and their Optimization
at PETRA.
DESY 83-028

K. STEFFEN
New Practicable Siberian Snake Schemes.
DESY 83-058

Complete Snake and Rotator Schemes for
Spin Polarization in Proton Rings and Large
Electron Rings.
DESY 83-124

T. WEILAND
Kollektive Einzelstrahl-Effekte in Elektron-
Positron-Speicherringen.
Kleinheubacher Berichte Nr. 26 (1983)

Transverse Beam Cavity Interaction.
I: Short Range Forces.
Nucl. Instr. Methods 212 (1983) 13

Transverse Beam Cavity Interaction.
II: Long Range Forces.
(On the Computation of resonant modes in
Cylindrically symmetric cavities).
Nucl. Instr. Methods 216 (1983) 329
und DESY 83-005

Comment on Wake Field Computation in
Time Domain.
Nucl. Instr. Methods 216 (1983) 31
und DESY M-83-02

„Single Mode Cavities“
A Possibility for Fighting Collective Beam
Instabilities.
DESY 83-073

Vorträge (zum Teil als interne Berichte veröffent- licht)

R. D. KOHAUPT
Can large Storage Rings work?
Kolloquiumsvortrag, DESY (1983)

H. MAIS
Chaos in Hamilton-Systemen.
Seminarvortrag, Univ. Hamburg (1983)

Chaos in Hamilton-Systemen und Beispiele
aus der Beschleunigerphysik.

Chaos in dissipativen Systemen.
Seminarvorträge, Medizin. Hochsch. Lübeck
(1983)

Polarization at PETRA.
Kolloquiumsvortrag, SLAC Stanford (1983)

A. PIWINSKI
Limitation of Beam Currents by Synchro-
Betatron Resonances.
Seminarvortrag, CERN Accelerator School
(1983)
DESY M/VM-83-09

R. ROSSMANITH
Solved and Unsolved Problems in e^-e^+
Polarized Storage Rings.
Workshop on High Energy Spin Phys.,
San Miniato (1983)

Polarisation von e^-e^+ -Speicherringen.
Seminarvortrag, Univ. Bonn (1983)

DESY; Polarization in Past and Future.
Seminarvortrag, Novosibirsk (1983)

R. SCHMIDT
Polarization Correction Schemes.
Workshop on High Energy Spin Phys.,
San Miniato (1983)

Laser Polarimeter.
Seminarvortrag, Novosibirsk (1983)

T. WEILAND
Wake Force Computation in Time and Fre-
quency Domain for Cylindrically Symmetric
Structures Excited by Bunches of Electrons
at the Speed of Light.
4th COMPUMAG Conf., Genoa (1983)
DESY M-83-17

The Wakefield Accelerator Mechanism.
Texas A & M Univ. (1983)

Particle Tracking in the HERA Proton Ring.
DPF Workshop, Accelerator Physics Issues
for an SSC, Ann Arbor (1983)

12th International Conference on High Energy Accelerators. Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia (1983)

K. BANE, T. WEILAND

Comparison of Wake Potential Calculations in Time and Frequency Domains.
DESY M-83-23

Wake Force Computation in the Time Domain for Long Structures.
DESY M-83-25

B. DWERSTEG, G. NICHOLLS
Broadband RF Power and Higher Order Mode Waveguide Components for PETRA's Superconducting Cavities.
DESY M-83-28

H. NESEMAN, K. WILLE
Operational Experience with DORIS II.
DESY M-83-26

PETRA STORAGE RING GROUP
PETRA 2 $\times$ 21 GeV.
DESY M-83-20

T. WEILAND, F. WILLEKE
Particle Tracking with Collective Effects in Wake Field Accelerators.
DESY M-83-24

THE WAKE FIELD ACCELERATOR STUDY GROUP
A Wake Field Transformer Experiment.
DESY M-83-27

Europhysics Conference on Computing in Accelerator Design and Operation, Berlin (1983)

D. P. BARBER, H. D. BREMER,
J. KEWISCH, H. C. LEWIN, T. LIMBERG,
H. MAIS, G. RIPKEN, R. ROSSMANITH,
R. SCHMIDT
Simulation of Polarization Correction Schemes in e^+e^- Storage Rings.

J. KEWISCH
Computation of Electron Spin Polarization in Storage Rings.

A. PIWINSKI
Beam Instabilities and Computer Simulations.
DESY M-83-21

T. WEILAND
Design of RF Cavities.
DESY M-83-22

A. WRULICH
Particle Tracking in Accelerators with Higher Order Multipole Fields.

Particle Accelerator Conference, Santa Fe, New Mexico (1983)

D. P. BARBER, H. D. BREMER,
J. KEWISCH, H. C. LEWIN, T. LIMBERG,
H. MAIS, G. RIPKEN, R. ROSSMANITH,
R. SCHMIDT
Polarization Measurement at PETRA.
DESY M-83-06

W. EBELING, W. FLAUGER, W. D. MÖLLER,
J. PETERS, D. PROCH, J. SUSTA,
G. ARNOLDS-MAYER, H. HEINRICHS,
T. GRUNDEY
Superconducting RF-Cavities for a 30 GeV PETRA Storage Ring.
DESY M-83-12

G. HEMMIE
DESY II, A New Injector for the DESY Storage Rings PETRA and DORIS II.
DESY M-83-10

R. D. KOHAUPT
The Experimental Study of a Higher Harmonic RF System in PETRA.
DESY M-83-07

W. KRIENS, W. RADLOFF
Fast Lifetime Measurements of Stored e^+/e^- Single Bunches in PETRA and DORIS II Utilizing the AC-Signals of Simple Beam Current Transformers.
DESY M-83-11

MACHINE CONTROL GROUP (MKR/F58)
Accelerator Controls at DESY.
DESY M-83-05

H. NESEMAN, K. WILLE
First Operational Experience with DORIS II.
DESY M-83-09

A. PIWINSKI
Dependence of the Luminosity on Various Machine Parameters and their Optimization at PETRA.
DESY 83-028

K. STEFFEN
HERA Plans.
High Energy Spin Phys. Conf. 1982, AIP Conf. Proceedings No. 95, Particles and Fields, Subseries No. 26, New York (1983)

T. WEILAND
TBCI and URMEL — New Computer Codes for Wake Field and Cavity Mode Calculations.
DESY M-83-08

Interne Berichte

D. P. BARBER, T. LIMBERG,
R. ROSSMANITH, R. SCHMIDT
Results of Polarization Calculations for DORIS II.
DESY M-83-14

D. P. BARBER et al.
First Results from the DORIS Polarimeter.
DESY M-83-15

DESY; Polarization Measurements and Future Plans.
DESY M-83-29

F. LÖFFLER
Ergebnisse der PETRA-Justierung 1982/83.
DESY M-83-18

A. PIWINSKI
Simulation of the Beam Blow-up as a Function of the Space Charge Parameter.
DESY M-83-01

The Beam Height in PETRA.
DESY M-83-19

J. ROSSBACH, F. WILLEKE
DESY II; Optical design of a new 10 GeV Electron-Positron Synchrotron.
DESY M-83-03

Optics for PETRA Operation at 23 GeV per Beam.
DESY M-83-13

J. RÜMMLER
Neue verbesserte Thyatronpulsler.
DESY M-83-04

K. WILLE
Physik der Speicherringe.
Herbstschule Maria Laach (1982)
DESY M-83-16

A. WRULICH
RACETRACK — A Computer Code for the Simulation of Nonlinear Particle Motion in Accelerators.
DESY M-83-30

Vorläufige Mitteilungen

D. DEGÈLE
Magnetsättigung.
DESY M/VM-83-06

B. DWERSTEG, G. NICHOLLS
Temperaturmessung an Hohlleiter WR 1800 bei hohen HF-Leistungen $f = 500$ MHz.
DESY M/VM-83-01

B. DWERSTEG
Zusammenfassung:
HF-Leistungsreflexion im PETRA HF-System.
DESY M/VM-83-02

G. MEYER
Ablenk magnet DESY II.
Durchbiegung und Verwindung infolge Eigengewicht.
DESY M/VM-83-03

Geometrie DESY II.
DESY M/VM-83-04

A. PIWINSKI
Bestimmung der longitudinalen Verschiebung des Minibetas.
DESY M/VM-83-05

Vergrößerung der Luminosität durch Verkleinerung der Orbitverschiebungen in den Sextupolen.
DESY M/VM-83-08

Dependence of the Luminosity on Various Machine Parameters and Their Optimization at PETRA.
Particle Accelerator Conf., Santa Fe (1983)

Beam Instabilities and Computer Simulations.
Europhys. Conf. on Computing in Accelerator
Design and Operation, Berlin (1983)

J. ROSSBACH
Horizontale Orbitstörungen durch Hystereseeffekte in den horizontalen Korrekturspulen oder: Dürfen die horizontalen Korrekturspulen bei HERA in die Ablenkmagnete integriert werden?
DESY M/VM-83-07

HERA

Veröffentlichungen

R. AUZOLLE, A. PATOUX, J. PEROT,
J. M. RIFFLET
Construction and Test of Superconducting
Quadrupole Prototypes for HERA.
DESY HERA 83/27

W. BIALOWONS
Optimierung der Polarisierung in einem
Speicherring mit Spinrotatoren.
DESY HERA 83/11

J. BUON
Depolarization Enhancement due to Energy.
DESY HERA 83/14

C. DAUM, P. SCHMÜSER
Quadrupole and Sextupole Correction Coils
for HERA.
DESY HERA 83/01

C. DAUM, P. SCHMÜSER
Performance of the first 1 m Prototype
Correction Coil.
DESY HERA 83/07

C. H. DUSTMANN, H. KAISER, G. MEYER
Alternate Coil Configuration for Cold Iron
Superconducting Magnet.
DESY HERA 83/04

HERA — Amsterdam Proceedings.
DESY HERA 83/20

E. LOHRMANN, K. H. MESS
Remarks on the Kinematics of e-p Collisions
in HERA.
DESY HERA 83/08

J. R. MAIDMENT
PETRA II — A Proton Injector for HERA.
DESY HERA 83/12

K. H. MESS, U. OTTERPOHL,
T. SCHNEIDER, P. TUROWSKI
Measurements of the Longitudinal Quench
Velocity.
DESY HERA 83/05

J. ROSSBACH
HERA Luminosity as a Function of
Intersection.
DESY HERA 83/15

Läßt sich der Momentum Compaction Factor
bei großen Speicherringen wie PETRA/HERA
gegenüber dem Wert bei zellenperiodischer
Dispersion deutlich verkleinern?
DESY HERA 83/23

F. SCHMIDT
Resonanzuntersuchungen bei HERA.
DESY HERA 83/29

K. STEFFEN
Periodic Dispersion Suppressors II.
DESY HERA 83/02

Transparency of a Periodic Storage Ring
Lattice for Energy Degraded Electrons from
Gas Bremsstrahlung.
DESY HERA 83/03

Invertible Flat Sign Rotators for HERA.
DESY HERA 83/06

HERA Electron Optic with Mini Rotator.
DESY HERA 83/09

Note on HERA Normal Cell Symmetry.
DESY HERA 83/13

Beam and Spin Matching Conditions for the
HERA Electron Ring with Mini Rotator.
DESY HERA 83/16

Improved Beam Optic Layout for the HERA
Proton Ring.
DESY HERA 83/17

Beam Aperture and Definition of Magnet
Types in the HERA Electron Ring.
DESY HERA 83/18

Sketch of Head-on Collision Geometry with
Longitudinal Electron Spin as a Backup
Solution for HERA.
DESY HERA 83/19

Reduction of Beam-Beam Proton Tune Shifts
in the Crossing Angle Geometry.
DESY HERA 83/24

Aperture Requirements in the HERA Proton
Ring.
DESY HERA 83/26

F. ULLRICH
Untersuchung der Aufheizmöglichkeit des
HERA-Tunnels über den Vorlauf der Magnet-
kühlung.
DESY HERA 83/28

G.-A. VOSS
Status of the HERA Project.
DESY HERA 83/25

S. WOLFF et al.
Alternatives and Improvements for Super-
conducting Dipole Coils for HERA.
DESY HERA 83/21

Superconducting Prototype Dipole Coils for
HERA.
DESY HERA 83/22

A. WRULICH
The Influence of Transverse Magnetic
Detector Fields in HERA on Beam Dynamics.
DESY HERA 83/10

Strahlenschutz

Interne Berichte

H. DINTER
Strahlungsdosen im HERA-Tunnel durch
Synchrotronstrahlung.
DESY D3-47 (1983)

Abschätzung der Myonendosis an der Erd-
oberfläche durch vertikal ablenkende
Magnete.
DESY D3-49 (1983)

H. DINTER, K. TESCH
Ergebnisse von Strahlenschutzmessungen
am DESY im Jahr 1983.
DESY D3-49 (1983)

K. P. KLIMEK, J. MAASS
Erfassung und Verwaltung der Strahlen-
schutzmeßdaten mit dem PETRA-Kontroll-
system.
DESY D3-46 (1983)

C. YAMAGUCHI
Neutron and Muon Shielding Calculations for
the Storage Rings HERA and PETRA.
DESY D3-45 (1983)

Vortrag

K. TESCH
Measurement of Doses between 10^{-2} and 10^8
Gy with Glass Dosimeters.
7th Int. Symposium on Solid State Dosimetry,
Ottawa (1983)

Z-Bereich

Datenverarbeitung

Veröffentlichungen

J. NICHOLLS
Computer Center User's Guide.
DESY (1983)

Vorträge

E.-L. BOHNEN

6 Jahre interaktive Graphik über ein lokales
Hochgeschwindigkeitsnetz bei DESY.
GI/NTG Anwender-Workshop „LAN's“ bei der
GMD, Darmstadt (1983)

P.-K. SCHILLING

Das graphische System IPS und seine
gegenwärtigen und zukünftigen Dienste für
die Benutzer bei DESY.
Seminarvortrag, DESY (1983)

Graphik über ein Rechnernetz bei DESY.

13. Jahrestagung der Gesellschaft für
Informatik GI'83, Hamburg (1983)

Neue Technologien

Veröffentlichungen

G. HORLITZ, H. KAISER, G. KNUST,
K.-H. MESS, P. SCHMÜSER, B. H. WILK,
S. WOLFF

Performance of 1 m long/75 mm Bore Super-
conducting Prototype Coils for HERA.
Proc. Part. Acc. Conf., Santa Fe (1983)
und IEEE Trans Nucl. Sci. NS-30 (1983) 3390
und DESY 83-020

Superconducting Prototype Dipole Coils for
HERA.

Proc. 8th Int. Conf. on Magnet Technology,
Grenoble (1983)
und DESY HERA 83/22

Alternatives and Improvements for Super-
conducting Dipole Coils for HERA.

Proc. 8th Int. Conf. on Magnet Technology,
Grenoble (1983)
und DESY HERA 83/21

G. HORLITZ, F. SCHMEISSNER,
J. SCHMID

Specification for a Comparative Study of two
Refrigeration Plant Versions for the HERA
Electron-Proton-Collider.
DESY HERA, March 18, 1983

R. AUZOLLE, A. PATOUX, J. PEROT,
J. M. RIFFFLET

Construction and Test of Superconducting
Quadrupole Prototypes for HERA.
DESY HERA 83/27 (Saclay CEN D Ph PE)



Herausgeber:
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Notkestraße 85, 2000 Hamburg 52
Telefon (040) 89980, Telex 21514

Herstellung und Gestaltung:
Abteilung PR – Öffentlichkeitsarbeit
Telefon (040) 8998-3613

Satz: DSD Hamburg
Druck und Verarbeitung:
HB-Druck H. Bung, Hamburg

DESY

JBD

4

UEBER ABTEILUNG HAV AN V1

