

HERRN DIETMAR LANGANKE
- V101 -

JPD
179

DESY



WISSENSCHAFTLICHER JAHRESBERICHT 1986

DESY



10110



8

Wissenschaftlicher Jahresbericht 1986 Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

Inhalt

Vorspann	7
Bereich Forschung	29
Bereich Maschinen	155
Bereich Zentrale Datenverarbeitung, Entwicklung und Betrieb	223
Veröffentlichungen und Vorträge	257

Vorspann

Inhalt

Vorwort	9
Organigramm	12
Organe der Stiftung und weitere Gremien	13
Internationale Zusammenarbeit bei den Experimenten	19

Vorwort

DESY legt hier seinen Jahresbericht für das Jahr 1986, dem dritten Jahr des HERA-Baues, vor. Der Bericht informiert über die Fortschritte an diesem großen Projekt und gibt darüber hinaus einen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse der Forschungsarbeiten an PETRA und DORIS.

Am 3. November 1986 wurde das Experimentierprogramm am PETRA-Speicherring beendet. PETRA war für acht Jahre der Elektron-Positron-Speicherring mit der höchsten Energie — im Jahr 1984 wurden 47 GeV im Schwerpunktsystem erreicht — und hat in seinem letzten Betriebsjahr als Hochenergiemaschine den vier Detektoren CELLO, JADE, MARK J und TASSO noch einmal ausgezeichnete Experimentierbedingungen angeboten. Bis zum letzten Betriebstag haben diese Detektoren Daten genommen, die in den kommenden Monaten und Jahren zu weiteren interessanten physikalischen Ergebnissen führen werden.

Der Abschluß des PETRA-Experimentierprogramms mit vielen wissenschaftlichen Erfolgen, alle in internationaler Zusammenarbeit erarbeitet, war ein wichtiger Abschnitt in der Geschichte von DESY und das herausragendste Ereignis des Jahres 1986.

Der HERA-Bau ist auch in seinem dritten Jahr gut vorangekommen: Von den 6.3 km des unterirdischen Tunnels war am Ende des Jahres 1986 über die Hälfte fertiggestellt. Bei Drucklegung dieses Berichtes mußte noch etwa 1 km gebohrt werden. Die Verbindungstunnel von PETRA zu HERA für den Einschub von Protonen und Elektronen sind praktisch fertiggestellt, und bei den vier Experimentierhallen fehlten im wesentlichen noch die über der Erde liegenden Baukomponenten (Hallen Nord und Ost), während in den Hallen Süd und West bei Jahresende 1986 die Installationsarbeiten schon voll im Gange waren. Entwicklung und Bau von Maschinenkomponenten haben ebenfalls gute Fortschritte gemacht; die Magnete für den Elektronenring werden bereits angeliefert, für die supraleitenden Magnete des Protonenringes sind die Aufträge entweder schon erteilt oder die Auftragsvergabe steht bevor.

HERA-Projekt

Die internationale Zusammenarbeit beim Bau von HERA hat sich im Jahr 1986 weiterhin gut entwickelt. In der italienischen Industrie haben die Arbeiten zur Herstellung supraleitender Dipolmagnete begonnen, Frankreich hat die Finanzierung von supraleitenden Quadrupolen zugesagt, für die ein Auftrag an eine französische Firma erteilt wurde, die Arbeiten in den Niederlanden, Kanada und Israel für die von dort zugesagten Komponenten sind voll im Gange, und das Brookhaven National Laboratory (USA) hat seine Zusage für die Mitarbeit bei der Vermessung der supraleitenden Kabel voll erfüllt.

Im März 1986 haben die beiden Kollaborationen H1 und ZEUS ihre technischen Vorschläge für HERA-Detektoren eingereicht. Nach ausführlicher Beratung im Physics Research Committee hat das DESY-Direktorium beide Vorschläge genehmigt. Es wird nun angestrebt, daß die beiden Detektoren so rechtzeitig in den Hallen Nord und Süd installiert werden, daß sie zum Zeitpunkt der ersten Elektron-Proton-Kollisionen, vorgesehen für 1990, zur Datennahme bereit sind. Durch Hinzutreten von Japan, der DDR und der Sowjetunion hat sich die Zahl der Länder, die sich an den HERA-Experimenten beteiligen ¹, nun auf 14 erhöht.

Hochenergiephysik

Der PETRA-Speicherring wurde im Jahr 1986 bei einer Strahlenergie von 17.5 GeV betrieben und lieferte gute Luminositäten für die Detektoren CELLO, JADE, MARK J und TASSO. Bei DORIS konnte das Experiment Crystall Ball das Programm der Datennahme bei der $\Upsilon(1S)$ -Resonanz zum Abschluß bringen, ARGUS hat weitere Daten bei der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz genommen, um die Eigenschaften der b-Quarks weiter zu studieren.

Synchrotronstrahlung

Das Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB hat auch im Jahr 1986 die zur Verfügung gestellte Strahlenergie sowohl in den Hochenergieschichten als auch während der Hauptbenutzerzeiten gut genutzt. Der umfangreiche Jahresbericht gibt Zeugnis von der reichen wissenschaftlichen Ausbeute des Jahres 1986.

Mit der Installation der neuen Röntgenwiggler-Halle, dem Anbau zur bisherigen HASYLAB-Experimentierhalle und der Erweiterung des Büro- und Laborgebäudes, geht der Ausbau des Synchrotronstrahlungslabors zügig voran, so daß im Jahr 1987 mit den Experimenten begonnen werden kann. Hier werden auch die drei neu eingerichteten Projektgruppen der Max-Planck-Gesellschaft beherbergt, die ihre Arbeit im Jahr 1986 aufgenommen haben.

Wirtschaftsplan

Im Jahr 1986 erhielt DESY von seinen Stiftern, der Bundesrepublik Deutschland und der Freien und Hansestadt Hamburg, Zuwendungen für Betrieb und Investitionen in Höhe von 346 Mio DM, darin enthalten sind 215 Mio DM für den Bau von HERA.

Nationale und internationale Zusammenarbeit

Die Forschungsarbeiten bei DESY werden in enger Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungsinstituten aus Deutschland und aus zahlreichen anderen Ländern durchgeführt. Im Jahr 1986 waren an den Hochenergie-Experimenten etwa 60 wissenschaftliche Mitarbeiter von DESY (von 1 042 DESY-Mitarbeitern) und etwa 400 wissenschaftliche Gäste beteiligt, die von deutschen Univer-

¹ Diese Gäste kamen aus folgenden Ländern: Italien (101), Bundesrepublik Deutschland (75), Großbritannien (55), USA (46), Frankreich (33), Kanada (26), Polen (25), Niederlande (8), Israel (6), DDR (4), Schweiz (4), UdSSR (4), Japan (2), Spanien (2).

sitäten und Forschungsinstituten und von 39 ausländischen Instituten zu DESY kamen. (Die beteiligten Institute sind auf S. 19 ff. aufgeführt.)

An den Experimenten mit der Synchrotronstrahlung im HASYLAB waren 1986 15 wissenschaftliche Mitarbeiter von DESY und über 500 Gäste von Forschungsinstituten des In- und Auslandes beteiligt. Hier sei besonders hervorgehoben die Mitarbeit zahlreicher ausländischer Wissenschaftler beim Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie EMBL.

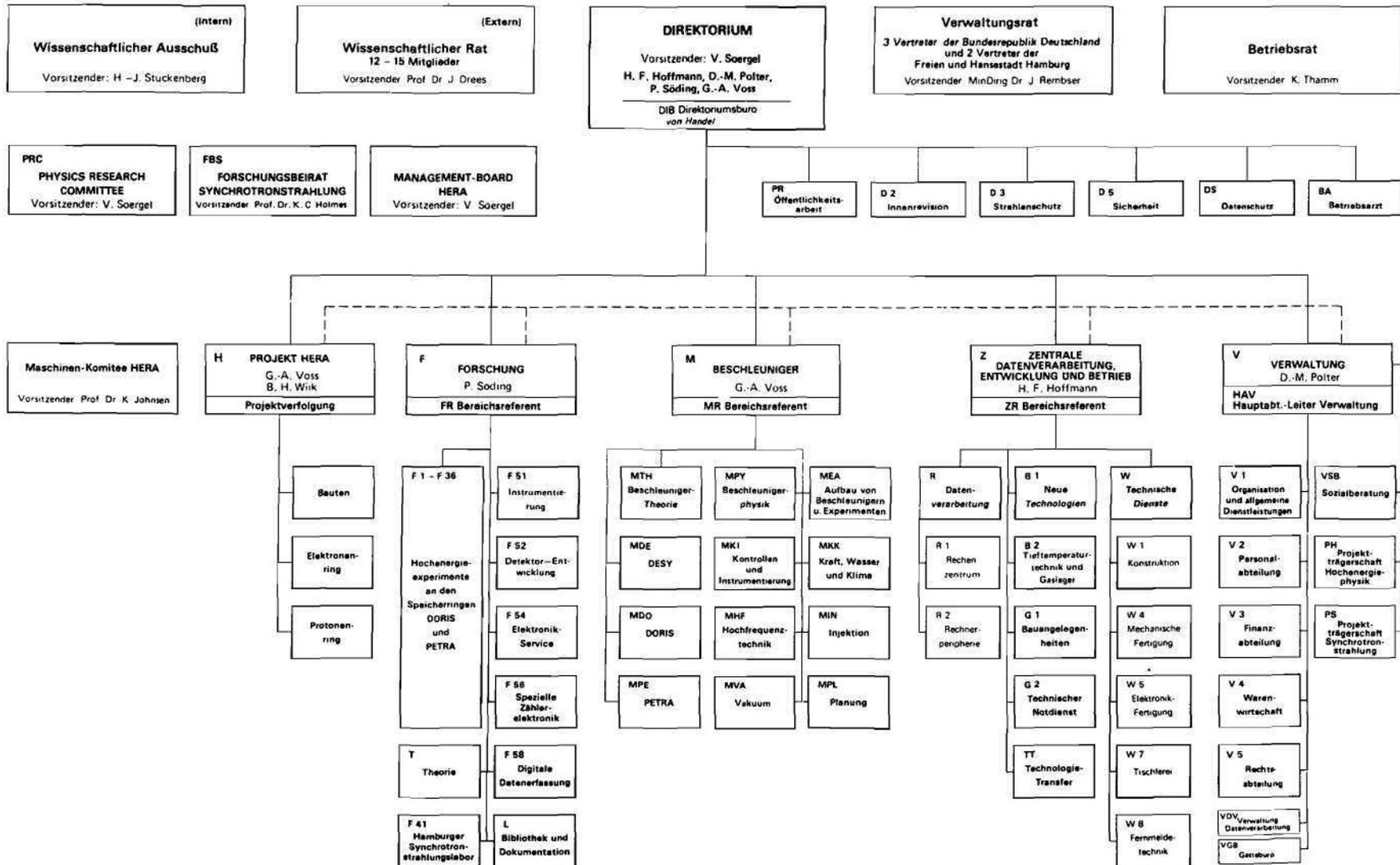
Durch die enge Zusammenarbeit mit Universitäten leistet DESY auch einen wichtigen Beitrag zur Ausbildung junger Wissenschaftler. Sie haben hier die Gelegenheit, während ihres Studiums an der Front der Forschung mitzuarbeiten, die modernen Einrichtungen eines großen Laboratoriums kennenzulernen und mit 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. Im Jahr 1986 haben 57 Doktoranden ihre Dissertationen fertiggestellt mit Forschungsergebnissen, die an den DESY-Anlagen gewonnen wurden. 66 Physik-Studenten, überwiegend der Universität Hamburg, haben ihre Diplomarbeit im Jahr 1986 bei DESY abgeschlossen.

*Ausbildung junger
Wissenschaftler*

DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON DESY
(Selbständige rechtsfähige Stiftung bürgerlichen Rechts)

Organigramm für das Geschäftsjahr 1986
Stand: 5. Juni 1986

NOTKESTR. 85 · 2000 HAMBURG 52 · TEL. 040/89 98-0 · TELEFAX 89 98-32 82 · TELEX 2 15 124 desy d



Organe der Stiftung und weitere Gremien

Verwaltungsrat

Vertreter der Bundesrepublik Deutschland:

MinDir Dr. **J. Rembser** – (Vorsitzender)

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

MinR **V. Knoerich**

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

(Bundesministerium für Forschung und Technologie)

MinR **W. Hofbauer** (bis 31.3.1986)

Stellvertreter: RegDir **R. Wessels** (bis 31.3.1986)

MinR Dr. **W. Roth** (ab 1.4.1986)

Stellvertreter: RegDir Dr. **D. Bürgener** (ab 1.4.1986)

(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)

Wiss.Ang. **W. Prill** (bis 21.7.1986)

Stellvertreter: RegDir Dr. **A. Reuß** (bis 21.7.1986)

RegDir Dr. **A. Reuß** (ab 22.7.1986)

(Finanzbehörde)

Direktorium

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

Dr. **H.F. Hoffmann** (Bereich Zentrale Datenverarbeitung,
Entwicklung und Betrieb)

Dr. **D.-M. Polter** (Kaufmännisches Mitglied)

Prof. Dr. **P. Söding** (Bereich Forschung)

Prof. Dr. **G.-A. Voss** (Bereich Maschine)

Wissenschaftlicher Rat (WR)

- Prof. Dr. **K.H. Althoff**
Physikalisches Institut der Universität Bonn
- Prof. Dr. **J. Drees**
Fachbereich Physik der Universität GHS Wuppertal
(Vorsitzender)
- Dr. **F. Dydak**
European Organization for Nuclear Research CERN, Genf
- Prof. Dr. **H. Fritzschn**
Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik
Werner-Heisenberg-Institut für Physik, München
- Prof. Dr. **J. Heintze**
Physikalisches Institut der Universität Heidelberg
- Prof. Dr. **M. Holder**
Fachbereich 7 (Physik) der Universität GHS Siegen
- Prof. Dr. **W. Jentschke**
II. Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg
(Ehrenmitglied)
- Prof. Dr. **G. Kramer**
II. Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg
- Prof. Dr. **H. Lindenberger**
Hahn-Meitner-Institut Kernforschung Berlin GmbH
- Prof. Dr. **E. Lohrmann**
II. Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg
- Prof. Dr. **W. Paul**
Physikalisches Institut der Universität Bonn
(Ehrenmitglied)
- Dr. **G. Plass**
European Organization for Nuclear Research CERN, Genf
- Prof. Dr. **H.-E. Stier**
Fakultät für Physik der Universität Freiburg
- Prof. Dr. **J. Treusch**
Fachbereich Theoretische Physik der Universität Dortmund
- Prof. Dr. **D. Wegener**
Fachbereich Experimentalphysik der Universität Dortmund

Erweiterter Wissenschaftlicher Rat (EWR)

Prof. Dr. J. Als-Nielsen

Risø National Laboratory, Roskilde (DK)

Prof. Dr. G. Barbiellini

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf (CH)

Prof. Dr. E. Gabathuler

Dept. of Physics, Oliver Lodge Lab., Univ. of Liverpool (GB)

Prof. Dr. W. Hoogland

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

Prof. Dr. P. Lehmann

Inst. Nat. de Phys. Nucléaire et
Phys. des Particules, Paris (F)

Prof. Dr. J. Sacton

Inter-University Inst. for High Energy Physics, Brüssel (B)

Prof. Dr. D.G. Stairs

Dept. of Physics, McGill University, Montreal (Can)

Prof. Dr. R. Taylor

Stanford Linear Accelerator Center SLAC, Stanford CA (USA)

Prof. Dr. A. Zichichi

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf (CH)

Die Mitglieder des **Wissenschaftlichen Rates**

Physics Research Committee (PRC)

Dr. **J. Bürger** (DESY)

Dr. **R. Cashmore**

Nuclear Physics Lab., University of Oxford (GB)

Prof. Dr. **F. Dydak**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf (CH)

Prof. Dr. **B. Gittelman**

Lab. of Nuclear Studies, Cornell Univ., Ithaca NY (USA)

Dr. **D. Haidt** (DESY)

Dr. **H.F. Hoffmann** (DESY)

Dr. **P. Jenni**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf (CH)

Prof. Dr. **J. von Krogh**

Physikalisches Institut der Universität Heidelberg

Dr. **J. Lefrancois**

Lab. de l'Accelérateur Lineaire LAL, Centre d'Orsay (F)

Prof. Dr. **C. Llewellyn-Smith**

Nuclear Physics Lab., University of Oxford (GB)

Prof. Dr. **I. Mannelli**

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf (CH)

Dr. **R. Peccei** (DESY)

Prof. Dr. **J. Prentice**

Department of Physics, University of Toronto (Can)

Dr. **C. Prescott**

Stanford Linear Accelerator Center SLAC, Stanford CA (USA),

European Organization for Nuclear Research CERN, Genf (CH)

Prof. Dr. **P. Söding** (DESY)

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

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

Prof. Dr. **B.H. Wiik** (DESY)

Wissenschaftlicher Ausschuß (WA)

- | | |
|---|--|
| Dr. A. Bäcker (F 33)
Universität GHS Siegen | J. Krüger (F 35)
Universität Hamburg |
| Dr. W. Bartel (F 11) | P.E. Kuhlmann (R 1) |
| Dr. S. Bethke (F 11)
Universität Heidelberg | Prof. Dr. M. Lüscher (T) |
| Prof. Dr. J.K. Bienlein (F 31) | Dr. R. Peccei (T) |
| Dr. W. de Boer (F 36)
MPI München | J. Roßbach (MPY) |
| Dr. H.-C. Dehne (MPY) | Prof. Dr. D. Schmidt (F 32)
Universität GHS Wuppertal |
| Dr. D. Degèle (MPE) | Dr. J. Spengler (F 15)
Universität Dortmund |
| J. Dicke (W40) | Dr. K. Steffen (MTH) |
| Prof. Dr. F. Eisele (F 11) | Prof. Dr. U. Strohbusch (F 31)
Universität Hamburg |
| Dr. J. Engler (F 36)
IEKP Karlsruhe, KfK | Dr. H.-J. Stuckenberg (F 56)
(Vorsitzender) |
| C. Falland (MVA) | Dr. U. Timm (F 33) |
| Dr. D. Haidt (F 22) | Dr. D. Trines (F 1) |
| P. Harms (PR) | Prof. Dr. P. Waloschek (PR) |
| H.-R. Heller (MDE) | Prof. Dr. H. Wegener (F 31)
Universitäten Würzburg
und Nürnberg-Erlangen |
| Prof. Dr. H. Joos (T) | Dr. G. Wolf (F 1) |
| Dr. F.-J. Kirschfink (F 34)
RWTH Aachen | Dr. R. Zietz (F 41)
FU Berlin, Universitäten
Dortmund, Göttingen,
Mainz, München, Saarbrücken,
Wuppertal, MPI Stuttgart |
| Dr. R. Klanner (F 35) | |
| Dr. G. Knies (F 32) | |
| Dr. W. Koch (F 31) | |
| Dr. H.F. Kolanoski (F 12)
Universität Bonn | |

Forschungsbeirat Synchrotronstrahlung (FBS)

Prof. Dr. B. Buras

Risø National Laboratory, Roskilde (DK)

Prof. Dr. K.C. Holmes

Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung, Heidelberg
(Vorsitzender)

Dr. G. Materlik

DESY/HASYLAB

Prof. Dr. D. Menzel

Technische Universität München

Prof. Dr. P. Söding

DESY

Prof. Dr. B. Sonntag

Universität Hamburg

Prof. Dr. H.G. Zachmann

Universität Hamburg

Internationale Zusammenarbeit bei den Experimenten

An der Speicherringanlage HERA (in Planung)

- H1
- Akademie der Wissenschaften der DDR AdW,
Institut für Hochenergiephysik, Zeuthen (DDR)
 - I. Physikalisches Inst. der RWTH Aachen
 - III. Physikalisches Inst. der RWTH Aachen
 - Physics Dept., Univ. of California, Davis CA (USA)
 - Centre d'Etudes Nucléaires CEN, Saclay (F)
 - Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
 - Inst. für Physik der Universität Dortmund
 - Laboratoire de Physique Nucléaire et Hautes Energies,
Ecole Polytechnique, Palaiseau (F)
 - Dept. of Natural Philosophy, Univ. of Glasgow (GB)
 - I. Inst. für Experimentalphysik der Universität Hamburg
 - II. Inst. für Experimentalphysik der Universität Hamburg
 - Physics Dept., University of Houston TX (USA)
 - Inst. of Nuclear Physics, Cracow (PL)
 - Inst. for Theoretical and Experimental
Physics ITEP, Moscow (USSR)
 - Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire LAL, Orsay (F)
 - Physics Dept., University of Lancaster (GB)
 - P.N. Lebedev Physical Inst. of the Academy
of Sciences of the USSR, Moscow (USSR)
 - Physics Dept., University of Liverpool (GB)
 - Physics Dept., University of Manchester (GB)
 - Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik MPI,
Werner-Heisenberg-Institut für Physik, München
 - Physics Dept. and Coll. of Computer Science,
Northeastern University, Boston MA (USA)
 - Laboratoire de Physique Nucléaire et Hautes Energies,

Université Pierre & Marie Curie, Paris (F)
Dept. of Physics, Univ. and
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare INFN, Roma (I)
Rutherford Appleton Lab. Chilton, Didcot (GB)
Fachbereich Physik der Universität GHS Wuppertal
Physikinstitut der Universität Zürich und
Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich (CH)

ZEUS

Istituto di Fisica, Univ. Dell'Aquila (I)
Argonne National Laboratory ANL, Argonne IL (USA)
Dept. de Fisica Teorica, Univ. Autonoma de Madrid (E)
Dipartimento di Fisica, Univ. di Bologna (I)
Physikalisches Inst. der Universität Bonn
H.H. Wills Physics Lab., Univ. of Bristol (GB)
Dept. of Physics, Carleton University, Ottawa (Can)
Nevis Labs. and Physics Department,
Columbia University, Irvington NY (USA)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
ENEA Roma, Lab. Nazionale di Frascati (I)
Istituto di Fisica, Univ. di Firenze (I)
Fakultät für Physik der Universität Freiburg
I. Inst. für Experimentalphysik der Universität Hamburg
II. Inst. für Experimentalphysik der Universität Hamburg
Dept. of Physics, Univ. of Illinois, Urbana IL (USA)
Dept. of Physics, Imperial College, London (GB)
Inst. of Nuclear Physics, Cracow (PL)
Inst. of Phys. and Nuclear Techn.,
Academy of Mining and Metallurgy, Cracow (PL)
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare INFN,
Lab. Nazionale di Frascati (I)
Inst. für Reaktorentwicklung,
Kernforschungsanlage Jülich
Dipartimento di Fisica, Univ. di Lecce (I)
Dept. of Physics, University of Manitoba, Winnipeg (Can)
Physics Dept., McGill Univ., Montreal (Can)

Istituto di Fisica, Univ. di Milano (I)
National Institute for Nuclear
and High Energy Physics NIKHEF, Amsterdam (NL)
Dept. of Physics, Ohio State Univ., Columbus OH (USA)
Dept. of Nuclear Physics, University of Oxford (GB)
Dipartimento di Fisica, Univ. di Padova (I)
Dipartimento di Fisica, Univ. di Palermo (I)
Dept. of Physics, Pennsylvania
State Univ., University Park PA (USA)
Istituto di Fisica, Universite "La Sapienza", Roma (I)
Rutherford Appleton Lab. Chilton, Didcot (GB)
Physikalisches Institut der Universität GHS Siegen
Dept. of Phys., Tokyo Metropolitan Univ., Tokyo (Japan)
Inst. for Nuclear Study, University of Tokyo (Japan)
Istituto di Fisica, Univ. di Torino (I)
Dept. of Physics, Univ. of Toronto (Can)
Physics and Astronomy Dept., University Coll.,
London (GB)
Physics Dept., Virginia Polytech. Inst.,
Blacksburg VA (USA)
Inst. for Nuclear Studies, Univ. of Warsaw (PL)
Dept. of Nuclear Phys., Weizmann Institute,
Rehovot (Israel)
Dept. of Physics, Univ. of Wisconsin, Madison WI (USA)
Phys. Dept., York University, Downsview (Can)

Am Speicherring PETRA

- CELLO** Centre d'Études Nucléaires CEN, Saclay (F)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
Dept. of Natural Philosophy, University of Glasgow (GB)
II. Institut für Experimentalphysik der Univ. Hamburg
Kernforschungszentrum Karlsruhe,
Institut für Kern-und Teilchenphysik und
Inst. für Experimentelle Kernphys. der Univ. Karlsruhe
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 (F)
Dept. of Physics, Univ. and Istituto Nazionale di Fisica
Nucleare INFN, Roma (I)
Department of Physics and Astronomy,
University of Tel Aviv (Israel)
- JADE** Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
II. Institut 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 Lab. Chilton, Didcot (GB)
Lab. of Int. Coll. on Elementary Particle Physics
and Inst. of Physics, University of Tokyo (Japan)
- MARK J** Akademie der Wissenschaften der DDR AdW,
Institut für Hochenergiephysik, Zeuthen (DDR)
III. Physikalisches Institut der RWTH Aachen
Brookhaven National Laboratory BNL, Upton (USA)
California Inst. of Techn. CALTECH, Pasadena CA (USA)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
Institut für Hochenergiephysik, Eidgenössische

Technische Hochschule ETH, Zürich (CH)
Dep. de Physique Nucléaire et Corp. DPNC,
Université de Genève (CH)
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)

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 GHS Siegen
Department of Physics and Astronomy,
University of Tel Aviv (Israel)
Fachbereich Physik der Universität GHS Wuppertal

TASSO

I. Physikalisches Institut der RWTH Aachen
Dept. de Fisica Teorica, Univ. Autonoma de Madrid (E)
Physikalisches Institut der Universität Bonn
H.H. Wills Physics Laboratory, University of Bristol (GB)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
Inst. für Physik der Universität Dortmund
II. Inst. für Experimentalphysik der Univ. Hamburg
Department of Physics, Imperial College, London (GB)
Department of Nuclear Physics, University of Oxford (GB)
Dept. of Physics, Queen Mary College, London (GB)
Rutherford Appleton Lab. Chilton, Didcot (GB)
Fachbereich Physik der Universität Siegen
Weizmann Institute, Rehovot (Israel)
Dept. of Physics, Univ. of Wisconsin, Madison WI (USA)

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 Physics IPP, Toronto (CAN)
Institute of Theoretical and Experimental
Physics ITEP, Moskau (USSR)
Inst. of Physics, Kansas University, Lawrence KS (USA)
Oddelek za Fisisico, University of Ljubljana (Yu)
Inst. of Physics, University of Lund (S)
Dept. of Physics, South Carolina Univ.,
Columbia SC (USA)

Crystal Ball

Lauritsen Laboratory of Physics, California Institute
of Technology CALTECH, Pasadena CA (USA)
Department of Physics,
Carnegie-Mellon University, Pittsburgh PA (USA)
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburg
Physikalisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg
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,
Dept. of Physics, Stanford Univ., Stanford CA (USA)
Physikalisches Institut der Universität Würzburg

Im HASYLAB

Inst. für Kristallographie und Phys. Chemie der Kunststoffe der Rhein.-West.
Technischen Hochschule RWTH Aachen

Univ. Aarhus (DK)

FOM-Institute voor Atoom- en Molecuulfysica, Amsterdam (NL)

Exxon Research and Engineering Co., Annandale, NJ (USA)

Biozentrum Basel (CH)

Univ. of Barcelona (E)

Inst. für Atom- und Festkörperphysik, Freie Univ. Berlin

Inst. für Strahlungs- und Kernphys. der Techn. Univ. Berlin

Fritz-Haber-Inst. der Max-Planck-Gesellschaft Berlin

Max-Planck-Inst. für molekulare Genetik, Berlin

Phys.-Techn. Bundesanstalt, Berlin

National Inst. of Health, Bethesda (USA)

Fakultät für Physik der Univ. Bielefeld

Univ. of Bologna (I)

Mineralogisch-Petrologisches Inst. und Physikalisches Inst. der Univ. Bonn

Forschungsinst. Borstel

Univ. of Bristol (GB)

Technical University of Budapest (Ungarn)

University of Cambridge (GB)

Medical Research Center Cambridge (GB)

Massachusetts Inst. of Technology, Cambridge (USA)

Institut für Mineralogie und Inst. für Angewandte Phys. der TH Darmstadt

Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI, Darmstadt

Univ. of Davis, CA (USA)

Lehrstuhl für Experimentalphysik I der Universität Dortmund

Technical Univ. Eindhoven (NL)

Fachhochschule Ostfriesland, Emden

Inst. für Angewandte Physik, Physikal. Inst. der Univ. Erlangen-Nürnberg

Siemens AG, Erlangen

Inst. für Mineralogie und Kristallographie der Univ. Frankfurt

Hoechst AG, Frankfurt

DSM Geleen (NL)

MPI Göttingen
Mineralogisch-Kristallograph. Inst. der Univ. Göttingen
Inst. für Röntgenfeinstrukturforschung, Graz (A)
European Molecular Laboratory EMBL, Grenoble (F)
Institut Laue-Langevin, Grenoble (F)
ESRF, Grenoble (F)
Univ. of Groningen (NL)
Sektion Physik der Martin-Luther-Univ., Halle (DDR)
Univ. der Bundeswehr, Hamburg
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY,
Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB, Hamburg
European Molecular Laboratory EMBL, Außenstelle Hamburg
Inst. für technische und Makromolekulare Chemie, Inst. für
Phys. Chemie, I. und II. Inst. für Experimentalphys. der Univ. Hamburg
Universitätskrankenhaus Eppendorf, Hamburg
MPG, Arbeitsgruppen für Molekularbiologie, Hamburg
University of Science and Technology, Hefei (VR China)
Pathologisches Inst. der Univ. Heidelberg
MPI für Medizinische Forschung Heidelberg
Helsinki Univ. of Techn., Helsinki (Finnland)
Hebrew Univ. of Jerusalem (Israel)
Inst. für Festkörperforschung der Kernforschungsanlage Jülich
Europ. Inst. für Transurane im Kernforschungszentrum Karlsruhe
Physico-Technical Inst. of Low Temperatures, Kharkov (UdSSR)
Inst. für Experimentalphysik der Univ. Kiel
Inst. für Phys. Chemie, II. Physikal. Inst. der Univ. Köln
University of Copenhagen (DK)
Karl-Marx-Univ. Leipzig (DDR)
Univ. Liege, Belgien
Linköping Univ., Linköping (S)
Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore CA (USA)
Polytechnical Inst., Liverpool (GB)
Medical Research Center, London (GB)
Imperial College, London (GB)
Kings College, London (GB)

University of California, Los Angeles CA (USA)
BASF AG, Ludwigshafen
Medizinische Hochschule Lübeck
MAX-Lab, Univ. of Lund (S)
Haldor Topsøe Res. Lab., Lyngby (DK)
Technical Univ. of Denmark, Lyngby (DK)
Inst. für Physikalische Chemie und Inst. für Biochemie der Univ. Mainz
MPI für Polymerenforschung Mainz
Fachbereich 14-Polymere der Univ. Marburg
Faculté des Sciences de Luminy, Marseille (F)
MPI für Biochemie, Martinsried
Sektion Physik, Institut für Kristallographie
und Mineralogie der Universität München
TU München
Inst. für Anorganische Chemie und Physikalisches Inst. der Univ. Münster
Columbia University, New York (USA)
Dept. of Chemistry, Univ. of New York NY (USA)
University of Osaka, Japan
Dept. of Chemistry, University of Oslo (Norwegen)
University of Oxford (GB)
Open University of Oxford (GB)
Fachbereich Experimentalphysik der Univ. GHS Paderborn
University of Padova (Italien)
Université Paris Sud, CNRS, Orsay (F)
Université P. & M. Curie Paris VI - CNRS, (F)
LIPMH, Villetaneuse, Université Paris Nord (F)
School of Engineering, University of Pittsburgh (USA)
Bar-Ilan University, Ramat/Gan (Israel)
Weizmann Institute of Science, Rehovot (Israel)
National Council of Research, Rom (Italien)
Risø Nat. Lab., Roskilde (DK)
Fachr. 15.2 - Biochemie, Fachr. 11-Kristallographie, Fachr. 12.1 Werkstoff-
wissenschaften der Universität des Saarlandes, Saarbrücken
CNRS, Equipe de Spectroscopie, St. Etienne (F)
N.S.W. Inst. of Technology, Sydney (Australien)

University of Sofia (Bulgarien)
CRN & Université Louis Pasteur, Strasbourg (F)
Karolinska Inst., Stockholm (S)
MPI für Festkörperforschung, Stuttgart
Photon Factory, Tsukuba (Japan)
Inst. f. Kristallographie und Physiologisches Inst. der Univ. Tübingen
Abteilung für Experimentelle Physik der Universität Ulm
Phys. Inst., Univ. of Uppsala (S)
Univ. of Illinois, Urbana IL (USA)
Polish Academy of Sciences, Warschau (PL)
Daresbury Lab, Warrington (GB)
Inst. für Physikalische Chemie der Universität Würzburg
Fachbereich 9 - Physikalische Chemie der Univ. GHS Wuppertal
University York (GB)
IBM Thomas J. Watson Res. Center, Yorktown Heights (USA)
ETH Zürich (CH)

Bereich Forschung

Inhalt

Übersicht	31
H1-Kollaboration	37
ZEUS-Kollaboration	51
CELLO-Kollaboration	65
JADE-Kollaboration	75
MARK J-Kollaboration	83
PLUTO-Kollaboration	91
TASSO-Kollaboration	95
ARGUS-Kollaboration	103
Crystal Ball-Kollaboration	115
Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB	127
Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie EMBL Außenstelle Hamburg	135
Theoretische Physik	139
Technische Entwicklungen und Dienste	147
Bibliothek und Dokumentation	151

Übersicht

Im letzten Jahr vor dem Umbau zum HERA-Injektor wurde PETRA besonders intensiv für die Experimente genutzt. In achteinhalb Monaten Betriebszeit sammelten die Detektoren CELLO, JADE, MARK J und TASSO bei einer Schwerpunktsenergie von 35 GeV jeweils zwischen 80 und 110 pb⁻¹ an Luminosität, bedeutend mehr als jemals zuvor in einem Jahr. Damit beläuft sich die in den PETRA-Experimenten zwischen 1978 und 1986 insgesamt aufintegrierte Luminosität auf etwa 260 pb⁻¹ pro Wechselwirkungszone, verteilt auf verschiedene Energien zwischen 14 und 46.8 GeV im Schwerpunktsystem.

PETRA-Experimente

Die im Jahr 1986 aufgezeichneten Daten werden nochmals zu einer beträchtlichen Steigerung der statistischen Signifikanz und der Meßgenauigkeit führen. Hierdurch dürften quantitative Verbesserungen vor allem für die Untersuchungen der elektroschwachen Interferenzerscheinungen, der Erzeugung von drei und vier Jets und der Fragmentation von Quarks und Gluonen sowie in der Bestimmung der Lebensdauer des b-Quarks zu erwarten sein; ferner wird das gesamte Gebiet der Photon-Photon-Wechselwirkungen profitieren. Auch die Auswertung der bis 1985 genommenen Daten bei den höchsten mit PETRA erreichbaren Energien von etwa 44 bis 46.8 GeV wurde im vergangenen Jahr weitergeführt. Dabei wurden frühere Ergebnisse bestätigt und qualitativ verbessert. So konnte etwa die Bestimmung der fundamentalen Parameter der elektroschwachen Wechselwirkung und der Quantenchromodynamik, $\sin^2\Theta_w$ und α_s , weitgehend von der Abhängigkeit von Modellen freigemacht werden. Auch wurden die systematischen Untersuchungen auf mögliche Signale von "Exoten" (wie supersymmetrischen Partnerteilchen) weitergeführt und die Massengrenzen für diese hypothetischen Teilchen zum Teil noch weiter hinausgeschoben.

Mit dem Ablauf des Jahres ist ein über achtjähriges Experimentierprogramm an PETRA zum Abschluß gekommen. Die vollständige Analyse der genommenen Meßdaten wird noch weitere Zeit in Anspruch nehmen. In den Experimenten mit den fünf Detektoren CELLO, JADE, MARK J, PLUTO und TASSO sind die hochenergetischen e^+e^- -Wechselwirkungen systematisch und so vollständig untersucht worden, wie es im Rahmen der erreichbaren Energie und Luminosität, des Standes der Detektortechnik und natürlich unseres Verständnisses der physikalischen Vorgänge möglich war. An einige herausragende Ereignisse sei erinnert, so die Entdeckung und Untersuchung der Gluon-Jets und die Messung der elektroschwachen Interferenzerscheinungen. Darüber hinaus hat aber vor allem die Fülle systematischer Untersuchungen an PETRA den heutigen Stand der Teilchenphysik entscheidend mitbestimmt. Die offengebliebenen Fragen erfordern nunmehr andere Energiebereiche oder andere Arten kollidierender Strahlen.

Hochenergie- physik an DORIS

Sowohl hinsichtlich der Ergebnisse aus der Auswertung früher aufgezeichneter Daten, als auch was den laufenden Betrieb und die aktuelle Datennahme der DORIS-Experimente betrifft darf das Berichtsjahr als besonders erfolgreich bezeichnet werden. In 25 Wochen Laufzeit konnte jeder der Detektoren, ARGUS und Crystal Ball, etwa 100 pb^{-1} an Luminosität sammeln. Die Meßzeit wurde je etwa zur Hälfte auf die $1s$ -Resonanz und die $4s$ -Resonanz des $b\bar{b}$ -Systems (Bottoniums) verwendet. ARGUS konnte aus einer partiellen Auswertung der Daten bereits mehr als 70 Zerfälle von B- und \bar{B} -Mesonen identifizieren und besitzt damit das weltweit beste Untersuchungsmaterial für diese schwerste bekannte Art der Materie. Die Ergebnisse haben zu einer wesentlichen Modifikation und Erweiterung des Bildes der schwachen Wechselwirkungen der B-Mesonen geführt. Das Studium dieser Mesonen öffnet ein weites Feld für Untersuchungen von feinen Effekten in der schwachen Wechselwirkung der Quarks sowie in der Quantenchromodynamik. ARGUS und Crystal Ball konnten aus ihren Analysen Grenzwerte für den bisher nicht nachgewiesenen Übergang des b-Quarks in ein leichtes u-Quark ableiten. Von besonderem Interesse sind auch neue Analysen von bestimmten seltenen Zerfällen von D-Mesonen und von τ -Leptonen in den DORIS-Experimenten. Die entsprechenden Untersuchungen wurden durch die großen Anzahlen der mit DORIS erzeugten D- und τ -Teilchenpaare möglich. Man erwartet aus ihnen Aufschlüsse über die Struktur der schwachen Ströme und über das Zusammenspiel von schwachen und starken Wechselwirkungen.

Mit dem Berichtsjahr ist das Meßprogramm des Crystal Ball-Experimentes beendet. Für den ARGUS-Detektor wurden im Rahmen eines Ausbauprogramms Voruntersuchungen zum Bau einer neuen Präzisions-Vertexkammer durchgeführt, durch die das Potential des Detektors noch weiter erhöht werden könnte.

Synchrotronstrahlungs- Experimente an DORIS

Die Synchrotronstrahlungsexperimente konnten die 25 Wochen der Hochenergie-Betriebszeit von DORIS gut nutzen. Zusätzlich wurde DORIS für weitere 14 Wochen allein für die Erzeugung von Synchrotronstrahlung mit Elektronen bei reduzierter Energie betrieben, um die von einigen der Synchrotronstrahlungs-Experimente gewünschten besonders langen ununterbrochenen Füll-dauern des Speicherrings sowie erhöhte Stromstärke, kleine Emittanz und besonders gute Strahlstabilisierung zu realisieren. Die Hochenergie-Betriebsart ist insbesondere für Experimente mit harter Röntgenstrahlung und für zeitaufgelöste Messungen von großem Nutzen.

Bei HASYLAB standen den zahlreichen Nutzergruppen 27 Meßplätze zur Verfügung. Das Europäische Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) mit seiner Außenstelle und die Max-Planck-Gesellschaft mit drei Projektgruppen für strukturelle Molekularbiologie gehörten zu den ortsansässigen und besonders intensiven Nutzern der Synchrotronstrahlung. Im Rahmen des HASYLAB-Ausbauprogramms wurde ein zweiter Wiggler in Betrieb genommen. Ein dritter, großer Wiggler für den harten Röntgenbereich befindet sich im Bau. Die

zugehörige Röntgenwiggler-Experimentierhalle sowie ein Anbau an die bestehende große HASYLAB-Experimentierhalle wurden fertiggestellt.

Die Gruppe "Theorie" hat in einem sehr aktiven Programm Arbeiten auf einem weiten Gebiet von Fragen durchgeführt, das sich von der experimentenahen Phänomenologie bis hin zu abstrakten Problemen der Quantenfeldtheorie erstreckt. Erwähnt seien als Schwerpunkte Arbeiten über schwache Zerfälle, die Anwendung der Quantenchromodynamik (QCD) auf hochenergetische Prozesse, die Untersuchung der Gitterregularisierung in der Quantenfeldtheorie und ihre Anwendung in der QCD, die Diskussion von Modellen für zusammengesetzte Quarks, Leptonen und Bosonen, schließlich Fragen aus dem Grenzbe-
reich zur Kosmologie, ferner auch Überlegungen und Untersuchungen zu den bei der GSI in Darmstadt gefundenen Positronenspektren und konkrete Rechnungen über mögliche Reaktionen, Untergrundprozesse und Strahlungseffekte für zukünftige Experimente an neuen Beschleunigern wie HERA oder LEP.

*Theoretische
Physik*

An den Arbeiten beteiligten sich zahlreiche Gäste und Stipendiaten; eine besonders enge Zusammenarbeit wurde mit dem II. Institut für Theoretische Physik der Universität Hamburg gepflegt.

Im Juni 1985 hatten zwei große international zusammengesetzte Kollaborationen Absichtserklärungen für Experimente an HERA abgegeben. Im Berichtsjahr haben diese Kollaborationen auf der Basis der Absichtserklärungen und nach Diskussionen innerhalb der Kollaborationen, im Physics Research Committee und mit DESY, vor allem aber aufbauend auf den ersten Tests einzelner Komponenten, ihre Pläne weiter konkretisiert. Zwei ausführliche schriftliche Vorschläge für den Bau von HERA-Detektoren und für damit durchzuführende Experimentierprogramme wurden ausgearbeitet:

*Vorbereitung der
HERA-
Experimente*

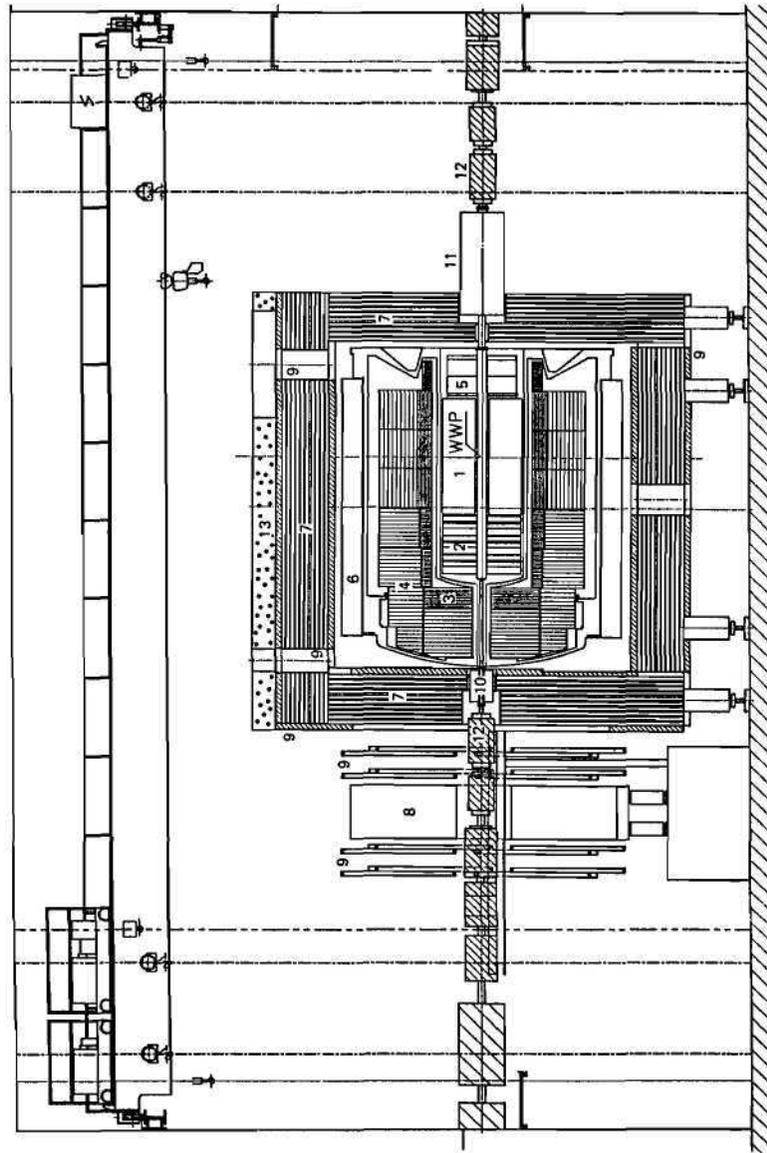
H1 Collaboration:	Technical Proposal for the H1 Detector. March 25, 1986
ZEUS Collaboration:	The ZEUS Detector, Technical Proposal. March, 1986

Beide vorgeschlagenen Detektoren verwenden zum Nachweis und zur Impulsmessung der geladenen Reaktionsprodukte große supraleitende Solenoidspulen als Magnete, in deren Innern sich Systeme von Driftkammern befinden. Die beiden Vorschläge unterscheiden sich in der Technik, die für die Kalorimetrie der Jets verwendet werden soll. Der H1-Detektor wird mit einem Flüssig-Argon-Kalorimeter ausgestattet, in dem die Hadronen in Absorbern aus Blei und Edelstahl aufschauern und die Produkte durch Ionisation im Argon nachgewiesen werden. Den Vorteilen der einfachen und stabilen Kalibrierung und der guten Granularität steht bei einem solchen Kalorimeter der Nachteil einer sub-optimalen Energieauflösung gegenüber, der auf dem unterschiedlichen Ansprechen des Kalorimeters auf elektromagnetische und auf rein hadronische

Teilchenschauer beruht. Durch Testmessungen konnte die H1-Kollaboration jedoch belegen, daß durch Bewertung der räumlichen Verteilung der gemessenen Energie das Auflösungsvermögen eines solchen Kalorimeters signifikant verbessert werden kann; Werte von $\sigma_E/E = 50\% \dots 55\% / \sqrt{E/\text{GeV}}$ wurden demonstriert.

Die ZEUS-Kollaboration hatte sich von vornherein das Ziel einer bestmöglichen Energieauflösung für ihren Detektor gestellt und daher ein Kalorimeter aus Platten von angereichertem Uran als Absorber mit Szintillator und Photovervielfachern für den Teilchennachweis vorgeschlagen. In diesem Fall kann man durch Nachweis von Spallationsneutronen aus dem Uran das sonst vorhandene Energiedefizit für rein hadronische Schauer ausgleichen. Testmessungen der Kollaboration zeigten erwartungsgemäß eine Energieauflösung um $35\% / \sqrt{E/\text{GeV}}$. Ein Nachteil dieses Kalorimeters ist seine zunächst weniger gute räumliche Granularität und Elektron-Hadron-Diskriminierung. Es sollte jedoch grundsätzlich möglich sein, dies durch Einbau von fein unterteilten Schichten von Halbleiter-Detektoren in das Kalorimeter auszugleichen.

Durch die unterschiedlichen Methoden der Jet-Kalorimetrie ergänzen sich die beiden Detektoren gerade in einem für die HERA-Experimente besonders entscheidenden Punkt. Nach eingehender Untersuchung auch der technischen Aspekte und der Sicherheitsprobleme wurden—der Empfehlung durch das Physics Research Committee folgend—die beiden Detektorvorschläge im November vom DESY-Direktorium angenommen. Unmittelbar danach begannen Vorbereitungen zum Bau der beiden supraleitenden Magnete sowie Prototyp-Arbeiten für Teile der Detektoren sowohl bei den auswärtigen Instituten als auch bei DESY.



Layout of the
H1 detector

Vertical cut
along the beam

- 1 CENTRAL TRACKING
- 2 FORW. TRACKING + TRD
- 3 ELECTR. LIQU. AR. CALORIM.
- 4 HADR. LIQU. AR. CALORIM.
- 5 BACKW. ELECTR. CALORIM.
- 6 COIL
- 7 INSTRUM. IRON
- 8 IRON TOROID
- 9 MUON CHAMBERS
- 10 PLUG CALORIMETER
- 11 COMPENS. COIL
- 12 MACHINE QUADRUPOLE
- 13 CONCRETE

Abbildung 1: Schnitt durch den H1-Detektor in der HERA-Halle Nord.

H1-Kollaboration

Beteiligte Institute: AdW Zeuthen, RWTH Aachen, Univ. of California, CEN Saclay, DESY, Univ. Dortmund, Ec. Polytechn. Palaiseau, Univ. Glasgow, Univ. Hamburg, Univ. of Houston, Inst. Nucl. Phys. Cracow, ITEP Moscow, LAL Orsay, Univ. Lancaster, P.N. Lebedev Inst. Moscow, Univ. Liverpool, Univ. Manchester, MPI München, Northeastern Univ., P. & M. C. Univ. Paris, Univ. und INFN Rom, Rutherford Appleton Lab. Chilton, Univ. GHS Wuppertal, ETH und Univ. Zürich.

Überblick

Die wichtigsten Aufgaben im Jahr 1986 waren die Fertigstellung des "Technical Proposals", das im März 1986 eingereicht wurde, der Beginn von Konstruktion und Bau der großen Detektorkomponenten, die Spezifikation aller aktiven Detektorkomponenten sowie ein umfangreiches Testprogramm für diese Komponenten. Der H1-Detektorvorschlag wurde im Juli im Physics Research Committee diskutiert und dem DESY-Direktorium zur Annahme empfohlen. Das Direktorium hat das H1-Projekt in der vorgeschlagenen Form im November 1986 genehmigt.

Detektoraufbau

Der H1-Detektor wird für die Registrierung von Elektron-Proton-Kollisionen am Speicherring HERA gebaut und soll im Jahr 1990 einsatzfähig sein. Der Detektor ist in Abb. 1 im Längsschnitt gezeigt. Vom Wechselwirkungspunkt aus gesehen besteht er aus einem kompakten System von Spurdetektoren, die von einem Flüssig-Argon-Kalorimeter mit elektromagnetischen und hadronischen Segmenten umschlossen sind. Die Kalorimetermodule sind innerhalb eines einzigen Kryostaten untergebracht, der von einer großen supraleitenden Spule (Durchmesser 6 m) umschlossen ist, die im Spurkammerbereich ein homogenes axiales Magnetfeld von 1.2 T erzeugt. Der Magnetfeldrückfluß erfolgt über ein Eisenjoch, das gleichzeitig als Myonen-Filter und Kalorimeter für die nicht im Argon-Kalorimeter absorbierte Hadronen-Energie genutzt wird. Zu diesem Zweck ist das Eisenjoch aus 7.5 cm dicken Eisenplatten aufgebaut, zwischen denen sich Detektorebenen aus Streamerröhren befinden. Der Myonen-Nachweis wird komplettiert durch drei Lagen von Myon-Kammern sowie durch ein Vorwärts-Myon-Spektrometer, das aus einem Toroidmagneten und vier Ebenen von Driftkammern besteht. Die Kalometrie wird komplettiert durch warme Kalorimeter nahe der Strahlachse.

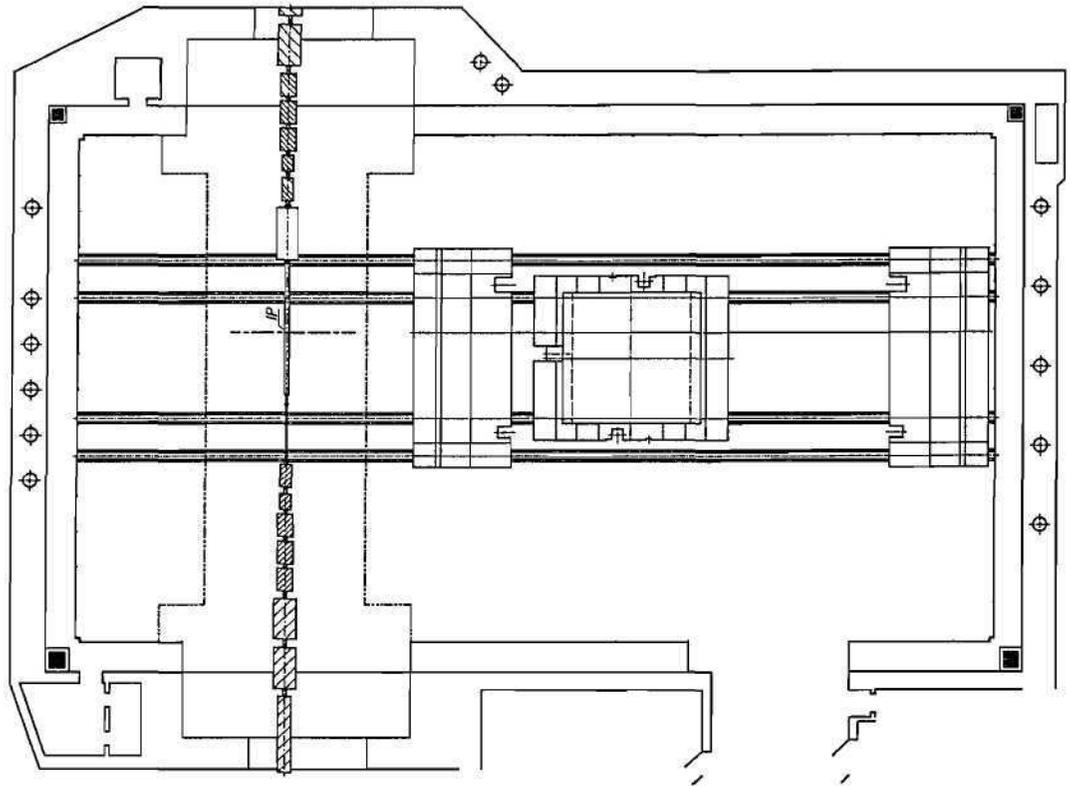


Abbildung 2: Position der H1-Detektorkomponenten während der Installationsphase in der Halle Nord (Aufsicht).

Detektorkonstruktion und Detektorbau

Die technische Konzeption des Detektors ist im Technical Proposal weitgehend festgelegt. Bis Ende des Jahres wurden die Gesamtgeometrie des Detektors und die äußeren geometrischen Abmessungen aller wesentlichen Detektorkomponenten festgelegt, ebenso die Verantwortung der beteiligten Institutionen für den Bau der einzelnen Komponenten. Die Detektorgeometrie ist weitgehend auf einem CAD-System implementiert und dokumentiert. Diese Maßnahme soll die Kompatibilität der Einzelkomponenten garantieren und wird zur Lösung von Installations-, Verkabelungs- und Abschirmungsproblemen genutzt. Die Abb. 2 zeigt eine über CAD erstellte Aufsicht auf die Experimentierhalle mit der Detektorposition während der Installationsphase. Für den H1-Detektor ist die HERA-Halle Nord vorgesehen.

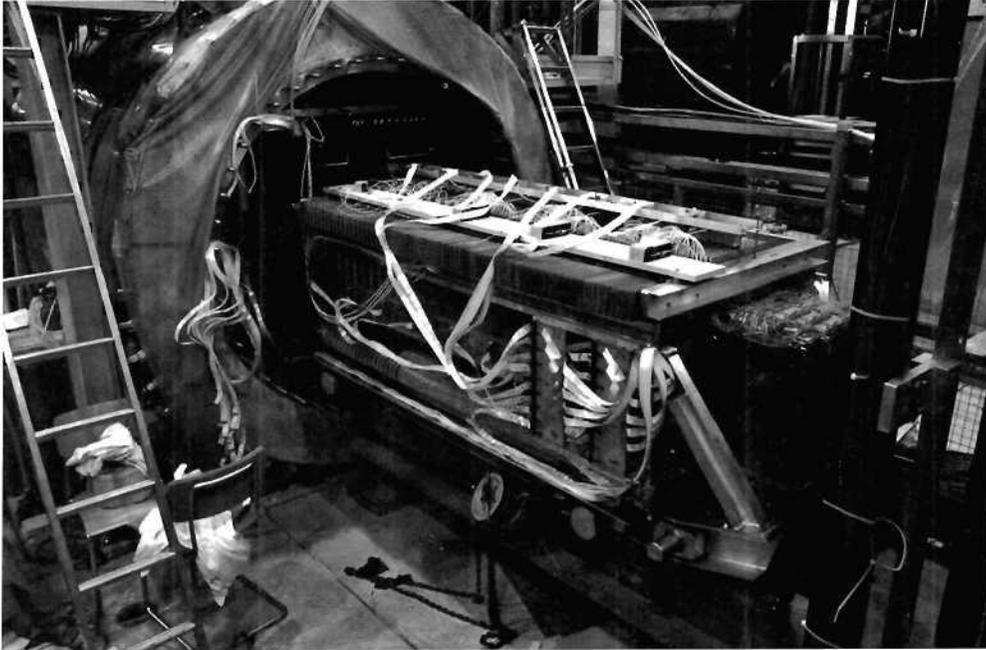


Abbildung 3: Das Flüssig-Argon-Testkalorimeter von H1 beim Einfahren in den Kryostaten bei CERN.

Der H1-Detektor enthält drei große Komponenten, deren Bau für die Zeit- und Finanzplanung des Experiments von entscheidender Bedeutung ist. Dies sind die supraleitende Spule, der Flüssig-Argon-Kryostat mit zugehöriger Kälteanlage und die Eisenstruktur. Diese Komponenten müssen installiert sein, bevor andere aktive Komponenten eingebaut und getestet werden können. Im Jahr 1986 wurde daher die Konstruktion der großen Komponenten mit Vorrang vorangetrieben und weitgehend abgeschlossen.

Die supraleitende Spule wird vom Rutherford Appleton Laboratory gebaut; ein entsprechender Vertrag wurde im Dezember zwischen DESY und RAL unterzeichnet. Die technische Konstruktion der Mechanik ist weitgehend abgeschlossen und zeitkritische Komponenten (supraleitende Kabel, Vakuumgefäß, Wickelzylinder) wurden bereits bei der Industrie bestellt. Die Lieferung der Spule zu DESY ist für Mitte November 1988 vorgesehen.

*Supraleitende
Spule*

Der Kryostat und die Kälteanlage für das Flüssig-Argon-Kalorimeter werden von CEN Saclay gebaut. Die Konstruktion des Kryostaten ist weitgehend abgeschlossen. Entwicklungsarbeiten und Tests insbesondere für die Signalkabel-

*Flüssig-Argon-
Kryostat*

durchführungen sind in Saclay im Gange und sollen bis März 1987 abgeschlossen sein. Die Lieferung des Kryostaten zu DESY ist für Herbst 1988 vorgesehen, die Installation der Kälteanlage wird noch im Jahr 1987 beginnen.

Eisenstruktur

Die Konstruktion der Eisenstruktur wurde in DESY-Verantwortung im November abgeschlossen. Der Bau dieser Komponente wurde einer Firma in Leningrad unter der Verantwortung des Lebedev Physikalischen Institutes in Moskau übertragen.

Im Berichtsjahr wurde an detaillierten technischen Lösungen für den Bau der aktiven Detektorkomponenten gearbeitet, begleitet von umfangreichen Tests von Detektorprototypen in den Labors und im Teilchenstrahl.

Flüssig-Argon-Kalorimeter

Am Bau des Flüssig-Argon-Kalorimeters sind insgesamt zehn Institutionen beteiligt. Im Jahr 1986 wurde ein umfangreicher Kalorimetertest im Hadronen-Teststrahl bei CERN durchgeführt, um physikalische Daten zur Schauerentwicklung, zur Energiemessung von Elektronen und Hadronen und zur Verbesserung der Energieauflösung durch Wichtung zu erhalten. Abb. 3 zeigt das Testkalorimeter beim Einfahren in den Kryostaten. Es besteht aus einem elektromagnetischen Segment mit Bleiabsorber (24 Strahlungslängen) und einem Hadronteil aus 5 mm starken Kupferplatten (6 Absorptionslängen), gefolgt von einem "tail-catcher" aus 2.5 cm dicken Eisenplatten (4 Absorptionslängen). Die Auslese erfolgt durch G10-Leiterplatten mit feiner transversaler und longitudinaler Segmentierung. Das elektromagnetische Kalorimeter kommt der endgültigen H1-Struktur sehr nahe. Es wurden Elektron- und Pion-Daten im Energiebereich von 10 bis 230 GeV registriert. Abb. 4 zeigt eine Auflösungskurve für 166-GeV-Elektronen. Für diese Auflösungskurve wurden in den fünf in der Tiefe getrennt ausgelesenen Sektionen jeweils 16 Pads aufsummiert.

Bei den Tests mit Hadronen stand die Frage im Vordergrund, inwieweit die Energieauflösung mit der Gewichtsmethode verbessert werden kann. Bei Kalorimetern aus nichtkompensierenden Materialien ergeben sich wegen der verschiedenen Signalhöhen für elektromagnetische und hadronische Komponenten des Schauers starke Signalschwankungen. Dieser Effekt verschlechtert besonders bei hohen Energien die Energieauflösung erheblich. Bei einer feinen Segmentierung des Kalorimeters können aber die elektromagnetischen Anteile eines Schauers wegen ihrer geringen räumlichen Ausdehnung leicht erkannt werden. Dadurch hat man die Möglichkeit, die Signalhöhe zu korrigieren und somit die Energieauflösung zu verbessern. Abb. 5 zeigt die Energieauflösung für 170 GeV Pionen. Die korrigierte Verteilung ist punktiert dargestellt. Es ergibt sich eine Auflösung von $\sigma/E = 51\%/\sqrt{E}$. Schließlich wurde das e/π -Verhältnis im Bleikalorimeter näherungsweise bestimmt, es ergab sich zu $e/\pi \simeq 1.3$ bei Strahlenergien größer 30 GeV.

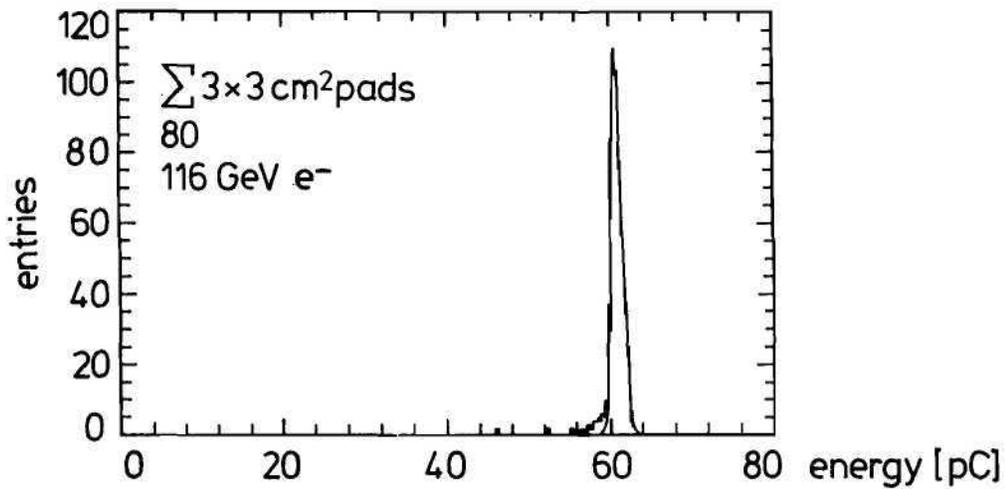


Abbildung 4: Gemessene Energieauflösung für 116-GeV-Elektronen im Argon-Testkalorimeter ohne Entfaltung der Energieunschärfe des Elektronenstrahls.

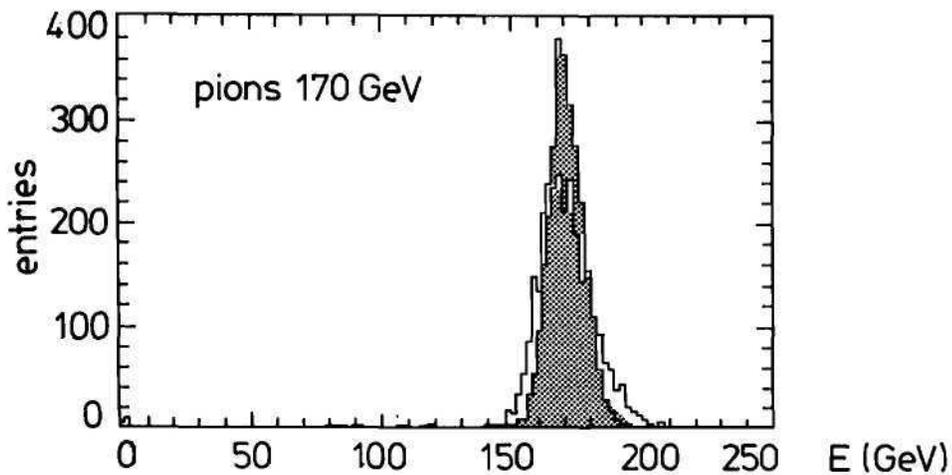


Abbildung 5: Gemessene Energieauflösung für 170-GeV-Pionen im Testkalorimeter mit (punktiertes Histogramm) und ohne individuelle π^0 -Wichtung.

Der Test erlaubte es auch, wichtige technische Erfahrungen zur Kryogenik, Elektronik und zum Bau von Kalorimetermodulen zu sammeln.

Parallel zu diesem Test wurde in den Labors an praktischen Lösungen für den Kalorimeterbau gearbeitet, die sich insbesondere auch für eine industrielle Herstellung eignen. Bis zum Sommer 1987 soll je ein elektromagnetisches und ein hadronisches Kalorimetermodul in voller Größe und mit der endgültigen Technik fertiggestellt sein und dann im Teilchenstrahl getestet werden.

Mechanik der Kalorimetermodule: Die geometrische Anordnung der Kalorimetermodule im Kryostaten, im Schnitt senkrecht zur Strahlachse, ist in Abb. 6 gezeigt. Das Kalorimeter ist in Strahlrichtung in insgesamt neun Ringe von je 90 cm Länge unterteilt (s. Abb. 1), die aus jeweils acht Sektorsegmenten außerhalb des Kryostaten vormontiert und dann auf Schienen in den Kryostaten eingefahren werden.

Die inneren elektromagnetischen Ringe benutzen Bleiplatten als Absorber, die äußeren hadronischen Ringe eine Schweißkonstruktion aus Edelstahlplatten. Dabei sind die Absorberplatten in den fünf vorderen Ringen und dem letzten (elektromagnetischen) Ring vertikal und in den drei zentralen Ringen horizontal angeordnet. Eine perspektivische Ansicht der hinteren Ringe mit horizontalen Platten zeigt Abb. 7.

Die geometrische Anordnung einer elektromagnetischen Zelle ist in Abb. 8 gezeigt. Sie wird durch verklebte Blei-G10-Sandwiches gebildet, die eine hohe mechanische Stabilität aufweisen und daher ein Minimum an Strukturmaterialien erfordern, um den Abstand der Platten mit hinreichender Genauigkeit zu garantieren. Aus der Zeichnung ist auch die Anordnung der Pads zur Ladungssammlung und die Ausbildung der Hochspannungsebene ersichtlich. Entscheidende Bedeutung für die praktische Realisierung hat die Entwicklung einer zuverlässigen, industriellen Methode zur Verklebung der Sandwiches. Entsprechende Entwicklungen werden in den Labors und in Zusammenarbeit mit den Industriefirmen durchgeführt und haben erste erfolgversprechende Resultate gebracht.

Die Zellstruktur des Hadronen-Kalorimeters ist in Abb. 9 gezeigt. In diesem Fall werden die Edelstahlabsorberplatten nicht zur Definition der Flüssig-Argon-Auslesezone benutzt, sondern stellen nur ein fächerartiges Gerüst dar, in das unabhängige präzise Auslesezellen eingeschoben werden. Eine Auslesezone besteht aus zwei Edelstahlblechen und einer G10-Platte in der Mitte, welche die Auslestreifen und Signallinien enthält. Die Zelle wird in Abständen zwischen 10 und 15 cm durch Nieten und Abstandsstücke zusammengehalten. Prototypen solcher Auslesezellen wurden in den Labors hergestellt und getestet; industrielle Fertigungsmethoden sind in der Entwicklung.

Elektronik: Prototypen der Elektronik sind in der Entwicklung. Eine Vorserie von ca. 500 Kanälen wird im Sommer 1987 beim Strahltest im CERN eingesetzt.

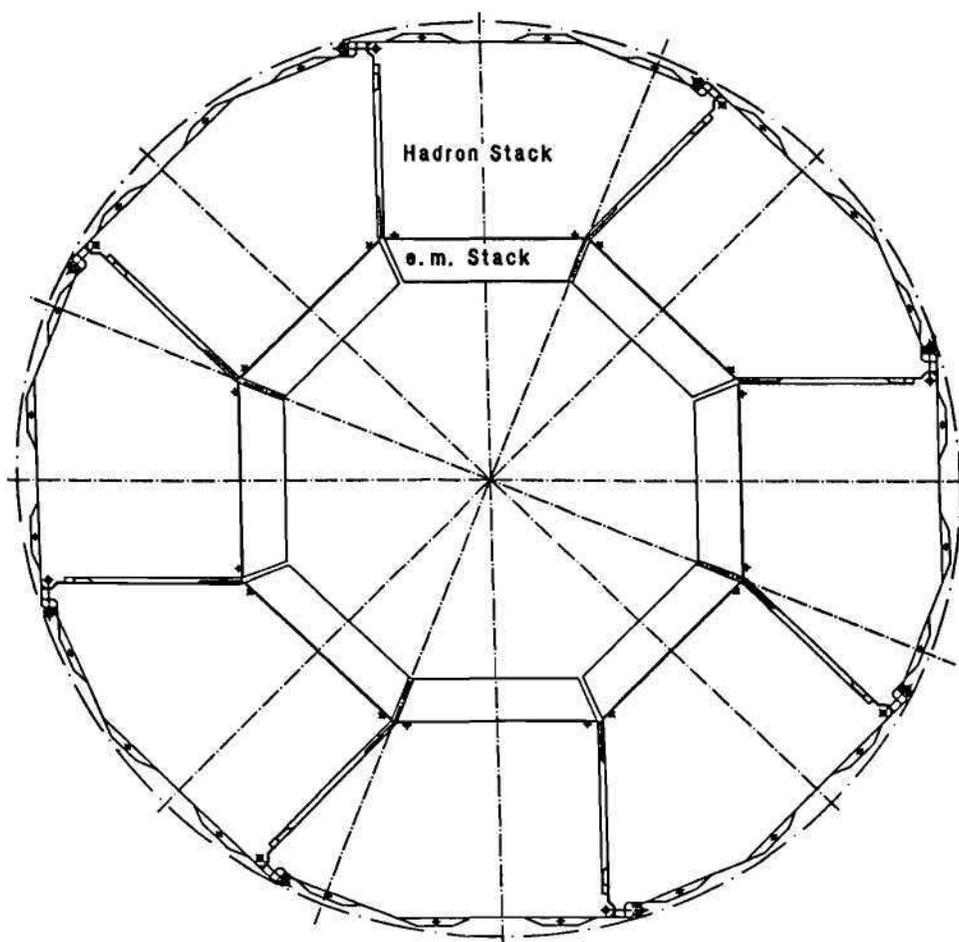


Abbildung 6: Geometrische Anordnung der Kalorimetermodule im Barrelbereich in einem Schnitt senkrecht zur Strahlachse.

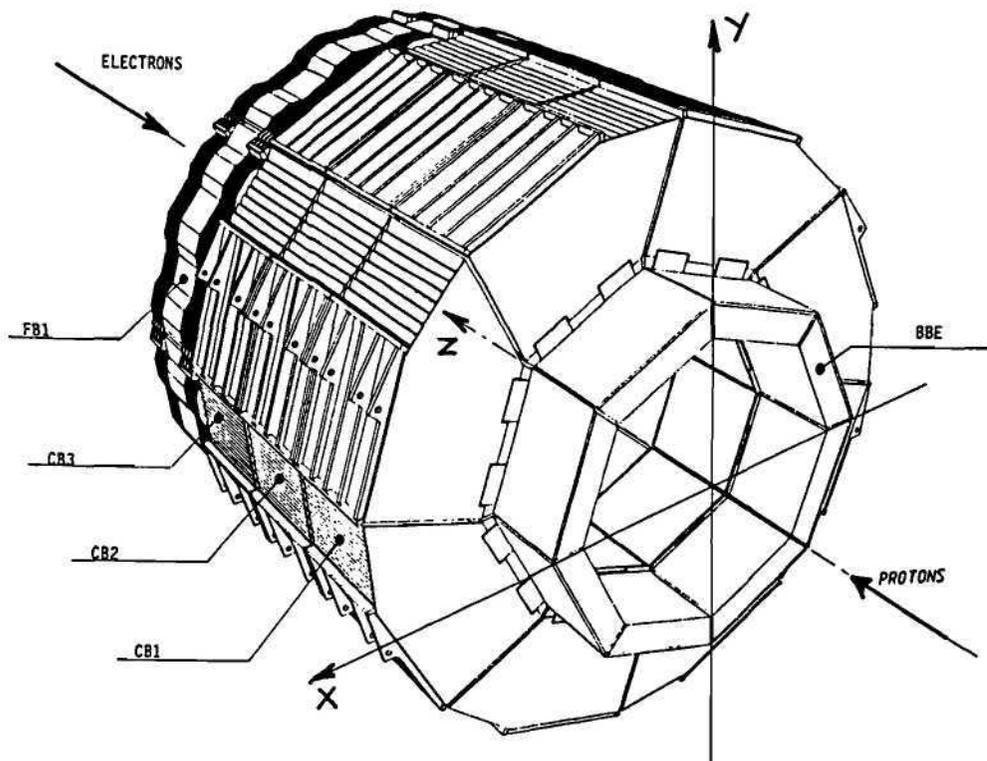


Abbildung 7: Perspektivische Ansicht der Kalorimeterringe im Rückwärts-(Elektronen-)Teil des Detektors.

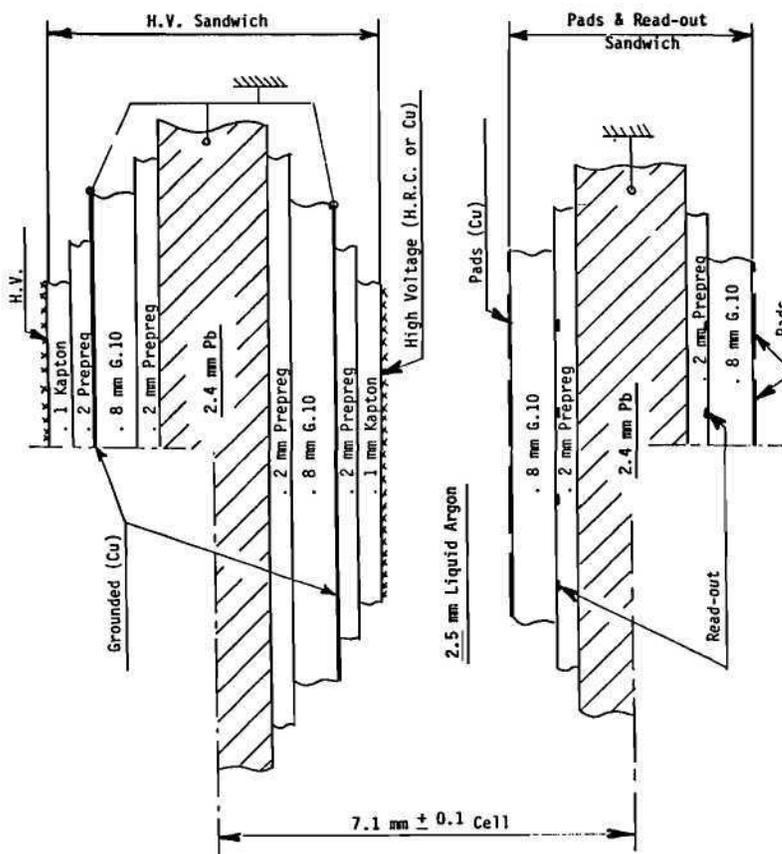


Abbildung 8: Strukturen der elektromagnetischen Kalorimeterzellen.

Die Rekonstruktion und Impulsmessung geladener Spuren erfolgt über ein System von Driftkammern, die auch dE/dx -Messungen ermöglichen. Daneben ist der gesamte Raumwinkelbereich durch Vieldrahtproportionalkammern abgedeckt, die für schnelle Triggerentscheidungen benötigt werden.

Zentrale Jetkammer: Die geometrische Anordnung der Signaldrähte und Zellen ist in Abb. 10 gezeigt. Die mechanische Konstruktion der Kammerzylinder wurde im Berichtsjahr weitgehend abgeschlossen. Dies schließt auch die Endflansche der äußeren Z-Driftkammer und der Vieldrahtproportionalkammer ein. Die Konzeption der Drahtdurchführungen ist ebenfalls abgeschlossen. Ein Prototyp eines Kammersegments mit voller Drahtlänge ist im Bau und soll Mitte 1987 getestet werden.

Vorwärtsdriftkammern: In Vorwärtsrichtung werden geladene Spuren durch je drei Module von radialen und planaren Kammern mit insgesamt 72 Signal-

Spurkammern

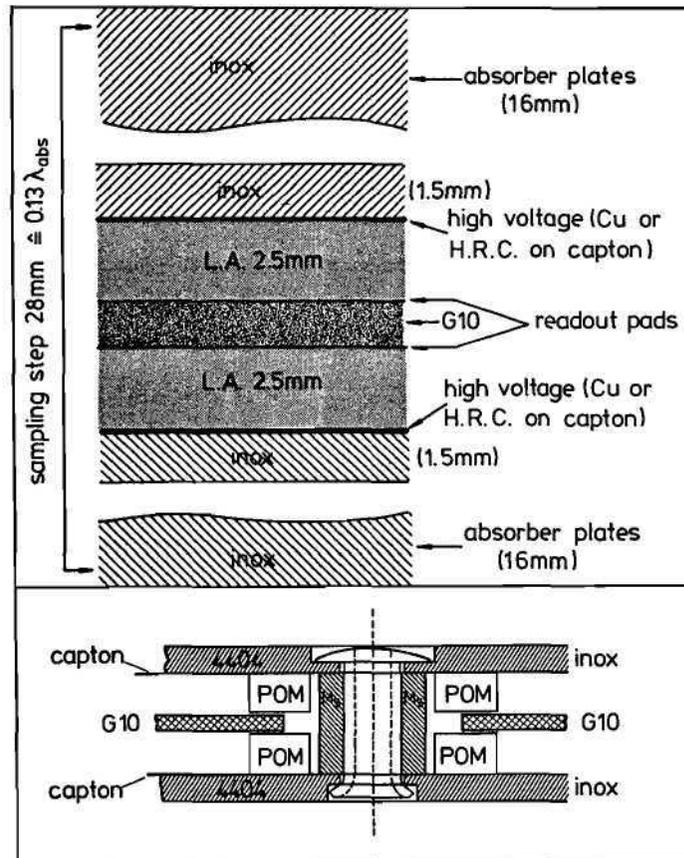


Abbildung 9: Strukturen der hadronischen Kalorimeterzellen.

drahtebenen registriert. Äußere Geometrie und Zellenkonfiguration sind festgelegt und viele Details in kleinen Prototypkammern getestet. Prototypen in Originalgröße sind im Bau und sollen in der zweiten Hälfte 1987 getestet werden.

Driftkammerelektronik: Alle Driftkammern werden durch einheitliche Elektronik basierend auf der Nutzung von Flash-ADCs ausgelesen. Ausgehend von den bei den Großdetektoren JADE und OPAL genutzten Systemen wurde ein verbessertes System mit nichtlinearem 8-bit-FADC (100 MHz) und doppelter Packungsdichte entwickelt. Erste Prototypen können Anfang 1987 getestet werden.

MPWCs: Prototypen für die Vieldrahtproportionalkammern sind im Bau. Ebenso wurde ein neuer Vorverstärker und Diskriminator entwickelt.

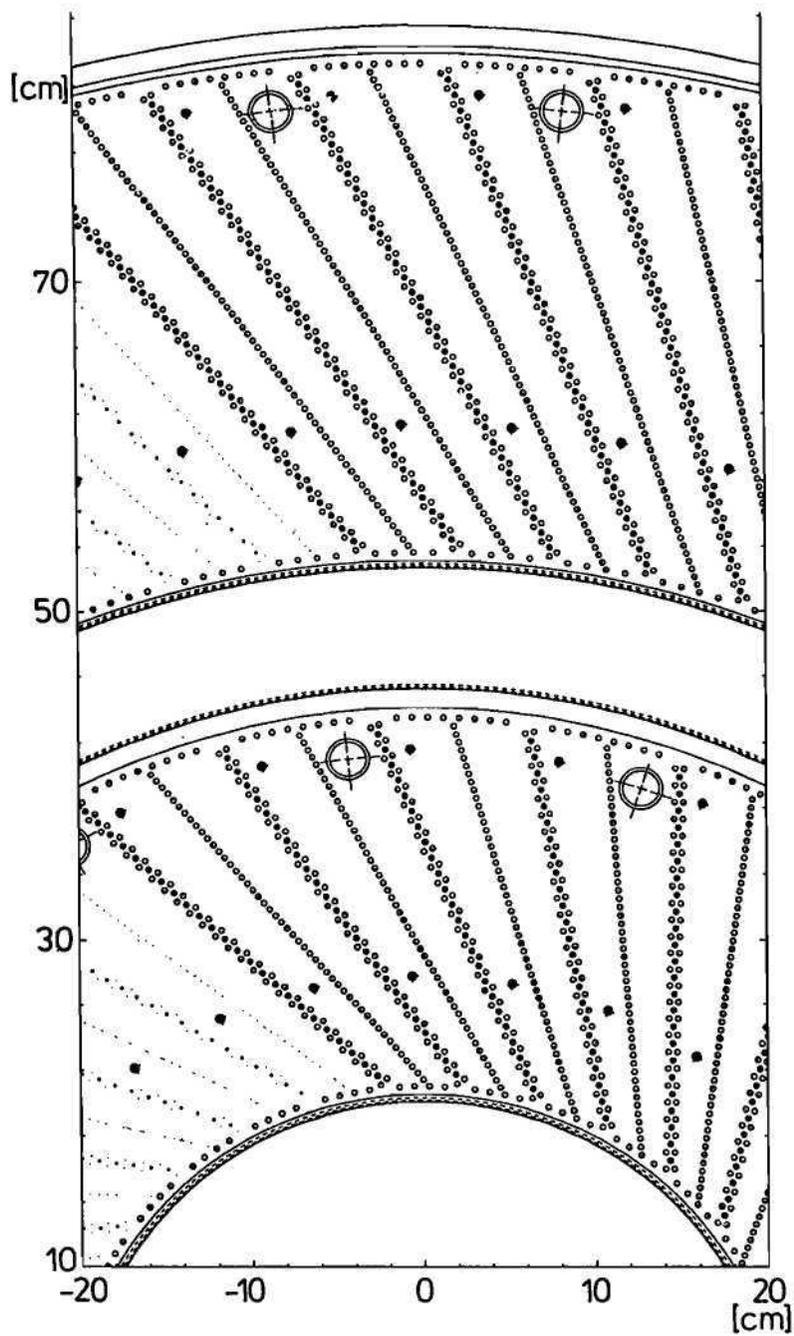


Abbildung 10: Anordnung von Signal- und Feldformungsdrähten der zentralen Jetkammer, im Schnitt senkrecht zur Strahlachse.

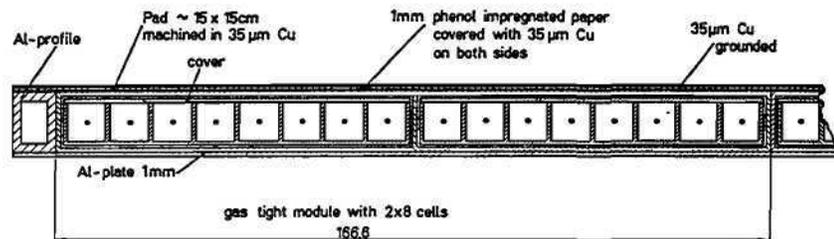


Abbildung 11: Geometrische Anordnung einer Grundzelle der Streamerrohrkammerdetektoren.

Eiseninstrumentierung und Myon-Kammern

Die Instrumentierungs- und Myon-Kammern basieren auf dem großflächigen Einsatz von Plastikstreamerrohrkammern. Solche Detektoren werden seit Jahren in mehreren Hochenergieexperimenten genutzt und werden in gleicher Funktion für fast alle großen Detektoren an den neuen Speicherringen eingesetzt.

Für H1 wurde eine spezielle Variante entwickelt und getestet, deren Grundstruktur in Abb. 11 gezeigt wird. Sie besteht aus zwei extrudierten Plastikprofilen mit je acht Zellen, die in eine gemeinsame gasdichte Umhüllung eingeschoben sind. Die drei Profilseiten sind innen mit Graphitfarbe niederohmig (ca. $1 \text{ k}\Omega/\square$) beschichtet und werden oben durch einen Deckel abgeschlossen, der hochohmig (ca. $1 \text{ M}\Omega/\square$) beschichtet ist, so daß er für hochfrequente Signale durchlässig ist. Mehrere dieser Grundelemente, die jeweils ca. 4 m lang sind, werden auf ein Aluminiumblech aufgeklebt und so zu einer Detektorebene zusammengefügt. Auf der anderen Seite wird eine kupferkaschierte Hartpapierplatte aufgeklebt, deren Kupferschicht in großflächige Auslesekatoden (Pads) unterteilt ist, um die induzierten Signale analog auszulesen. Daneben wird auch digital die Adresse des angesprochenen Zählendrahts registriert.

Die im Experiment vorgesehene Anordnung von Myon-Kammern, Eisenplatten und Instrumentierungskammern wurden 1986 zusammen mit dem Argon-Kalorimeter im Teilchenstrahl bei CERN getestet, wobei dieser Detektor sowohl direkt im Teilchenstrahl getestet als auch hinter dem Flüssig-Argon-Kalorimeter als "tail-catcher" genutzt wurde. Signalhöhen und Energieauflösungen für diesen Aufbau sind in Abb. 12 als Funktion der Energie dargestellt. Die Vorbereitungen für die Produktion der Detektoren sind weitgehend abgeschlossen. Bisher wurden solche Detektoren ausschließlich mit PVC als Trägermaterial hergestellt. Mit der Produktion solcher Kammern könnte Anfang 1987 begonnen werden. Aus Sicherheitsgründen gibt es jedoch noch Vorbehalte gegen die Verwendung von PVC.

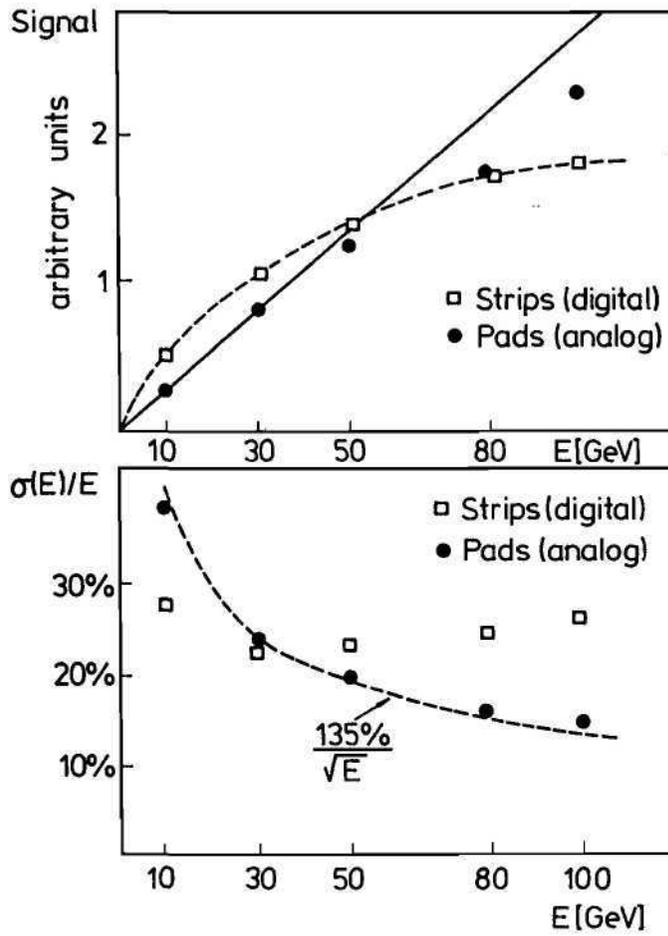
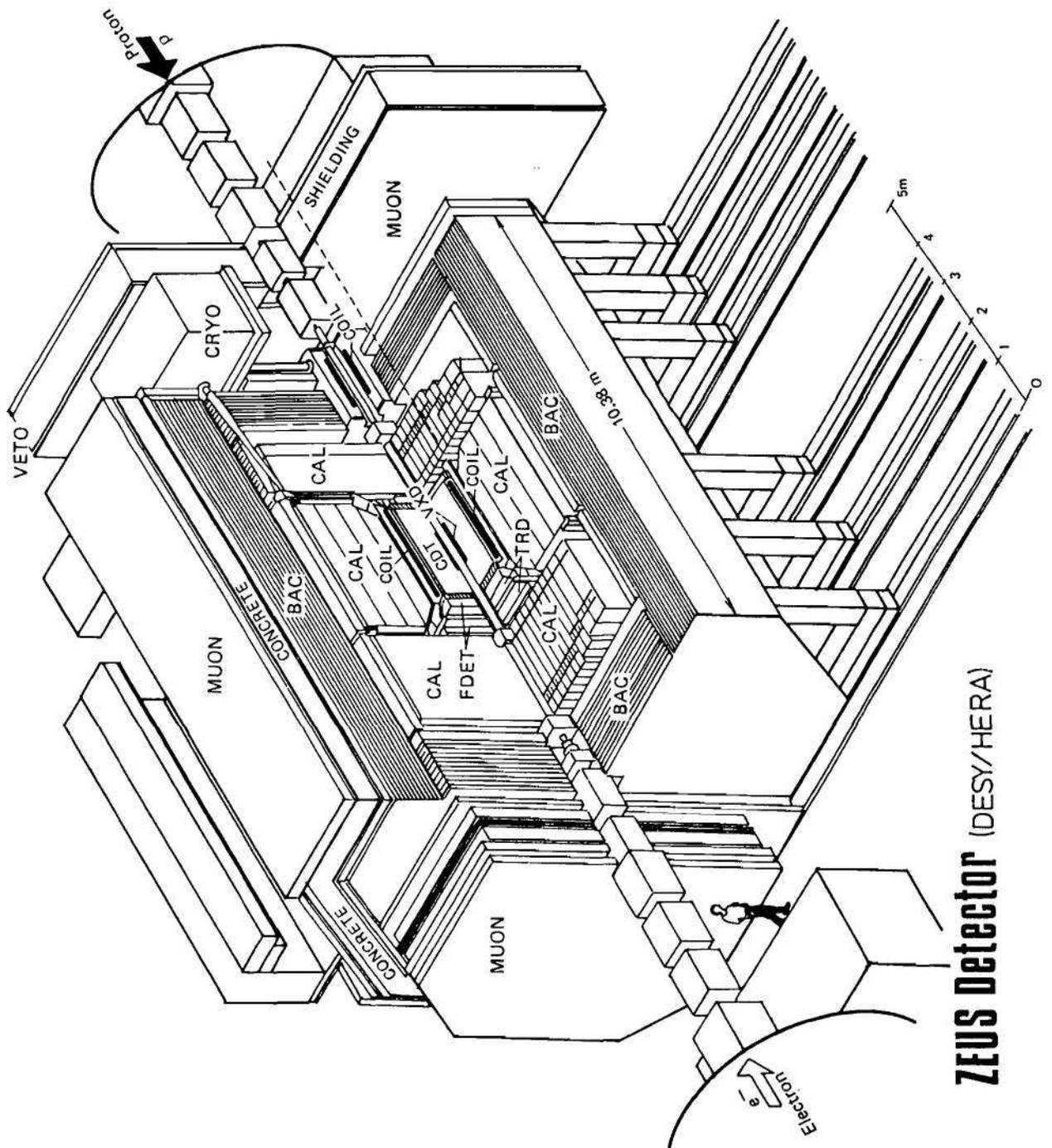


Abbildung 12: Gemessene Signalthöhe (links) und Auflösung (rechts) für den Eisen-“tail-catcher” als Funktion der Energie für analoge Padauslese und digitale Drahtauslese.



ZEUS Detector (DESY/HERA)

Abbildung 13: Schematische Darstellung des ZEUS-Detektors in der Halle.

ZEUS-Kollaboration

Beteiligte Institute: Univ. Aquila, ANL Argonne, Univ. Autonoma Madrid, Univ. Bologna, Univ. Bonn, Univ. Bristol, Carleton Univ., Columbia Univ., DESY, ENEA Frascati, Univ. Firenze, Univ. Freiburg, Univ. Hamburg, Univ. of Illinois, Imperial Coll. London, Inst. of Nucl. Phys. and Inst. of Phys. and Nucl. Tech. Cracow, INFN Frascati, KFA Jülich, Lecce Univ., Univ. of Manitoba, McGill Univ., Milano Univ., NIKHEF Amsterdam, Ohio State Univ., Oxford Univ., Padoa Univ., Palermo Univ., Pennsylvania State Univ., Univ. "La Sapienza" Roma, Rutherford Appleton Lab. Chilton, Univ. GHS Siegen, Tokio Metropolitan Univ., Tokio Univ., Univ. Torino, Univ. Toronto, University Coll. London, Virginia Polytech. Inst., Univ. Warsaw, Weizmann Inst. Rehovot, Univ. of Wisconsin, York Univ.

Überblick

Der Vorschlag der ZEUS-Kollaboration für einen HERA-Detektor (Abb. 13) wurde im Berichtsjahr auf Empfehlung des Physics Research Committee (PRC) vom DESY-Direktorium angenommen.

Die an ZEUS beteiligten Gruppen von DESY und der Universität Hamburg arbeiteten vor allem an

- Der Gesamtplanung des Detektors
- Der Konstruktion des Eisenjochs mit Fahrwerk
- Der Konstruktion der Halterungen von Solenoid und Kompensator
- Dem Entwurf der Kälteversorgung für die supraleitenden Solenoid- und Kompensatormagnete
- Der Optimierung der mechanischen, optischen und elektronischen Parameter des DU (= abgereichertes Uran)-Szintillator-Kalorimeters CAL
- Der mechanischen Konstruktion des Vorwärts- und Rückwärtskalorimeters FCAL, RCAL
- Dem Bau von DU-Szintillator- und Blei-Szintillator-Testkalorimetern und der Durchführung von Teststrahlversuchen bei CERN
- Der Entwicklung eines großflächigen Silizium-Detektors zur Elektron-Hadron-Trennung innerhalb des Kalorimeters; Teststrahlversuche eines Prototyps bei DESY und CERN

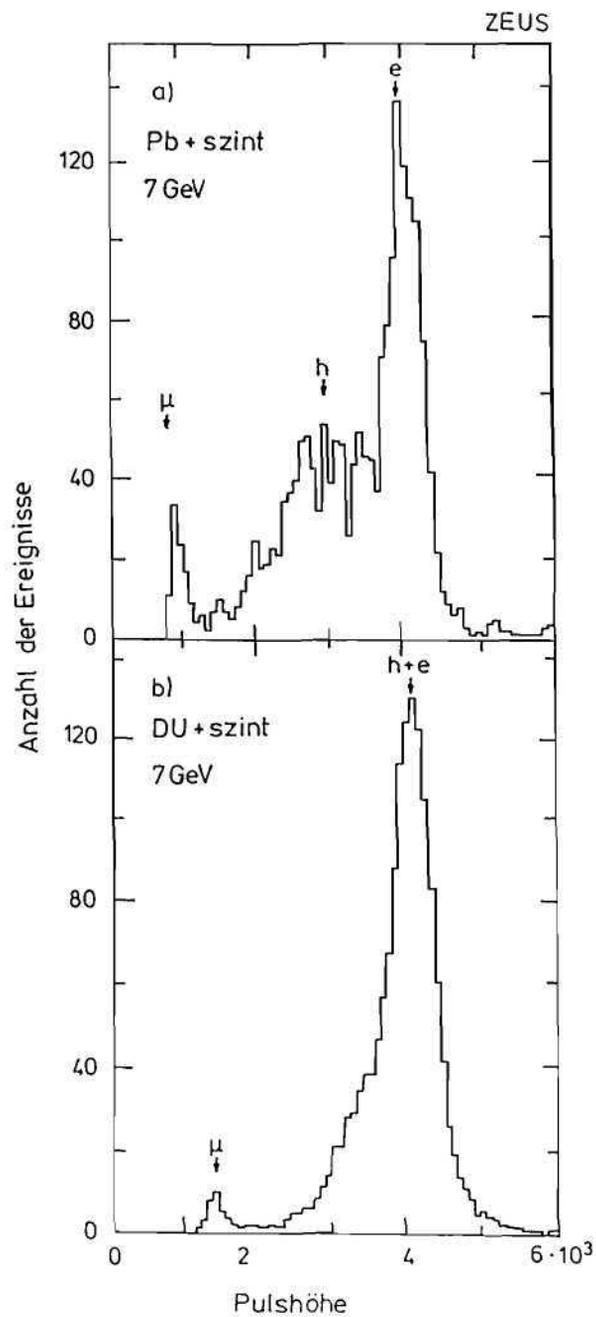


Abbildung 14: Energieauflösung für Hadronen a) eines herkömmlichen Blei-Szintillator-Kalorimeters, b) desselben Kalorimeters, aber mit DU- anstelle von Blei-Platten.

- Dem Aufbau zweier Rechneranlagen für die Strahltests bei CERN
- Der Optimierung der Sicherheitsmaßnahmen für den Betrieb des ZEUS-Detektors
- Der Planung der Datenerfassung und Auswertung
- Der Simulationsprogramme für das Verständnis der Entwicklung hadronischer Schauer
- Dem Entwurf des Strahlrohrs und von Kollimatoren

Detektor-Komponenten

Das Herzstück des Detektors ist das DU-Szintillator-Kalorimeter. Ziel der Kalorimeterplanung war es, exakt gleiches Ansprechvermögen für Photonen und Hadronen, $e/h = 1$, und damit die bestmögliche Energieauflösung für Hadronen zu erreichen. Die Abb. 14 veranschaulicht den Gewinn an Energieauflösung durch ein DU-Szintillator-Kalorimeter im Vergleich zu einem herkömmlichen Kalorimeter. Der obere Teil zeigt eine Pulshöhenverteilung, die von ZEUS mit einem Blei-Szintillator-Kalorimeter (TST60, siehe unten, Plattendicken: 5 mm Pb, 5 mm Szintillator) für einen 7-GeV-Strahl aus Elektronen, Myonen und Hadronen gemessen wurde. Die Pulshöhe für Elektronen ist wesentlich größer als für Hadronen, $e/h \approx 1.3$. Die Energieauflösung für Hadronen beträgt $\sigma/E \approx 60\%/\sqrt{E}$. Die untere Verteilung zeigt den Gewinn, wenn die Bleiplatten durch DU-Platten (3.2 mm) ersetzt werden. Elektronen und Hadronen liefern beinahe dasselbe Signal, $e/h \approx 1.07$. Die Energieauflösung für Hadronen beträgt jetzt $\sigma/E \approx 40\%/\sqrt{E}$. Durch andere Wahl der Szintillatordicke läßt sich noch ein besseres Ergebnis erzielen (s. unten).

Kalorimetertests

Für die Optimierung von Absorber, Szintillator und optischer Auslese wurden mehrere Prototypkalorimeter gebaut und in Strahlversuchen am CERN vermessen. Während für die Absorption von Elektronen im 10–100 GeV Bereich typischerweise Kalorimeter von $20 \times 20 \text{ cm}^2$ Querschnitt und 25 Strahlungslängen (X_0) Tiefe (für DU: $1 X_0 = 10.5 \text{ cm}$) genügen, ist für Hadronen der Aufwand wesentlich größer: Es sind Querschnitte von mindestens $60 \times 60 \text{ cm}^2$ bei 6–8 Absorptionslängen (λ) Tiefe (für DU: $1 \lambda = 10.5 \text{ cm}$) erforderlich.

TST35: Vom AFS-Experiment am CERN wurde leihweise ein DU-Kalorimeter-Modul zur Verfügung gestellt (Abb. 15). Das Modul wurde neu mit Szintillator und optischer Auslese (Wellenlängenschieber WLS, Lichtleiter LG, Röhre PM) bestückt. Die wichtigsten Parameter des TST35-Moduls waren:

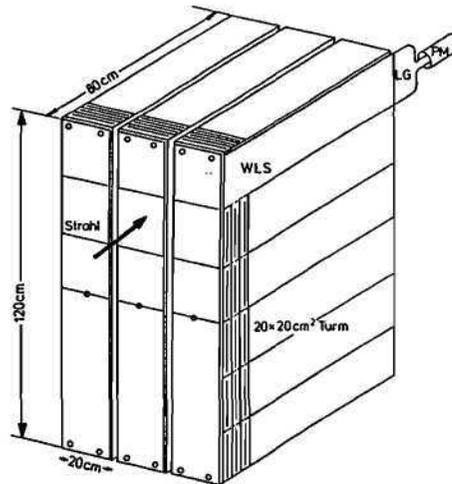


Abbildung 15: Aufbau des DU-Kalorimeter-Testmoduls TST35.

DU:	3.0 mm	133 Platten
Szintillator:	2.5 mm	134 Platten SCSN38
Tiefe:	81 cm	$= 125 X_0 = 4.2 \lambda$
Querschnitt:	$60 \times 120 \text{ cm}^2$	
Auslese:	9 Türme, je $20 \times 20 \text{ cm}^2$	
	je Turm 2 WLS, LG, PM	

Die relative Eichung der Röhren geschah mit Hilfe der DU-Radioaktivität.

Das TST35-Kalorimeter wurde mit Elektronen, Myonen und Hadronen von 3, 5, 7 und 9 GeV/c Impuls beschossen. Die Pulshöhenverteilungen für Elektronen und Hadronen (hauptsächlich Pionen) sind in Abb. 16 dargestellt. Für Hadronen wurde folgende Energieauflösung gemessen:

$p(\text{GeV}/c)$	$\sigma/\sqrt{E}(\%)$
3	33.5 ± 0.4
5	33.2 ± 0.4
7	33.6 ± 0.5
9	34.1 ± 0.4

Die mittlere Energieauflösung für Hadronen beträgt $\sigma/E = 33.5\%/\sqrt{E}$. Der für Elektronen gemessene Wert ist $\sigma/E = 16\%/\sqrt{E}$. Das unkorrigierte e/h-Verhältnis ist 1.06; nach Korrekturen auf Leckverluste u.s.w. wird ein Wert von 1.0 ± 0.03 erwartet.

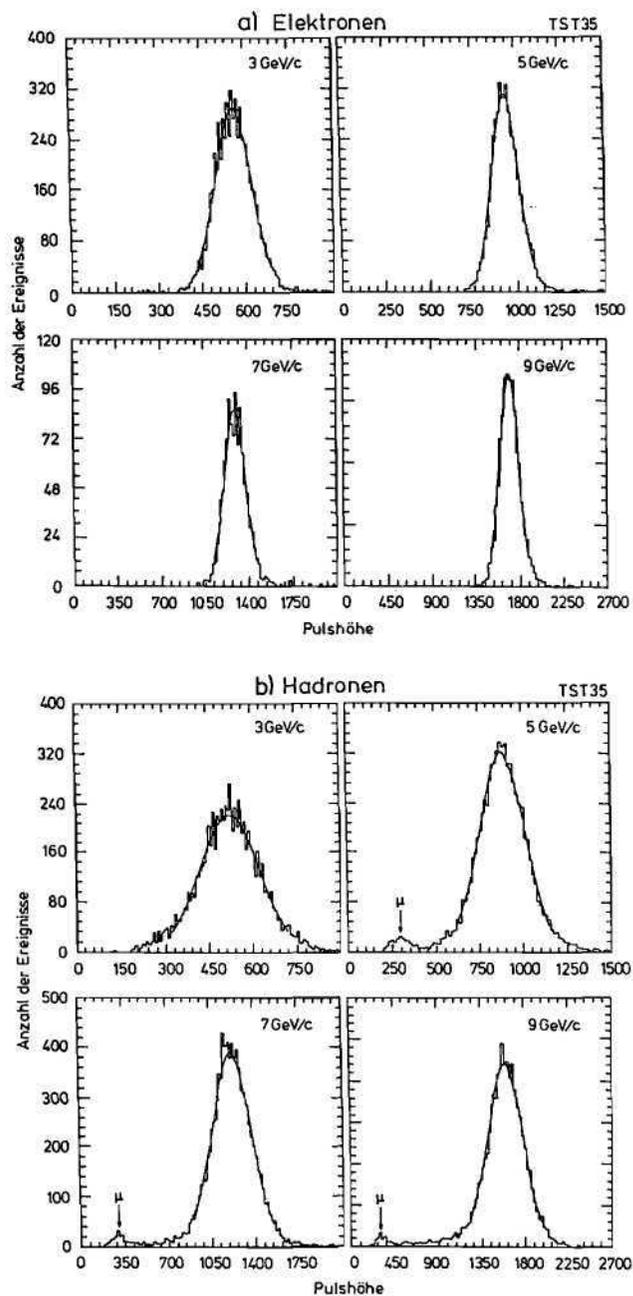


Abbildung 16: Die mit dem TST35-Kalorimeter gemessene Pulshöhenverteilung
a) für Elektronen und b) für Hadronen.

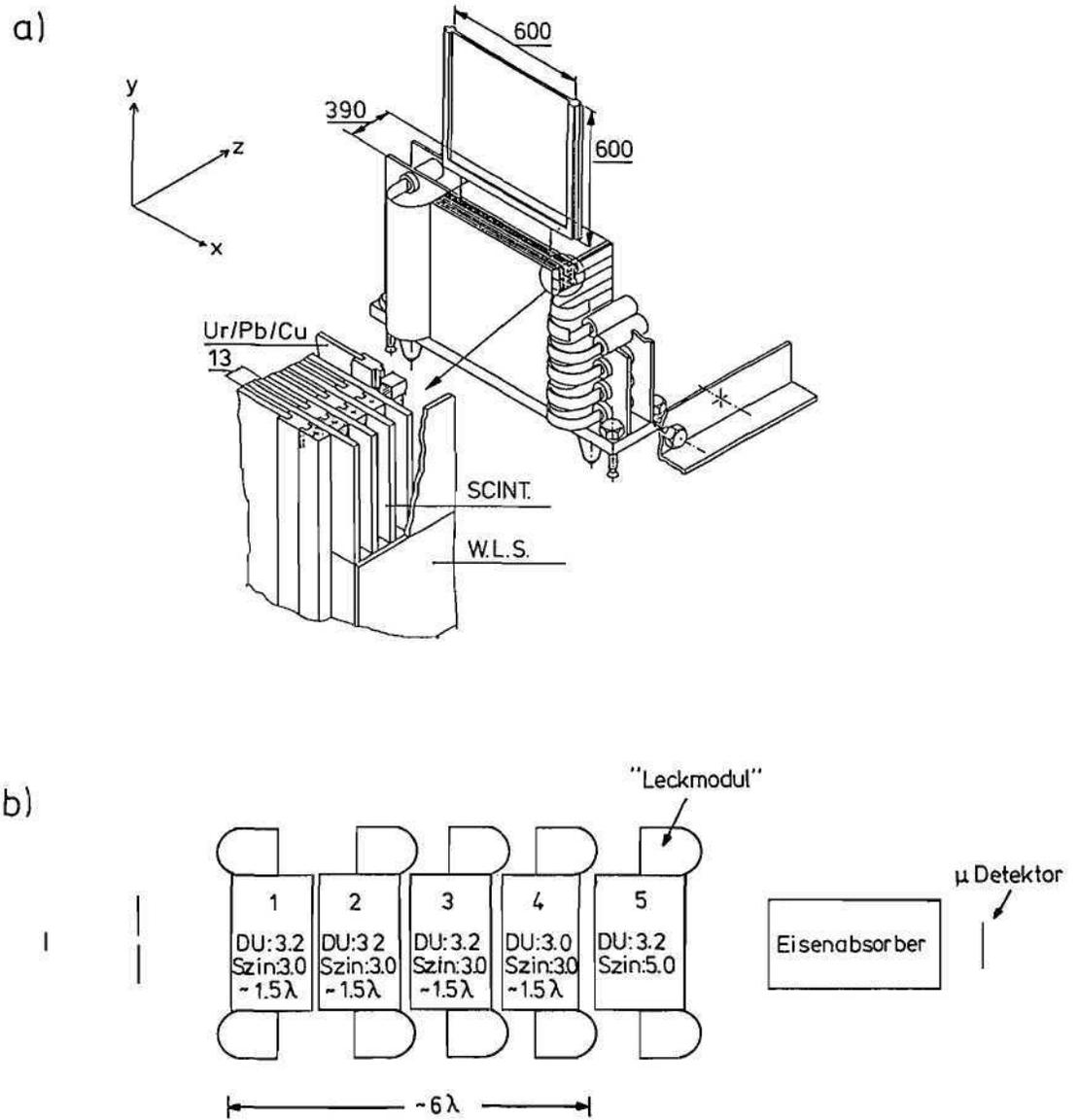


Abbildung 17: Das neu gebaute Hadronen-Testkalorimeter TST60, a) der komplette Aufbau, b) ein Modul.

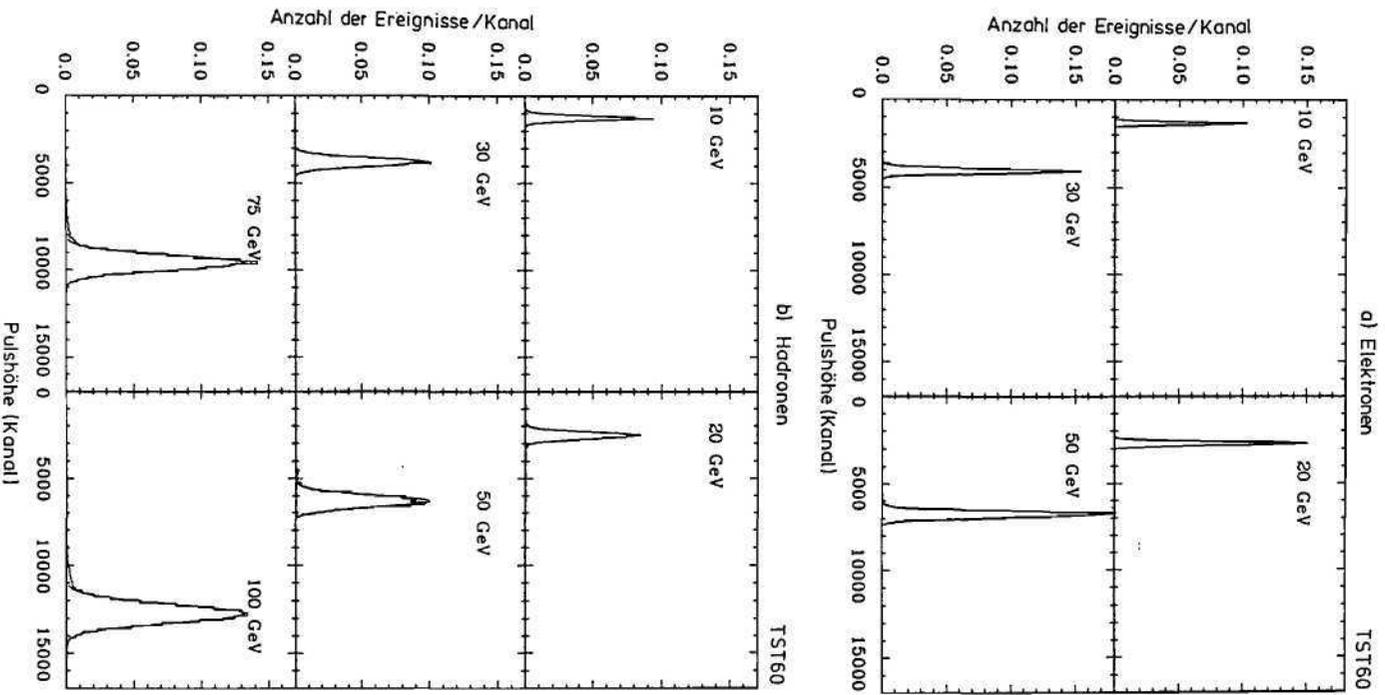


Abbildung 18: Mit dem TST60-Kalorimeter gemessene Pulshöhenverteilung
 a) für Elektronen, b) für Hadronen, bei Impulsen zwischen 10 und 100 GeV/c.

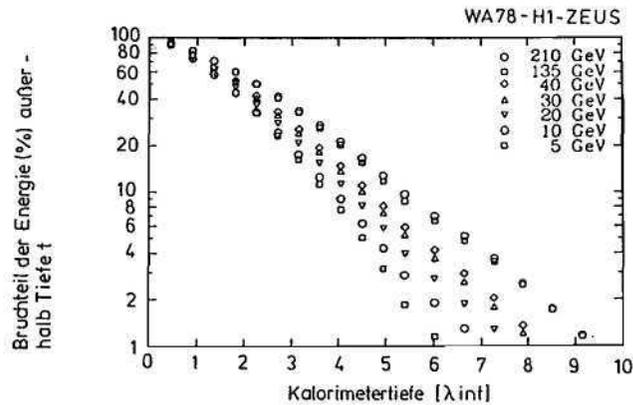


Abbildung 19: Beispiele für die mit dem WA78-Testkalorimeter ermittelte Schauerentwicklung in der Tiefe.

TST60: In Zusammenarbeit mit DESY und der Universität Hamburg wurde bei NIKHEF Amsterdam, ein $60 \times 60 \text{ cm}^2$ großes Hadronen-Kalorimeter gebaut (Abb. 17a). Es besteht aus fünf Modulen von je 1.5 bzw. 1.0 λ Tiefe (Abb. 17b). Das Standardmodul hat folgende Eigenschaften:

DU:	3.2 mm	45 Platten
Szintillator:	3.0 mm	45 Platten SCSN38
Tiefe:	1.5 λ	
Auslese:	12 Streifen, je $5 \times 60 \text{ cm}^2$	
	je Streifen 2 WLS, LG, PM	

Die Röhren wurden wie bei TST35 über die DU-Radioaktivität geeicht.

Abb. 18 zeigt die Pulshöhenverteilung für Elektronen und Hadronen bei Impulsen p zwischen 10 und 100 GeV/c. Die Energieauflösung beträgt für Hadronen im Impulsbereich 10–30 GeV/c $\sigma/E = 35\%/\sqrt{E}$; bei höheren Impulsen wächst sie aufgrund der Leckverluste und erreicht bei 100 GeV/c $40\%/\sqrt{E}$. Für Elektronen wurde $\sigma/E = 18\%/\sqrt{E}$ gemessen. Nach allen Korrekturen ist $e/h = 1.02 \pm 0.03$ für $p = 10\text{--}30 \text{ GeV}/c$.

WA78-Test: Wie die ZEUS-Kollaboration bereits früher (1985) theoretisch gezeigt hat, hängt bei einem DU-Szintillator-Kalorimeter das e/h -Verhältnis im wesentlichen vom Verhältnis der Dicken von DU- und Szintillator-Platten, d_u/d_s , ab. In den oben beschriebenen Kalorimetern ist dieses Verhältnis nahe eins. In Zusammenarbeit mit der CERN-Gruppe W78 konnte Erfahrung mit einem Kalorimeter gesammelt werden, für das $d_u/d_s \approx 2$ ist. Das WA78-Kalorimeter besteht aus 5.4 λ von 10 mm DU + 2 mm Fe, 5 mm Szintillator NE110, gefolgt von 7.5 λ mit 25 mm Fe, 5 mm Szintillator. Die Messung ergab

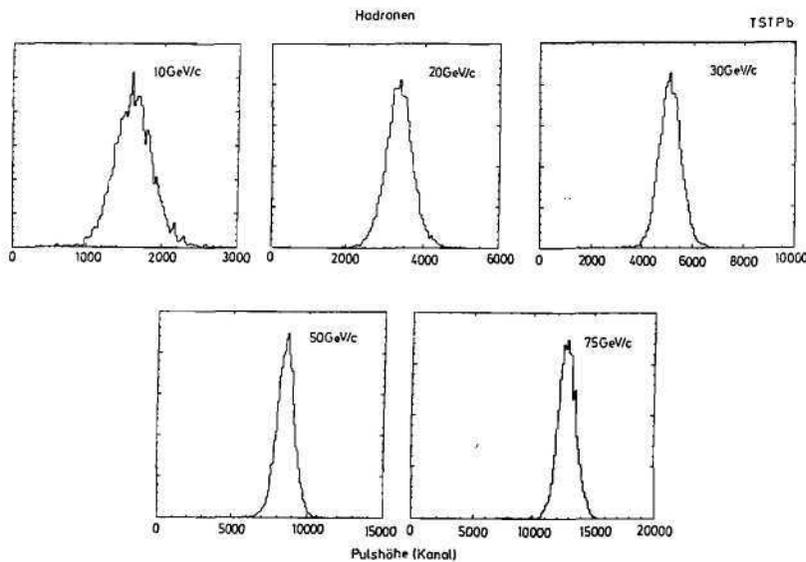


Abbildung 20: Die mit dem Blei-Szintillator-Testkalorimeter TSTPb gemessenen Pulshöhenverteilungen für Hadronen bei verschiedenen Energien.

$e/h = 0.8$; im Gegensatz zu den Standardkalorimetern (z.B. aus Eisen-Szintillator) ist das Elektronen-Signal **kleiner** als das für Hadronen, in Übereinstimmung mit den oben erwähnten theoretischen Überlegungen.

Mit Hilfe des WA78-Kalorimeters wurde auch die Schauerentwicklung in der Tiefe bestimmt. Als Beispiel zeigt Abb. 19 für Einfallenergien zwischen 5 und 210 GeV den Anteil der Energie, der in einem Kalorimeter bestimmter Tiefe nicht absorbiert wird. Um die Leckverluste kleiner als 2% zu halten, werden bei 10, 40, 210 GeV mehr als 6, 7.2, 8.3 λ Tiefe benötigt.

TSTPb: Die Ergebnisse aus den oben beschriebenen Kalorimeterversuchen zeigen, daß mit DU als Absorber und Szintillator als Auslese das gleiche Ansprechvermögen für Elektronen und Hadronen erreicht werden kann. Grob gesprochen tragen dazu drei Effekte bei: 1) Das Elektronen-Signal wird bei Absorbern mit hohem Z herabgedrückt (im Verhältnis zu einem minimal ionisierenden Teilchen ist bei DU $e/mip = 0.6$). 2) Für Hadronen werden bei der Wechselwirkung mit DU-Kernen viele Neutronen freigesetzt. 3) Die Neutronen-Energie wird über elastische Stöße auf die freien Protonen im Szintillator übertragen. Diese tragen über Ionisation zu dem Signal bei.

Aufgrund von Simulationsrechnungen hat H. Brückmann, Univ. Hamburg, vermutet, daß sich auch mit anderen Materialien als DU ein kompensierendes Kalorimeter ($e/h = 1$) erreichen läßt. Zur Prüfung wurde das Blei-Szintillator-

Kalorimeter TSTPb gebaut. Wegen der geringen Neutronen-Ausbeute bei Blei mußte das Verhältnis der Dicken von Pb- und Szintillator-Platten, $d_{\text{Pb}}/d_{\text{s}}$, groß gewählt werden. Nach Messungen von R. Wigmans (CERN) galt $d_{\text{Pb}}/d_{\text{s}} \approx 4$ als optimal. Die Lichtausbeute und die Uniformität setzen der Szintillator-Dicke eine untere Grenze von $d_{\text{Pb}} = 2 - 2.5$ mm. Dementsprechend wurden die Parameter für TSTPb wie folgt gewählt:

Pb:	10 mm	81 Platten
Szintillator:	2.5 mm	81 Platten SCSN38
Tiefe:	110 cm	$= 147 X_0 = 5 \lambda$
Querschnitt:	$68 \times 66 \text{ cm}^2$	
Auslese:	9 Türme, je $22 \times 22 \text{ cm}^2$	

Der Aufbau von TSTPb entspricht dem von TST 35 (Abb. 15).

Die Pulshöhenverteilungen für Hadronen bei 3–10 und 20–75 GeV/c sind in Abb. 20 dargestellt. Ereignisse mit großen Leckverlusten wurden unterdrückt. Ihr Anteil ist bis 10 GeV/c klein (<3%). Er wächst mit wachsendem Impuls und erreicht 50% bei 75 GeV/c. Die Energieauflösung beträgt zwischen 3 und 75 GeV/c $\sigma/E = 44\%/\sqrt{E}$ für Hadronen und $24\%/\sqrt{E}$ für Elektronen. Das direkt gemessene e/h-Verhältnis fällt von 1.19 bei 3 GeV/c auf ~ 1.10 bei 10 GeV/c und ist bei höheren Impulsen konstant. Korrekturen auf Leckverluste u.s.w. erniedrigen e/h um 0.04 auf 1.06 bei $p \geq 20$ GeV/c, mit einem systematischen Fehler von 0.04. TSTPb hat damit den Beweis erbracht, daß auch mit Blei-Szintillator ein nahezu kompensierendes Kalorimeter möglich ist. Die für Hadronen beobachtete Energieauflösung ist die beste, die bisher ohne Verwendung von DU erreicht worden ist.

Für den Einsatz bei HERA ergeben sich allerdings zwei entscheidende Nachteile: 1. Wegen der großen Bleidicke ist die Energieauflösung für Elektronen nur mäßig. 2. Im Vergleich zu DU fehlt bei Blei die natürliche Radioaktivität und damit die Möglichkeit, die Eichung ständig mit hoher Genauigkeit zu überwachen.

Strahlungs- beständigkeit der optischen Komponenten

Das ZEUS-Kalorimeter wird beim Betrieb an HERA einem beträchtlichen Strahlungsuntergrund ausgesetzt. Die erwartete jährliche Dosis liegt bei 30 krad nahe am Strahl und bei 1 krad in 1.2 m Entfernung. Es wurden umfangreiche Untersuchungen angestellt, um Szintillatoren, Wellenlängenschieber und Lichtleiter hoher Strahlenbeständigkeit auszuwählen.

Die Abb. 21 zeigt die Messung der Strahlungsbeständigkeit des Szintillators SCSN38. Die Proben wurden am Zyklotron mit 20-MeV-Protonen bei Gesamtdosen von $1 \cdot 10^6$ rad bestrahlt. Anschließend wurde die Lichtausbeute der Proben mittels Xenon-Blitzlampe + Filter und WLS + Röhre gemessen. Der Lichtverlust beträgt zwei Tage nach der Bestrahlung $\sim 20\%$. In Stickstoffatmosphäre wird zwei Tage danach ein Verlust von $\sim 90\%$ beobachtet. Bei längerer Wartezeit wird eine Erholung des Szintillators beobachtet. Für die bei HERA

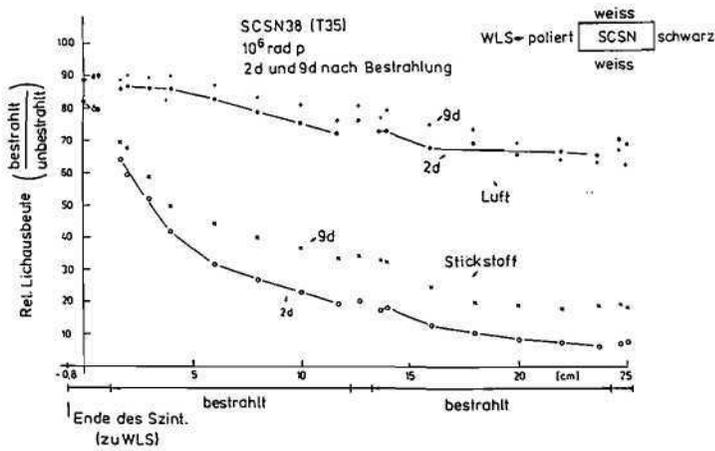


Abbildung 21: Die relative Lichtausbeute des Szintillators SCSN38 nach seiner Bestrahlung mit 20-MeV-Protonen unter verschiedenen Bedingungen.

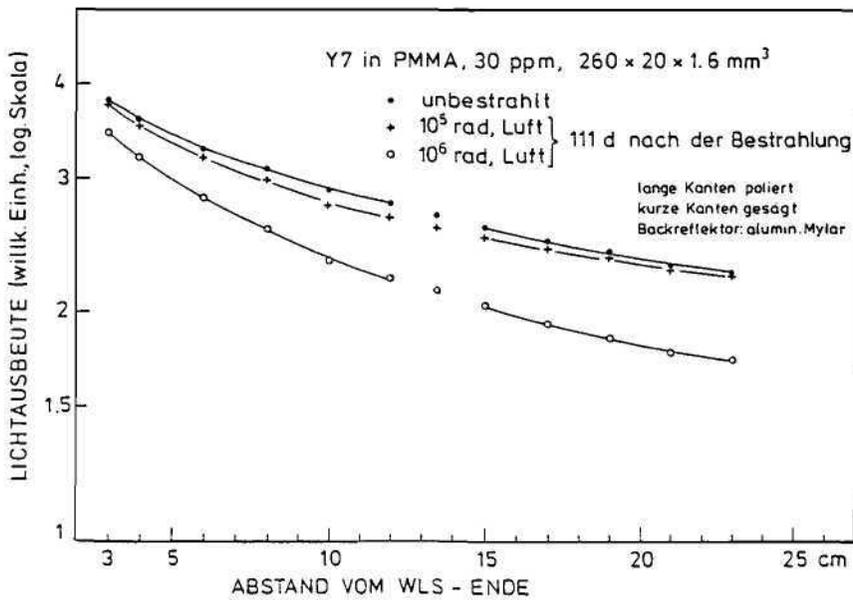


Abbildung 22: Die Lichtausbeute für Y7-Wellenlängenschieber.

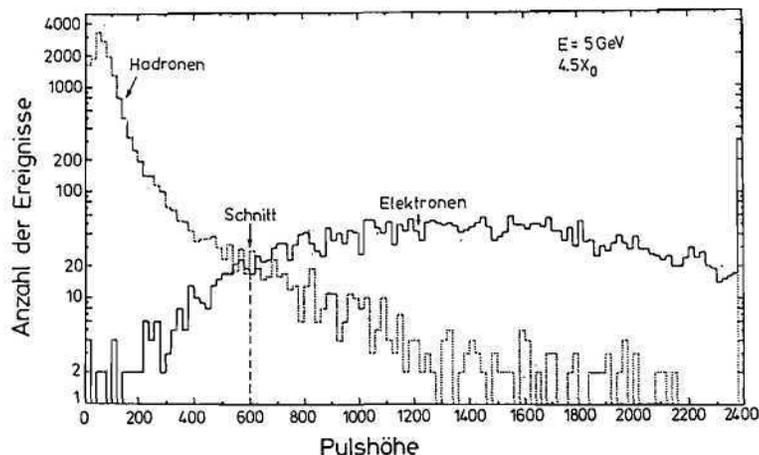


Abbildung 23: Pulshöhenverteilungen für Elektronen und Hadronen bei Verwendung einer Lage Silizium-Dioden (nach $4.5 X_0$).

veranschlagte Strahlenbelastung wird eine jährliche Verringerung der Lichtausbeute um 0.3% erwartet. Die Ergebnisse zeigen auch, daß der hier untersuchte Szintillatortyp wesentlich strahlungsbeständiger als z.B. ein Acryl-Szintillator ist.

In Abb. 22 sind entsprechende Messungen für Wellenlängenschieber vom Typ Y7 mit PMMA-Matrix gezeigt. Bei 10^6 rad wird der Lichttransport wesentlich geschwächt. Es wird ebenfalls Erholung beobachtet: In Luft sind nach 111 Tagen bei 25 cm Länge 80% der alten Lichtausbeute erreicht. In Stickstoff ist die Erholung wesentlich langsamer.

Die Messungen zeigen, daß für das Kalorimeter keine Strahlungsprobleme auftreten sollten.

Elektron-Hadron-Trennung mit Silizium-Dioden

Schwere Quarks (c,b,t), die bei HERA erzeugt werden, können u.a. über den Elektronen-Zerfall $q \rightarrow eX$ nachgewiesen werden. Dazu ist es nötig, Elektronen in Gegenwart vieler anderer Teilchen zu erkennen. So liegt in Vorwärtsrichtung die erwartete e/h-Rate bei 10^{-3} . Im Kalorimeter unterscheiden sich Elektronen von Hadronen dadurch, daß die Schauerentwicklung **früh** beginnt und zu **eng** gebündelten Schauern führt. Diese Eigenschaften werden im Elektron-Hadron-Separator ausgenutzt. Großflächige Silizium-Detektoren mit Dioden von 3×3 cm² Größe, die nach ~ 3 und $\sim 7 X_0$ im Kalorimeter eingefügt sind, messen die räumliche Schauerentwicklung und erlauben Elektronen und Hadronen abzutrennen.

Um das Detektorprinzip auf seine Brauchbarkeit zu untersuchen, wurden Detektoren mit typisch 5×5 Dioden der Größe 1.0×1.0 cm² ($300-500 \mu\text{m}$ verarmt)

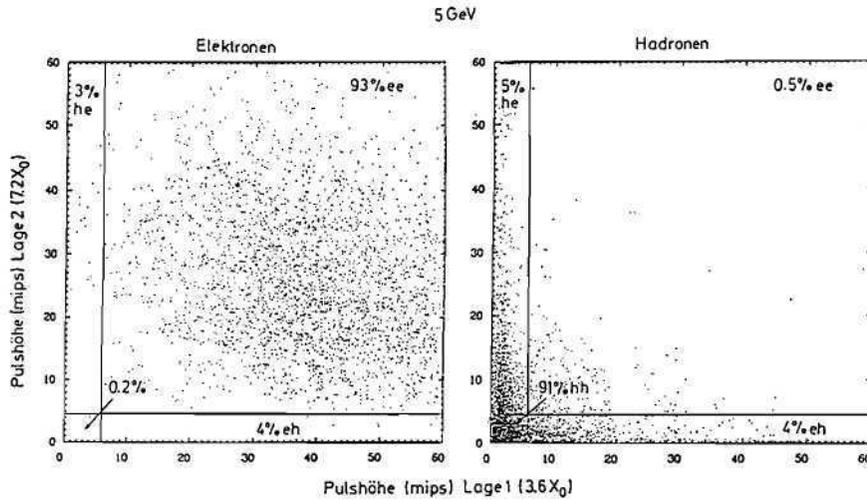


Abbildung 24: Elektron-Hadron-Trennung bei Verwendung von zwei Lagen Silizium-Dioden (nach 3.6 und 7.2 X₀).

in verschiedene Prototypkalorimeter eingefügt.

Abb. 23 zeigt für 5 GeV die Pulshöhenverteilungen für Elektronen und Hadronen in den zentralen fünf Dioden (Detektorposition: 4.5 X₀). Wenn gleiche Fehlerkennungsraten für Elektronen und Hadronen verlangt werden, ist die Wahrscheinlichkeit Hadronen als Elektronen zu erkennen $P_{h \rightarrow e} = 3\%$. Bei Verwendung von zwei Lagen (nach 3.6 und 7.2 X₀) kann $P_{h \rightarrow e}$ auf 0.5% reduziert werden (Abb. 24). Dabei ist die Nachweiswahrscheinlichkeit für Elektronen 93%. Im ZEUS-Detektor läßt sich damit in Verbindung mit Kalorimeter und Übergangsstrahlungs-Detektor $P_{h \rightarrow e}$ auf weniger als 10^{-4} herabdrücken.

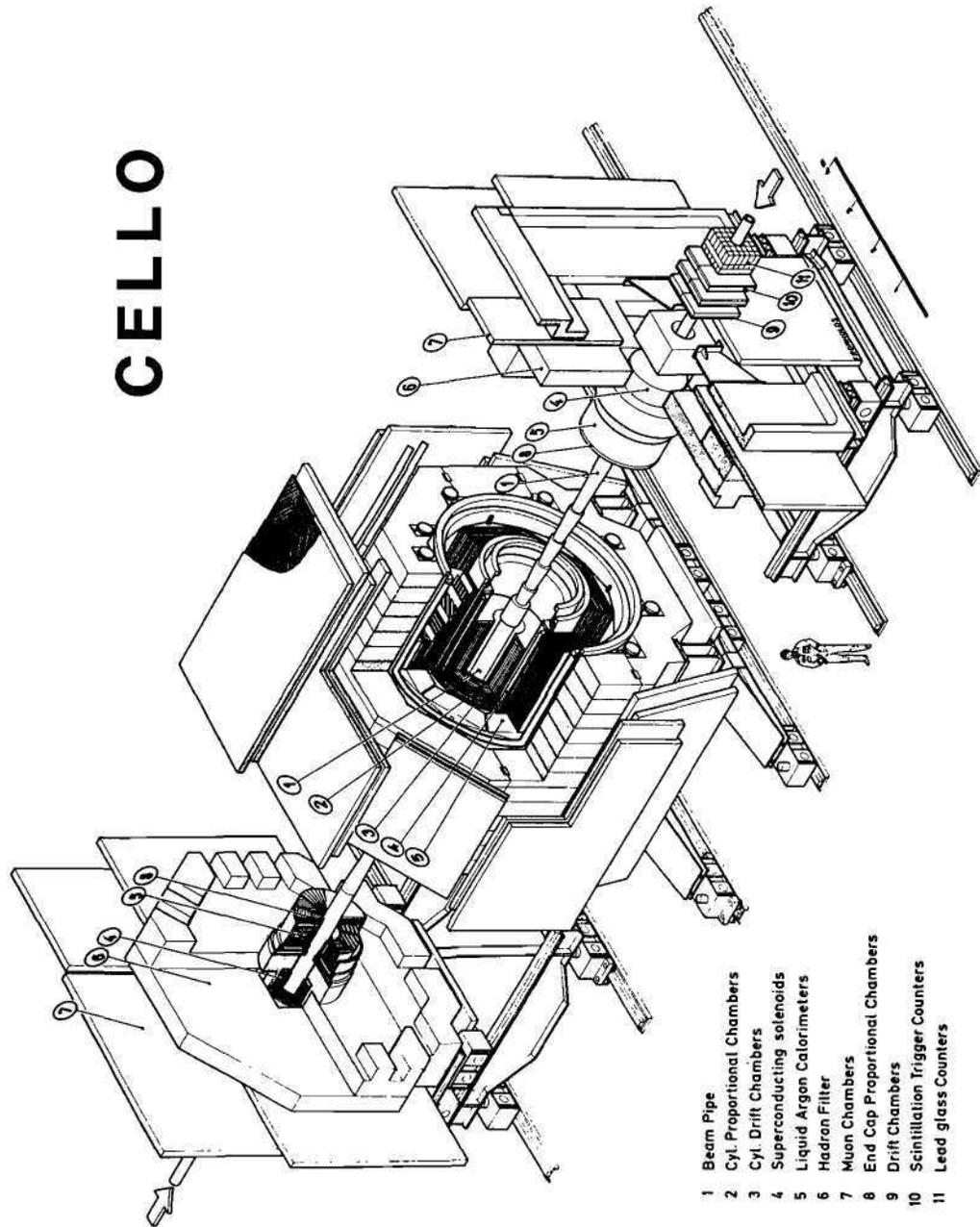


Abbildung 25: Schematische Darstellung des CELLO-Detektors.

CELLO-Kollaboration

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

Überblick

Die Kollaboration führte Experimente am PETRA-Speicherring mit dem magnetischen Detektor CELLO durch. Der Aufbau des Detektors ist in der Abbildung 25 schematisch dargestellt. Der zentrale Teil des Detektors besteht aus einem Solenoidmagneten mit einer sehr dünnwandigen supraleitenden Spule. Im Innern des Magneten werden mit zylindrischen Proportional- und Driftkammern die Spuren geladener Teilchen gemessen. Der Magnet ist von einem Flüssig-Argon-Blei-Kalorimeter für den Nachweis von Elektronen und Photonen umgeben. Das Eisenjoch des Magneten dient gleichzeitig als Hadronen-Absorber. 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 Myonen-Kammern, so daß Leptonen, Hadronen und Photonen über den nahezu vollständigen Raumwinkelbereich nachgewiesen werden können.

Der Detektor

Neben der experimentellen Prüfung des Standard-Modells (SM) der Teilchenphysik, das die elektroschwache Wechselwirkung mit der GSW-Theorie und die starke Wechselwirkung im Rahmen der QCD beschreibt, war ein wesentliches Ziel der Experimente im Bereich höchster Energien die Suche nach neuen Teilchen und Strukturen, die im SM nicht notwendigerweise auftreten. Von der Beobachtung neuartiger Teilchen erwartet man Hinweise auf mögliche Abweichungen vom SM sowie auf Wege zu dessen Einbettung in eine umfassendere Theorie.

Die Messungen

Bis Ende 1985 wurde der mit PETRA erreichbare Energiebereich schrittweise bis zu etwa 47 GeV ausgeweitet und lückenlos auf neue Phänomene abgesucht. 1986 wurde eine sehr große Datenmenge (u.a. ca. 20 000 hadronische Ereignisse) bei einer festen Energie ($E_{\text{cm}} = 35 \text{ GeV}$) aufgenommen.

Der für das letzte PETRA-Betriebsjahr und im Hinblick auf einen möglichen späteren Einsatz am HERA- e^- -Ring geplante größere Umbau im Zentral- und Kleinwinkelbereich wurde aus Zeitgründen nicht vorgenommen. Strahlungsschäden am zentralen Spurdetektor, die nach etwa zwei Betriebsjahren beobachtet worden waren, konnten durch Wahl geeigneter Betriebsbedingungen so begrenzt werden, daß sie die Qualität der Messungen nicht beeinträchtigten.

Physikalische Ergebnisse

Die bis Ende 1985 gesammelten Ergebnisse sind weitgehend analysiert. Im Berichtsjahr nahmen vier Problemkreise den größten Raum ein:

- Suche nach angeregten Zuständen der bekannten Leptonen Elektron, Myon und Tau sowie nach angeregten Quarks. Diese Zustände werden vorhergesagt von Modellen, in denen die Leptonen und Quarks zusammengesetzte Teilchen sind.
- Suche nach einzelnen Photonen. Falls im Endzustand der e^+e^- -Vernichtung nur Teilchen auftreten, die keine Wechselwirkung mit der Materie des Detektors zeigen, z.B. ein Neutrino-Antineutrino-Paar, oder zwei Photinos, hypothetische Teilchen, die in den supersymmetrischen Theorien vorhergesagt werden, so kann sich eine solche Reaktion doch dadurch verhalten, daß eines der einlaufenden Elektronen ein Bremsstrahlungs-Quant abstrahlt, das im Detektor nachgewiesen wird.
- Suche nach leichten Leptoquark-Bosonen. Diese Suche wurde stimuliert durch die frühere Beobachtung eines außergewöhnlichen Ereignisses mit je zwei hochenergetischen Myonen und Hadronen-Jets, einer möglichen Signatur für die Paarerzeugung von Leptoquarks.
- Bestimmung der QCD-Kopplungskonstanten α_s und des $\sin^2\theta_W$ (θ_W =Weinbergwinkel der schwachen Wechselwirkung). Durch sehr genaue Messungen des hadronischen Wirkungsquerschnitts unter Einbeziehung der Ergebnisse anderer Experimente konnten die verschiedenen Einflüsse von Quark-Modell, QCD und der elektroschwachen Theorie getrennt werden. Die Messung von α_s auf diese Weise hat den Vorteil, daß sie nicht von der stark modellabhängigen Beschreibung der Quark-Fragmentation abhängig ist.

Erzeugung angeregter Leptonen

Die CELLO-Kollaboration suchte im Energiebereich von 33 bis 46.8 GeV in den folgenden drei Prozessen nach der Erzeugung von angeregten Leptonen:

$$e^+e^- \rightarrow l^*l^* \rightarrow ll\gamma\gamma \quad l = e, \mu, \tau$$

$$e^+e^- \rightarrow l^*l \rightarrow ll\gamma \quad l = e, \mu, \tau$$

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

Der CELLO-Detektor ist für diese Art von Experiment besonders gut geeignet, da er eine fast vollständige Überdeckung des Raumwinkels mit Nachweisgeräten zur Identifikation von Elektronen, Myonen und Photonen besitzt. Bei der Paarerzeugung von angeregten Leptonen sucht man nach Kombinationen von l und γ mit der gleichen Masse. Mit einer integrierten Luminosität von 30 pb^{-1}

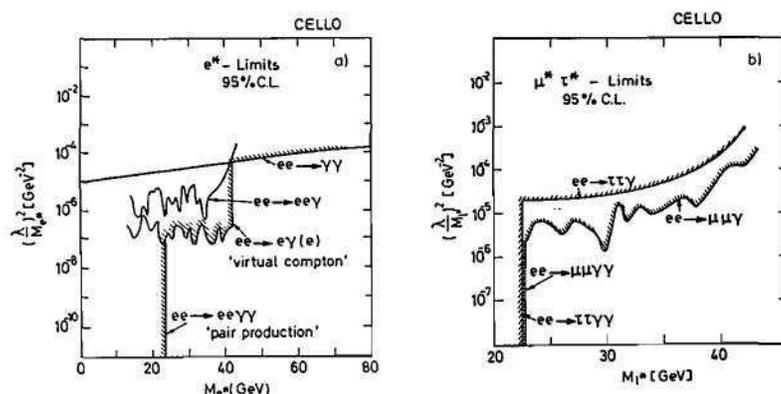


Abbildung 26: Die 95% C.L. oberen Grenzen a) für $(\lambda/M_{e^*})^2$ als Funktion von M_{e^*} , abgeleitet von den Reaktionen $ee \rightarrow ee\gamma\gamma$, $ee \rightarrow ee\gamma$, $ee \rightarrow e\gamma(e)$ und $ee \rightarrow \gamma\gamma$; b) für $(\lambda/M_{l^*})^2$ als Funktion von M_{l^*} ($l = \mu, \tau$), abgeleitet von den Reaktionen $ee \rightarrow ll\gamma\gamma$ und $ee \rightarrow ll\gamma$.

wurden je zwei Ereignisse der Klasse $ll\gamma\gamma$ für $l = e, \mu$ gefunden. Kein Ereignis genügte allerdings der Forderung nach der gleichen $l\gamma$ invarianten Masse. Ein Kandidat für $l = \tau$ wurde gefunden, allerdings konnte wegen des komplizierten τ -Zerfalls die vorher beschriebene Massenforderung nicht angewandt werden.

Bei der einzelnen Erzeugung wurden insgesamt einige hundert Kandidaten aller drei Sorten gefunden, deren Zahl allerdings gut mit der erwarteten Rate aus bekannten Prozessen übereinstimmt. Die invariante Masse von l und γ zeigte keine charakteristische Häufung bei bestimmten Massen. Auch der zuletzt erwähnte Prozess $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$ zeigte gute Übereinstimmung mit der Quantenelektrodynamik. In Abb. 26 sind die durch dieses Experiment ausgeschlossenen Bereiche der Masse der angeregten Leptonen für die verschiedenen Experimente dargestellt.

Bei der Suche nach angeregten Quarks hat CELLO ebenfalls Daten bis zur Höchstenergie von 46.8 GeV bei einer integrierten Luminosität von 34 pb^{-1} verwendet. Es wurden Topologien der Art 4 Jets, 2 Jets und 2 Photonen, 3 Jets, 2 Jets und 1 Photon angeschaut. Die angeregten Quarks sollten in Quark plus Photon oder Quark plus Gluon zerfallen. Da Quarks und Gluonen in Hadronen fragmentieren, kommen die vorher erwähnten Topologien zustande. Die selektierten Ereignisse entsprechen hinsichtlich der Zahl und der Art den Erwartungen der Quantenchromodynamik, welche die gesuchten Anregungszustände nicht vorhersagt. Quantitativ werden angeregte Quarks, die in Quark plus Gluon zerfallen, bis $21.1 \text{ GeV}/c^2$ für die Quark-Ladung $1/3$ ausgeschlossen.

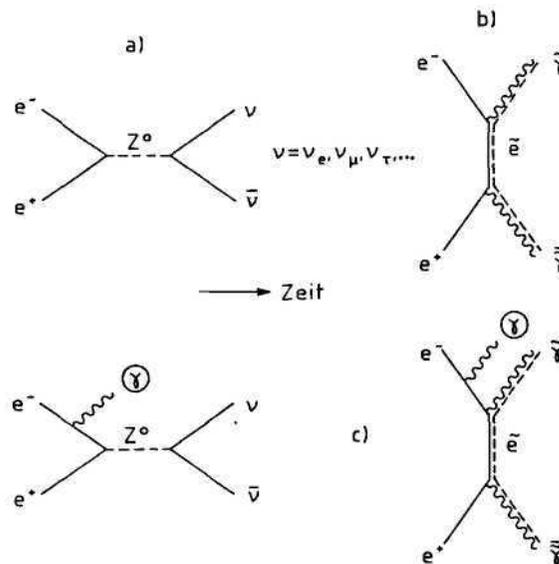


Abbildung 27: Diagramme zur e^+e^- -Vernichtung zu "unbeobachtbaren" Endzuständen:

a) ν -Paarerzeugung über Z^0 -Austausch; b) Paarerzeugung stabiler Photinos $\tilde{\gamma}$ über den Austausch eines skalaren Elektrons \tilde{e} ; c) beobachtbare Strahlungskorrektur der Prozesse a) und b). Das im Anfangszustand abgestrahlte Photon γ kann im Detektor nachgewiesen werden und markiert den nachfolgenden unbeobachtbaren Prozess.

Im Photon-Zerfallskanal können diese bis $22.5 \text{ GeV}/c^2$ ausgeschlossen werden. Die entsprechenden Werte für die Quarkladung $2/3$ betragen jeweils 22.3 und $23.2 \text{ GeV}/c^2$.

Endzustände mit nicht beobachtbaren Teilchen

Das lückenlose Kalorimeter des CELLO-Detektors erlaubt es, Endzustände mit nicht nachweisbaren Teilchen zu untersuchen.

Extreme Beispiele sind Reaktionen, in denen ausschließlich unbeobachtbare Teilchen erzeugt werden, z.B.

- Neutrino-Paarerzeugung durch Z^0 -Austausch (Abb. 27a):

$$e^+e^- \rightarrow Z^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}, \quad \nu = \nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau \quad (1)$$

- Photino ($\tilde{\gamma}$)-Paarerzeugung über Austausch eines skalaren Elektrons \tilde{e} (Abb. 27b):

$$e^+e^- \rightarrow \tilde{\gamma} \tilde{\gamma} \quad (2)$$

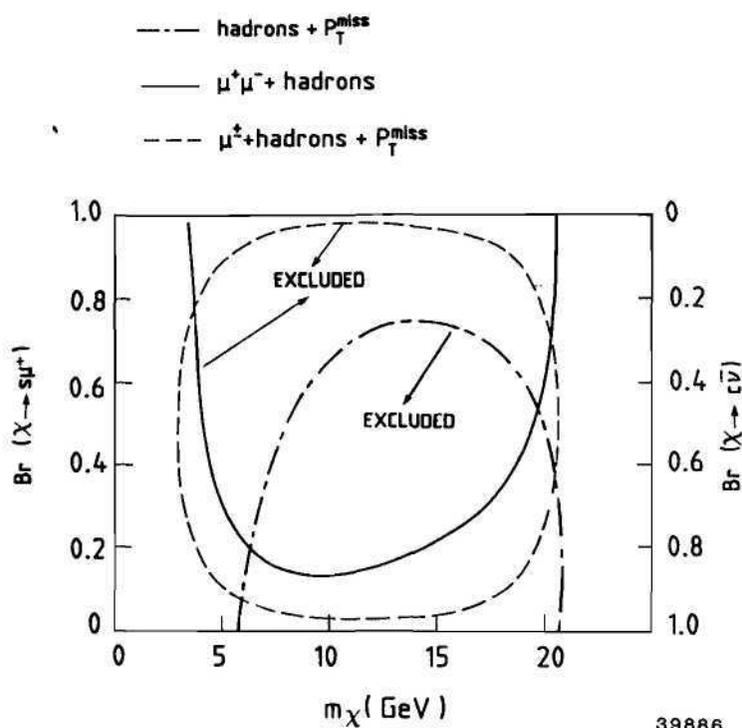


Abbildung 28: Die 95% C.L. Konturen für die Leptoquark-Massen als Funktion des Verzweigungsverhältnisses $\chi \rightarrow \mu s$ für die Signatur $\mu\mu + \text{Hadronen}$ (ausgezogene Kurve), $\mu + \text{Hadronen} + p_T^{\text{miss}}$ (gepunktete Kurve), und $\text{Hadronen} + p_T^{\text{miss}}$ (strichpunktierte Kurve).

Das Photino ist ein hypothetischer supersymmetrischer Partner des Photons. Falls es existiert und (wie durch kosmologische Argumente nahegelegt) das leichteste supersymmetrische Teilchen ist, wäre es stabil und damit weder über Zerfallsprodukte noch durch seine überaus schwache Wechselwirkung mit gewöhnlicher Materie nachweisbar.

Die Prozesse (1) und (2) werden durch ihre elektromagnetische Strahlungskorrektur (Abb. 27c) beobachtbar. Das im e^+e^- -Ausgangszustand abgestrahlte Photon wird im Detektor nachgewiesen und markiert damit den nachfolgenden unbeobachtbaren Prozess (1) oder (2).

Die Messung ist sehr schwierig wegen der zu erwartenden sehr kleinen Wirkungsquerschnitte der Strahlungskorrekturen zu den seltenen Reaktionen (1) und (2) sowie wegen starker Untergrundbeiträge durch radiative elektromagnetische Prozesse.

In den analysierten Daten wurde kein Ein-Photon-Ereignis gefunden, woraus sich obere Schranken für die Wirkungsquerschnitte der ν - und $\tilde{\gamma}$ -Paarerzeugung ergeben. Der Wirkungsquerschnitt für die ν -Paarerzeugung (1) ist im Standard-

Modell berechenbar und wächst proportional zur Anzahl N_ν der verschiedenen ν -Arten an. Die Kombination der CELLO-Messung mit Messungen am PEP-Speicherring führt zu einer oberen Grenze von $N_\nu < 4.9$ (Konfidenzniveau 90%), d.h. neben den drei bekannten ν -Arten ν_e , ν_μ und ν_τ lassen die Ein-Photon-Experimente höchstens eine weitere bisher unbekannte Neutrino-Art zu.

Die durch die CELLO-Messungen gegebene experimentelle Grenze für das Auftreten von Ein-Photon-Ereignissen angewandt auf die radiative Photino-Erzeugung limitiert die Masse des ausgetauschten skalaren Elektrons $M_{\tilde{e}}$ nach unten: $M_{\tilde{e}} > 38 \text{ GeV}/c^2$ (Konfidenzniveau 90%).

Am Beispiel des Elektrons wird die Diskrepanz zwischen den Massen supersymmetrischer Partner besonders deutlich. Die Supersymmetrie—falls überhaupt ein haltbares Konzept—muß sehr stark gebrochen sein.

Suche nach
Leptoquarks

Leptoquarks mit Spin 0 und nicht ganzzahliger elektrischer Ladung kommen in einigen Theorien vor, die sich mit Erweiterungen und Vereinheitlichungen der Standard-Modelle befassen (Technicolor-, Composite-Modelle). Sie könnten paarweise durch die e^+e^- -Wechselwirkung erzeugt werden und zerfallen in ein Quark und ein Lepton, wobei in der CELLO-Analyse für das Lepton ein Myon oder ein Neutrino angenommen wurde. Im zweiten Fall würde ein fehlender transversaler Impuls p_T^{miss} auftreten. Es wurde also nach folgenden Signaturen gesucht:

$$\begin{aligned} &\mu^+ \mu^- + \text{Hadronen} \\ &\mu^\pm + \text{Hadronen} + p_T^{\text{miss}} \\ &\text{Hadronen} + p_T^{\text{miss}} \end{aligned}$$

Außer dem bereits früher gefundenen Ereignis ("CELLO-Event") wurde kein weiteres hadronisches Ereignis mit zwei isolierten Myonen entdeckt, obwohl die statistische Signifikanz gegenüber dem Auftreten des ersten Ereignisses um den Faktor 10 erhöht wurde. Es wurde auch kein Ereignis mit einem Myon und p_T^{miss} gefunden. Ein Ereignis ohne Myonen mit p_T^{miss} wurde als Kandidat behalten, könnte sich aber auch durch statistische Fluktuation der bekannten Hadronen-Erzeugung im Detektor so gezeigt haben. Quantitativ kann man durch diese Suche eine Fläche im Diagramm Verzweungsverhältnisse gegenüber Masse des Leptoquarks wie in Abb. 28 ausschließen.

Messung von α_s

Im PETRA-Energiebereich dominiert die Hadronen-Erzeugung durch die Quark-Antiquark-Bildung in der Ein-Photon-Vernichtung (Abb. 29a). An diesem Prozeß sind alle kinematisch möglichen $q\bar{q}$ -Zwischenzustände beteiligt. Der Wirkungsquerschnitt der q -Paarerzeugung ist direkt proportional zu dem der μ -Paarerzeugung. Das Verhältnis ist gegeben durch das Quadrat der relativen Kopplungsstärke e_q von q und μ an das Photon. (e_q ist die elektrische Ladung des Quarks q in Einheiten der Elementarladung.) Gemäß der "Confinement"-Hypothese, nach der Quarks nicht frei auftreten, fragmentiert das produzierte

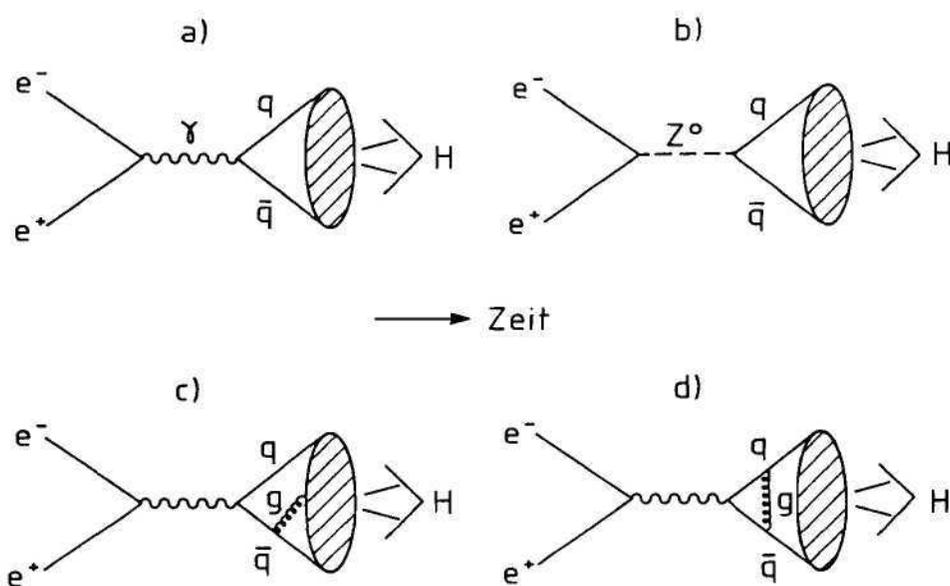


Abbildung 29: Diagramme für die Erzeugung von Hadronen in der e^+e^- -Vernichtung:

a) und b): Über intermediäre Quark-Antiquark-Paare $q\bar{q}$, a) in elektromagnetischer Wechselwirkung (Photon-Austausch), b) in schwacher Wechselwirkung (Z^0 -Austausch)

b) und c): Beispiel für QCD-Strahlungskorrekturen durch c) Gluon-Abstrahlung ("g-Bremsstrahlung"), d) Gluon-Austausch.

Die für die Ein-Photon-Vernichtung gezeichneten Diagramme treten ebenso für den Z^0 -Austausch auf. In allen Fällen fragmentieren die Quark-Gluon-Zwischenzustände vollständig zu hadronischen Endzuständen H (Confinement-Hypothese).

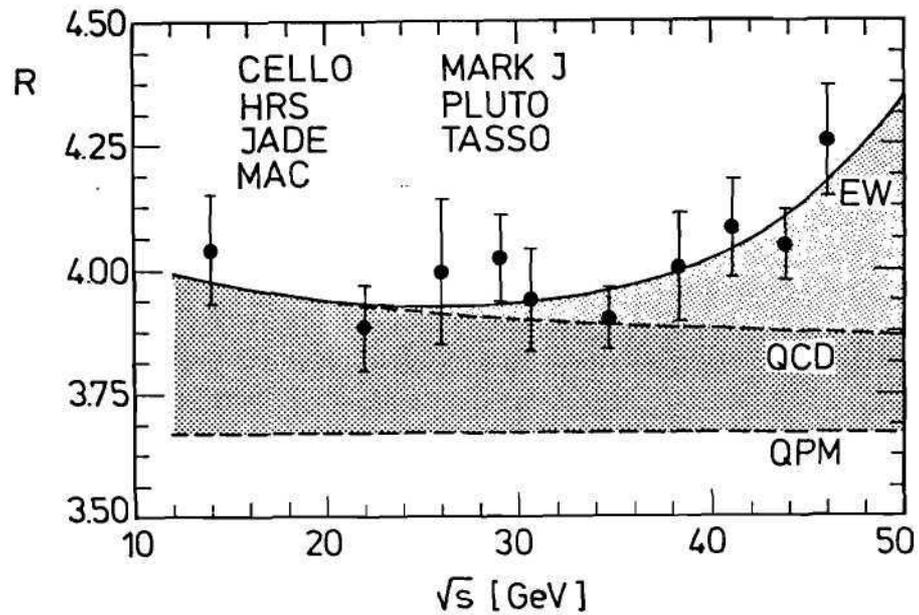


Abbildung 30: Das Verhältnis R der Hadronen- zur μ -Paarerzeugung in Abhängigkeit von der Energie im Schwerpunktsystem der Teilchen ($\sqrt{s} = E_{cm}$). Die Meßpunkte sind das gemeinsame Ergebnis von Experimenten mit den sieben aufgeführten Detektoren. Die gestrichelte Linie "QPM" gibt die Vorhersage $R=3.66$ des einfachen Quark-Parton-Modells für die Ein-Photon-Vernichtung zu Paaren der fünf bekannten Quark-Arten u, d, s, c und b an. Mit "QCD" und "EW" sind die durch Anpassung an die Messungen ermittelten Beiträge der QCD-Strahlungskorrekturen bzw. der schwachen Wechselwirkung bezeichnet.

$q\bar{q}$ -Paar vollständig zu Hadronen. Das Verhältnis R des hadronischen zum μ -Paar-Wirkungsquerschnitt ergibt sich somit durch Summierung über sämtliche möglichen $q\bar{q}$ -Zwischenzustände zu

$$R = 3 \sum_q e_q^2$$

($R = 3.66$ für $q = u, d, s, c, b$; $R = 5$ für ein zusätzliches t -Quark)

Der Faktor 3 berücksichtigt, daß jede Quark-Art in drei Farben auftritt. Die Messung der relativen Häufigkeit von hadronischen und $\mu^+\mu^-$ -Ereignissen erlaubt es also, die Anzahl und die elektrischen Ladungen der beteiligten Quark-Arten zu bestimmen sowie das QCD-Konzept der 3-wertigen Farbladung zu

überprüfen. Die Paarerzeugung des t-Quark ($e_t = 2/3$) im PETRA-Energiebereich konnte bereits durch eine recht grobe Messung des R-Parameters ausgeschlossen werden.

Neben der Hadronen-Erzeugung durch elektromagnetische Wechselwirkung über den einfachsten möglichen Parton-Zwischenzustand $q\bar{q}$ trägt zusätzlich die schwache Wechselwirkung über den Z^0 -Austausch (Abb. 29b) zur Hadronen-Erzeugung bei. Darüber hinaus sind komplexere Parton-Zwischenzustände denkbar, beispielsweise solche mit einem zusätzlichen Gluon ("Gluon-Bremsstrahlung", Abb. 29c) oder mit Gluon-Austausch zwischen q und \bar{q} (Abb. 29d). Beide Effekte erhöhen im PETRA-Energiebereich die Hadronen-Erzeugungsrates um insgesamt etwa 10%. Der Beitrag der schwachen Wechselwirkung steigt mit wachsender Annäherung an die Z^0 -Masse ($M_{Z^0} = 93 \text{ GeV}$) etwa quadratisch mit der Energie an, wohingegen die QCD-Korrektur nur schwach energieabhängig ist (Abb. 30). In einer Präzisionsbestimmung von R über das gesamte mit PETRA zugängliche Energiegebiet gelang es, beide Korrekturen zu messen und aufgrund ihrer unterschiedlichen Energieabhängigkeiten voneinander zu trennen.

Abb. 30 zeigt das Gesamtergebnis der an den Speicherringen PETRA und PEP (beim Stanford Linear Accelerator Center SLAC) durchgeführten Experimente gemeinsam mit der theoretischen Vorhersage des Standard-Modells. Von Interesse ist insbesondere die Messung der QCD-Strahlungskorrektur. Sie ist in erster Näherung proportional zu α_s und erlaubt deswegen eine Bestimmung dieses Parameters allein aus der Häufigkeit hadronischer Ereignisse. Diese Messung hat gegenüber der Ermittlung aus der relativen Anzahl von 2- und 3-Jet-Ereignissen den Vorzug, keine modellabhängige Analyse topologischer Ereignismerkmale zu erfordern. Sie ist unabhängig davon, wie Partonen hadronisieren und setzt lediglich voraus, daß q und g vollständig in Hadronen übergehen (Confinement-Hypothese). Der gegenwärtig beste Wert des energieabhängigen Parameters α_s aus der R-Messung ist:

$$\alpha_s(E_{\text{cm}} = 34 \text{ GeV}) = 0.173 \pm 0.025$$

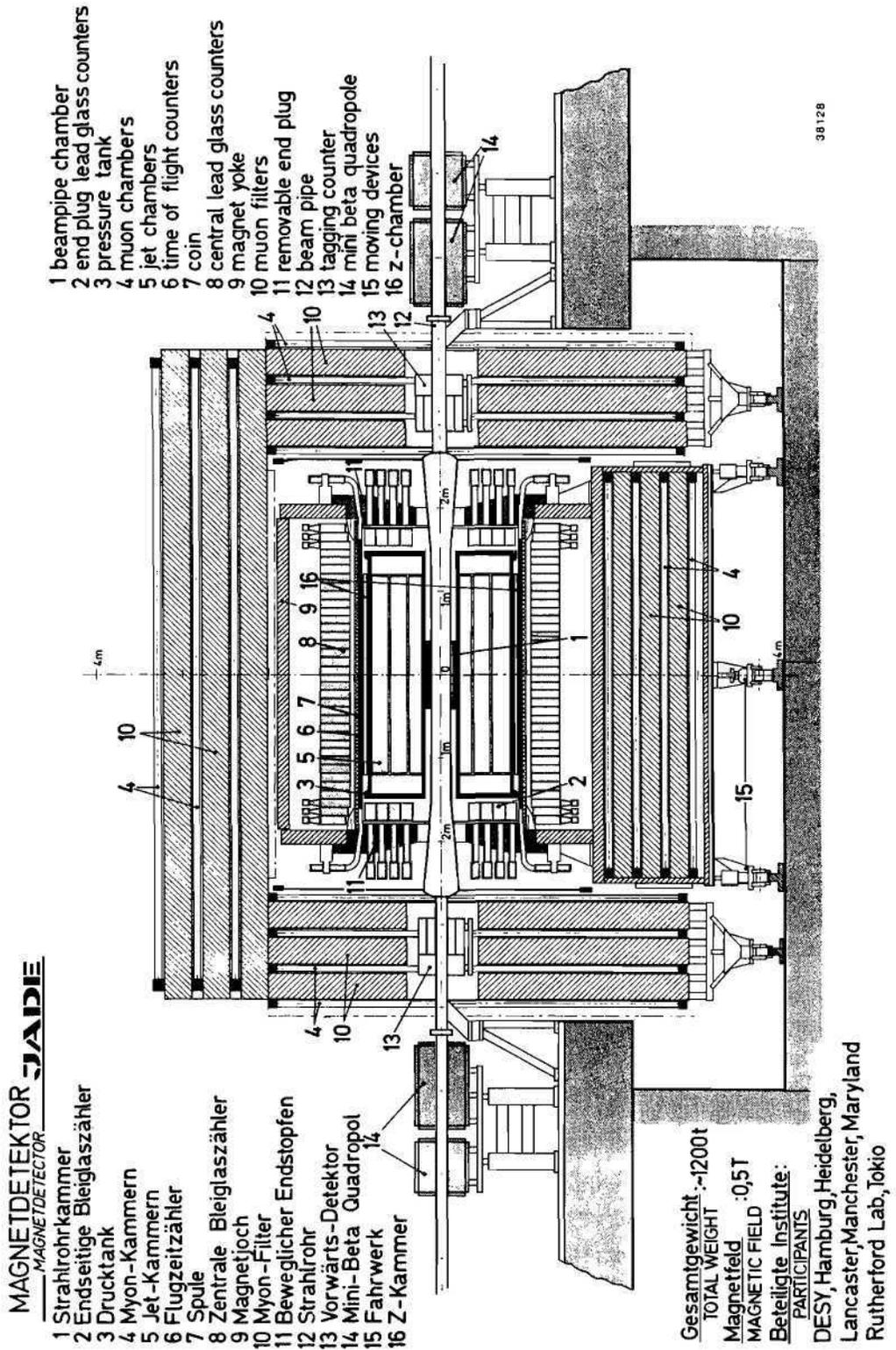


Abbildung 31: Der JADE-Detektor 1986.

JADE-Kollaboration

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

Überblick

Schwerpunkte der Aktivität im Berichtsjahr waren die Auswertung der Daten aus früheren Meßperioden sowie das Messen bei einer Schwerpunktsenergie von 35 GeV während der gesamten Betriebsperiode von PETRA. Die 1986 von JADE erfaßte Datenmenge entspricht einer integrierten Luminosität von 83 pb^{-1} .

Der Meßperiode vorausgegangen war eine wichtige Verbesserung der Jet-Kammer durch Umstellen der Elektronik auf ultraschnelle Analog-Digital-Umsetzer. Mit dieser neuartigen Auslesetechnik, die bereits in den Vorjahren an der JADE-Vertexkammer erprobt worden war, konnte die Doppelspur-Auflösung von 7.5 mm auf 2 mm und die Ortsauflösung von $160 \mu\text{m}$ auf $110 \mu\text{m}$ reduziert werden. Eine weitere Verbesserung betraf den Betrieb der Vertexkammer, deren Dunkelstrom durch genau dosierte Beigaben von H_2O -Dampf zum Kammergas erheblich reduziert wurde. Die Abb. 31 zeigt den Detektor, wie er 1986 betrieben wurde und wie er auch nach dem Abschluß des e^+e^- -Betriebes von PETRA zunächst erhalten bleibt.

Physikalische Ergebnisse

Im folgenden werden einige in 1986 erzielte Ergebnisse kurz dargestellt.

Die Produktion von 2-, 3- und 4-Jet-Ereignissen wurde im Energiebereich zwischen 14.0 und 46.7 GeV untersucht und die Resultate mit QCD-Rechnungen 2. Ordnung verglichen, bei welchen die Fragmentierung der Quarks und Gluonen in Hadronen durch phänomenologische Modelle beschrieben wird. Bei den höheren Energien ist die beobachtete Zahl von sphärischen und 4-Jet-artigen Ereignissen größer als theoretisch vorhergesagt. Die beobachteten Produktionsraten für 2-, 3- und 4-Jet-Ereignisse lassen sich weder durch Anpassung der starken Kopplungskonstanten α_S noch der Fragmentationsparameter gleichzeitig in Einklang mit den QCD-Rechnungen 2. Ordnung bringen. Die Diskrepanz ist teilweise auf Multi-Parton-Ereignisse zurückzuführen, die in den QCD-Rechnungen 2. Ordnung nicht wiedergegeben werden. Die beobachtete Produktionsrate für sphärische Ereignisse wird durch QCD-Schauer-Modelle

*Multijet-
Produktion*

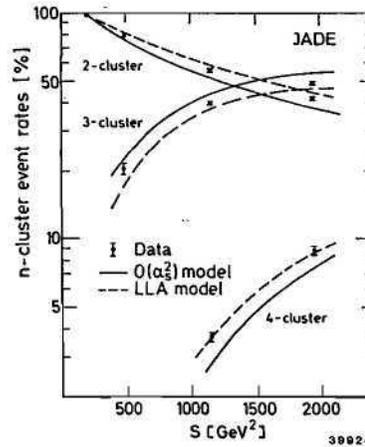


Abbildung 32: Die relative Anzahl der beobachteten 2-, 3- und 4-Jet Ereignisse in Abhängigkeit der Schwerpunktsenergie. Die eingezeichneten Kurven geben die Vorhersagen von zwei störungstheoretischen QCD-Näherungen wieder.

reproduziert, bei denen die Beiträge "weicher" Gluonen und deren Interferenz berücksichtigt sind. Die Abb. 32 zeigt einen Vergleich der Anzahl der experimentell gemessenen Jets mit den theoretischen Vorhersagen.

Exklusive Zerfallskanäle des τ -Leptons

Die Zerfallskanäle des τ -Leptons sind wegen der Tatsache, daß es als einziges bekanntes Lepton in Hadronen zerfallen kann, von besonderem Interesse. Außerdem zeichnete sich in der letzten Zeit ein Problem dadurch ab, daß bei Zerfällen mit nur einem geladenen Teilchen im Endzustand die Summe der exklusiven Zerfallsraten nicht mit der inklusiven Zerfallsrate übereinstimmte. Es wurden daher die exklusiven Zerfälle $\tau \rightarrow e\nu_e\nu_\tau$, $\tau \rightarrow \mu\nu_\mu\nu_\tau$, $\tau \rightarrow \pi\nu_\tau$ mit erhöhter Genauigkeit untersucht und die folgenden Zerfalls-Verzweungsverhältnisse beobachtet

$$B_e = (17.0 \pm 0.7 \pm 0.9)\%$$

$$B_\mu = (18.8 \pm 0.8 \pm 0.7)\%$$

$$B_\pi = (11.8 \pm 0.6 \pm 1.1)\%$$

Das Verhältnis $B_\mu/B_e = 1.10 \pm 0.07 \pm 0.06$ ist mit der e - μ -Universalität verträglich. Unter Benutzung der e - μ -Universalität als Nebenbedingung findet man für B_e und B_μ

$$B_e = (18.2 \pm 0.8)\%$$

$$B_\mu = (17.7 \pm 0.7)\%$$

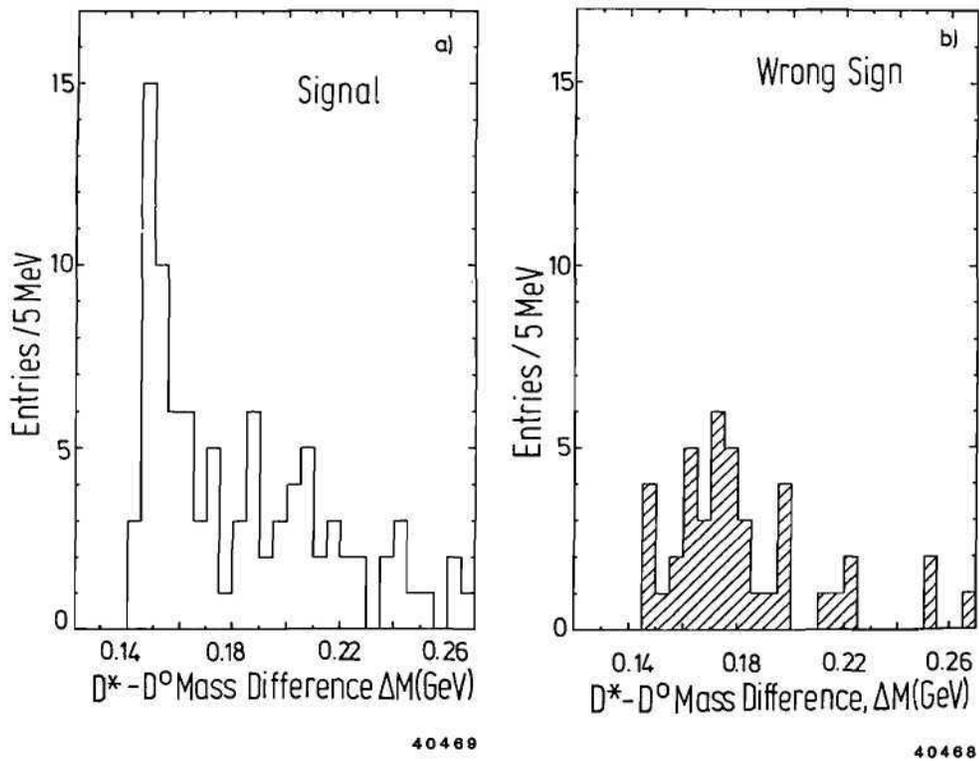
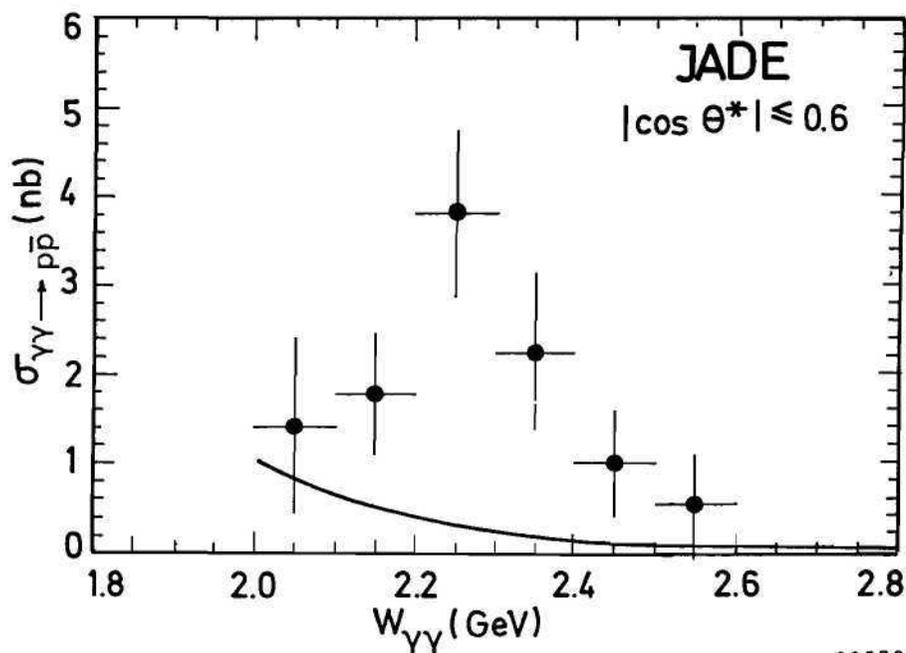


Abbildung 33: a) Die in Zwei-Photon-Prozessen beobachtete ($D^* - D^0$)-Massendifferenz. b) Die zu a) analoge Verteilung der falschen Ladungskombinationen.



39572

Abbildung 34: Der totale Wirkungsquerschnitt der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$ als Funktion der invarianten Masse $W_{\gamma\gamma}$ des $\gamma\gamma$ -Systems.

**Charm-Produktion
in $\gamma\gamma$ -Reaktionen**

Mit dem JADE-Detektor wurde erstmals die Reaktion $\gamma + \gamma \rightarrow D^{*\pm} + X$ beobachtet, wobei die $D^{*\pm}$ -Mesonen durch den Zerfall $D^{*\pm} \rightarrow D^0 + \pi^\pm$ rekonstruiert werden und die D^0 gemäß $D^0 \rightarrow K\pi\pi^0$ zerfallen. Die gemessene $D^* - D^0$ -Massendifferenz (Abb. 33a) zeigt ein deutliches Maximum bei $\Delta m \simeq 150$ MeV, das in der analogen Verteilung der falschen Ladungskombinationen (Abb. 33b) fehlt.

Die Produktionsrate zeigt, daß außer dem einfachen Paar-Produktionsprozeß $\gamma\gamma \rightarrow c\bar{c}$ auch QCD-Effekte höherer Ordnung eine Rolle spielen.

**Exklusive Produktion von $p\bar{p}$ -Paaren
in $\gamma\gamma$ -Kollisionen**

Der totale und der differentielle Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow p\bar{p}$ wurden durch Messung des Prozesses $e^+e^- \rightarrow e^-e^+p\bar{p}$ bestimmt. Der totale Wirkungsquerschnitt erreicht ein Maximum von 3.8 nb bei $W_{\gamma\gamma} = 2.25$ GeV und fällt dann monoton mit wachsendem $W_{\gamma\gamma}$ ab. Im Bereich $2.0 \leq W_{\gamma\gamma} \leq 2.4$ GeV liegt der gemessene Wirkungsquerschnitt um ungefähr eine Größenordnung über der Voraussage der perturbativen QCD (Abb. 34). Die Winkelverteilung bevorzugt große Emissionswinkel von p und \bar{p} bezüglich der Strahlachse.

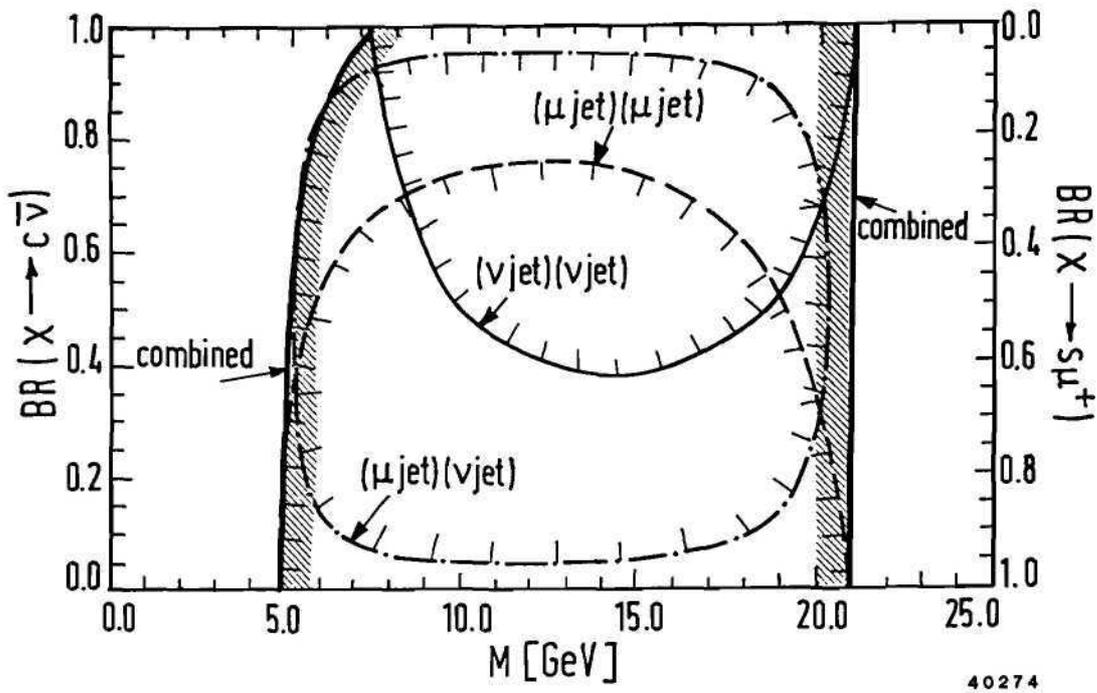


Abbildung 35: Massengrenzen für Leptoquarks der 2. Generation.

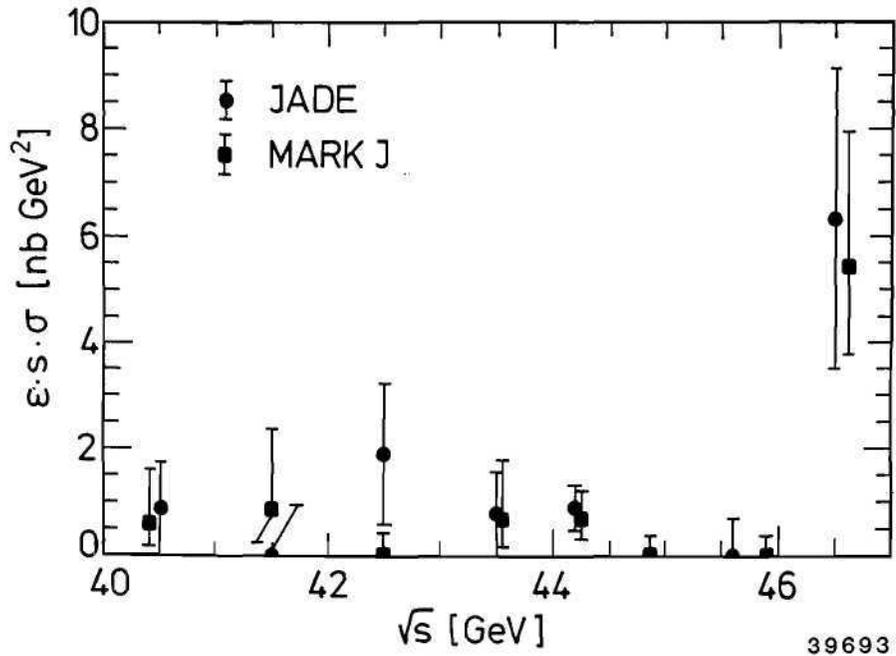
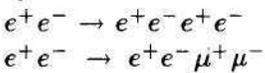


Abbildung 36: Wirkungsquerschnitt für Myon-Ereignisse mit $T < 0.8$ und $|\cos\delta| < 0.7$ für JADE und MARK J.

QED-Test



Die Reaktionen $e^+e^- \rightarrow e^+e^-e^+e^-$ und $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\mu^+\mu^-$ wurden untersucht und ihre absoluten Raten und verschiedenen kinematischen Verteilungen mit QED-Rechnungen bis zur Ordnung α^4 verglichen. Die Daten sind in dem ganzen Bereich $-9.2 \text{ GeV}^2 > q^2 \geq -1200 \text{ GeV}^2$ in guter Übereinstimmung mit den Voraussagen der QED.

Suche nach Leptoquarks und anderen neuen Teilchen

Unterschiedliche, über das Standard-Modell hinausführende, theoretische Spekulationen fordern die Existenz von Leptoquarks χ . Das sind Bosonen drittelzahliger elektrischer Ladung, die sowohl Farb- als auch Leptonenladung tragen. Es wurde nach myonischen Leptoquarks in den Zerfällen $\chi_\mu \rightarrow c\bar{\nu}_\mu$ und $\chi_\mu \rightarrow s\mu^+$ gesucht. Die Abb. 35 zeigt den Massenbereich, in dem die Existenz von Leptoquarks χ_μ aufgrund dieser Untersuchungen ausgeschlossen werden kann.

Es besteht die Möglichkeit, daß Andeutungen für die Produktion neuer Teilchen bei den höchsten PETRA-Energien gefunden wurden. Bei der Untersuchung sphärischer Ereignisse mit isolierten Myonen—als Bedingung wurde

verlangt, daß der Wert der Thrust-Variablen $T < 0.8$ ist und daß das Ereignis ein Myon enthält, das unter einem großen Winkel δ zur Thrust-Achse ($|\cos\delta| < 0.7$) emittiert wird—wurden bei den höchsten PETRA-Energien im Bereich $46.3 \text{ GeV} \leq E_{\text{CM}} \leq 46.78 \text{ GeV}$ fünf Ereignisse gefunden, während man von einer Extrapolation der Niederenergiedaten her nur 0.56 ± 0.18 Ereignisse erwartet. In Abb. 36 ist der gemessene Wirkungsquerschnitt für die Produktion dieses Ereignistyps als Funktion der Energie aufgetragen und mit den Daten von MARK J verglichen. In den oberen Energieintervallen zeigen beide Experimente einen deutlichen Überschuß an Ereignissen im Vergleich zum übrigen Energiebereich. Im Gegensatz dazu wurde von CELLO bei vergleichbarer Datenmenge ein solcher Überschuß nicht beobachtet. Ein ähnlicher Überschuß für isolierte Elektronen wurde nicht beobachtet. Die statistische Signifikanz des beobachteten Effekts ist zu gering, um auf eine neue Schwelle z.B. für die Paarproduktion eines neuen Quark-Typs mit elektrischer Ladung $1/3$ schließen zu können.

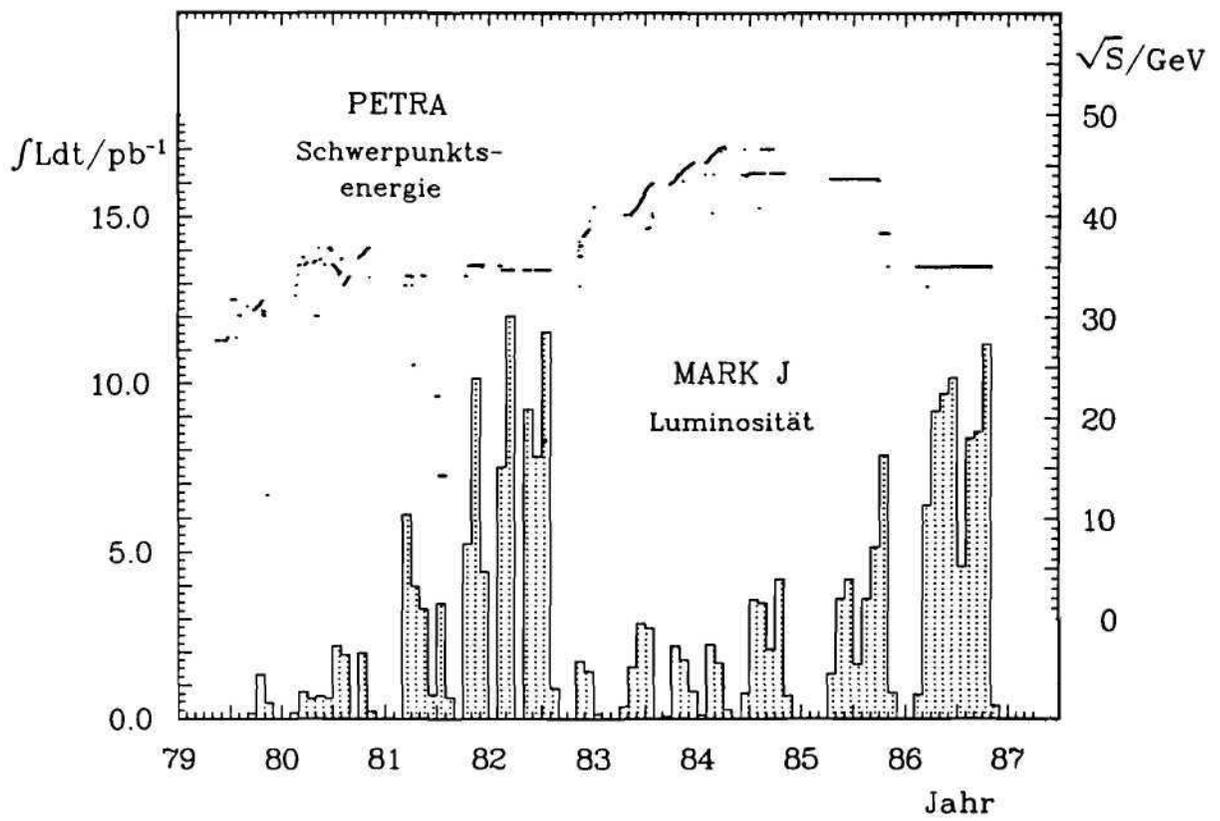


Abbildung 37: Die mit MARK J gemessene Luminosität als Funktion der Schwerpunktsenergie.

MARK J-Kollaboration

Beteiligte Institute: AdW Zeuthen, RWTH Aachen, BNL Upton, CALTECH Pasadena, DESY, ETH Zürich, Univ. Genf, IHEP Peking, JEN Madrid, MIT Cambridge (USA).

Überblick

Im Jahr 1986 wurde mit dem MARK J-Detektor bei einer Schwerpunktsenergie von 35 GeV eine integrierte Luminosität von 69 pb^{-1} gesammelt. Dieser Wert wurde erreicht, obwohl der schwierige Betrieb der Anfang 1986 eingebauten hochauflösenden Vertexkammer (TEC) die Datennahme beeinträchtigte. Insgesamt stehen für die Analyse 230 pb^{-1} bei Schwerpunktsenergien von 14–46.8 GeV zur Verfügung, die im gesamten Zeitraum des Experiments von 1978–1986 gemessen worden sind. Die Verteilung der Luminosität auf die Energien ist in Abb. 37 dargestellt.

Physikalische Ergebnisse

Im Berichtsjahr sind 3196 Ereignisse der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ in dem MARK J-Detektor beobachtet worden. Der auf die theoretische Erwartung der Quantenelektrodynamik bezogene totale Wirkungsquerschnitt $R_{\mu\mu}$ dieses Prozesses ergibt sich daraus zu

$$R_{\mu\mu} = \frac{\sigma_{\mu\mu}}{\sigma_{\text{QED}}} = 1.00 \pm 0.018(\text{stat.}) \pm 0.04(\text{sys.})$$

Die im Standard-Modell vorausgesagte Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie in der Myon-Paarzeugung konnte weiter bestätigt werden. Zusammen mit den 1981/82 genommenen Daten stehen bei 35 GeV über 6800 Ereignisse zur Verfügung, aus denen eine Asymmetrie von

$$A_{\mu\mu} = \frac{N_V - N_R}{N_V + N_R} = -10.4\% \pm 1.3\% \pm 0.5\%$$

berechnet werden kann. Dieser Wert, sowie die in früheren Jahren gemessenen Asymmetrien bei anderen Schwerpunktsenergien, sind in Abb. 38 gezeigt und mit der Erwartung des Standard-Modells verglichen. Der Verlauf der theoretischen Kurve wird durch die Meßwerte gut wiedergegeben.

Aus diesen Asymmetrien und den beobachteten totalen Wirkungsquerschnitten lassen sich Grenzen für die elektroschwachen Parameter $\sin^2 \vartheta_W$ und m_{Z^0} angeben (Abb. 39). Der durch das MARK J-Experiment bestimmte Wertebereich

*Resultate der
Myon-Paaranalyse*

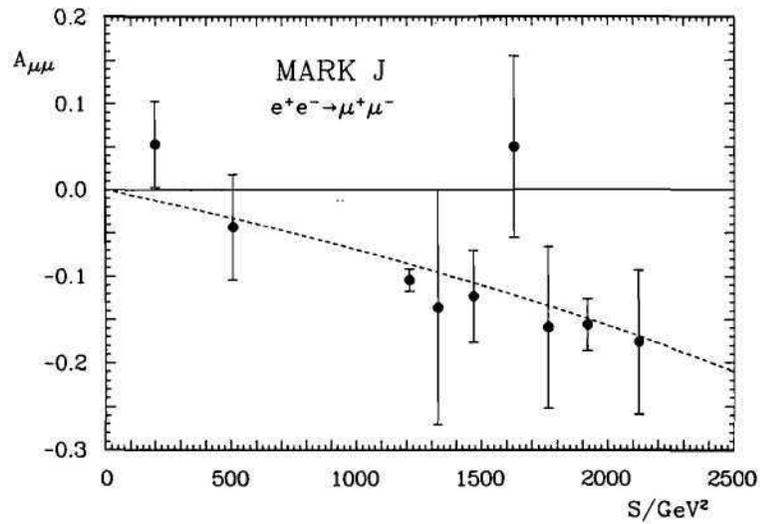


Abbildung 38: $A_{\mu\mu}$ als Funktion von S . Die gestrichelte Kurve gibt die theoretische Erwartung für $\sin^2 \vartheta_W = 0.23$ und $m_{Z^0} = 93$ GeV wieder.

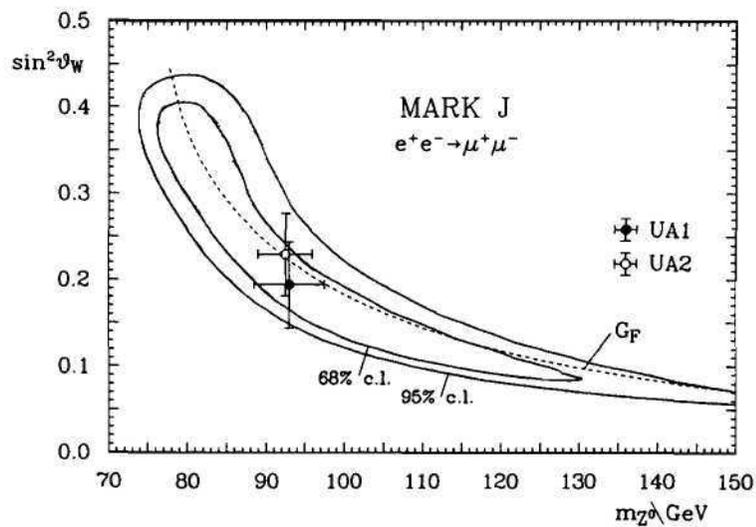


Abbildung 39: Die Konturen der 68%- und 95%-Konfidenzgrenzen für $\sin^2 \vartheta_W$ und m_{Z^0} aus den Resultaten der Myon-Paarzeugung im Vergleich mit anderen Ergebnissen.

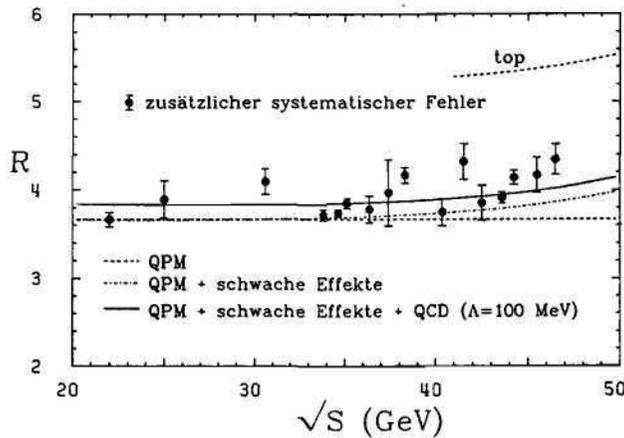


Abbildung 40: Relativer hadronischer Wirkungsquerschnitt R.

reich überdeckt sich sehr gut mit den Resultaten der CERN-Experimente UA1 und UA2. Beide Größen sind auch über die Fermi-Konstante G_F miteinander verknüpft. Der Vergleich dieser Relation mit den MARK J-Ergebnissen zeigt ebenfalls eine gute Übereinstimmung.

Aus der Abb. 39 können folgende Zahlenwerte für $\sin^2 \vartheta_W$ und für die Masse des Z^0 -Bosons gewonnen werden:

$$\begin{aligned} \sin^2 \vartheta_W &= 0.19^{+0.04}_{-0.02} \pm 0.01 \quad \text{mit} \quad m_{Z^0} = (93 \pm 2) \text{ GeV} \\ m_{Z^0} &= (89^{+4}_{-3} \pm 1) \text{ GeV} \quad \text{mit} \quad \sin^2 \vartheta_W = 0.23 \pm 0.005 \end{aligned}$$

Im Berichtsjahr lief PETRA durchgehend bei einer Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 35 \text{ GeV}$. Neue Ergebnisse zur Suche nach dem t-Quark sind wegen dieser geringeren Energie nicht zu berichten. Aus dem hadronischen Wechselwirkungsquerschnitt R (Abb. 40) folgt deshalb die Grenze für Toponium-Produktion zu $B_h \cdot \Gamma_{ee} \leq 3.0 \text{ keV}$ bei 95% Wahrscheinlichkeit, mit B_h als dem hadronischen Verzweigungsverhältnis von Toponium und Γ_{ee} dessen Zerfallsbreite in e^+e^- ; somit erhält man für die Masse des Top-Quarks $M_{\text{top}} \geq 23.3 \text{ GeV}$. Der Anstieg von R bei höheren Schwerpunktsenergien ist auf den Einfluß der schwachen Wechselwirkung zurückzuführen. Dabei überwiegt der rein schwache Anteil in R vom Z^0 -Austausch den negativen Beitrag aus dem $(\gamma - Z^0)$ -Interferenzterm und führt zu ansteigendem R. Berücksichtigt man QCD-Effekte, die als klein und nahezu energieunabhängig angesehen werden können, findet man unter Festlegung von $\sin^2 \Theta_w = 0.22$ mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%

*Hadronische
Endzustände*

$$78 \text{ GeV} \leq M_{Z^0} \leq 96 \text{ GeV}$$

oder
$$M_{Z^0} = 86^{+5}_{-4} \text{ GeV}$$

*Inklusive
Myon-Ereignisse*

Beim schwachen Zerfall von Mesonen mit Charm- oder Bottom-Quarks können Myonen entstehen. Diese sogenannten inklusiven Myonen zeigen die primäre Bildung schwerer Quarks an, und das Impulsspektrum der Myonen gibt Aufschluß über die Fragmentation der Quarks, d.h. deren Übergang zu Mesonen. Die Myonen können den Eisenabsorber des MARK J-Detektors durchdringen, falls ihr Impuls mehr als 1.5 GeV beträgt. Der Nachweis erfolgt in den großen äußeren Driftkammern.

Acht unerwartete Ereignisse mit inklusiven Myonen waren von der MARK J-Kollaboration bei höchsten PETRA-Energien über $\sqrt{s} = 46.3$ GeV im Frühjahr 1984 beobachtet worden. Die Ereignisse haben einen niedrigen Thrust, und das Myon ist relativ isoliert von den hadronischen Jets. Damals konnte keine der anderen PETRA-Kollaborationen, mit Ausnahme von CELLO (ein Ereignis), diese Beobachtung bestätigen. Die Diskussion über den Ursprung dieser Ereignisse lebte wieder auf, als die JADE-Kollaboration im Frühjahr 1986 ebenfalls die Beobachtung von fünf ungewöhnlichen Ereignissen im gleichen Energiebereich veröffentlichte. Die Topologie dieser Ereignisse stimmt mit der von MARK J gefundenen Ereignisse überein. Ein intensiver Vergleich zwischen beiden Gruppen, der die gemessene Luminosität, die Triggerbedingungen und die Akzeptanz sowie die Analysemethoden einschloß, zeigte die gute Übereinstimmung beider Beobachtungen.

Trotz intensiver Bemühungen konnte jedoch keine befriedigende Erklärung für den Ursprung dieser Ereignisse gefunden werden. Die Erzeugung von Top-Quarks ist unwahrscheinlich. In diesem Fall würde man etwa vier- bis fünfmal mehr Ereignisse dieses Typs erwarten. Eingehend geprüft wurde auch die Hypothese eines neuen Quarks der vierten Familie mit Ladung $-1/3$. Zu einer eindeutigen Aussage reicht die gewonnene Datenmenge jedoch nicht aus. Die Erklärung dieses Effekts wird also nach wie vor einer Maschine mit höherer Luminosität in diesem Energiebereich vorbehalten bleiben.

Schwere Leptonen

Zur Analyse der τ -Paarproduktion wurde im Schwerpunktsenergiebereich von 14 bis 46.8 GeV eine integrierte Luminosität von 115 pb^{-1} genutzt. Um eine saubere Untergrundabtrennung zu gewährleisten, wurden nur Ereignisse mit einem Myon im Endzustand verwandt. Insgesamt 1201 Ereignisse standen damit zur Verfügung. Der gemessene Wirkungsquerschnitt

$$R_{\tau\tau} = \frac{\sigma_{\tau\tau}}{\sigma_{\text{QED}}} = 0.96 \pm 0.03 \pm 0.04$$

stimmt innerhalb des statistischen und systematischen Fehlers gut mit der Erwartung überein, wenn man das Weltmittel $B(\tau \rightarrow \mu\nu\bar{\nu}) = 18.5\%$ für das myonische Verzweigungsverhältnis des τ benutzt (Abb. 41). Setzt man umgekehrt $R \equiv 1$ fest, erhält man unter Berücksichtigung rein schwacher Korrekturen eine Messung dieses Verzweigungsverhältnisses zu

$$B(\tau \rightarrow \mu\nu\bar{\nu}) = (17.3 \pm 0.6 \pm 0.8)\%$$

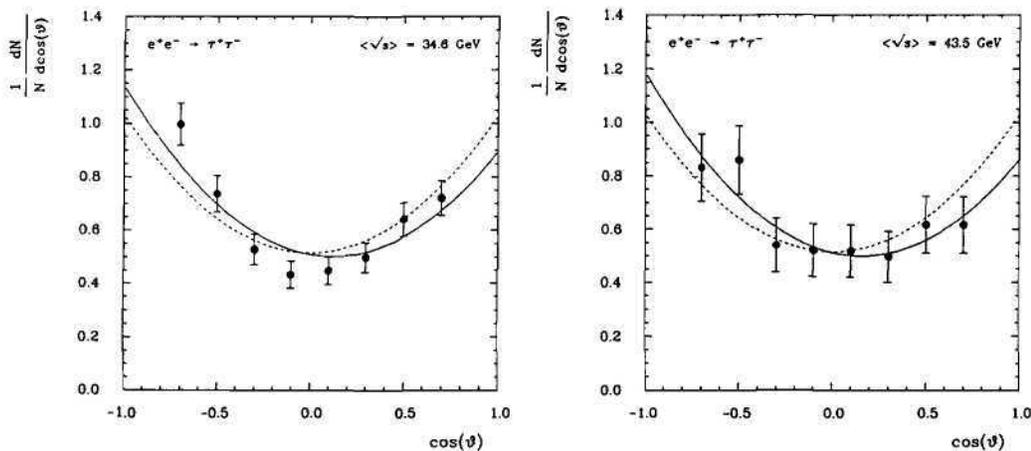


Abbildung 41: Differentieller Wirkungsquerschnitt für $e^+e^- \rightarrow \tau\tau$ für zwei Schwerpunktsenergien.

Der differentielle Wirkungsquerschnitt zeigt deutlich die elektroschwache Asymmetrie, die zu

$$A_{\tau\tau} = -(9.3 \pm 3.7 \pm 1.5)\% \text{ bei } 35 \text{ GeV}$$

und

$$A_{\tau\tau} = -(12.7 \pm 6.4 \pm 1.5)\% \text{ bei } 43.5 \text{ GeV}$$

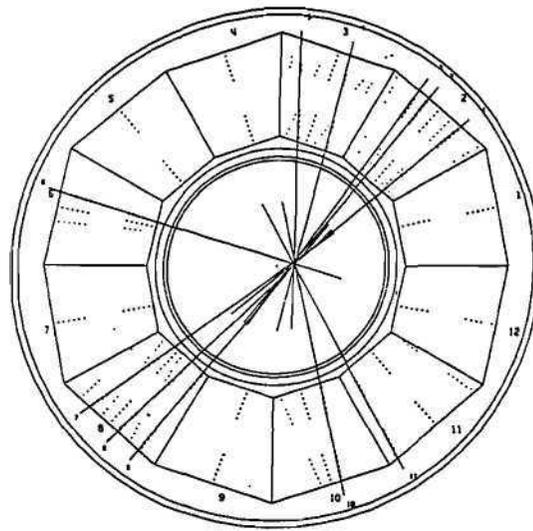
bestimmt wurde. Diese Werte ergeben gute Übereinstimmung mit dem Standard-Modell der elektroschwachen Wechselwirkung.

Eine ähnliche Analyse wie für τ -Paare läßt auch Grenzen für die Produktion eines weiteren sequentiellen schweren Leptons zu $M_{\text{HL}} \geq 22.4 \text{ GeV}$ angeben. Die Produktion geladener Higgs-Bosonen mit einem Verzweigungsverhältnis in Taus größer als 25% ist bei einer Masse zwischen 4 und 16 GeV ausgeschlossen. Die untere Grenze für die Masse eines skalaren τ , des supersymmetrischen Partners des τ -Leptons, ist 17 GeV.

Apparative Verbesserungen

Während der Winterpause 1985/86 wurde die neue Time Expansion Chamber (TEC) als Vertexdetektor in den MARK J-Detektor eingebaut. Die Messungen mit der Kammer begannen im Februar 1986 am PETRA-Speicherring bei einer

*Time Expansion
Chamber*



MARK J TEC

Run: 10366
 Event: 1915
 e^- 7.33 mA
 e^+ 7.19 mA
 L $1.0 \times 10^{31} \text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$
 1.0 H+BB Triggers/sec
 0.92 live

Abbildung 42: Hadronisches Ereignis, aufgenommen mit der Time Expansion Chamber.

Strahlenergie von 17.5 GeV. Die Abb. 42 zeigt eines der ersten hadronischen Ereignisse. Die Kammer zog einen sehr niedrigen Strom von typischerweise 5-10 μA , je nach Strahlbedingungen. Als Gasmischung wurde CO_2 /Isobutan im Verhältnis 80/20 verwendet. Die gemessene Residuenverteilung für Bhabha-Ereignisse zeigt Abb. 43. Diese Daten sind in Übereinstimmung mit Teststrahlmessungen.

Im April 1986 begannen einige der Segmente große Ströme zu ziehen. Der Zusatz von Wasser und/oder Alkohol konnte die Probleme immer nur für wenige Tage lösen. Nach eingehenden Untersuchungen wurde gefunden, daß ein Gasreiniger (Oxisorb) ein defektes Sieb hatte. Ob dieser Defekt oder Alterungserscheinungen aufgrund der hohen Gasverstärkung die Ursache für die Schwierigkeiten beim Betrieb der Kammer waren, ist noch nicht geklärt. Chemische Analysen der Ablagerungen sind im Gange, ebenso eine Inspektion der Kammerdrähte.

Da Alkohol als zusätzliches Löschgas zum Betrieb der Kammer notwendig schien und dieser die Gasreiniger belastet, wurde ein offenes Gassystem gebaut, aus dem das Gas nach Durchlaufen der Kammer über ein Druckregelsystem entweicht. Um die Betriebsspannung zu erniedrigen wurde dem Gas Argon hinzugefügt ($\text{CO}_2/\text{Ar}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ im Verhältnis 83.5/13.5/3) und der Gasdruck auf 1.6 bar herabgesetzt. Tests zeigten, daß die Kammer wieder funktionsfähig war, und die Datennahme wurde Mitte September fortgesetzt.

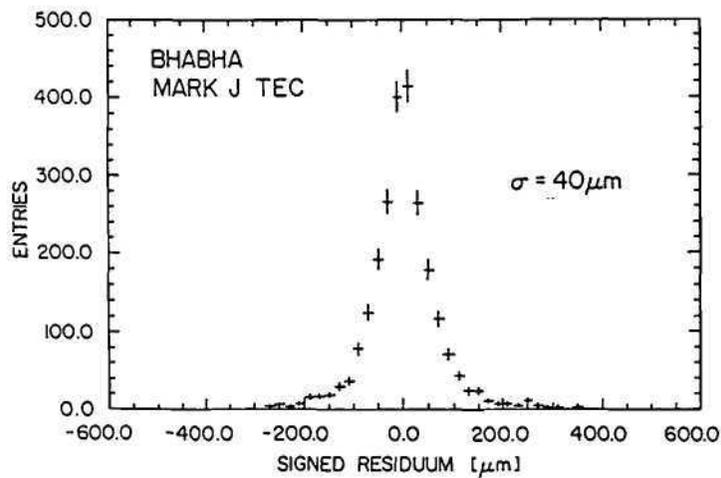


Abbildung 43: Residuenverteilung für Bhabha-Ereignisse.

Die Einzeldrahtauflösung mit kosmischen Myonen bei abgeschaltetem Speicherring bewegte sich im Bereich von $65 \mu\text{m}$. Unter Strahlbedingungen zeigt die Auflösung für kosmische Myonen eine geringe Verbreiterung und die Nachweiswahrscheinlichkeit ist etwas reduziert. Die endgültige Analyse der Daten wird nach der PETRA-Abschaltung im November 1986 unter Verwendung des neuen, mit paralleler Prozessortechnik ausgestatteten Computers CLEMENTINA in Zürich durchgeführt.

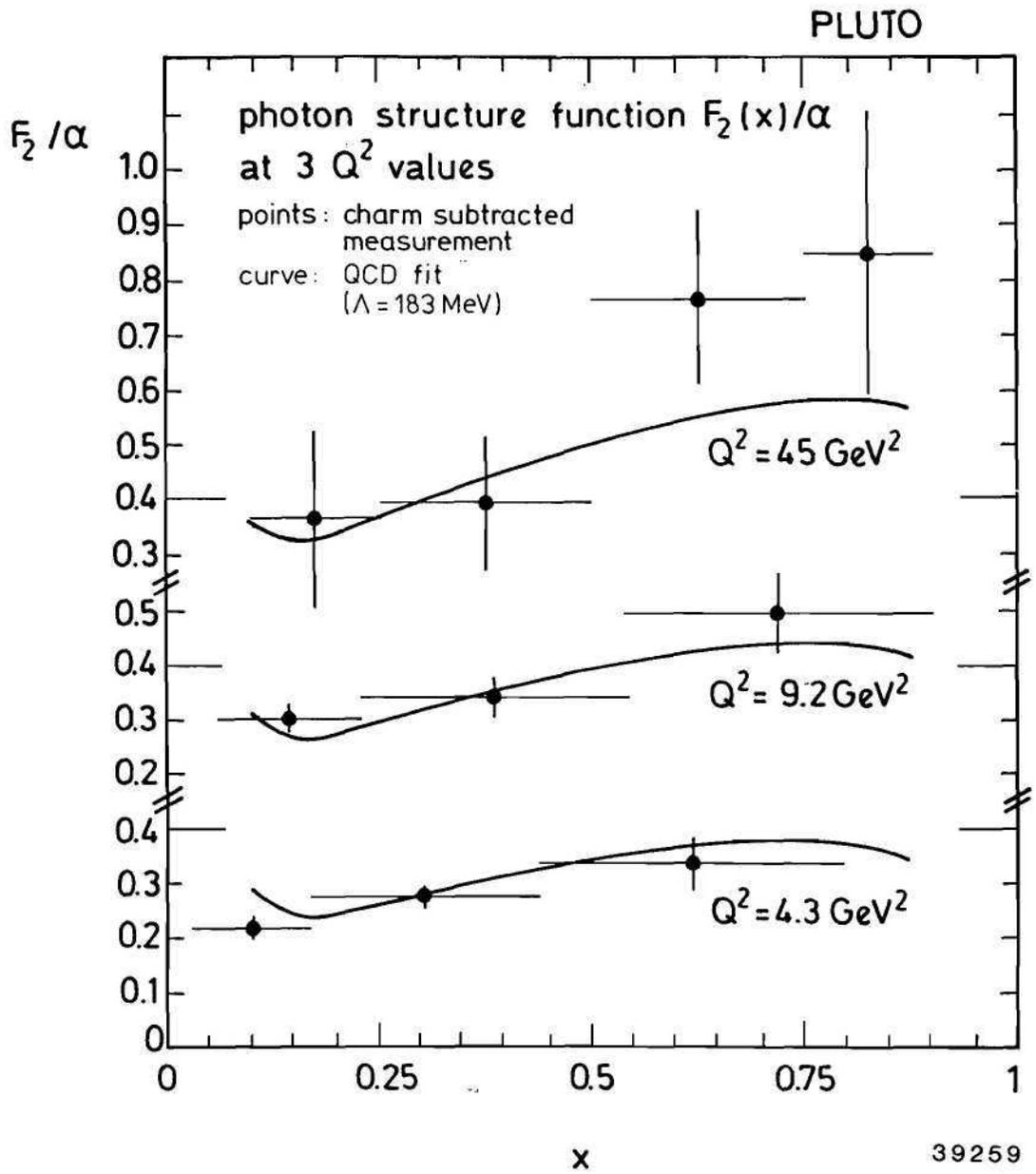


Abbildung 44: Die gemessene Photon-Strukturfunktion F_2/α als Funktion der SkalenvARIABLEN x für drei Werte der quadrierten virtuellen Masse Q^2 des Photons. Die drei Kurven sind eine Anpassung der Theorie mit $\Lambda = 183 \text{ MeV}$ als Ergebnis.

PLUTO-Kollaboration

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

Überblick

Aus den mit dem PLUTO-Detektor in den Jahren 1981/82 aufgenommenen Meßdaten wurden durch weitere Analyse Ergebnisse über die Photon-Strukturfunktion $F_2^\gamma(x, Q^2)$ und die Erzeugung von Jets in Photon-Photon-Kollisionen gewonnen.

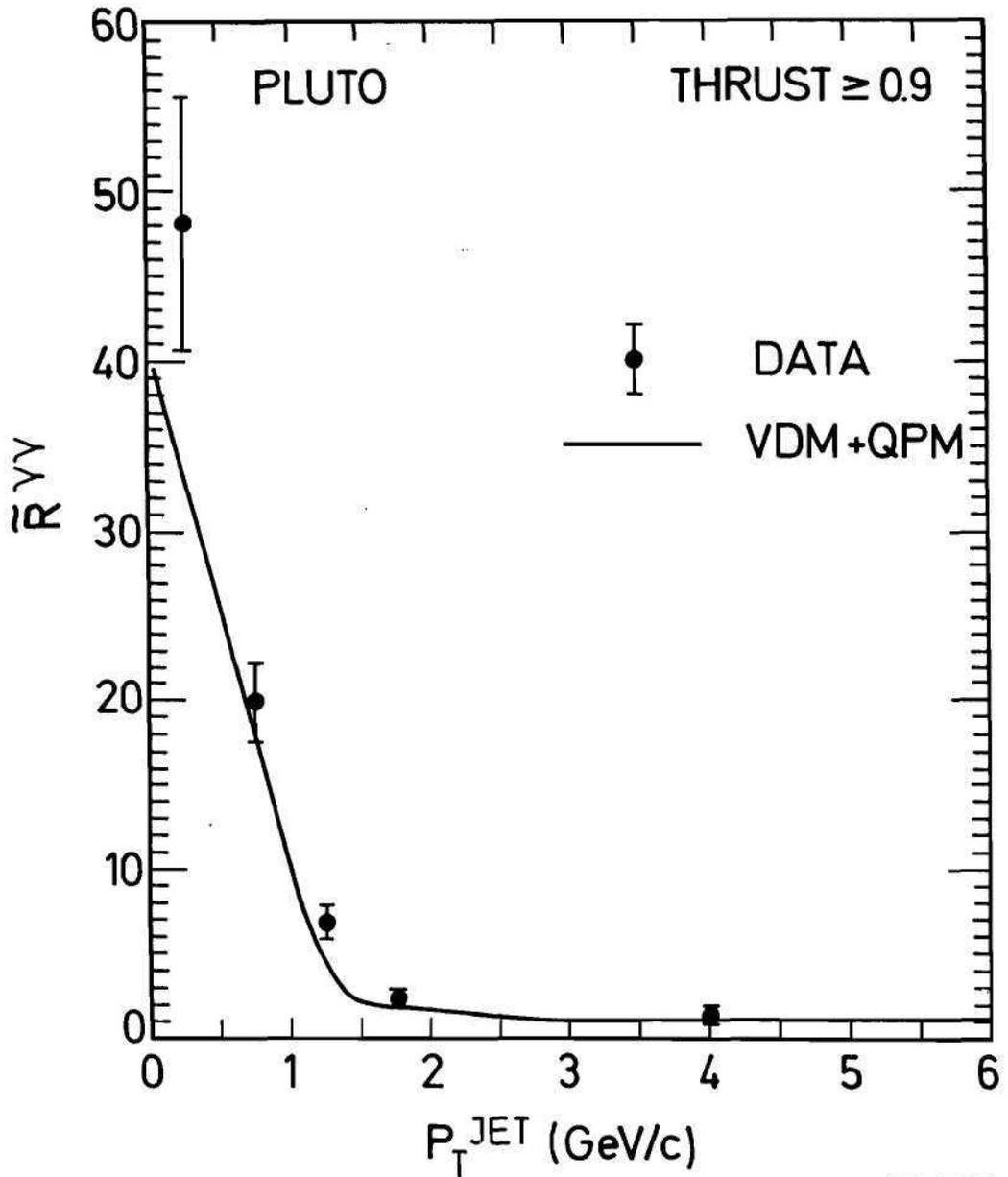
Physikalische Ergebnisse

Die Reaktion $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{Hadronen}$ geht vorwiegend über die Kollision zweier—im allgemeinen virtueller—Photonen, $\gamma^*\gamma^* \rightarrow \text{Hadronen}$. Durch Messung des einen gestreuten Elektrons und Beschränkung des zweiten auf kleine Winkel wird sichergestellt, daß das eine Photon virtuell und das andere reell ist. Man beschreibt die Virtualität durch die imaginäre Masse des Photons: $Q^2 = -q_\gamma^2 = 0$ für reelle Photonen, und $Q^2 = -q_\gamma^2 \gg m_\rho^2$ für virtuelle Photonen, wobei q_γ der Viererimpuls eines Photons ist. Die für hohe Virtualität ($\langle Q^2 \rangle = 45 \text{ GeV}^2$) analysierte Strukturfunktion $F_2^\gamma(x, Q^2)$ ist ein Maß für den Inhalt des Photons an Quark-Paaren. Da bei der Kollision auch Gluonen emittiert werden, kann im Rahmen der Quantenchromodynamik (QCD) der Abschneideparameter Λ berechnet werden. Zur Bestimmung von Λ wurden auch frühere Messungen der Photon-Strukturfunktion bei $Q^2 = 4.3$ und 9.2 GeV^2 mit dem PLUTO-Detektor herangezogen. Ein gemeinsamer Ausgleich der Meßdaten (Abb. 44) ergibt $\Lambda = 183 \text{ MeV}$, mit einem statistischen Fehler von ${}_{-40}^{+65} \text{ MeV}$ und einem systematischen Fehler von ${}_{-36}^{+46} \text{ MeV}$. Der Wert ist in guter Übereinstimmung mit Messungen von Λ aus anderen Prozessen.

*Messung und
QCD-Analyse
der Photon-
Strukturfunktion
 $F_2^\gamma(x, Q^2)$*

Des Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung von Jets in $\gamma\gamma$ -Reaktionen ist ein Indikator für primäre Quark-Paarherzeugung, insbesondere bei hohen Transversalimpulsen P_T^{JET} relativ zur $\gamma\gamma$ -Achse. Frühere Studien mit virtuellen Photonen haben bestätigt, daß bei großen P_T^{JET} der Wirkungsquerschnitt für Jet-Erzeugung sich der Vorhersage des Quark-Parton-Modells (QPM) annähert. Für kleine P_T^{JET} ließ er sich gut durch die hadronische Komponente des Photons (Vektor-Dominanz-Modell VDM) beschreiben. Im Zwischenbereich blieb aber ein erheblicher Überschuß an Ereignissen unerklärt.

*Jet-Produktion bei
Photon-Photon-
Kollisionen*



39660

Abbildung 45: Meßwerte für $R_{\gamma\gamma}$ (siehe Text) als Funktion des Jet-Impulses P_T^{JET} für Ereignisse mit großem Thrust, $T > 0.9$. Die Meßdaten gehen für große P_T^{JET} gegen $R_{\gamma\gamma} = 1$, wie es das Quark-Parton-Modell (QPM) verlangt.

In der neuen Analyse wurden 6300 Ereignisse von Kollisionen zweier reeller Photonen isoliert und in Abhängigkeit von P_T^{JET} untersucht. Dabei wurde der Wirkungsquerschnitt für Jet-Erzeugung durch die Größe $R_{\gamma\gamma}$ ausgedrückt, die die Anzahl der im Detektor beobachteten Ereignisse mit der nach dem QPM erwarteten vergleicht. Abb. 45 zeigt $R_{\gamma\gamma}$ als Funktion von P_T^{JET} für eine Teilmenge von 700 Ereignisse, bei denen die Jets stark gebündelt waren (Thrust $T > 0.9$). Diese Teilmenge läßt sich sehr gut durch die Überlagerung des Quark-Parton- und des Vektor-Dominanz-Modells beschreiben (Kurve). Eine Beschreibung der gesamten Datenmenge ist mit diesen beiden Komponenten nicht möglich. Sie gelingt aber sehr gut, wenn man einen dritten Anteil mit weniger starker Bündelung hinzunimmt, der bei der $\gamma\gamma$ -Erzeugung von drei und mehr Jets erwartet wird.

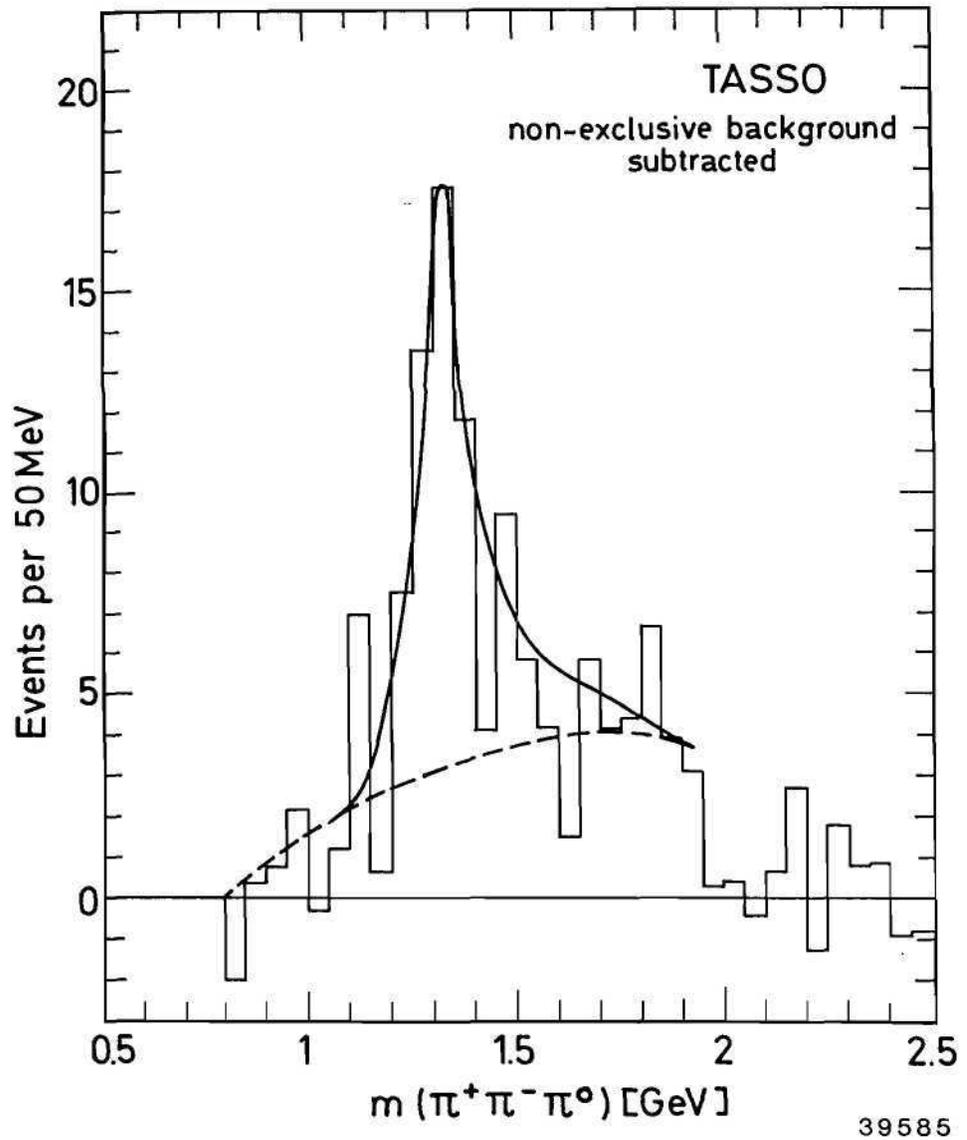


Abbildung 46: Invariante Massenverteilung von Ereignissen aus der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$. Die durchgezogene Kurve ist das Ergebnis eines Fits für die $A_2(1320)$ -Resonanz und einem Untergrundanteil aus der Phasenraumproduktion (gestrichelte Kurve).

TASSO-Kollaboration

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

Überblick

Während des Berichtsjahres lief der Speicherring PETRA bei einer Schwerpunktsenergie von 35.0 GeV. Das TASSO-Experiment sammelte in dieser Zeit eine integrierte Luminosität von 110 pb^{-1} . Das entspricht 45% der gesamten vom TASSO-Experiment seit 1979 angesammelten Luminosität. Anfang November 1986 beendete PETRA den Betrieb für Experimente, um für den Einsatz bei HERA umgerüstet zu werden. Damit endete auch die Betriebszeit des TASSO-Detektors. Noch im November 1986 wurde mit dem Abbau von Detektorkomponenten begonnen.

Die physikalische Analyse der aufgezeichneten Daten hatte in 1986 verschiedene Schwerpunkte. Mehrere Veröffentlichungen erfolgten über die Analyse von Photon-Photon-Reaktionen und Messungen der Lebensdauern schwerer Mesonen. Darüberhinaus wurden die Untersuchungen zur inklusiven Teilchenproduktion fortgesetzt. Die Auswertung der Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ zum Test des Standard-Modells der elektroschwachen Wechselwirkung wurde durch Einbeziehen neuer Daten vervollständigt.

Physikalische Ergebnisse

Die Erzeugung von Hadronen aus Photon-Photon-Wechselwirkungen in der Reaktion $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + \text{Hadronen}$ bietet die Möglichkeit, die Struktur des Photons zu studieren. Wenn eines der beiden Photonen hochvirtuell ist, d.h. über einen grossen Viererimpulsübertrag verfügt, kann man die Wechselwirkung als tiefinelastische Streuung eines Elektrons an einem Photon interpretieren. Unter den im TASSO-Experiment vorliegenden Bedingungen ist der Wirkungsquerschnitt für diese Streuung proportional zu der Strukturfunktion F_2^γ . Die Funktion hängt von den Variablen Q^2 und $x = Q^2/(Q^2 + W_{\gamma\gamma}^2)$ ab. Hierbei ist Q^2 das negative Quadrat des Viererimpulsübertrages und $W_{\gamma\gamma}$ die Schwerpunktsenergie des $\gamma\gamma$ -Systems. Das TASSO-Experiment hat die Photon-Strukturfunktion F_2^γ gemessen für Q^2 von $7 (\text{GeV}/c)^2$ bis $70 (\text{GeV}/c)^2$ mit einem mittleren Wert $\langle Q^2 \rangle = 23 (\text{GeV}/c)^2$. Die Abbildung 47 zeigt das Ergebnis für F_2^γ/α , wobei α die Feinstrukturkonstante ist. Die Meßdaten werden verglichen mit einer Kurve,

*Photon-
Strukturfunktion*

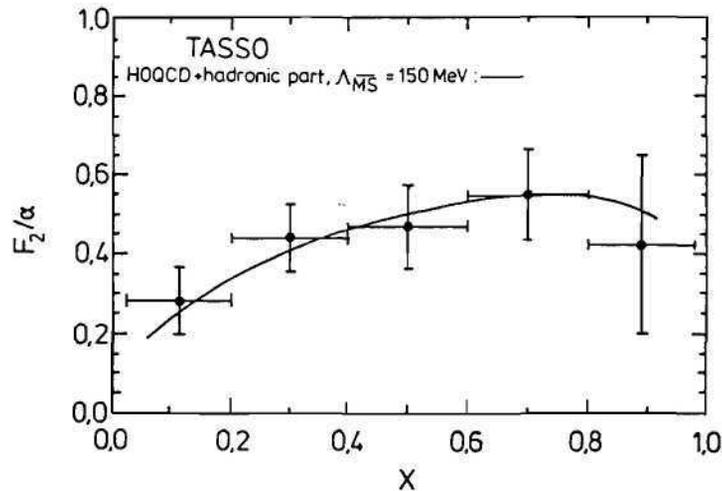


Abbildung 47: Photon-Strukturfunktion $F_2^\gamma(x)$ (der Charm-Anteil ist abgezogen). Die Kurve ist eine QCD-Vorhersage mit $\Lambda_{\overline{MS}} = 150 \text{ MeV}$ und einem hadronischen Anteil.

die aus QCD-Modellvorhersagen gewonnen ist. Aus dem Vergleich ergibt sich ein Wert für den QCD-Skalenparameter von

$$\Lambda_{\overline{MS}} = \left(140^{+190}_{-65}\right) \text{ MeV}$$

$\gamma\gamma \rightarrow A_2(1320)$

Die Messungen von partiellen Zerfallsbreiten leichter Mesonen in zwei Photonen bieten die Möglichkeit, die Klassifikation der Mesonen in $SU(3)$ -Multiplets zu testen. In Photon-Photon-Reaktionen $e^+e^- \rightarrow e^+e^- + M$ können Mesonen (M) erzeugt werden, die an zwei Photonen koppeln. Die Produktionswahrscheinlichkeit ist proportional zu ihrer $\gamma\gamma$ -Zerfallsbreite. Im TASSO-Experiment wurde die Produktion von A_2 -Mesonen gemessen in der Reaktion

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^- + A_2 ; A_2 \rightarrow \rho^\pm \pi^\pm ; \rho^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^0$$

Dazu wurden Ereignisse ausgewählt mit genau zwei geladenen Spuren und zwei Photonen. Für Ereignisse, bei denen die zwei Photonen eine invariante Masse ergeben, die im Rahmen der Auflösung mit der eines π^0 -Mesons übereinstimmt, ist in Abb. 46 die Verteilung der invarianten Massen der Ereignisse dargestellt. Dabei ist angenommen, daß die beiden geladenen Spuren Pionen sind. Man erkennt deutlich ein $A_2(1320)$ -Signal über einem nichtresonanten Untergrund.

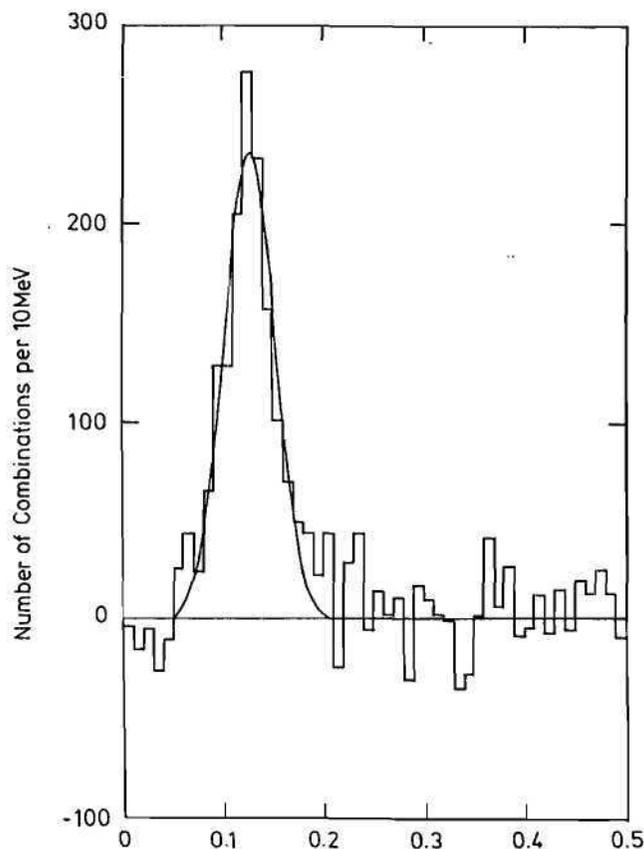


Abbildung 48: Rekonstruierte Massenverteilung für Photon-Paare mit $2 \text{ GeV} \leq E_{\gamma\gamma} \leq 6 \text{ GeV}$ aus der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$ bei einer Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV. Kombinatorischer Untergrund ist abgezogen.

Als Ergebnis eines Fits folgt für die partielle Zerfallsbreite des A_2 in zwei Photonen

$$\Gamma(A_2 \rightarrow \gamma\gamma) = (0.90 \pm 0.27(\text{stat.}) \pm 0.16(\text{syst.})) \text{ keV}$$

Ein Schwerpunkt der physikalischen Untersuchungen mit dem TASSO-Detektor ist die Bestimmung der Impulsspektren inklusiv erzeugter Hadronen verschiedener Art in der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \text{Hadronen}$. Im Berichtsjahr wurde dieses Programm fortgesetzt mit der Messung inklusiver π^0 -Mesonen bei einer Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV. Die Impulse der nachgewiesenen π^0 -Mesonen reichten von 0.7 GeV/c bis 17 GeV/c, der kinematischen Grenze. Die Photonen aus dem Zerfall $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ wurden in den Flüssig-Argon-Kalorimetermodulen des TASSO-Detektors nachgewiesen. Es wurden zwei Methoden zum Nachweis be-

*Inklusive
 π^0 -Produktion*

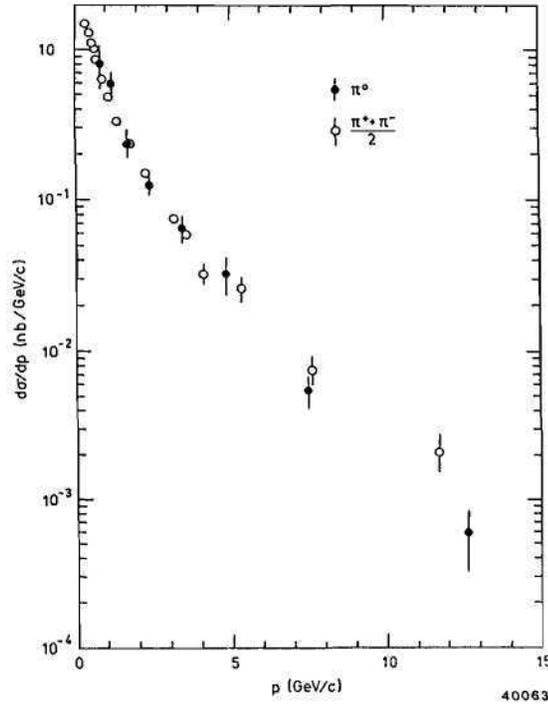


Abbildung 49: Der differentielle Wirkungsquerschnitt $d\sigma/dp$ für $e^+e^- \rightarrow \pi^0 + X$. Ebenfalls dargestellt ist der Wirkungsquerschnitt $(d\sigma(\pi^+)/dp + d\sigma(\pi^-)/dp)/2$.

nutzt. Für π^0 -Energien $E_{\pi^0} \leq 6$ GeV sind die zwei Zerfalls-Photonen beim Eintritt in das Kalorimeter soweit voneinander entfernt, daß sie getrennt nachgewiesen werden können. Aus den gemessenen Photon-Energien und -Richtungen wurden die invarianten $\gamma\gamma$ -Massen rekonstruiert. In Abb. 48 ist die Verteilung der gemessenen $\gamma\gamma$ -Massen gezeigt für π^0 -Energien von 0.5 GeV bis 4.0 GeV. Bei π^0 -Energien oberhalb 6 GeV können die Zerfalls-Photonen nicht mehr im Kalorimeter getrennt werden. Die Abtrennung der π^0 -Mesonen von einzelnen Photonen erfolgte in diesen Fällen durch Analyse des Profiles des elektromagnetischen Schauers. Die Abbildung 49 zeigt den gemessenen π^0 -Wirkungsquerschnitt als Funktion des Impulses zusammen mit dem mittleren Wirkungsquerschnitt für geladene π -Mesonen, wie er früher im TASSO-Experiment bestimmt wurde. Für den Bereich $0.7 \text{ GeV} \leq E_{\pi^0} \leq 17 \text{ GeV}$ ergab

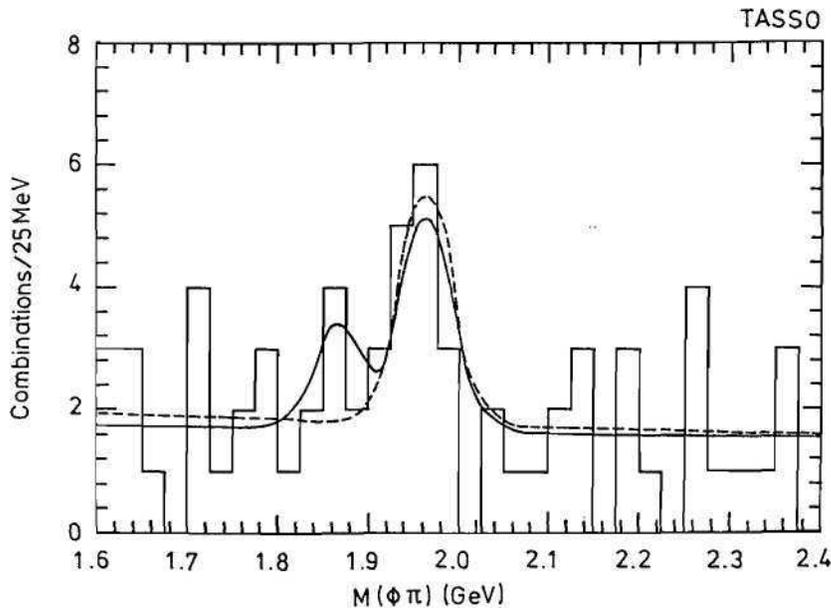


Abbildung 50: $(K^+K^-\pi^\pm)$ -Massenspektrum mit (K^+K^-) - Paaren, die mit einem ϕ verträglich sind. Die gestrichelte Kurve ist das Fitergebnis für ein D_S -Signal und einen Untergrundanteil. Die durchgezogene Kurve enthält außerdem einen Anteil aus D^\pm -Zerfällen.

sich

$$\frac{2\sigma(\pi^0)}{\sigma(\pi^+) + \sigma(\pi^-)} = 1.13 \pm 0.18$$

Extrapoliert auf den gesamten Impulsbereich ergibt sich eine mittlere Multiplizität von (5.8 ± 0.9) π^0 -Mesonen pro hadronischem Ereignis bei der Schwerpunktsenergie von 34.6 GeV.

Seit dem Einbau des hochauflösenden Vertexdetektors im Jahr 1982 sind die Messungen der Lebensdauern schwerer Mesonen ein besonderer Schwerpunkt der Aktivität der TASSO-Kollaboration. Im Berichtsjahr wurden zwei Lebensdauerermessungen von TASSO veröffentlicht, die D^0 - und die D_S -Lebensdauer. Die D_S -Lebensdauerermessung wurde möglich durch die große Menge qualitativ guter Daten, die im Laufe des Jahres 1986 aufgezeichnet werden konnten. Bei beiden Messungen wurden die schweren Mesonen aus ihren gemessenen Zerfallsprodukten rekonstruiert. Für die D^0 -Mesonen wurde der Zerfall $D^{*\pm} \rightarrow D^0 + \pi^\pm$ (bzw. $D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0 + \pi^-$) ausgenutzt. Zunächst wurden D^0 -Kandidaten für die Zerfälle $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$ und $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^0$ gesucht. Kombiniert man die Spuren des D^0 -Kandidaten mit einem weiteren Pion, so ergibt sich wegen der geringen Massendifferenz

*Lebensdauer des
 D^0 -Mesons*

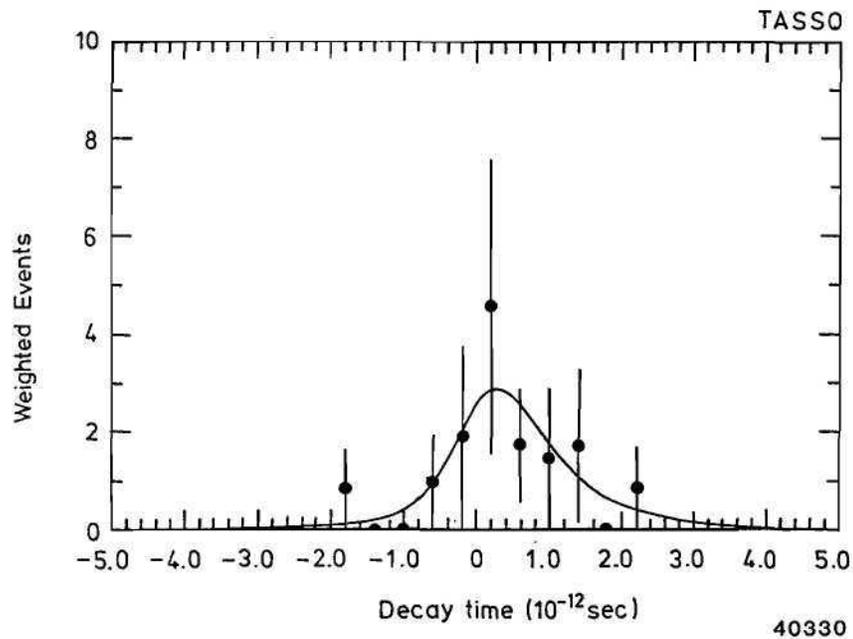


Abbildung 51: Verteilung der gemessenen Zerfallszeiten für D_S -Kandidaten. Die Einträge sind gemäß ihren Fehlern gewichtet. Die Kurve ist das Ergebnis eines Maximum-Likelihood-Fits.

$\Delta = m_{D^*} - m_{D^0}$ eine Anhäufung bei kleinen Δ -Werten für echte ($D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$)-Zerfälle. Aus den Spuren der Zerfallsprodukte eines D^0 -Mesons wurde ein Zerfallsvertex rekonstruiert. Der Entstehungspunkt des D^0 ist praktisch identisch mit dem Strahlkreuzungspunkt, da die Lebensdauer des D^* sehr kurz ist. Aus der Kenntnis des Strahlkreuzungspunktes und des Zerfallsvertex ergab sich dann die Zerfallslänge und, unter Berücksichtigung des D^0 -Impulses, die Zerfallszeit. Ein Maximum-Likelihood-Fit an die gemessenen D^0 -Zerfälle ergab eine Lebensdauer des D^0 -Mesons von

$$\tau_{D^0} = (4.3^{+2.0}_{-1.4} \pm 0.8) \cdot 10^{-13} \text{s}$$

Lebensdauer des D_S -Mesons

Die Rekonstruktion der D_S -Mesonen erfolgte über die Zerfallskette $D_S \rightarrow \phi\pi^\pm$; $\phi \rightarrow K^+K^-$. Zunächst wurden zwei Spuren mit entgegengesetzter Ladung unter der Annahme, daß es sich um K-Mesonen handelte, kombiniert und ein loser Schnitt $M(K^+K^-) \leq 1.05 \text{ GeV}$ gemacht. Zu den so selektierten ϕ -Kandidaten wurde eine weitere Spur als Pion hinzugefügt. Für solch ein Triplet wurde versucht einen gemeinsamen Vertex in x, y und z zu finden. War die Wahrscheinlichkeit dafür größer als 1%, verblieben die Kombinationen zur weiteren Analyse, falls $x = E_{KK\pi}/E_{\text{Strahl}} \geq 0.6$ war. Der letzte Schnitt entfernte im

wesentlichen D_S -Mesonen, die aus Zerfällen von Bottom-Hadronen stammten. Für die K^+K^- -Paare der verbleibenden Kombinationen wurde ein Zwangsfit auf die ϕ -Masse durchgeführt. Danach folgte ein wiederholter Vertexfit für die $(K^+K^-\pi^\pm)$ -Kombination. Die Abb. 50 zeigt die resultierende Massenverteilung für die akzeptierten $KK\pi$ -Kombinationen. Die eingezeichnete gestrichelte Kurve ist das Ergebnis eines Fits für ein D_S -Signal plus Untergrund. Die durchgezogene Kurve ist ein analoger Fit unter Berücksichtigung eines Beitrages aus den Zerfällen $D^\pm \rightarrow K^+K^-\pi^\pm$ und $D^\pm \rightarrow K^\mp\pi^\pm\pi^\pm$, wobei ein Pion fälschlicherweise als Kaon interpretiert wurde. Kombinationen mit Massen $1.930 \text{ GeV} \leq M(KK\pi) \leq 2.01 \text{ GeV}$ wurden als D_S -Mesonen akzeptiert. Damit ergab sich ein Verzweungsverhältnis für den Zerfallskanal $D_S^\pm \rightarrow \phi\pi^\pm$ von $(3.3 \pm 1.6 \pm 0.4)\%$. Aus den gefundenen Zerfallsvertices, den Strahlkreuzungspunkten und den Impulsen der nachgewiesenen D_S -Mesonen folgt eine Verteilung gemessener Zerfallszeiten. Diese ist in Abb. 51 gezeigt. Die einzelnen Zerfälle sind darin mit einem Gewicht gemäß ihres Fehlers für die Zerfallszeit eingetragen. Die durchgezogene Kurve ist das Ergebnis eines Maximum-Likelihood-Fits an die einzelnen Zerfälle. Als Ergebnis des Fits ergab sich eine Lebensdauer für das D_S -Meson von

$$\tau_{D_S} = (5.7_{-2.6}^{+3.6} \pm 0.9) \cdot 10^{-13} \text{ s}$$

Apparative Verbesserungen

Bei dem 370/E-Emulator handelt es sich um eine Rechenmaschine, die in der Lage ist, IBM-Maschinen-Code direkt zu verarbeiten. Im Berichtsjahr wurden zwei weitere Emulatoren fertiggestellt. Zum Ende des Jahres hatte das TASSO-Experiment sechs 370/E-Emulatoren an die IBM-Anlage angeschlossen, davon zwei mit 1 MByte und vier mit 2 MByte Speicherkapazität. Diese Emulatoren stellen eine Rechenleistung von 1700 Minuten pro Tag in IBM-Einheiten dar. Über 5200 Programme wurden bisher von den Emulatoren ausgeführt, wobei der Trend zu Langläufern mit Zeiten zwischen sieben und 50 Stunden Rechenzeit führt.

370/E-Emulatoren

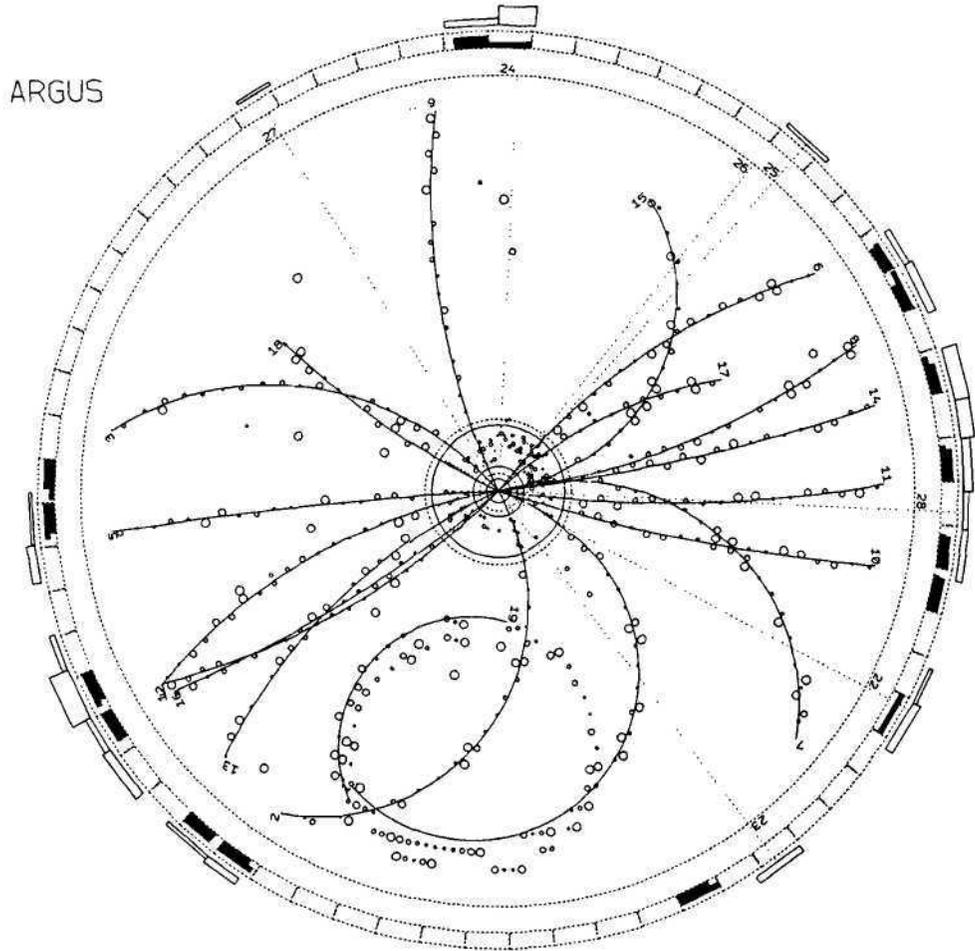


Abbildung 52: Beispiel für ein Ereignis $e^+e^- \rightarrow B^+B^-$ im ARGUS-Detektor. Das Ereignis ist vollständig, d.h. alle Teilchen im Endzustand sind sichtbar, bis auf ein Photon, dessen Impulsvektor als im Strahlrohr liegend rekonstruiert werden kann. Der B^- -Zerfall konnte eindeutig aufgeklärt werden: $B^- \rightarrow D^{*+}\pi^-\pi^-$ mit $D^{*+} \rightarrow D^0\pi^+$ und $D^0 \rightarrow K^-\pi^+\pi^+\pi^-$. Der B^+ -Zerfall ergibt sich danach zu $B^+ \rightarrow K^+5\pi^+5\pi^-4\pi^0$.

Die Komplexität dieses Ereignisses mit 18 geladenen und 7 neutralen Spuren demonstriert einerseits die Probleme beim Studium von B-Zerfällen, andererseits aber auch die Leistungsfähigkeit des Detektors und der Analyse.

ARGUS-Kollaboration

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

Überblick

Das Jahr 1986 war mit Abstand das bisher erfolgreichste Jahr für die ARGUS-Kollaboration. In sechs Monaten Meßzeit wurde eine Datenmenge von 102 pb^{-1} gesammelt, im Vergleich zu 70 pb^{-1} im Vorjahr. Davon entfielen 25 pb^{-1} auf die $\Upsilon(1S)$ -Resonanz, 45 pb^{-1} auf die $\Upsilon(4S)$ -Resonanz und 32 pb^{-1} auf das Kontinuum neben den Resonanzen. Der Gesamtdatenbestand von ARGUS beläuft sich nunmehr auf 255 pb^{-1} bei ca. 10 GeV Schwerpunktsenergie.

Messungen

Die Analyse der vorliegenden Daten führte zu einer Vielzahl von physikalischen Erkenntnissen. Die Ausbeute wird am besten demonstriert durch die Anzahl der Beiträge der ARGUS-Kollaboration zur XXIII. International Conference on High Energy Physics in Berkeley 1986: 15 Artikel wurden zur Konferenz eingereicht, in sechs Vorträgen wurden 18 Resultate von ARGUS vorgestellt.

Der Detektor arbeitete während der ganzen Zeit der Datennahme ohne Probleme. Die Vertexkammer war routinemäßig in Betrieb und verbesserte die Datenqualität wie vorgesehen. Ein Filterprogramm wurde im Online-VAX-Computer installiert und reduzierte die Anzahl der auf Magnetband zu speichernden Ereignisse um 30%.

Detektor

Im Berichtsjahr wurden Planung und Vorversuche zu einer neuen hochgenauen Vertexkammer für den ARGUS-Detektor aufgenommen. Ziel ist es, im Jahr 1988 über eine funktionsfähige Kammer zu verfügen, die es ermöglicht, D- und B-Mesonen mit Hilfe ihrer Flugstrecken zu identifizieren.

Physikalische Ergebnisse

Im Berichtsjahr wurden sieben Arbeiten in Zeitschriften veröffentlicht, sechs weitere zur Veröffentlichung eingereicht und zahlreiche vorläufige Ergebnisse auf Konferenzen vorgestellt. Auf vier Arbeiten (die Suche nach Gluinos in $\chi_{b1}(P1)$ -Zerfällen, eine obere Grenze für 2-Quark-Jets im direkten $\Upsilon(1S)$ -Zerfall, die Entdeckung eines angeregten Charm-Zustandes $D^{*0}(2420)$ und die Entdeckung des Zerfalls $D^0 \rightarrow \phi \bar{K}^0$) soll hier nicht mehr eingegangen werden, da vorläufige Ergebnisse bereits im Jahresbericht 1985 vorgestellt wurden.

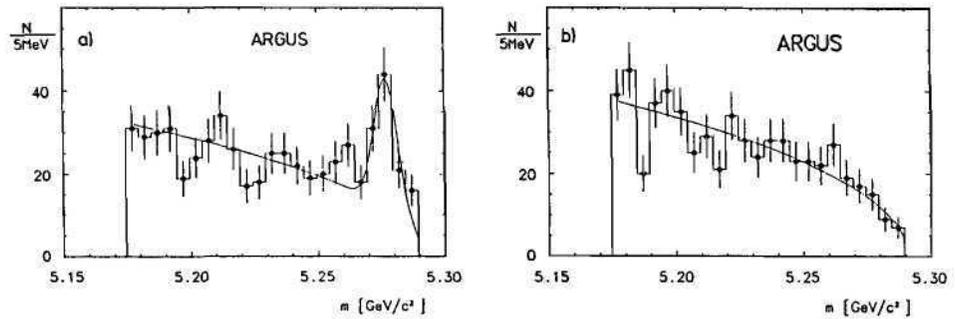


Abbildung 53: a) Massenverteilung der B-Mesonen-Kandidaten. b) Untergrundverteilung zu (a), gewonnen durch Mischung von Spuren aus verschiedenen Ereignissen.

Die weiteren Publikationen betreffen

- Die Rekonstruktion von B-Mesonen
- Eine Messung des Verzweigungsverhältnisses $B^0 \rightarrow D^{*-} \pi^+$
- Die Beobachtung von F-Mesonen aus B-Zerfällen
- Die Beobachtung von D-Mesonen aus B-Zerfällen
- Die Beobachtung von Elektronen aus B-Zerfällen
- Die Entdeckung des Zerfalls $F \rightarrow \bar{K}^* K$
- Den Nachweis von Baryonen mit Charm in der e^+e^- Annihilation
- Den Nachweis von Hyperonen in der e^+e^- Annihilation
- Die Suche nach exotischen Zerfällen der $\Upsilon(1S)$ -Resonanz
- Den Zerfall des τ -Leptons in drei geladene Pionen
- Die Entdeckung des Zerfalls $\tau \rightarrow \omega \pi \nu$
- Die Suche nach Verletzungen der Leptonzahl- oder Leptonflavor-Erhaltung in τ -Zerfällen
- Die Entdeckung der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \omega \rho$

Das Hauptarbeitsgebiet von ARGUS ist das Studium der schwachen Wechselwirkung der b-Quarks. Die Beobachtung der schwachen Zerfälle von b-Quarks erfordert die Analyse von Zerfällen der B-Mesonen. Die $\Upsilon(4S)$ -Resonanz zerfällt überwiegend in ein Paar von B-Mesonen und ist daher der geeignete Ort, die Eigenschaften dieser Mesonen zu studieren. Die einzelnen Zerfallskanäle haben aber jeweils nur relativ kleine Verzweigungsverhältnisse; daher sind ausgedehnte Meßläufe bei der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz erforderlich. Die hier referierten Arbeiten über B-Mesonen beruhen auf einem Datenvolumen von 59 pb^{-1} auf der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz, entsprechend 10^5 erzeugten B-Mesonen.

Tabelle 1: Verzweigungsverhältnis für fünf B-Zerfallskanäle bei der $\Upsilon(4S)$ -Energie.

	Zerfallskanal	Signal (Anzahl)	Untergrund (Anzahl)	Verzweigungs- verhältnis
I	$\overline{B}^0 \rightarrow D^{*+} \pi^-$	5	1 ± 1	$(0.27 \pm 0.14 \pm 0.10)\%$
II	$\overline{B}^0 \rightarrow D^{*+} \pi^- \pi^0$	8	4 ± 3	$(1.5 \pm 0.8 \pm 0.8)\%$
III	$\overline{B}^0 \rightarrow D^{*+} \pi^- \pi^- \pi^+$	27	12 ± 5	$(3.3 \pm 0.9 \pm 1.6)\%$
IV	$B^- \rightarrow D^{*+} \pi^- \pi^-$	7	3 ± 2	$(0.5 \pm 0.2 \pm 0.3)\%$
V	$B^- \rightarrow D^{*+} \pi^- \pi^- \pi^0$	24	13 ± 5	$(4.3 \pm 1.3 \pm 2.6)\%$

Die Rekonstruktion exklusiver hadronischer Zerfälle von B-Mesonen liefert Werte für die Massen und Verzweigungsverhältnisse und ist ein erster wichtiger Schritt zum Verständnis der Eigenschaften von b-Quarks. Da b-Quarks vorzugsweise in c-Quarks zerfallen, gehen B-Mesonen hauptsächlich in Teilchen mit Charm über. ARGUS konzentrierte sich aus praktischen Gründen auf die Untersuchung der Zerfallskette $B \rightarrow D^{*+} n \pi^1$, mit $n=1, 2, 3$, wobei das D^{*+} über seinen Zerfall in $D^0 \pi^+$, die D^0 -Mesonen über vier Zerfallskanäle des Typs $D^0 \rightarrow K n \pi$ nachgewiesen wurden. Aus den 10^5 bei der $\Upsilon(4S)$ -Energie erzeugten B-Mesonen in den Primärdaten konnten schließlich unter Benutzung von insgesamt 20 verschiedenen Zerfallskanälen 40 neutrale B-Mesonen bei einer Masse von $(5278.2 \pm 1.0 \pm 3.0) \text{ MeV}/c^2$ und 32 geladene B-Mesonen bei einer Masse von $(5275.8 \pm 1.3 \pm 3.0) \text{ MeV}/c^2$ isoliert werden (Abb. 53). Für fünf Zerfallskanäle wurde das Verzweigungsverhältnis bestimmt (Tab. 1). Die Zerfälle II, III und V wurden von ARGUS zum ersten Mal beobachtet. Die Verzweigungsverhältnisse für I und IV wurden um fast eine Größenordnung kleiner gemessen, als zunächst von CLEO veröffentlicht.

$$B \rightarrow D^{*+} n \pi$$

Der Zerfall $B^0 \rightarrow D^{*-} \pi^+$, gefolgt von $D^{*-} \rightarrow \overline{D}^0 \pi^-$, kann aufgrund kinematischer Besonderheiten dieser Zerfallskette ohne Beobachtung des \overline{D}^0 -Mesons und damit ohne Abhängigkeit vom D^0 -Zerfall beobachtet werden. Dieser Umstand wurde benutzt, um eine unabhängige Messung dieses Verzweigungsverhältnisses durchzuführen. Das Ergebnis, $(0.35 \pm 0.2 \pm 0.2)\%$, ist in guter Übereinstimmung mit dem ARGUS-Resultat aus der vollständigen Rekonstruktion der Zerfallskette von $(0.27 \pm 0.14 \pm 0.1)\%$.

$$B^0 \rightarrow D^{*-} \pi^+$$

Angesichts der Schwierigkeiten bei der Messung exklusiver Zerfallskanäle der B-Mesonen, wegen des Überwiegens vielstufiger Zerfallskaskaden mit hohen Teilchenmultiplizitäten (s. Abb. 52) und kleinen individuellen Verzweigungs-

*Inklusive
B-Zerfälle*

¹Hier und im folgenden ist bei Erwähnung einer bestimmten Ladungskombination immer auch der ladungskonjugierte Zustand gemeint.

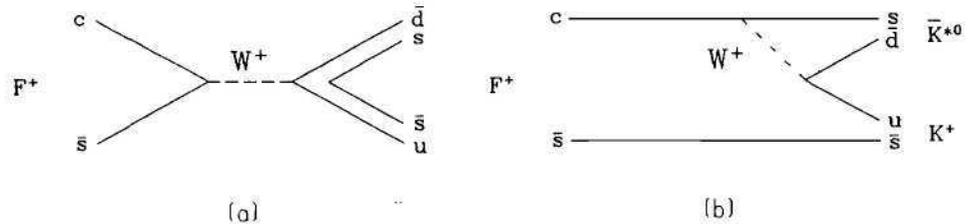


Abbildung 54: Quark-Diagramme zum Zerfall $F^+ \rightarrow \bar{K}^{*0}K^+$, a) der Annihilations-Graph, b) der farbunterdrückte, sogenannte Zuschauer-Graph.

verhältnissen, kommt der Beobachtung inklusiver Teilchenproduktion besondere Bedeutung zu. Die inklusive Ausbeute von Teilchen mit Charm erlaubt zum Beispiel direkte Rückschlüsse auf das fundamentale Verzweigungsverhältnis $r = (b \rightarrow u)/(b \rightarrow c)$ für den schwachen Zerfall des b-Quarks. ARGUS hat die inklusiven Ausbeuten von F- und D-Mesonen beim B-Zerfall gemessen.

$B \rightarrow FX$

ARGUS hat die inklusive F-Mesonen-Erzeugung aus B-Zerfällen bei der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz beobachtet, wobei die F-Mesonen über ihren Zerfall $F^- \rightarrow \phi \pi^-$ nachgewiesen wurden. Aus dem gemessenen Produkt der Verzweigungsverhältnisse $BR(B \rightarrow FX) \times BR(F \rightarrow \phi \pi) = (2.4 \pm 0.7 \pm 0.6) \cdot 10^{-3}$ kann auf eine Ausbeute von (0.069 ± 0.025) F-Mesonen pro B-Zerfall geschlossen werden.

$B \rightarrow DX$

Neutrale D-Mesonen wurden inklusiv über den Zerfall $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$ nachgewiesen, geladene über $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$. Die vorläufigen Verzweigungsverhältnisse $BR(B \rightarrow DX)$ ergaben sich zu $(49.3 \pm 6.9 \pm 7.9)\%$ für die neutralen und zu $(26 \pm 8 \pm 5)\%$ für die geladenen D-Mesonen. Daraus folgt für die Summe der Ausbeuten von D- und F-Mesonen beim B-Zerfall bereits eine Rate von ca. 80%, und dies ohne die Berücksichtigung von Baryonen mit Charm und höherer Meson-Resonanzen mit Charm. Die Dominanz des Überganges $(b \rightarrow c)$ beim b-Quark-Zerfall ist offensichtlich.

$B \rightarrow eX$

Eine andere Methode, das Verhältnis $r = (b \rightarrow u)/(b \rightarrow c)$ zu bestimmen, besteht in der Messung der inklusiven Leptonenspektren beim semileptonischen B-Zerfall. Da die Masse des c-Quarks sehr viel größer ist als diejenige des u-Quarks, erstreckt sich das Leptonenspektrum beim Übergang $(b \rightarrow u)$ zu höheren Impulsen als beim Übergang $(b \rightarrow c)$. Die Anpassung der theoretischen Verteilungen an das von ARGUS gemessene experimentelle Elektronenspektrum liefert einen Wert für das Verzweigungsverhältnis $BR(B \rightarrow e\nu X)$ von $(12.0 \pm 0.9 \pm 0.9)\%$ und eine obere Grenze von 12% für r. Die Unsicherheit in der theoretischen Form des Leptonenspektrums begrenzt hier die Genauigkeit der Aussage.

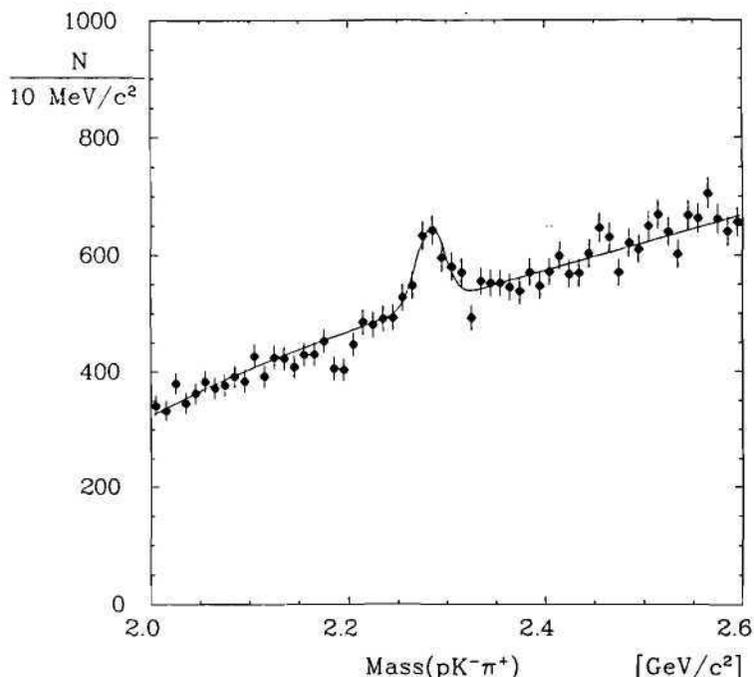


Abbildung 55: Das Λ_c -Signal in der Massenverteilung von $pK\pi$ -Kombinationen. Die ausgezogene Kurve ist ein Fit für Untergrund und Signal an die Daten.

Der Energiebereich um 10 GeV, in dem die ARGUS-Daten gesammelt wurden, liegt bequem oberhalb der Erzeugungsschwellen von Teilchen mit Charm. Die Untersuchung dieser Teilchen gehört damit zu einem wesentlichen Teil des ARGUS-Meßprogramms.

Charm-Teilchen

Die ARGUS-Kollaboration hat im Vorjahr die Entdeckung des Zerfalls $D \rightarrow \bar{K}^0 \phi$ bekanntgegeben und ein unerwartet großes Verzweungsverhältnis dafür gefunden. Dies war der erste Hinweis auf die Möglichkeit großer Quark-Annihilationsbeiträge zum Zerfall von Mesonen mit Charm. Im Berichtsjahr hat ARGUS nun die Entdeckung eines zweiten Zerfalls dieses Typs veröffentlicht, nämlich den Übergang $F^+ \rightarrow \bar{K}^{*0} K^+$ (Abb. 54). Das gemessene Verhältnis

$F \rightarrow \bar{K}^* K$

$$BR(F^+ \rightarrow \bar{K}^{*0} K^+) / BR(F^+ \rightarrow \phi \pi^+) = 1.44 \pm 0.37$$

deutet wieder auf einen unerwartet hohen Beitrag der Quark-Annihilation zum F-Zerfall hin. Diese Ergebnisse haben zu einer lebhaften theoretischen Diskussion über mögliche Ursachen geführt.

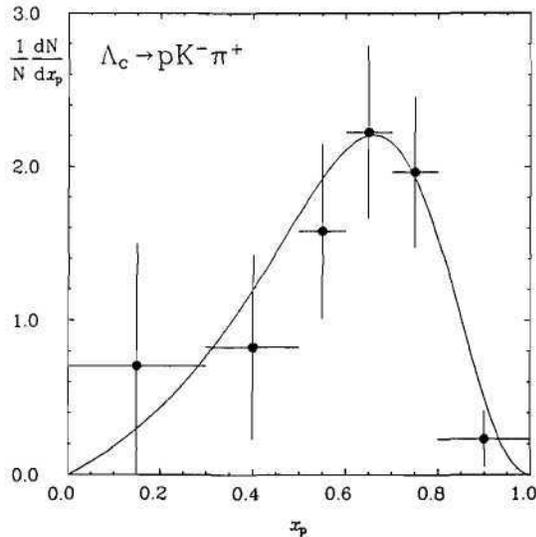


Abbildung 56: Das Impulsspektrum der Lambda-Hyperonen mit Charm. Die durchgezogene Kurve entspricht einer theoretischen Parametrisierung; $x_p = p/p_{\max}$.

Suche nach Λ_c

Die Suche nach Baryonen mit Charm führte im Berichtsjahr zu ersten Resultaten. Die ARGUS-Kollaboration veröffentlichte den Nachweis des Λ_c -Baryons (Quark-Inhalt cud) bei einer Masse von $(2281.5 \pm 3.0 \pm 2.2) \text{ MeV}/c^2$. Die Beobachtung erfolgte über die Zerfallskanäle $pK^- \pi^+$ (Abb. 55) und $\Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ mit den Werten für das Produkt Erzeugungswirkungsquerschnitt \times Verzweigungs-verhältnis von $(15.6 \pm 4.3 \pm 1.6) \text{ pb}$ bzw. $(7.6 \pm 2.3 \pm 2.1) \text{ pb}$. Das Impulsspektrum der Λ_c -Hyperonen (Abb. 56) ähnelt demjenigen von Mesonen mit Charm, was darauf hindeutet, daß das führende Quark bei der Fragmentation auch hier den größten Anteil des Impulses übernimmt.

Hyperonen-
Erzeugung

Die Messung der Baryonen-Produktion in der e^+e^- -Vernichtung verspricht Aufschlüsse über das Frühstadium der Fragmentationskaskade, da die Baryonen wegen ihrer großen Masse überwiegend im Anfangsstadium der Kaskade erzeugt werden. ARGUS hat die Erzeugungsraten der Hyperonen Λ , Ξ^- , $\Sigma^-(1385)$, $\Xi^0(1530)$, Ω^- (Abb. 57) und Σ^0 gemessen, was eine Vielzahl von Vergleichen mit Fragmentationsmodellen erlaubt. Ein interessantes Ergebnis ist dabei die Tatsache, daß mehr als 50% der beobachteten Λ -Hyperonen aus Zerfällen schwererer Teilchen stammen. Diese Messung unterstreicht die Bedeutung von Zuständen großer Masse im Fragmentationsprozeß. Darüberhinaus hat sich gezeigt,

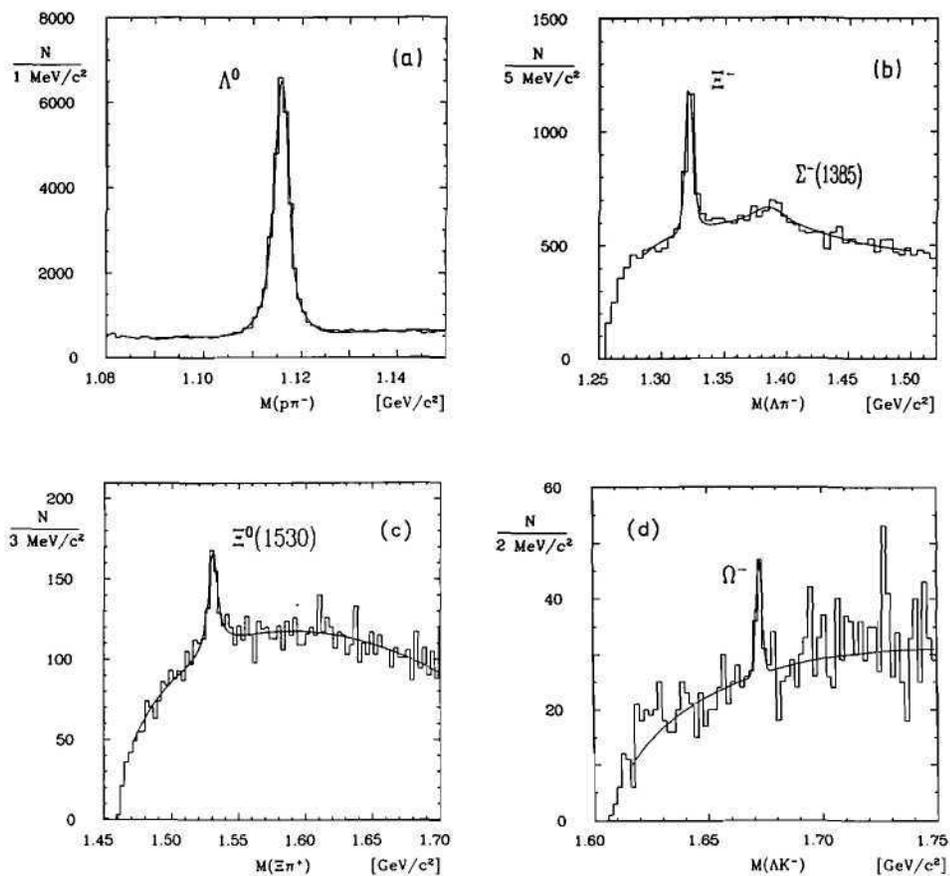


Abbildung 57: Hyperonen-Signale in den ARGUS-Daten. a) Die gemessene Massenverteilung von $p\pi^-$ -Kombinationen zeigt ein deutliches Λ^0 -Signal. b) Die gemessene Massenverteilung von $\Lambda\pi^-$ -Kombinationen mit Ξ^- - und $\Sigma^-(1385)$ -Signal. c) Die gemessene Massenverteilung von $\Xi^-\pi^+$ -Kombinationen mit $\Xi^0(1530)$ -Signal. d) Die gemessene Massenverteilung von ΛK^- -Kombinationen mit Ω^- -Signal.

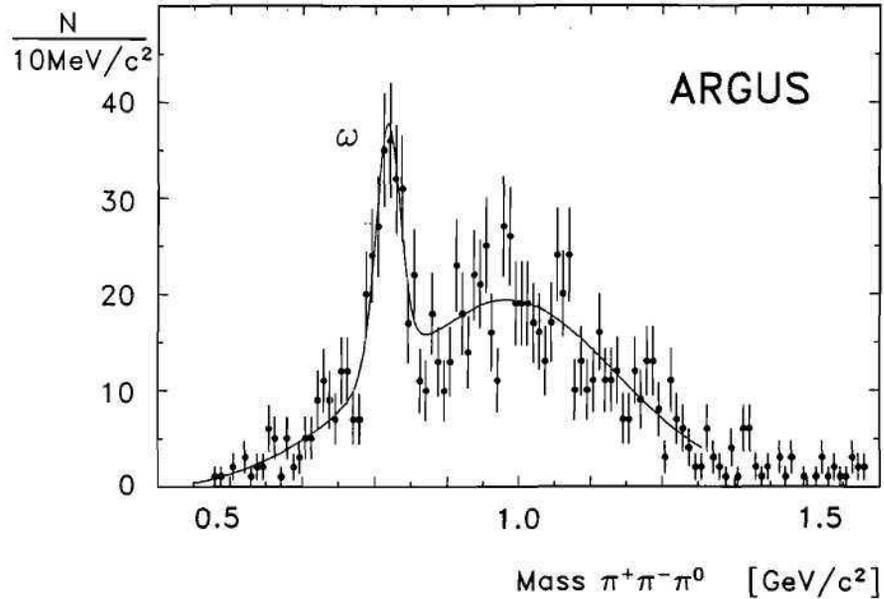


Abbildung 58: Die Verteilung der invarianten Massen von $\pi^+\pi^-\pi^0$ -Kombinationen beim Zerfall $\tau^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\nu$ zeigt ein deutliches ω -Signal.

daß die Hyperonen, wie bereits früher für die Protonen gemessen, beim Zerfall der $\Upsilon(1S)$ -Resonanz dreimal häufiger auftreten als im benachbarten Kontinuum. Eine überzeugende Erklärung für diese Erscheinung steht noch aus.

Exotische Zerfälle der $\Upsilon(1S)$ -Resonanzen

In einigen theoretischen Modellen sind exotische Zerfälle der $\Upsilon(1S)$ -Resonanz möglich, so zum Beispiel der Zerfall in supersymmetrische Teilchen, die im Detektor keine Spur hinterlassen, oder der Zerfall in ein Photon und ein Axion, welches seinerseits in ein e^+e^- -Paar übergeht. Die ARGUS-Kollaboration hat nach diesen Übergängen unter Benutzung der Zerfallskaskade $\Upsilon(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-\Upsilon(1S)$, $\Upsilon(1S) \rightarrow ?$ gesucht. Es wurden keine solchen Prozesse beobachtet und obere Grenzen für ihre Verzweungsverhältnisse angegeben.

τ -Zerfälle

Der Speicherring DORIS ist eine reiche Quelle für τ -Leptonen. In den ARGUS-Daten sind augenblicklich über 200 000 $\tau\bar{\tau}$ -Paare enthalten. Diese hohe Zahl, verbunden mit den guten Eigenschaften des Detektors, erlaubt der ARGUS-Kollaboration die Untersuchung von τ -Zerfällen entweder mit großer statistischer Genauigkeit oder bis zu kleinen Verzweungsverhältnissen.

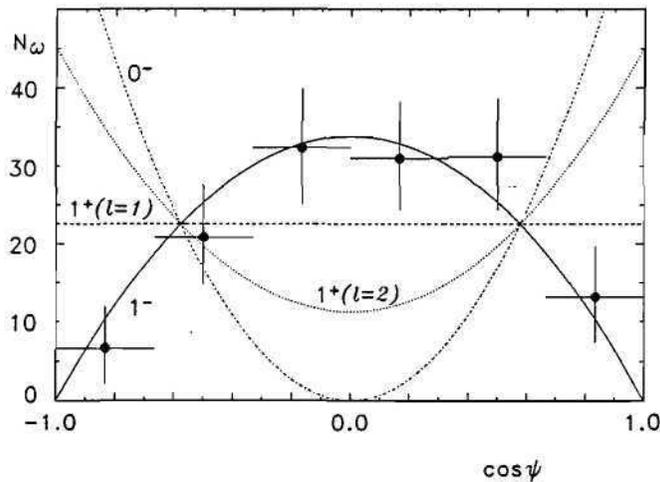
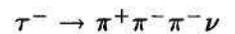
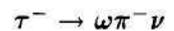


Abbildung 59: Verteilung des Winkels ψ zwischen dem Impulsvektor des einzelnen Pions und der ω -Zerfallsebene beim Zerfall $\tau^- \rightarrow \omega\pi^-\nu$. Die Kurven sind Vorhersagen für verschiedene Werte von Spin und Parität des $\omega\pi$ -Systems. Die Daten sind mit einem ($J^P = 1^-$)-Zustand verträglich.

Aus den 1 700 beobachteten τ -Zerfällen in drei geladene Pionen wurde das Verzweigungsverhältnis zu $(5.6 \pm 0.7)\%$ bestimmt; es ist in guter Übereinstimmung mit früheren Messungen. Der Zerfall wird von $\rho^0\pi^-$ im ($J^P = 1^+$)-Spinzustand dominiert. Das $\rho^0\pi^-$ -Massenspektrum zeigt ein breites Maximum mit den Eigenschaften des A_1 -Mesons.



Bei der Untersuchung des Zerfalls $\tau^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^-\pi^0\nu$ hat ARGUS erstmals den Zerfall in das Untersystem $\omega\pi\nu$ mit einem Verzweigungsverhältnis von $(1.5 \pm 0.3 \pm 0.3)\%$ beobachtet (Abb. 58). Dieser Endzustand ist besonders interessant, denn er kann durch zwei prinzipiell verschiedene Wechselwirkungen erreicht werden, nämlich schwache Ströme 1. und 2. Art. Eine Analyse der Winkelverteilung hat gezeigt, daß sich das $\omega\pi$ -System in einem ($J^P = 1^-$)-Zustand befindet (Abb. 59), womit der Übergang durch schwache Ströme 1. Art allein erklärt werden kann.



Gestützt auf die große Zahl von τ -Zerfällen in den Daten, wurde nach ungewöhnlichen, neutrinolosen τ -Zerfällen gesucht, die die Erhaltungssätze für Leptonenzahl oder Leptonen-Flavor verletzen würden. Es wurden keine solchen Zerfälle beobachtet, und die bisher bekannten oberen Grenzen hierfür wurden

Suche nach
neutrinolosen
 τ -Zerfällen

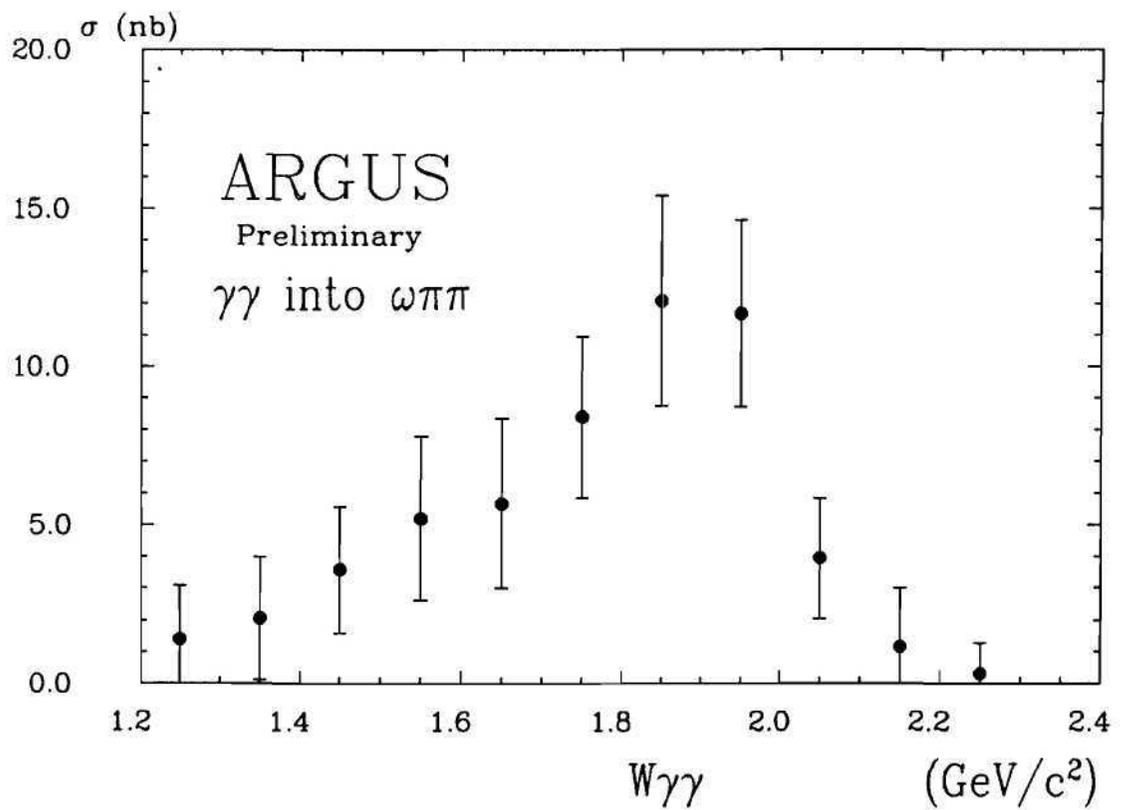


Abbildung 60: Der Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung von $\omega\pi^+\pi^-$ -Kombinationen mit einer Masse $W_{\gamma\gamma}$ in der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0$.

um eine Größenordnung verbessert. Diese Messungen liefern wichtige Randbedingungen für die Entwicklung von weiterführenden Theorien.

Ein weiteres Feld für Untersuchungen mit dem ARGUS-Detektor am Speicherring DORIS II sind die $\gamma\gamma$ -Wechselwirkungen. Hier wurde im Berichtsjahr der Prozeß $\gamma\gamma \rightarrow 2\pi^+ 2\pi^- \pi^0$ studiert und erstmals der Endzustand $\omega\rho^0$ beobachtet. Kombinationen aus zwei Vektormesonen sind in diesem Zusammenhang besonders interessant, da sie als Zerfallsprodukte von 4-Quark-Zuständen erwartet werden und sich solche Zustände in $\gamma\gamma$ -Prozessen besonders gut untersuchen lassen. Der von ARGUS gemessene Wirkungsquerschnitt für $\omega\rho$ -Erzeugung ist in Abb. 60 wiedergegeben. Eine Spin-Analyse ist in Vorbereitung.

$\gamma\gamma \rightarrow \omega\rho^0$

Die ARGUS-Veröffentlichungen im Jahr 1986 beruhen im wesentlichen auf dem Datenbestand zu Beginn dieses Jahres. Seitdem wurde insbesondere die Menge der bei der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz gesammelten Daten und damit die Anzahl der B-Mesonen in den Daten fast verdoppelt. Es ist zu erwarten, daß mit dem neuen Datenbestand weitere interessante Resultate zur Physik der B-Mesonen erzielt werden können. Die Erforschung der Eigenschaften der b-Quarks steht noch am Anfang. Genügend ausgedehnte Meßläufe auf der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz und eine weitere Luminositätserhöhung von DORIS vorausgesetzt, dürfte ARGUS hier noch auf Jahre hinaus einzigartige wissenschaftliche Ergebnisse liefern können.

Ausblick

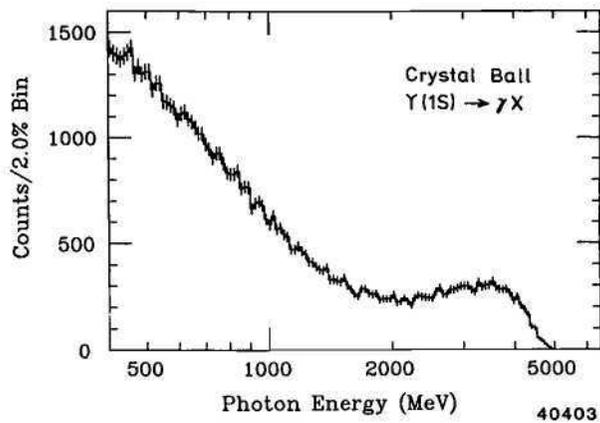


Abbildung 61: Inklusives Photonen-Spektrum von $\Upsilon(1S)$ -Zerfällen.

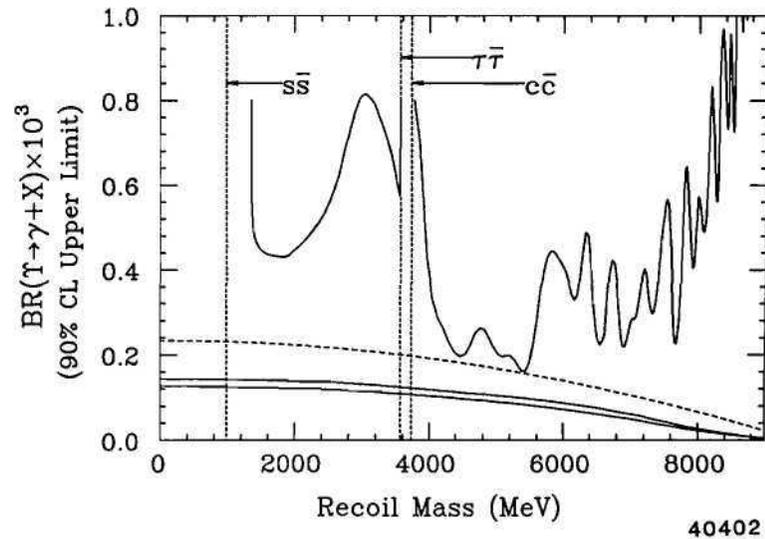


Abbildung 62: Obere Grenze (90% Vertrauensintervall) für den Zerfall $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma X$. Die vertikalen Linien zeigen die kinematischen Schwellen für die Produktion der entsprechenden Fermion-Paare.

Crystal Ball-Kollaboration

Beteiligte Institute: CALTECH Pasadena, Carnegie-Mellon Univ., DESY, Univ. Erlangen-Nürnberg, 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.

Überblick

Die Crystal Ball-Kollaboration hat im Jahr 1986 die Messungen am e^+e^- -Speicherring DORIS II fortgeführt. Auf Vorschlag der Crystal Ball-Kollaboration lief DORIS II in der ersten Hälfte des Berichtsjahres auf und in der Nähe der $\Upsilon(1S)$ -Resonanz. Im zweiten Halbjahr wurden auf Vorschlag der ARGUS-Kollaboration Daten auf und im Bereich der $\Upsilon(4S)$ -Resonanz aufgenommen.

Meßprogramm

Tabelle 2: Meßprogramme und integrierte Luminositäten 1986.

Meßperiode	Meßprogramm	$\mathcal{L}[\text{pb}^{-1}]$
Frühjahr '86 24.01–27.03	$\Upsilon(1S)$ und Scans	15.7
	$\Upsilon(1S) \pm 12 \text{ MeV}$	8.9
Sommer '86 28.04–23.06	$\Upsilon(1S)$ und Scans	6.6
	Kontinuum unterhalb $\Upsilon(1S)$	7.9
	$\Upsilon(4S)$ und Scans	12.7
	Kontinuum unterhalb $\Upsilon(4S)$	3.8
Herbst '86 21.07–22.09	$\Upsilon(4S)$ und Scans	31.4
	Kontinuum unterhalb $\Upsilon(4S)$	7.7
Summe 1986	182 Tage	95

Die Tab. 2 zeigt die im Berichtszeitraum angesammelten Datenmengen. Dank des guten Betriebs von DORIS II konnten im Jahr 1986 insgesamt 95 pb^{-1} an Luminosität angesammelt werden. Ein Vergleich mit den entsprechenden Werten der vorherigen Jahre (1983: 51 pb^{-1} , 1984: 59 pb^{-1} , 1985: 54 pb^{-1}) zeigt, mit welcher großen Effizienz der Speicherring 1986 betrieben wurde.

Zur weiteren Untersuchung der Zwei-Photon-Erzeugung von $\pi^0\pi^0$ wurde ab Juni 1986 ein spezieller Trigger mit einer besonders niedrigen Energieschwelle von 200 MeV installiert, mit dem bis Jahresende eine Datenmenge von 51 pb^{-1} akkumuliert wurde. Dank guter Strahlenschutzmaßnahmen hat der Detektor im letzten Jahr nur eine Strahlendosis von 39 rad erhalten, wovon 36 rad auf die Meßperioden für Hochenergiephysik entfallen.

Detektorstatus

$\Upsilon(1S)$ -Zerfälle

Seit Beginn des Betriebes von DORIS II hat die Crystal Ball-Kollaboration 480 000 $\Upsilon(1S)$ -Zerfälle ansammeln können. Mit diesem Datenmaterial wurden Strahlungszерfälle sowohl im inklusiv gemessenen Photonenspektrum als auch mittels vollständig rekonstruierter Endzustände untersucht.

$\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma X$ und Suche nach Higgs-Bosonen

Ein $\Upsilon(1S)$ -Strahlungszерfall von besonders großem Interesse führt zur Erzeugung des Higgs-Bosons. Die Masse dieses bis jetzt unentdeckten Teilchens wird im Standard-Modell nicht vorhergesagt; es existiert nur eine untere Massengrenze von 7.3 GeV. Die Rate für diesen Zerfall wurde von Wilczek bestimmt zu:

$$B(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma + H) \simeq 2 \times 10^{-4} \times \left(1 - M_H^2/M_\Upsilon^2\right)$$

Die Abb. 61 zeigt das mit dem Crystal Ball-Detektor aufgenommene inklusive Photonen-Spektrum. Zur Berechnung der Nachweiswahrscheinlichkeit wurde, geleitet von den vorhergesagten Zerfallskanälen eines Higgs-Bosons, angenommen, daß X mit einer zur Fermion-Masse proportionalen Kopplung in alle energetisch möglichen Fermion-Antifermion-Paare zerfällt. Außerdem werden Schwelleneffekte beim Überschreiten der $s\bar{s}$ -, $c\bar{c}$ - und $\tau\bar{\tau}$ -Massen berücksichtigt. Die Crystal Ball-Analyse ist die erste ihrer Art, die für die Berechnung der Nachweiswahrscheinlichkeit beide Auswirkungen berücksichtigt.

Da keine Evidenz für signifikante Signale vorlag, wurde für den Zerfall $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma X$ eine vorläufige obere Grenze berechnet. Diese wird in Abb. 62 in Abhängigkeit von der Masse des produzierten Teilchens X gezeigt. Nur bei ca. 5 GeV kommt die gemessene Grenze in die Nähe der gestrichelt eingezeichneten Vorhersage von Wilczek. Die Berücksichtigung von QCD-Strahlungskorrekturen erniedrigt allerdings diese Vorhersage um ca. einen Faktor zwei, angedeutet durch die beiden durchgezogene Linien. Somit erlaubt also diese direkteste aller Methoden zum Auffinden des Higgs-Bosons zur Zeit noch keinen Ausschluß dieses Teilchens im untersuchten Massenbereich.

Mit der angegebenen Grenze kann eine im ersten Fünftel des vorhandenen Datensatzes gefundene Indikation einer Resonanz ausgeschlossen werden. Diese wurde mit einem Verzweungsverhältnis von 0.5% bei einer Masse von 8.3 GeV/c² gesehen. Ein Modell, welches das Verschwinden dieser ζ -Resonanz erklären könnte, basiert auf der Annahme, daß das ζ der Grundzustand eines aus skalaren Quarks gebildeten Zustandes sei. Dieser Grundzustand würde durch den Strahlungszерfall eines angeregten Zustandes angereichert, der sich nahe der $\Upsilon(1S)$ -Resonanz befände. Um dieses Modell zu testen, hat die Crystal Ball-Kollaboration im Berichtsjahr zwei Datensätze bei Schwerpunktsenergien von $M(\Upsilon(1S)) \pm 12 \text{ MeV}/c^2$ aufgenommen. Auch in den aus diesen Daten gewonnenen inklusiven Photonen-Spektren zeigen sich keinerlei Anzeichen für das

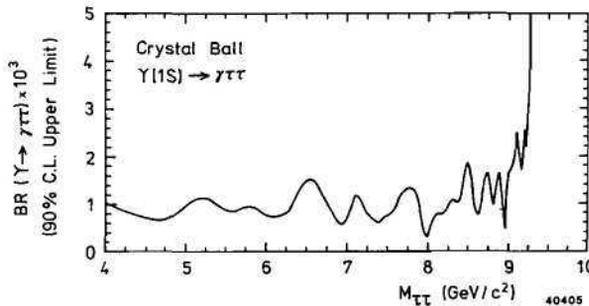


Abbildung 63: Obere Grenze (90% Vertrauensintervall) für den Zerfall $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma\tau\tau$ als Funktion der invarianten $\tau\tau$ -Masse.

ζ . Somit muß die 1983 erfolgte Beobachtung des ζ als eine statistische Fluktuation angesehen werden.

Erweiterungen des Standard-Modells basieren im allgemeinen auf mehreren Higgs-Dubletts. Dies führt dann zu mehreren (neutralen und geladenen) Higgs-Bosonen. Eine Möglichkeit, die insbesondere in supersymmetrischen Modellen favorisiert wird, besteht aus zwei Higgs-Dubletts mit unterschiedlicher Kopplung an die schwachen Isospinkomponenten von Quarks und Leptonen.

Es wurde sowohl in 220 000 $\Upsilon(1S)$ - als auch in 193 000 $\Upsilon(2S)$ -Zerfällen nach Ereignissen vom Typ $\gamma\tau\tau$ gesucht. Da im Photonen-Spektrum keine signifikanten Signale beobachtet werden, zeigt Abb. 63 als Beispiel die für $\Upsilon(1S)$ -Zerfälle erhaltene vorläufige obere Grenze. Diese Grenze ist höher als die für das Ein-Dublett-Modell geltende Vorhersage, kann allerdings benutzt werden, um das Verhältnis der Vakuum Erwartungswerte der zwei Higgs-Dubletts einzuschränken. Die aus $\Upsilon(2S)$ -Zerfällen erhaltenen Ergebnisse, die ersten ihrer Art, sind von ähnlicher Aussagekraft.

Strahlungszерfälle schwerer Vektormesonen erlauben eine direkte Untersuchung des Formationsmechanismus und des Gluonen-Inhaltes leichter Mesonen. Diese Zerfälle sind auf der J/ψ -Resonanz sehr genau untersucht worden und haben zur Entdeckung von zwei gluonischen Mesonen geführt. Die auf dem $\Upsilon(1S)$ erwarteten Verzweungsverhältnisse sind ungefähr 40mal kleiner als die auf dem J/ψ gemessenen.

Da der Crystal Ball-Detektor sich insbesondere zum Nachweis völlig neutraler Endzustände eignet, wurde ausschließlich nach Strahlungszерfällen in solche Mesonen gesucht, die hauptsächlich in neutrale Pionen und/oder Eta-Mesonen

$$\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma\tau\tau$$

$$\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma\eta, \gamma\eta', \gamma f_2(1270)$$

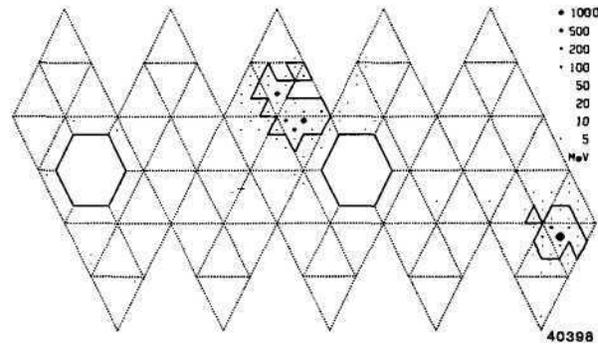


Abbildung 64: Mercatorartige Projektion des Crystal Ball-Detektors mit einem Monte-Carlo-Ereignis des Typs: $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma\eta', \eta' \rightarrow \eta\pi^0\pi^0, \eta \rightarrow 3\pi^0$. Die Größe der Punkte entspricht—in logarithmischer Skalierung—der Energiedeposition in jedem Kristall. Alle zehn Photonen aus dem Zerfall des η' bilden die zusammenhängende Energiedeposition in der Mitte der Projektion. Das Strahlungs-Photon hat seine Energie im unteren rechten Teil abgegeben.

zerfallen. Die untersuchten Zerfälle sind

$$\begin{aligned} \Upsilon(1S) &\rightarrow \gamma\eta \\ \Upsilon(1S) &\rightarrow \gamma\eta' & \eta' &\rightarrow \eta\pi^0\pi^0 \\ \Upsilon(1S) &\rightarrow \gamma f_2(1270) & f_2(1270) &\rightarrow \pi^0\pi^0 \\ \Upsilon(1S) &\rightarrow \gamma f_2(1720) & f_2(1720) &\rightarrow \eta\eta \\ \Upsilon(1S) &\rightarrow \gamma X & X &\rightarrow 2\pi^0 \end{aligned}$$

wobei die Zerfallskanäle $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, $\eta \rightarrow \gamma\gamma$ und $\eta \rightarrow 3\pi^0$ ausgenutzt werden. X sei eine schmale Resonanz mit der Breite $\Gamma \ll 100$ MeV im Massenbereich $1.0\text{--}2.5$ GeV/c².

Da der Lorentz-Boost des produzierten leichten Mesons recht hoch ist, werden alle Photonen aus der Zerfallskette dieses Mesons in einem schmalen Konus zu finden sein. Abb. 64 zeigt ein typisches, mit Monte-Carlo-Methoden erzeugtes Ereignis vom Typ $\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma\eta', \eta' \rightarrow \eta\pi^0\pi^0$. Die Gesamtenergie ist in nur zwei Regionen deponiert worden. Es ist offensichtlich, daß selbst ein so fein segmentierter Detektor wie der Crystal Ball es nicht erlaubt, alle zehn Photonen des η' -Zerfalls einzeln zu rekonstruieren um damit die invariante Masse zu berechnen. Man kann jedoch zeigen, daß die Masse des zerfallenden Teilchens direkt proportional zum zweiten Moment der Energiedeposition ist.

In dem mit dieser Methode erhaltenen invarianten Massenspektrum zeigen sich keine signifikanten Signale. Die vorläufigen Resultate für die oberen Grenzen der Verzweungsverhältnisse $B(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma\{\eta, \eta', f_2(1270)\})$ werden in Tab. 3

Tabelle 3: Experimentelle Verzweigungsverhältnisse (in Einheiten von 10^{-5} , 90% Vertrauensintervall) im Vergleich mit theoretischen Vorhersagen und J/ψ Messungen.

$\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma +$	η	η'	$f_2(1270)$
Crystal Ball	< 23	< 61	< 37
Theorie	~ 2	~ 11	~ 4
$J/\psi \rightarrow \gamma +$	86 ± 8	420 ± 50	160 ± 20

verglichen mit den Werten typischer Vorhersagen und den gemessenen Raten der analogen J/ψ -Zerfälle.

Die Meßergebnisse sind noch fast eine Größenordnung von den theoretischen Vorhersagen entfernt. Allerdings wird deutlich, daß die angewandte Methode sogar mit kleinen Datensätzen Ergebnisse zu liefern vermag, die deutlich unter den experimentellen Zerfallsraten des J/ψ liegen. Für die zwei weiteren untersuchten Kanäle ergeben sich vorläufige obere Grenzen (90% Vertrauensintervall) von

$$\begin{aligned} B(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma + f_2(1270)) \times B(f_2 \rightarrow \eta\eta) &< 7.3 \times 10^{-4} \\ B(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma X) \times B(X \rightarrow \pi^0\pi^0) &< 2 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

im untersuchten X-Massenbereich zwischen 1.0 und 2.5 GeV/c².

Die $\Upsilon(1S)$ - und $\Upsilon(2S)$ -Zerfälle wurden außerdem benutzt, um nach den noch unentdeckten Spin-Singulett-Zuständen η_b und η'_b zu suchen. Berechnungen der Hyperfeinstrukturaufspaltung zwischen $\Upsilon(1S)$ und η_b ergeben Werte von ungefähr 20–100 MeV/c². Da die Υ -Resonanzen durch magnetische Dipolstrahlung in die Spin-Singulett-Zustände übergehen, erwartet man als Signatur monochromatische Linien in den inklusiven $\Upsilon(nS)$ -Photonen-Spektren.

Suche nach η_b und η'_b

Ein Beispiel zeigt das mit dem $\Upsilon(2S)$ -Datensatz erhaltene Spektrum in Abb. 65. In der Abbildung sind die für die Suche nach η_b und η'_b benutzten Bereiche eingezeichnet. Außer den Übergängen zu den χ_b -Resonanzen zeigen sich keine weiteren signifikanten Strukturen. Die vorläufigen oberen Grenzen der Verzweigungsverhältnisse (90% Vertrauensintervall) ergeben sich in Abhängigkeit von den zu erwartenden Photonen-Energiebereichen zu:

$$\begin{aligned} B(\Upsilon(2S) \rightarrow \gamma + \eta'_b) &< 2.6\%, \quad E_\gamma = 20 - 100 \text{ MeV} \\ B(\Upsilon(2S) \rightarrow \gamma + \eta_b) &< 0.8\%, \quad E_\gamma = 580 - 680 \text{ MeV} \\ B(\Upsilon(1S) \rightarrow \gamma + \eta_b) &< 1.6\%, \quad E_\gamma = 20 - 100 \text{ MeV} \end{aligned}$$

Da theoretische Berechnungen deutlich kleinere Raten vorhersagen, sind die experimentellen Resultate nicht sensitiv genug, um Massenaufspaltungen im interessanten Bereich zwischen 20 und 100 MeV zu testen.

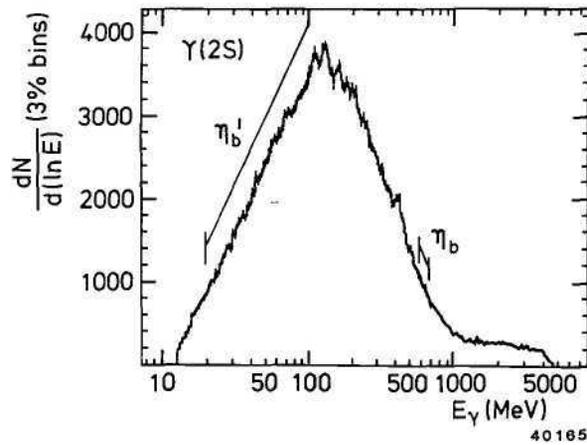


Abbildung 65: Inklusives Photonenspektrum für hadronische Zerfälle der $\Upsilon(2S)$ -Resonanz

$\Upsilon(4S)$ -Zerfälle

Insgesamt hat die Crystal Ball-Kollaboration seit Beginn des Betriebes von DORIS II 65 000 $\Upsilon(4S)$ -Resonanz-Zerfälle, entsprechend einer Luminosität von 91 pb^{-1} , ansammeln können. Dies entspricht 130 000 B-Zerfällen, wovon bis Ende des Berichtsjahres 86 000 Zerfälle analysiert worden sind. Zusätzlich wurden 18 pb^{-1} Kontinuumsdaten zur Bestimmung des nichtresonanten Untergrundes herangezogen.

Inklusives Elektronen- Spektrum

Im Berichtsjahr wurden von der Crystal Ball-Kollaboration erste Ergebnisse vorgestellt zur Messung des Energiespektrums von Elektronen, die aus semi-leptonischen Zerfällen des B-Mesons (und damit des b-Quarks) stammen. Das Elektronen-Energiespektrum des Übergangs $b \rightarrow e^- \bar{\nu}_e u$ erstreckt sich wegen der niedrigeren u-Quark-Masse zu höheren Energien als das entsprechende Spektrum des Übergangs zum c-Quark, $b \rightarrow e^- \bar{\nu}_e c$, wobei theoretisch der letzte Zerfall als der dominierende erwartet wird. Das experimentelle Spektrum kann somit benutzt werden, $B(b \rightarrow e^- \bar{\nu}_e u)/B(b \rightarrow e^- \bar{\nu}_e c)$, das Verhältnis der Verzweigungsverhältnisse zu bestimmen.

Abb. 66 zeigt das vorläufige Elektronenspektrum. Die Interpretation des Spektrums hängt von der verwendeten Theorie und den darin vorkommenden freien Parametern ab. Es wurde das Modell von Altarelli et al. benutzt und an die Daten oberhalb 1.5 GeV angepaßt. Zuerst wurde der Parameter

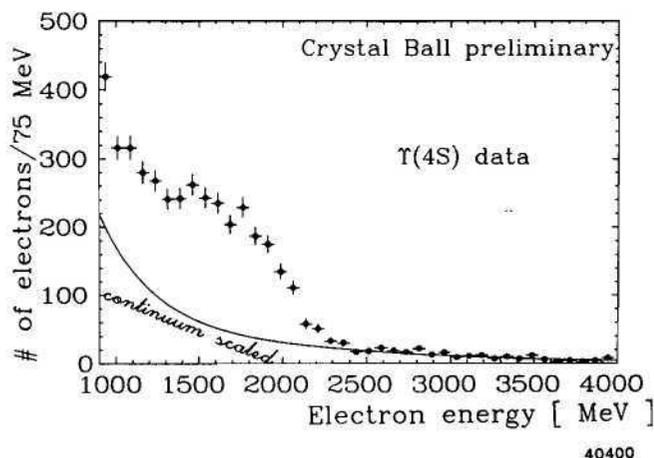


Abbildung 66: Energiespektrum von Elektronen aus B-Meson-Zerfällen. An die Daten ist die Vorhersage von Altarelli et al. angepaßt.

bestimmt, der die Fermibewegung des b-Quarks im B-Meson beschreibt, sein Wert ist $(260 \pm 50) \text{ MeV}$. Die Auswertung der Wahrscheinlichkeitsverteilung des Verhältnisses der Verzweigungsverhältnisse ergibt dann folgende vorläufige obere Grenze (90% Vertrauensintervall)

$$B(B \rightarrow e\nu_c X_u)/B(B \rightarrow e\nu_e X_c) < 5.3\%$$

wobei $X_{u,c}$ den hadronischen Endzustand aus Zerfällen in u- bzw. c-Quarks bezeichnet. Mit dieser Grenze berechnet sich das Verhältnis der entsprechenden Kobayashi-Maskawa-Matrixelemente zu $|V_{bu}|/|V_{bc}| < 16\%$.

Zerfälle des τ -Leptons

Seit der Entdeckung des τ -Leptons sind viele seiner Eigenschaften sorgfältig studiert worden. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Summe der exklusiv gemessenen Verzweigungsverhältnisse in ein geladenes Teilchen (+ neutrale) mit $(76.2 \pm 2.0)\%$ deutlich kleiner ist als das inklusiv gemessene Verzweigungsverhältnis von $(86.6 \pm 0.3)\%$ in ein geladenes Teilchen. Mögliche Kandidaten für noch unbekannte τ -Zerfallskanäle sind solche mit η -Mesonen im Endzustand. Weitere interessante τ -Zerfälle, die im Standard-Modell verboten sind, sind die von "Composite Model"-Theorien vorhergesagten Übergänge zwischen Lepton-Familien. τ -Leptonen werden am Speicherring DORIS in großer Anzahl in der Reaktion $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ produziert. So entsprechen z.B. einer integrierten Luminosität von 100 pb^{-1} ungefähr 110 000 produzierte τ -Paare.

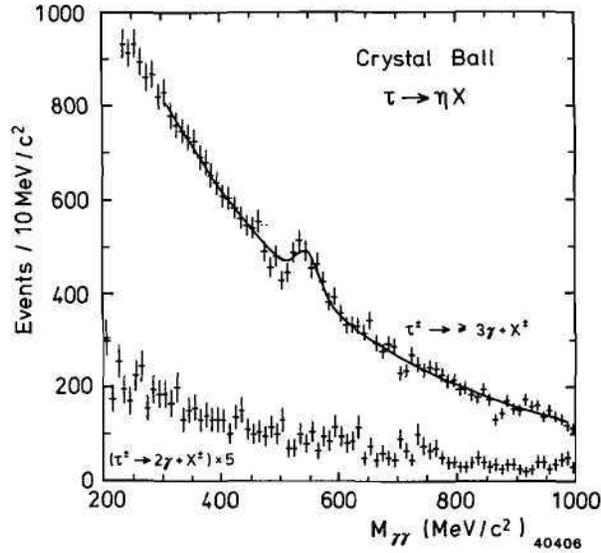


Abbildung 67: Invariante 2-Photonen-Massen in τ -Zerfällen. Photonen, die in Kombination mit anderen Photonen ein π^0 liefern, sind entfernt worden.

Exotische Zerfälle

Um für die Zerfälle $\tau \rightarrow e\gamma$ und $\tau \rightarrow e\pi^0$ eine hohe Nachweiswahrscheinlichkeit zu erhalten, wird das konventionell zerfallende τ semi-inklusiv nachgewiesen. Die invarianten Massenspektren des unkonventionellen τ -Zerfalls, $M_{e\gamma}$ und $M_{e\pi^0}$, zeigen keine signifikanten Strukturen bei der τ -Masse. Mit 124 000 ausgewerteten τ -Zerfällen ergeben sich folgende vorläufige obere Grenzen an die Verzweungsverhältnisse (90% Vertrauensintervall)

$$B(\tau \rightarrow e\gamma) < 3.4 \times 10^{-4}$$

$$B(\tau \rightarrow e\pi^0) < 4.4 \times 10^{-4}$$

Die Grenze für $\tau \rightarrow e\gamma$ kann benutzt werden, um eine untere Grenze für die Massenskala der "Compositeness" zu erhalten: $\Lambda/\sqrt{\alpha} > 65 \text{ TeV}$, wobei α eine a priori unbekannte Kopplungskonstante ist.

$\tau \rightarrow \eta X$

Für die Suche nach neuen Zerfallsmoden des τ -Leptons wurde ein Großteil der aufgenommenen Daten benutzt, entsprechend 360 000 τ -Leptonen-Zerfällen. Für Ereignisse mit mehr als zwei Photonen wird die invariante $\gamma\gamma$ -Masse berechnet. Es zeigt sich bei der π^0 -Masse eine starke Überhöhung, die aus den Zerfällen $\tau^- \rightarrow \rho^- \nu_\tau \rightarrow \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ und $\tau^- \rightarrow a_1^- \nu_\tau \rightarrow \pi^- \pi^0 \pi^0 \nu_\tau$ stammt. Photonen, die in Kombination mit anderen Photonen ein π^0 liefern, werden entfernt, und es ergibt sich das in Abb. 67 gezeigte vorläufige Spektrum.

Die bei der η -Masse sichtbare Anhäufung von Ereignissen entspricht einer statistischen Signifikanz von 5.5σ . Ereignisse mit genau zwei Photonen im Endzu-

stand lieferten das im unteren Teil der Abbildung eingezeichnete (und mit einem Faktor 5 multiplizierte) Massenspektrum. Beide Spektren werden als Evidenz für den Nachweis des Zerfalls $\tau \rightarrow \eta + 1$ geladenes Teilchen + ≥ 1 neutrales Teilchen interpretiert.

Unter der Annahme, daß die beobachteten η -Mesonen aus dem Zerfall $\tau^- \rightarrow \eta\pi^0\pi^-\nu_\tau$ stammen, wurde die Nachweiswahrscheinlichkeit berechnet, und man erhält das vorläufige Verzweungsverhältnis

$$B(\tau^- \rightarrow \eta\pi^0\pi^-\nu_\tau) = (8 \pm 3)\%$$

Mit dieser Messung ist die Summe der exklusiv gemessenen Verzweungsverhältnisse in ein geladenes Teilchen in gutem Einklang mit dem in inklusiven Messungen bestimmten Verzweungsverhältnis.

Zwei-Photon-Reaktionen

Zwei-Photon-Streuexperimente haben sich als wichtiges Mittel für Untersuchungen des Quarkinhalts leichter Mesonen erwiesen. Im Berichtsjahr hat die Crystal Ball-Kollaboration Ergebnisse für die Reaktionen $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\pi^0\pi^0$ und $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma\gamma$ vorgestellt. Bei beiden Analysen wurden die gestreuten Leptonen nicht im Detektor beobachtet.

Die Untersuchung der Reaktionen $\gamma\gamma \rightarrow \{\pi^0, \eta, \eta'\} \rightarrow \gamma\gamma$ wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Abb. 68 zeigt das invariante 2-Photonen-Massenspektrum, basierend auf einer Luminosität von 50 pb^{-1} . Deutlich sind drei Anhäufungen von Ereignissen bei der den Mesonen π^0 , η und η' entsprechenden Masse sichtbar.

 $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$

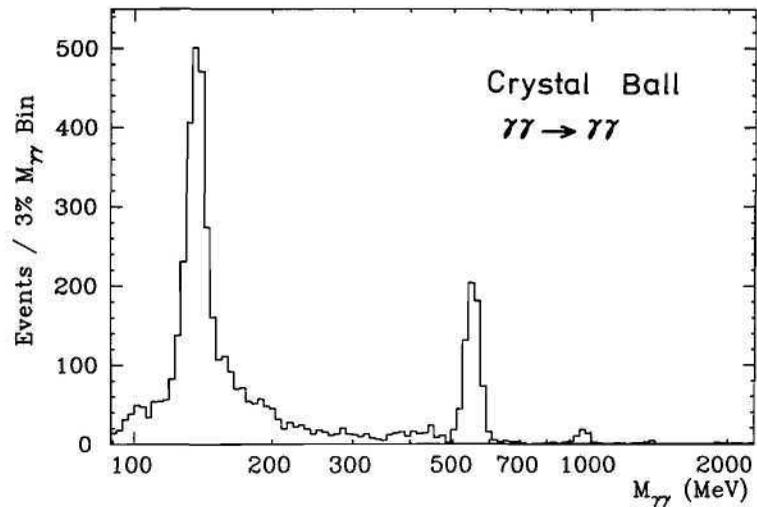
Für die drei Mesonen ergeben sich folgende vorläufige Zerfallsbreiten

$$\begin{aligned}\Gamma_{\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma} &= (7.8 \pm 0.4 \pm 0.9) \text{ eV} \\ \Gamma_{\eta \rightarrow \gamma\gamma} &= (0.51 \pm 0.02 \pm 0.06) \text{ keV} \\ \Gamma_{\eta' \rightarrow \gamma\gamma} &= (5.0 \pm 0.6 \pm 0.8) \text{ keV}\end{aligned}$$

Die erstmalig beobachtete π^0 -Formation in Zwei-Photonen-Reaktionen an e^+e^- -Speicherringen liefert eine Partialbreite in guter Übereinstimmung mit der direkten Messung der π^0 -Lebensdauer und mit Messungen durch den Primakoff-Effekt. Bis auf eine Diskrepanz mit der η -Partialbreitenbestimmung durch den Primakoff-Effekt sind sowohl die η - als auch die η' -Partialbreite in guter Übereinstimmung mit anderen experimentellen Ergebnissen.

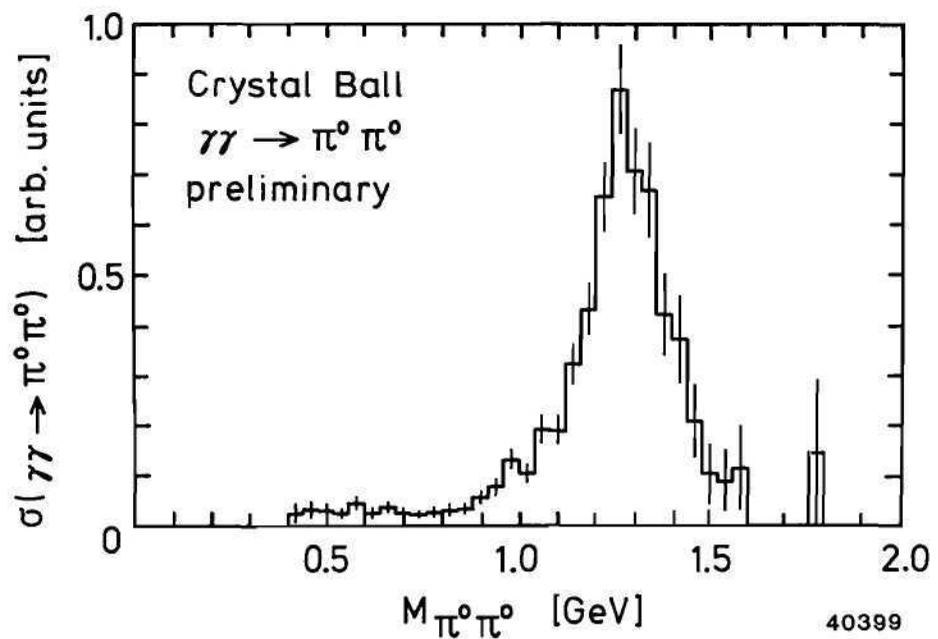
Im Berichtsjahr wurden erste Ergebnisse der Untersuchung der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0$ im besonders interessanten Bereich kleiner invarianter $\pi\pi$ -Massen von 0.4 bis $2.0 \text{ GeV}/c^2$ vorgestellt. Da in Born'scher Näherung Photonen nicht

 $\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0$



40401

Abbildung 68: Invariante 2-Photonen-Masse für Ereignisse aus der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$.



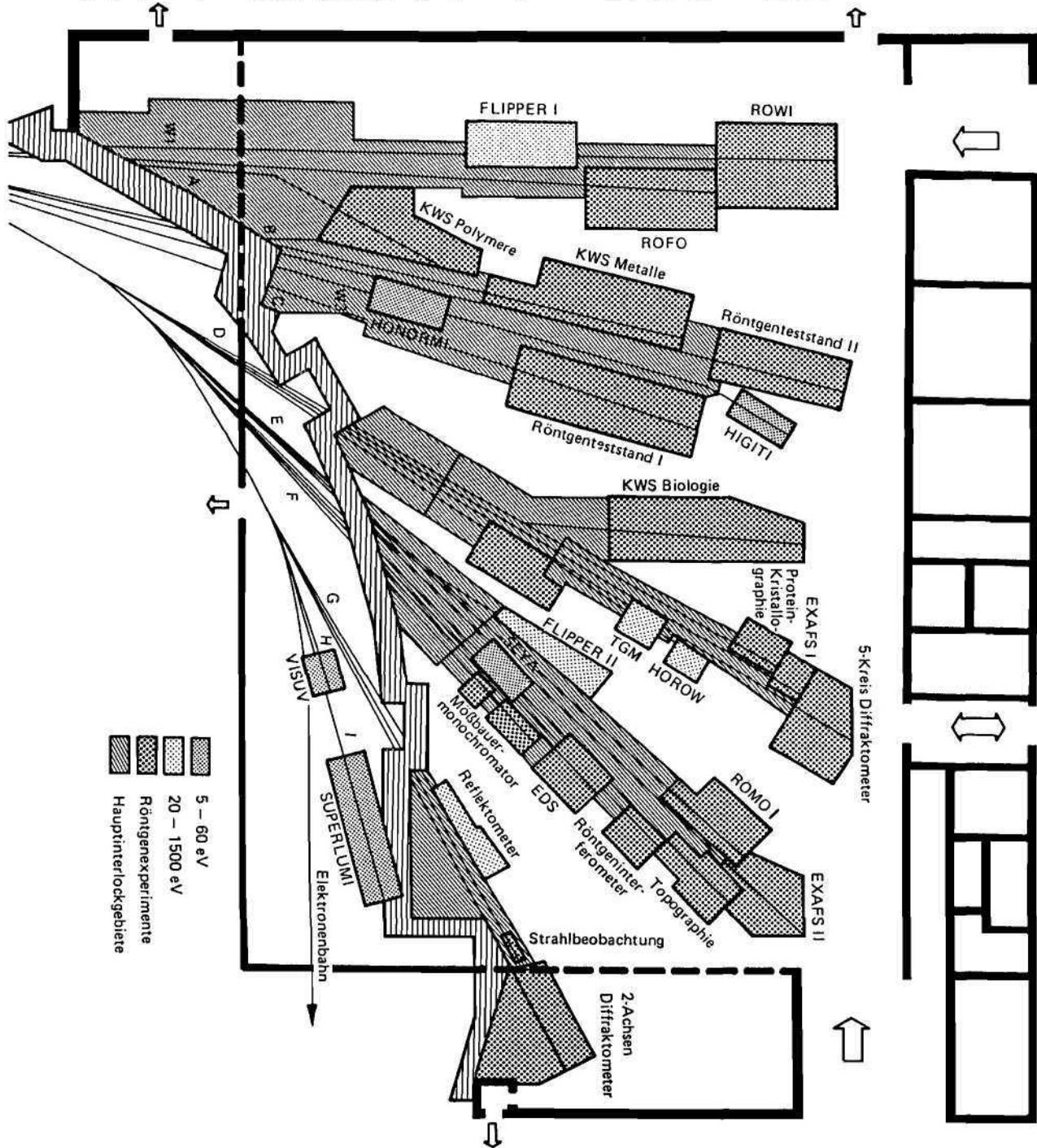
40399

Abbildung 69: Massenabhängigkeit des Wirkungsquerschnitts (in willkürlichen Einheiten) für die Produktion von π^0 -Paaren in der 2-Photon-Streuung.

an neutrale Pionen koppeln, erwartet man eine deutlich kleinere $\pi^0\pi^0$ - als $\pi^+\pi^-$ -Produktionsrate. Da gleichzeitig der Untergrund aus der Reaktion $\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-$ fehlt, sollte es hier leichter sein, skalare Resonanzen zu finden.

Die Abb. 69 zeigt in willkürlichen Einheiten den vorläufigen Wirkungsquerschnitt $\sigma(\gamma\gamma \rightarrow \pi^0\pi^0)$ in Abhängigkeit von der invarianten $\pi^0\pi^0$ -Masse. Deutlich sichtbar sind die starke Anregung der $f_2(1270)$ -Resonanz und eine substantielle $\pi^0\pi^0$ -Produktion bei kleineren Massen. Von der derzeit laufenden Untersuchung der $\pi^0\pi^0$ -Winkelverteilung erhofft man sich, $\pi^0\pi^0$ -Kontinuumsproduktion von der möglichen Resonanzproduktion trennen zu können.

Abbildung 70: Meßplatzanordnung in der HASYLAB-Experimentierhalle.



Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB

Überblick

Im Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB wird die vom Speicherring DORIS II abgestrahlte Synchrotronstrahlung im Sichtbaren, Ultraviolett, Vakuum-Ultraviolett und Röntgengebiet des Spektrums für Untersuchungen der geometrischen und elektronischen Struktur der Materie sowie in vielen weiteren Anwendungen eingesetzt. Eine Außenstelle des Europäischen Labors für Molekularbiologie EMBL sowie drei Projektgruppen für strukturelle Molekularbiologie der Max-Planck-Gesellschaft führen an drei Meßplätzen in der HASYLAB-Experimentierhalle Untersuchungen zur Aufklärung biologischer Strukturen durch. Im Jahr 1986 war die Aktivität des Labors geprägt von einer langen, beinahe kontinuierlich andauernden Laufzeit von DORIS II für Experimente, die am 24. Januar begann und am 3. November endete. Insgesamt wurde der Speicherring dabei in Hauptbenutzerzeiten für ca. 14 Wochen bei 3.7 GeV Elektronenenergie als Synchrotronstrahlungsquelle optimiert und stand für ca. 25 Wochen zur Nutzung parallel zur Hochenergiephysik bei 4.7 GeV (13 Wochen) und bei 5.3 GeV (12 Wochen) zur Verfügung.

Im April konnte eine weitere Verbesserung der Strahlqualität durch den Einbau eines zweiten Wiggler/Undulators (W3) erzielt werden. Diese ca. 50 cm lange magnetoptische Komponente (Miniwiggler, Abb. 71) mit einem periodischen Feld wurde in einem kurzen Stück zwischen zwei Krümmungsmagneten eingebaut und erzielt für den VUV/XUV-Bereich einen Intensitätsgewinn von etwa einer Größenordnung in einem engen horizontalen Winkel. Zwei VUV-Meßplätze konnten den neuen Strahl anschließend bereits für Experimente nutzen. Im September wurde das ehemalige Containerlabor der Fraunhofer-Gesellschaft, in den Jahren 1979 bis 1982 zur Entwicklung der Röntgenlithographie betrieben und im zurückliegenden Jahr von HASYLAB übernommen, zum ersten Mal wieder mit Strahlung versorgt. Dieser neue Meßplatz (Strahl X) wurde im darauffolgenden Oktober bereits für erste Experimente genutzt. Das Labor wird in Zukunft von HASYLAB vor allem für EXAFS-Untersuchungen eingesetzt, die eine besonders intensive Vorbereitung (z.B. in-situ Katalyseuntersuchungen) erfordern. Damit stehen im HASYLAB zur gleichzeitigen Nutzung der Synchrotronstrahlung insgesamt 27 Meßplätze zur Verfügung, an denen durch wechselnden Aufbau etwa 40 unterschiedliche Instrumente zum Einsatz kommen (Abb. 70, Tab. 4). Der gesondert erhältliche HASYLAB-Jahresbericht 1986 mit mehr als 180 Einzelbeiträgen aus den verschiedenen Disziplinen vermittelt einen Eindruck von der Fülle der Ergebnisse und der Breite der Einsatzmöglichkeiten von Synchrotronstrahlung.

Tabelle 4: Meßplätze bei HASYLAB (Stand Dezember 1986).

2 eV-6 eV	5 eV-50 eV	20 eV-1500 eV	Röntgenbereich
VISUV	HONORMI HIGITI SEYA SUPERLUMI	FLIPPER I TGM HOROW FLIPPER II REFLEKTOMETER	RÖWI RÖFO (Al) Kleinwinkelstreuung KWS II (Polymere) Röntgenteststand I Kleinwinkelstreuung KWS I (Biologie) (EMBL) Proteinkristallographie (EMBL) EXAFS I (EMBL) 5-Kreis Diffraktometer 3-Achsen-Diffraktometer RÖMO I EXAFS II Topographie Röntgeninterferometer EDS Mößbauereffekt 2-Achsen-Diffraktometer RÖMO II HARWI* Kleinwinkelstreuung KWS III* (Metalle)

Instrumente, die Meßplätze im Wechsel nutzen: Wesphea (SUPERLUMI); Atomstrahl Uni. HH und Fluoreszenzmonochromator* (FLIPPER I); Atomstrahl TU Berlin (TGM); Photodesorption (TGM, HIGITI); CD-Apparatur und Magnetische Modulation (HIGITI); Stehende Wellenfelder II, Oberflächenbeugung/LEED* und Oberflächenbeugung (RÖWI); Pulverdiffraktometer*, Ψ -Kreis-Goniometer, Guinierkammera, Phononenstreuung (Röntgenteststand I); Angiographie (Topographie); Kleinwinkelbeugung (RÖFO); Fluoreszenzanalyse (EDS).

*im Aufbau



Abbildung 71: Der Miniwiggler W3 vor dem Einbau in den Speicherring DORIS II. (39632/32)

Der Speicherring DORIS II war im Berichtsjahr von Januar bis November in Betrieb. Die Hauptbenutzerzeit bei 3.7 GeV mit Elektronen in vier Bunchen wurde in drei Blöcken angeboten (1.04.-28.04., 23.06.-21.07. und 22.09.-3.11.), wobei die Spitzenströme bei 100 mA und der mittlere Strom bei ca. 45 mA lagen. Ein zuerst für Juni geplanter Einbau von Dämpfungsantennen in die Hohlraumresonatoren, die dazu dienen sollen, die Strahllebensdauer und -stabilität zu verbessern und den Strahlstrom zu erhöhen, wurde zuerst auf September und dann aufgrund von Fertigungsproblemen schließlich auf den Winter-Shut-down 1986/87 verschoben. Die dafür eingeplante Einbau- und Testzeit konnte stattdessen für Hauptbenutzerschichten genutzt werden. Der Einbau der Antennen erfolgte dann schließlich im November, und ihr Test ist für 1987 eingeplant. Die Nebenbenutzerzeit wurde bis zum 26. Mai bei 4.7 GeV und danach bei 5.3 GeV im Einzelbunchmode und kollidierenden e^+e^- -Strahlen bei Strömen zwischen 30 und 40 mA gefahren. Sie wurde vor allem von Experimenten, die zeitaufgelöste Messungen durchführen und solchen, die harte Röntgenstrahlung verwenden, gut genutzt. Insbesondere bei dem 4.7-GeV-Lauf war der mitt-

*Experimentier-
betrieb*

lere zeitliche Abstand zwischen zwei Füllungen mit ca. 40 Minuten relativ kurz. Im zweiten Teil der Nebenbenutzerzeit konnte der Abstand zwischen den Injektionen auf etwa eine Stunde erhöht werden. Während der Hauptbenutzerschichten zeigte sich eine ständige Verbesserung der Zuverlässigkeit von DORIS während des gesamten Jahres, was sich schließlich in der Oktoberzeit in Laufzeiten zwischen den Injektionen von bis zu sieben Stunden widerspiegelte. Die in den vergangenen Jahren durchgeführten Maßnahmen zur Verbesserung der Strahlagestabilität durch den Einsatz von Strahlageemonitoren, die direkt auf die Strahlposition sowie auf den Abstrahlungswinkel des Elektronenstrahls zurückwirken, haben die Qualität der Daten und Messungen bei vielen Experimenten erheblich verbessert. Daher wurde ein Strahlageerfassungssystem zur Registrierung und Analytik der Strahlinstabilitäten aufgebaut, das in Zukunft wichtige Hinweise darauf geben wird, an welchen Stellen weitere Verbesserungen notwendig und machbar sind.

Nach dem Einbau des Miniwigglers W3 zeigte sich, daß erfreulicherweise im langwelligen Spektralbereich auch die Randfelder der Magnete von DORIS II, die ein sehr niedriges Magnetfeld aufweisen, zu erheblichen Vorteilen bei gewissen Experimenten führen können. Die Ausnutzung dieser Randfelder (fringe fields) führte z.B. bei den Experimenten HONORMI und HIGITI nach dem Einbau an die neue Position am Miniwiggler bereits zu Intensitätserhöhungen von etwa einer Größenordnung.

Ausbauprogramm

Das 1984 beschlossene mittelfristige HASYLAB-Ausbauprogramm wurde auch im Berichtsjahr weitergeführt. Die Röntgenwigglerhalle (Gebäude 25c in Abb. 72) konnte Anfang März bezogen werden. Durch die zusätzliche Standfläche konnte die im letzten Jahr entstandene Enge in der Experimentierhalle ein wenig gemildert werden. Eine weitere Verbesserung erfolgte aber erst nach Fertigstellung des Anbaus an die Experimentierhalle, der noch im Dezember des Berichtsjahres bezugsfertig wurde. Hier steht ein großer Innenraum für die Vorbereitung von Instrumenten zur Verfügung, außerdem eine Reihe von Büroräumen für Gastgruppen sowie eine mechanische Werkstatt, ein Terminalraum für die Rechnerbedienung und weitere Experimentierlabors zur Vorbereitung von Experimenten in der Nähe der Meßplätze. Die Strahlführung für den harten Röntgenwiggler HARWI wurde im Laufe des Jahres in die Konstruktion und zur Fertigung vergeben, so daß in der Winterunterbrechung 1986/87 mit dem Einbau der wesentlichen Komponenten gerechnet werden kann. Mitte des Jahres konnte dann mit den Erdarbeiten für die Erweiterung des Labor- und Bürogebäudes und anschließend mit dem Rohbau begonnen werden, so daß für die zweite Hälfte 1987 mit der Fertigstellung des Gebäudes zu rechnen ist.

Gerade letzteres ist nicht nur zur Linderung der bestehenden räumlichen Probleme im existierenden Gebäude notwendig, sondern auch dazu, um die drei Arbeitsgruppen der Max-Planck-Gesellschaft für strukturelle Molekularbiologie aufzunehmen, die bisher eine vorläufige Unterkunft im Institut für Botanik der

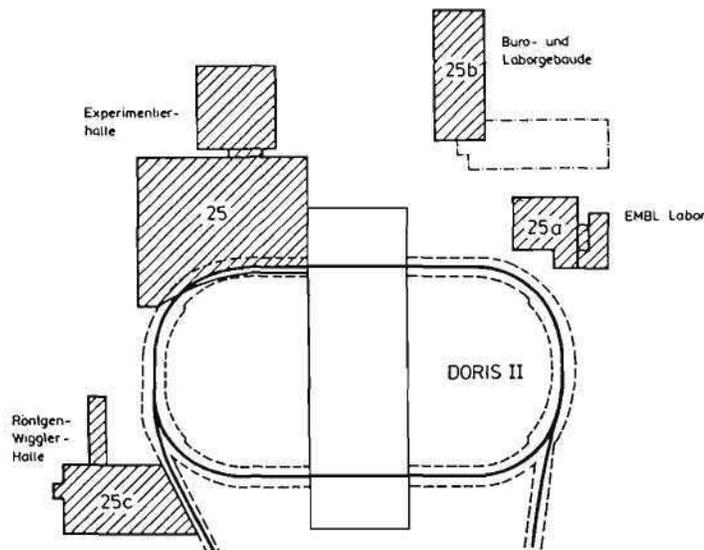


Abbildung 72: Gebäudeplan der Einrichtungen von HASYLAB mit dem EMBL-Labor. Eingezeichnet sind die zugehörigen Gebädenummern; die im Bau befindliche Erweiterung des Büro- und Laborgebäudes ist strich-punktiert gezeichnet.

Universität Hamburg gefunden haben. Weitere Räume werden dazu benötigt, um neue Mitarbeiter und Gastgruppen am HASYLAB unterzubringen. Erfreulicherweise wurden für das Jahr 1986 15 neue Stellen für HASYLAB bewilligt und bis 1988 sollen zusätzlich weitere 15 Stellen folgen, zehn in 1987 und fünf in 1988, um somit den im Ausbauprogramm empfohlenen Stand von 58 Stellen zu erreichen. Ein Teil dieser Stellen konnte bereits im zurückliegenden Jahr mit zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern, zwei Ingenieuren sowie vier Technikern besetzt werden. Vier neue Stellen gingen dabei zur Verstärkung in die allgemeine Infrastruktur von DESY. Die neuen Ingenieure werden in Zukunft bei der Entwicklung, Wartung und dem Betrieb der Instrumente in der Halle tätig sein, zwei weitere Techniker werden ein Kristalllabor sowie die mechanische Werkstatt betreuen. Dadurch ist abzusehen, daß nicht nur von HASYLAB eine intensivere Hilfestellung für die Experimentatoren in Zukunft vorhanden sein wird, sondern auch eine verbesserte Infrastruktur zur spezifischen Vorbereitung von Synchrotronstrahlungs-Experimenten zur Verfügung stehen wird. Die wertvollen wissenschaftlichen und technischen Beiträge der einzelnen externen Arbeitsgruppen bei der Betreuung und Weiterentwicklung der Meßplätze und der Methoden werden auch in Zukunft ein ganz wesentlicher Faktor für die lebendige Atmosphäre des Labors und für den Erfolg bei der Nutzung der

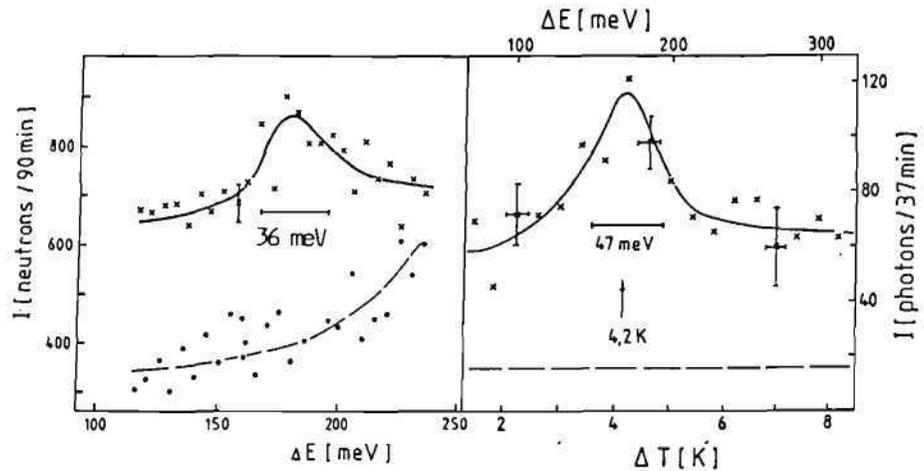


Abbildung 73: Inelastische Phononen-Streuung von Photonen (rechts) und Neutronen (links) am Graphit. Schon bei diesen ersten Messungen ist die Phononen-Linie klar aufgelöst trotz eines wesentlich kleineren Streuvolumens (0.03 cm^3) der Probe als bei dem Neutronenexperiment (6 cm^3). Die erzielte Energieauflösung von 47 meV bei 13800 eV Photonen-Energie eröffnet eine Reihe neuer Anwendungen der inelastischen Photonen-Streuung.

Synchrotronstrahlung sein. Diese Mitarbeit ist für das langfristige Konzept des Betriebes von HASYLAB ebenso wichtig und eingeplant. Das Ausbauprogramm wird in seiner Abwicklung von den künftigen Stellenzuweisungen profitieren und beschleunigt durchgeführt werden können.

Um auswärtigen Arbeitsgruppen das Experimentieren an den EXAFS-Meßplätzen zu erleichtern und um sie in die im Labor vorhandenen Auswertprogramme einzuführen, wurde ein einwöchiger EXAFS-Einführungskurs durchgeführt. An den ganztägigen Vorlesungen und praktischen Übungen nahmen über 50 Wissenschaftler teil.

Ausblick

Die langfristigen Perspektiven für Experimente mit Synchrotronstrahlung am HASYLAB wurden und werden noch weiter untersucht. Ende 1984 hatte der Verwaltungsrat von DESY sich grundsätzlich zu einer langfristigen Weiterführung der Experimente mit Synchrotronstrahlung bekannt und HASYLAB ermutigt, in diesem Sinn Entwicklungsmöglichkeiten zu analysieren. Zur mittelfristigen Planung, die zunächst die Realisierung einer größeren Zahl neuartiger Wiggler/Undulatoren beinhaltet, entstand das Projekt einer schwach gekrümmten Umgehung (Bypass) des Hochenergieexperimentes Crystal Ball. Der Bypass soll bis zu sieben gerade Stücke von je ca. 5 m Länge für den Einbau von Wiggler und Undulatoren zur Verfügung stellen. Eine Studie zum

Bypass wurde eingehend diskutiert und auf ihre Durchführbarkeit untersucht, wobei insbesondere die durch den Bau von HERA angespannte Aufgaben- und Personalsituation bei DESY in den Jahren bis 1990 in Betracht gezogen werden mußte. Der Forschungsbeirat Synchrotronstrahlung hat dem Projekt eine sehr große Bedeutung für die Entwicklung der Synchrotronstrahlungs-Aktivitäten bei DESY im nationalen und internationalen Rahmen zugemessen und empfohlen, die Realisierbarkeit eingehend zu überprüfen. Im Dezember wurde diese Einschätzung auch vom Wissenschaftlichen Rat bestätigt und mit der Empfehlung verbunden, dieses Projekt bis zum Jahr 1991 zu realisieren. Welche Wiggler und Undulatoren eingebaut werden und wie die Strahloptik des Bypass im Detail aussehen wird, soll im Laufe des Jahres 1987 geklärt werden.

Aus der Fülle der mit Synchrotronstrahlung im Berichtszeitraum erzielten Ergebnisse soll hier als Beispiel für neue Entwicklungen das Experiment der Arbeitsgruppe unter Leitung von J. Peisl von der Ludwig-Maximilians-Universität München genannt werden, der es zum ersten Mal gelang, die inelastische Streuung von hochenergetischen Photonen an Phononen des Gitters nachzuweisen (Abb. 73). Außerdem konnte die Angiographie-Kollaboration die ersten erfolgreichen Tests der Methode an Hunden demonstrieren, und die Mößbauer-Gruppe unter der Leitung von E. Gerdau erzielte eine erhebliche Verfeinerung ihrer Methode, wobei auch die Schwebungen zwischen den Energieniveaus der Kerne als "quantum beats" sichtbar gemacht wurden.

Die Liste der an der Vorbereitung und Durchführung von Experimenten mit der Synchrotronstrahlung beteiligten Institute weist 128 Institute und 570 Wissenschaftler aus.

Ergebnisse

*Internationale
Zusammenarbeit*

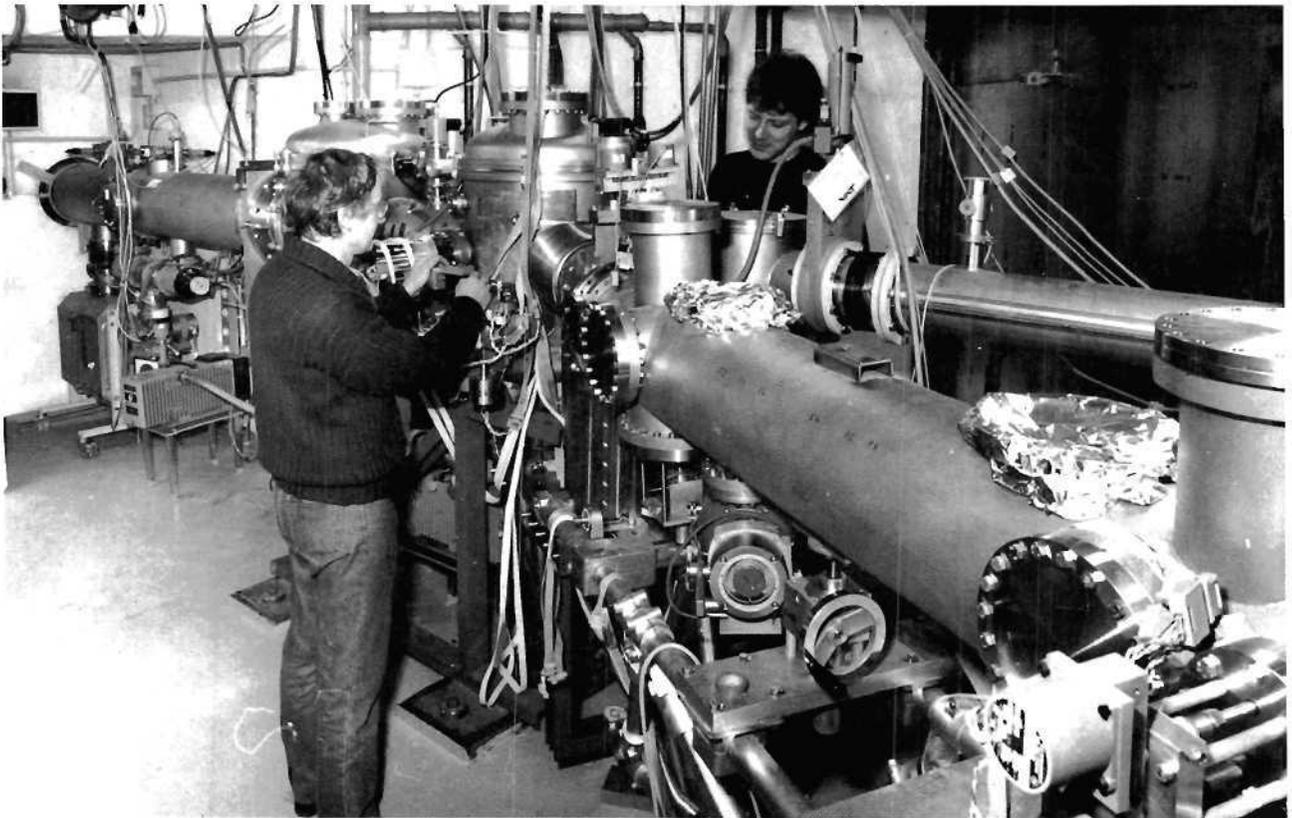


Abbildung 74: Die neue X11-Strahlführung im EMBL-Gebäude. Die Synchrotronstrahlung tritt im Bild von links ein und wird in drei Richtungen für die verschiedenen Experimente aufgefächert. (40474/18)

Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie EMBL – Außenstelle Hamburg –

Die Einrichtungen der Außenstelle des Europäischen Laboratoriums für Molekularbiologie wurden im Berichtsjahr von mehr als 90 Gastwissenschaftlern benutzt.

Überblick

Im EMBL-Gebäude wurde die neue Strahlführung X11 fertiggestellt (Abb. 74). Die fokussierende Optik besteht aus einem gebogenen Kristallmonochromator und vorjustierten, segmentierten Quarzspiegeln auf einer optischen Bank, die über zwei Hebelarme gekrümmt werden kann. Die Abmessungen des Brennpunktes sind $0.6 \text{ mm} \times 1.2 \text{ mm}$ FWHM (Abb. 75). Ein großer Vorteil beim Aufbau dieser neuen kristallographischen Strahlführung ist die automatische Ausrichtung in den Synchrotronstrahl.

Instrumentelle Entwicklungen

Die hervorragenden fokussierenden Eigenschaften und die einfache Handhabung machen X11 zu einem besonders effizienten Instrument, um Daten von schwach streuenden oder im Röntgenstrahl instabilen Proteinkristallen zu sammeln. In den Monaten August und September lieferte X11 einen hoch-intensiven Strahl, der sich für die meisten proteinkristallographischen Untersuchungen als ideal erwies.

Kommerzielle 2D-Detektor-Systeme erfüllen nicht zufriedenstellend die Anforderungen für Experimente mit Synchrotronstrahlung. Die Entwicklung eines schnellen 2D-Detektors, eines Datenerfassungssystems und eines allgemein einsetzbaren Software-Pakets wurde deshalb fortgesetzt. Ein Test ergab für den Detektor eine Ortsauflösung von $0.3 \text{ mm} \times 0.3 \text{ mm}$ FWHM. Örtliche Zählraten bis zu 1.5 MHz sind möglich.

Proteinkristallographie: Die Proteinkristallographie-Gruppe hat sich jetzt auf vier Wissenschaftler vergrößert. Im Haus durchgeführte Projekte umfaßten Untersuchungen an Metallo-Proteinen, Proteasen und an einigen anderen Enzymen.

Experimente

Die umfangreichsten Arbeiten wurden von Gastwissenschaftlern am Instrument X31 durchgeführt. Wegen der kleinen Kristallvolumina oder der schwachen Streuung von großen Einheitszellen erwies sich für einige Projekte (z.B. die 50S-Ribosomen-Untereinheit) der Intensitätsgewinn am X11 als absolut entscheidend.

Für verschiedene Projekte aus den vorhergehenden Jahren wurden weitere Daten gesammelt, wie z.B. für Riboflavin Synthase, Matrix Porin, Human-Cerulo-

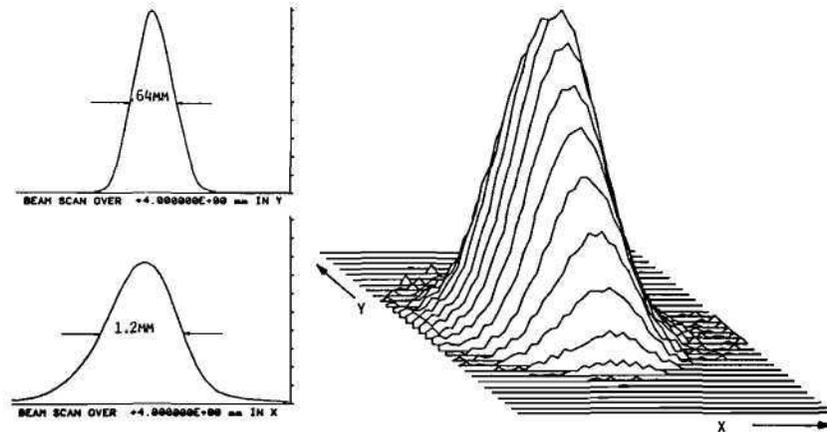


Abbildung 75: Intensitätsverteilung im Fokus der neuen X11-Kristallographie-Strahlführung. Fokussiert wird mit einem System von sechs segmentierten Quarzspiegeln in der vertikalen und mit einem gebogenen Monochromator in der horizontalen Richtung.

plasmin und für die 50S-Ribosomen-Untereinheiten. Untersuchungen an Trypsin-Substrat-Komplexen und erste Tests des Enraf-Nonius FAST 2D TV Detektor-Systems wurden von H. Bartunik, MPG Hamburg, durchgeführt. Neue Projekte wurden an der Außenstelle von Gruppen aus Liege, Groningen, Berlin, Padova, Basel, Frankfurt, Aarhus und York begonnen.

EXAFS: Die Leistungsfähigkeit des EXAFS-Spektrometers wurde durch geringfügige Veränderungen der Soft- und Hardware Komponenten verbessert, z.B. durch Ausgleichen der vertikalen Strahlbewegungen während der Energieverstellung und durch eine stabilere Temperaturregelung des Monochromators. Für ein Testexperiment wurde ein optisches Lumineszenz-System aufgebaut, das aus einem Kryostat mit integriertem, optischem Monochromator und einem Photomultiplier besteht. Die Ergebnisse der ersten Messungen an konzentrierten Proben sehen sehr vielversprechend aus.

Messungen wurden an Zink- und Kupferenzymen und an Modellkomplexen in Zusammenarbeit mit Gruppen aus Münster, Saarbrücken und Lübeck durchgeführt. Die Vielfachstreuung des Imidazol-Ring-Systems kann jetzt mit in die Analyse einbezogen werden, sie läßt eine zuverlässigere Deutung der Liganden-Anordnung zu.

Kleinwinkelstreuung—Lösungen, Gele und Fasern: Das Auslesesystem des Flächendetektors wurde verbessert und in seiner Leistung ist jetzt die theoretische Grenze erreicht, die—bei dieser Methode—durch die Zeitstruktur von DORIS II bestimmt wird. Die gegenwärtigen Arbeiten haben zum Ziel, die

Effizienz ohne Einbuße der Auflösung zu verbessern. Es ist jetzt möglich, die Probe während der Untersuchung in einer vorgegebenen Weise zu bewegen (d.h. schneller Wechsel zwischen Proben- und Untergrundmessungen).

Eigene Projekte umfaßten hauptsächlich Untersuchungen an Kromatin und Keratin. Projekte der auswärtigen Benutzer befaßten sich vorwiegend mit der dynamischen Anordnung von Aktin, Kollagen, Kromatin, Mikrotubulie und "histone cores".

Muskeln: Die "Imaging Plate" (Fuji Photo Film, Japan) wurde sehr erfolgreich eingesetzt, um Röntgen-Diffraktionsmuster an kontrahierenden Muskeln aufzuzeichnen.

Die durchgeführten Muskelprojekte können in vier Gruppen eingeteilt werden:

- Untersuchungen an den in Verbindung mit Aktin entstehenden Reflektionen
- Experimente an einzelnen Muskelfasern
- Zeitabhängige Messungen der Struktur und des Spannungszustandes nach schrittweiser Veränderung physikalischer oder chemischer Parameter
- Suche nach Muskelsystemen, die sich besser für Strukturuntersuchungen eignen

Die Untersuchungen wurden von Gruppen im Haus oder in Zusammenarbeit mit Besuchergruppen durchgeführt.

Theoretische Physik

Phänomenologie

Die Aktivitäten der Gruppe "Theorie", die im näheren Zusammenhang mit der Phänomenologie stehen, hatten 1986 eine Vielzahl von verschiedenen Themenkreisen umfaßt, die hier kurz diskutiert werden.

Es wurden die Untersuchungen der QCD-Korrekturen höherer Ordnung für die Jet-Prozesse in der e^+e^- -Vernichtung fortgesetzt (DESY 86-038, 86-103, 86-119 und 86-160) ebenso wie die Studien darüber, wie man die QCD mit schweren Quarks entweder durch direkte Erzeugung (DESY 86-126) oder in gebundenen Zuständen (DESY 86-086) testen könnte. In ähnlichen Untersuchungen wurden die Eigenschaften von Quark- und Gluon-Jets in Prozessen mit großen transversalen Impulsen betrachtet (DESY 86-110, 86-132) und ein entsprechendes Monte-Carlo-Programm entwickelt (DESY 86-131). Die Prozesse mit großen transversalen Impulsüberträgen wurden auch in einer Modell-Feldtheorie untersucht (DESY 86-124) sowie QCD-Summenregeln für den $(\pi^+ - \pi^-)$ -Massenunterschied (DESY 86-071) und die chiralen Aspekte der QCD (DESY 86-069).

*Quanten-
chromodynamik*

Eine hochinteressante Frage war dieses Jahr, wie die Positronen-Spitze zu erklären sei, die bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI in Darmstadt in Schwerionen-Stößen gesehen wurde, und ob diese Spitze vielleicht mit den Axionen zu tun habe. Es wurde eine neue Variante des Axion-Modells entwickelt (DESY 86-013), die die Beobachtungen bei der GSI beschreiben kann und auch die früher bekannten Schranken für Axionen erfüllt. Leider wurde dieses Modell später von neuen Experimenten ausgeschlossen, in denen seltene Pionen-Zerfälle beziehungsweise Übergänge zwischen Kern-Niveaus gemessen wurden. Auch die Resultate neuerer Strahl-Dump-Experimente mit Elektronen sprachen gegen das Modell (DESY 86-054). Eine andere Erklärung der GSI-Phänomene basierte auf Zwei-Photon-Wechselwirkungen; sie hat sich aber auch als unhaltbar erwiesen (DESY 86-157). Unter dem Einfluß dieser negativen Resultate mit sichtbaren Axionen wurden einige Eigenschaften von Modellen mit unsichtbaren Axionen untersucht. Insbesondere wurden diese Modelle mit Modellen in Verbindung gebracht, in denen leichte Neutrinos natürlicherweise auftreten (DESY 86-090, 86-141). Denkbare Möglichkeiten für die Beobachtung dieser unsichtbaren Teilchen wurden betrachtet (DESY 86-156).

Axionen

Die Rolle der Pinguin-Diagramme für die $(\Delta I = \frac{1}{2})$ -Regel (DESY 86-164) und die CP-Verletzung im $(K - \bar{K})$ -Komplex (DESY 86-036, 86-053, 86-140) wurden geklärt, und es wurden einige Pinguin-Beiträge höherer Ordnung für die

*Nichtleptonische
Zerfälle*

($K - \bar{K}$)-Mischung berechnet (DESY 86-135). Die Zerfallseigenschaften der Charm-Baryonen wurden untersucht und Voraussagen für die Lebensdauer-Unterschiede gemacht, wobei die Interferenz-Effekte sorgfältig berücksichtigt wurden (DESY 86-093). Die Wichtigkeit dieser Effekte wurde zusammen mit der Rolle der Colour-Faktoren auch in anderen Charm-Zerfällen betont (DESY 86-116). Es wurde gezeigt, daß es Schranken für die t-d und t-s Matrixelemente der Quark-Mischungs-Matrix gibt, wenn der mögliche Hinweis auf ($B - \bar{B}$)-Mischung bei den $p\bar{p}$ -Speicherring-Experimenten berücksichtigt wird (DESY 86-108). Die Struktur der schwachen Ströme, die dieser Quark-Mischungs-Matrix entsprechen, wurde ebenfalls untersucht (DESY 86-040).

Physik an den neuen Speicherringen

Der Physik, die bei den im Bau befindlichen Groß-Beschleunigern (LEP und SLC für Elektron-Positron und HERA für Elektron-Proton) eine Rolle spielen wird, wurde große Aufmerksamkeit geschenkt. Insbesondere wurde eine sehr sorgfältige Untersuchung der physikalischen Möglichkeiten durchgeführt, die eine Erweiterung von LEP für $\sqrt{s} = 200$ GeV bringen würde (DESY 86-018, 86-075). Die Wichtigkeit des Prozesses $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ für den Dreieichfeldvertex wurde besonders hervorgehoben (DESY 86-058, 86-123). Es wurden auch allgemeinere Untersuchungen der Physik bei LEP und SLC durchgeführt (DESY 86-032, 86-041, 86-139 und 86-163). Starkes Interesse fanden die möglichen QED-Hintergrund-Prozesse bei der Neutrino-Zählung am Z^0 , die durch den Prozeß $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}\gamma$ zustande kommen (DESY 86-062, 86-114). Ferner wurden die Strahlungskorrekturen für die hochenergetische Bhabha-Streuung (DESY 86-165) sowie die Effekte von standard und nicht-standard Higgsbosonen in den $SU(2) \times U(1)$ elektroschwachen Strahlungskorrekturen studiert (DESY 86-047, 86-049 und 86-092). Die allgemeinen theoretischen Erwartungen für die Physik bei HERA wurden betrachtet (DESY 86-022), und es wurde die Empfindlichkeit von HERA für mögliche neue, noch unentdeckte Phänomene diskutiert. In diesem Zusammenhang spielten zwei Fälle eine besondere Rolle: die Erzeugung von Lepto-Quarks bei HERA (DESY 86-150) und die Effekte von möglichen neuen Eichbosonen in Elektron-Proton-Stößen in dem HERA-Energiebereich (DESY 86-127). Die Effekte von diesen neuen Eichbosonen wurden auch für andere Speicherringe betrachtet (DESY 86-167). Einige mögliche Signale exotischer Physik an den bestehenden Speicherringen wurden studiert: die Gauginos am SPS (DESY 86-019) und ein mögliches Signal für ein sehr schweres Quark an PETRA (DESY 86-017).

Phänomenologie jenseits des Standard-Modells

Für die mögliche Physik jenseits des Standard-Modells der starken und elektroschwachen Wechselwirkungen wurden allgemeine Szenarien betrachtet und untersucht (DESY 86-083). Die Idee der zusammengesetzten Quarks und Leptonen wurde weiter verfolgt (DESY 86-010). Wenn auch die W-Bosonen aus Konstituenten zusammengesetzt sind, was sehr ausgeklügelte Modelle erfordert (DESY 86-101), ist es möglich, starke Einschränkungen für die Energieskala abzuleiten, bei der die Konstituenten zur Erscheinung kommen. Dies

folgt aus der Stärke der Selbst-Kopplung der W-Bosonen (DESY 86-055). Die Phänomenologie verschiedener Modelle, deren Inspiration aus der Super-String-Theorie stammt, wurde studiert (DESY 86-138). Schwerpunktmäßig wurden die Beiträge behandelt, die in diesen Modellen für das anomale magnetische Moment des Myons und für das elektrische Dipol-Moment der Fermionen entstehen (DESY 86-111, 86-149). Es wurde versucht, diese Vorstellungen auf die Lösung des Solar-Neutrino-Problems anzuwenden (DESY 86-112). Die möglichen Muster der Fermion-Massen und der Fermion-Mischung, die aus Theorien in höheren Dimensionen folgen, wurden untersucht (DESY 86-031, 86-033, 86-076) sowie die phänomenologischen Signale von Teilchen mit halbzahlicher Ladung, die in solchen Theorien vorkommen können (DESY 86-030). Zu einigen anderen, mehr theoretischen Aspekten der Theorien in höheren Dimensionen gehören die Fragen nach der klassischen Stabilität der spontanen Kompaktifikation (DESY 86-080), nach einer möglichen Zeitabhängigkeit der kosmologischen Konstanten (DESY 86-146) und danach, ob diese Theorien in höheren Dimensionen auch eine Inflations-Epoche des früheren Universums ermöglichen (DESY 86-122) ebenso wie nach einem möglichen Mechanismus für die natürliche Einstellung der Anfangsbedingungen der Inflation (DESY 86-059).

Quantenfeldtheorie

Auch in diesem Berichtsjahr war ein wichtiges Ziel der Forschung sowohl in der Gruppe "DESY-Theorie" als auch im II. Institut für theoretische Physik der Universität Hamburg die Erweiterung der Kenntnisse der Quantenfeldtheorie.

In den letzten zehn Jahren hat die Bedeutung der numerischen Monte-Carlo-Rechnungen im Rahmen der Gitterregularisierung weltweit deutlich zugenommen. Um diese Rechnungen besser planen und interpretieren zu können, sind umfangreiche analytische Studien notwendig. Ein wichtiges Problem ist die Abhängigkeit der numerischen Resultate von dem nicht sehr großen Volumen des Gitters. Als Fortsetzung früherer Arbeiten wurde der allgemeine Rahmen für die Berücksichtigung dieser Gittergrößeneffekte formuliert. Insbesondere wurde die Volumenabhängigkeit des Zweiteilchenspektrums durch die Streuamplitude ausgedrückt. Dies eröffnet eine neue Möglichkeit für die numerische Bestimmung der niederenergetischen Streuung auf dem Gitter (DESY 86-034). Das niederenergetische Spektrum der $SU(3)$ -Eichtheorie in einem physikalisch kleinen Volumen wurde mit Hilfe einer Schwachkopplungsentwicklung berechnet (DESY 86-109). Die Schwachkopplungsentwicklungen bieten im allgemeinen eine Möglichkeit für die Berechnung verschiedener Eigenschaften der Quantenfeldtheorie-Modelle in bestimmten Bereichen des Parameterraumes. Eine neue Methode für Schwachkopplungsentwicklungen wurde formuliert, die

*Neue analytische
Methoden und
Ergebnisse*

eine Ähnlichkeit mit der Feynman'schen Störungstheorie hat. Der große Vorteil dieser neuen Entwicklung ist ihre bewiesene Konvergenz (DESY 86-148). Eine andere Art von Schwachkopplungsentwicklungen wurde im SU(2)-Higgs-Modell verwendet, um den Einfluß der Eichkopplung auf das kritische Verhalten der rein skalaren Theorie zu bestimmen. Die zentrale Frage in diesem Zusammenhang ist, ob die bekannte Trivialität des Kontinuumslimites der skalaren ϕ^4 -Theorie auch nach der Einschaltung einer schwachen Eichkopplung weiter besteht. Die Resultate zeigen, daß die Antwort auf diese Frage wahrscheinlich affirmativ ist (DESY 86-016 und DESY 86-143). Weitere analytische Rechnungen wurden im Limes starker Eichkopplung im SU(N)-Gitter-Higgs-Modell (DESY 86-085) und im Limes schwacher Kopplung in der reinen Gittereichtheorie mit der semiklassischen Näherung durchgeführt (DESY 86-096). Die Starkkopplungsentwicklung kombiniert mit der Hopping-Parameterentwicklung ermöglicht auch eine qualitative Berechnung des Hadronen-Spektrums auf dem Gitter. Diese bekannte Methode wurde für das Mesonen-Spektrum im Rahmen der Dirac-Kähler-Formulierung von Gitterfermionen verwendet. Die Bedeutung der Dirac-Kähler-Formulierung liegt in der klaren geometrischen Interpretation und in der direkten Verwendung moderner mathematischer Konzepte (DESY 86-044).

Block-Spin- Transformationen

Eine vielversprechende Möglichkeit für die Lösung der Probleme des Kontinuumslimites ist die Block-Spin-Prozedur. Als Fortsetzung von früheren Arbeiten wurden auf diesem Gebiet Fortschritte in der Lösung von wichtigen Teilproblemen erreicht. Eine neue Methode wurde für die numerische Simulation von Gitterfeldtheorien entwickelt. Diese Methode ist anwendbar auch für Systeme, deren Hamiltonfunktion kleine nichtlokale Korrekturen enthält (DESY 86-037). Auch die allgemeinen Eigenschaften der dielektrischen Gittereichtheorien wurden weiter untersucht (DESY 86-127). Im Zusammenhang mit der Gitterregularisierung hat eine neue Formulierung der Gitterfeldtheorie, die sogenannte stochastische Quantisierung, an Bedeutung gewonnen. Im Rahmen der stochastischen Quantisierung wurde eine neue Phasenraum-Formulierung ausgearbeitet (DESY 86-151) und gezeigt, daß die Fermion-Anomalien in den Ward-Identitäten korrekt dargestellt werden (DESY 86-153).

Numerische Simulation von Gittereichtheorien

Die numerischen Rechnungen in Gitterfeldtheorien hatten ein großes Gewicht in der Forschungsaktivität der Gruppe "Theorie". Im SU(2)-Higgs-Sektor des Standard-Modells wird mittels der numerischen Simulation ein besseres Verständnis der spontanen Symmetriebrechung angestrebt. Besonders interessant sind dabei die numerischen Rechnungen bei schwacher Eichkopplung, weil dies den physikalischen Verhältnissen im Standard-Modell am ehesten entspricht. Es wurde gezeigt, daß die numerischen Monte-Carlo-Rechnungen auch in diesem Bereich möglich sind. Für die obere Schranke des Verhältnisses der Higgsboson-Masse zur W-Boson-Masse wurde eine erste Abschätzung gegeben, die etwa bei 8-9 liegt (DESY 86-143). In den Higgs-Modellen verdienen die Eigenschaften

der Phasenübergänge eine große Aufmerksamkeit. Um die Phasenübergänge besser zu verstehen, ist es sehr nützlich auch die einfachsten Higgs-Modelle zu studieren. Dazu gehört das Z_2 -Higgs-Modell, dessen Phasenübergang zwischen der Phase mit freien Ladungen und der Phase mit Ladungsabschirmung untersucht wurde. Es stellte sich heraus, daß dieser Phasenübergang von zweiter Ordnung ist (DESY 86-003). In der Nähe von Phasenübergängen sind bestimmte Ordnungsparameter nützlich, um die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Phasen besser charakterisieren zu können. Eine Reihe von Ordnungsparametern wurde in Gittereichtheorien mit Materiefeldern vorgeschlagen und getestet (DESY 86-144). Die numerische Untersuchung der Scalingeigenschaften in der reinen $SU(2)$ -Gittereichtheorie wurde fortgesetzt. Die deutliche Abweichung vom asymptotischen Scaling und Scaling im allgemeinen wurde in neueren und genaueren Rechnungen bestätigt (DESY 86-065). Die topologische Suszeptibilität wurde sowohl in der $SU(2)$ - als auch in der $SU(3)$ -Eichtheorie untersucht. Für die Berechnung der topologischen Ladung in $SU(2)$ wurde ein neuer Algorithmus entwickelt, der wesentlich schneller ist als die bisher bekannten Algorithmen. Dies ermöglicht eine deutlich genauere Bestimmung der topologischen Suszeptibilität (DESY 86-082 und DESY 86-099). Die Berechnung der topologischen Ladung in $SU(3)$ ist schwieriger, aber durchführbar (DESY 86-107). Zur Zeit ist die schwierigste Aufgabe in der numerischen Simulation von Gittereichtheorien die Berücksichtigung der dynamischen Effekte von leichten virtuellen Quark-Antiquark-Paaren. Um diese Schwierigkeit zu überwinden wurden in letzter Zeit, neben den Monte-Carlo-Methoden, auch Systeme von stochastischen Differenzgleichungen eingeführt. Eine solche Möglichkeit ist es im Rahmen der stochastischen Quantisierung die Langevin-Gleichungen zu benutzen. Die Algorithmen, in denen die Änderung der Feldvariablen zu höheren Ordnungen berücksichtigt wird, sind besonders vorteilhaft, aber eine genaue Rechnung mit leichten dynamischen Quarks bleibt immer noch sehr aufwendig (DESY 86-006 und DESY 86-021). Im Rahmen der numerischen Monte-Carlo-Simulationen wurden auch ausführliche Rechnungen in 1- und 2-dimensionalen Quanten-Spin-Systemen durchgeführt (DESY 86-154). Eine neue Methode für die Monte-Carlo-Simulation von Zufallswegen und Zufallsflächen wurde entwickelt und im Fall von planaren Zufallsflächen ausprobiert (DESY 86-134).

Weiterhin genossen die Untersuchungen der allgemeinen Struktur der Quantenfeldtheorie besondere Aufmerksamkeit. Es wurde eine allgemeine Formulierung der Quantenfeldtheorie gegeben, die die Berücksichtigung der Kovarianz bezüglich der allgemeinen Relativitätstheorie ermöglicht (DESY 86-066). Im Zusammenhang mit den lokalen Feldalgebren wurden die universelle Struktur (DESY 86-158), die Spektrumeigenschaften der wohl-lokalisiereten Zustände (DESY 86-011) und die Konvergenz der lokalen Ladungen (DESY 86-162) untersucht. Ein wichtiger neuer Trend ist die Erforschung der Quantenfeldtheorie von ausgedehnten Objekten, insbesondere der multidimensionalen Strings. Das Ziel dabei ist die Formulierung einer konsistenten Theorie der Quantengravi-

Struktur der Quantenfeldtheorie

tation; bevor das erreicht wird, sind aber noch viele allgemeine Fragen, auch außerhalb des gewöhnlichen Rahmens der Quantenfeldtheorie, zu klären. Eine solche Frage ist z.B. die Invarianz bezüglich Reparametrisierungen. Für die Quantisierung von geschlossenen nicht-wechselwirkenden bosonischen Strings wurde eine reparametrisierungs-invariante Wirkung konstruiert (DESY 86-045). Die Renormierungseigenschaften der zweidimensionalen Feldtheorie wurden betrachtet, die für die Beschreibung der masselosen Zustände von bosonischen Strings wichtig sind (DESY 86-064).

Es wurden auch verschiedene andere Fragen der Quantenfeldtheorie untersucht. Unter anderem wurde gezeigt, daß das chirale Schwinger-Modell in zwei Dimensionen konsistent quantisiert werden kann, trotz der Anwesenheit von Fermion-Anomalien (DESY 86-145). Die Entwicklung des effektiven Potentials nach der Zahl der kovarianten Ableitungen wurde für allgemeine skalare Theorien abgeleitet. Die Temperatur-Abhängigkeit in den nichtlinearen Sigma-Modellen wurde mit dieser Methode bestimmt (DESY 86-152). Ein Zusammenhang zwischen dem Gauß'schen Gesetz für geladene Zustände und der Infrarot-Singularität-Struktur wurde abgeleitet (DESY 86-035), und es wurde eine neue Methode für die Berechnung der niedrigen Energieniveaus in einfachen quantenmechanischen Systemen entwickelt (DESY 86-048).

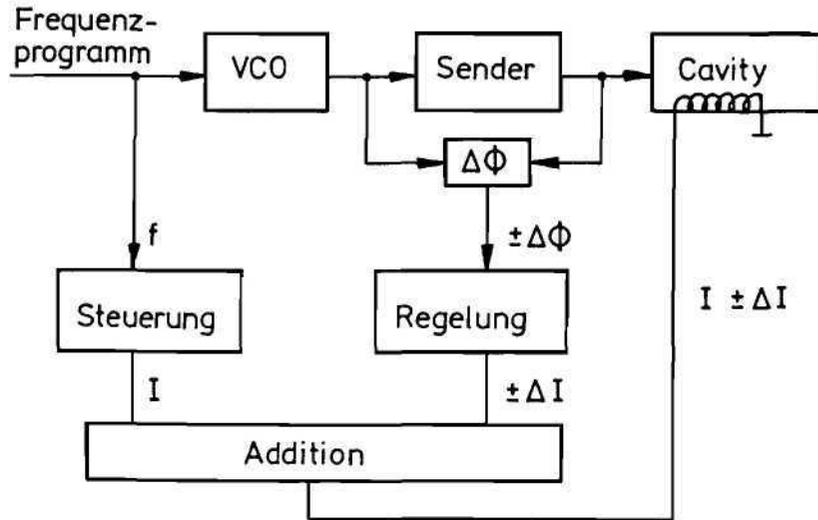


Abbildung 76: Nachstimmen des DESY III-Cavities.

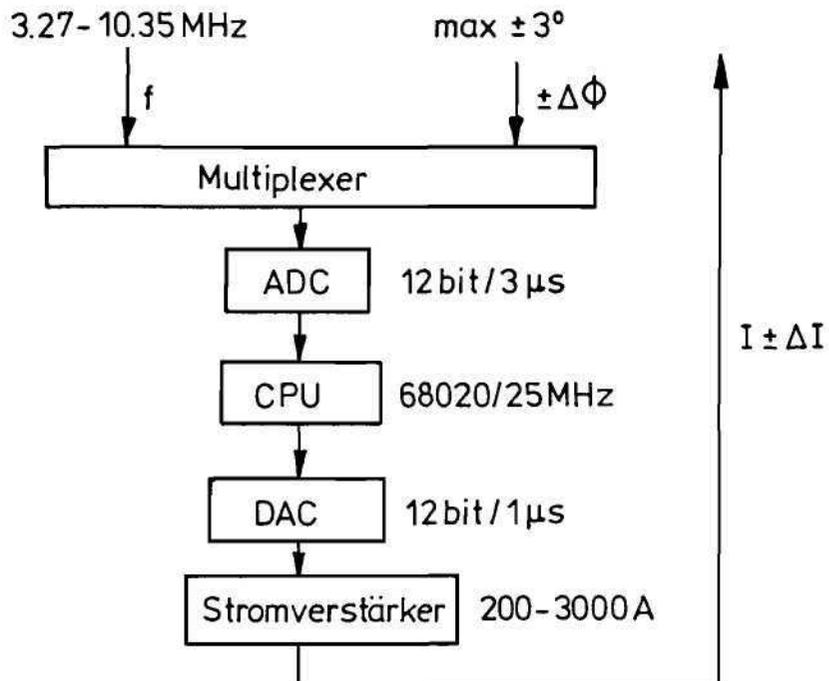


Abbildung 77: Digitales Nachstimmen.

Technische Entwicklungen und Dienste

Elektronik-Entwicklung

Der Simulationsrechner für die Untersuchung von der Strahleigenschaften in Speicherringen wurde im Berichtsjahr fertiggestellt und an die Benutzer übergeben. Das System besteht aus einer PCS-Workstation (Host), auf der die Anwendungsprogramme erstellt werden, sowie aus zehn Prozessoren mit schneller Arithmetik, die als Targetmaschinen den auf dem Host entwickelten Code ausführen. Die Kommunikation zwischen Host und Targets geschieht über eine von der Gruppe "Elektronik-Entwicklung" entwickelte Mailbox, in der die Targetprogramme sowie auch die Ergebnisse der Rechnungen stehen.

*Beam Orbit
Simulationsrechner*

Die Programme zur Bahnsimulation im HERA-Ring berücksichtigen etwa 850 lineare Elemente (von Dipolen und Quadrupolen) sowie 800 nichtlineare, die im Ring aufgestellt sind. Ein Umlauf benötigt etwa 250 000 doppelt genaue Gleitkommarechnungen, hauptsächlich Multiplikationen und Additionen. Der Algorithmus verwendet vorwiegend Horner-Schema-Polynomberechnungen. Dazu wird der erste Operand aus dem Speicher geholt, der zweite aus einem Registerfile, die arithmetische Operation ausgeführt und das Ergebnis ins File zurück geschrieben. Am Ende einer Horner-Schema-Kette wird das Endergebnis in den Speicher geschrieben. Eine zehnfache Horner-Kette wurde zu 38 μ s inklusive Speicheroperationen gemessen, d.h. eine arithmetische Multiplizier-/Addieroperation dauert im Mittel 3.8 μ s inklusive Speicheroperationen.

Jeder Prozessor kostete 20 TDM, die Workstation 40 TDM, das gesamte System also etwa 250 TDM, was im Hinblick auf die erreichte Leistung vernünftig erscheint.

Protonen, die als H^- -Ionen in dem Linearbeschleuniger LINAC III auf etwa 1/3 der Lichtgeschwindigkeit gebracht werden, werden in das Synchrotron DESY III eingeschossen und dort auf etwa 0.99 c weiter beschleunigt. Wegen dieser Geschwindigkeitsänderung muß die Hochfrequenz am Cavity von etwa 3.27 MHz während des Einschusses auf etwa 10.35 MHz während der Auslenkung erhöht werden. Diese Änderung erzeugt ein VCO (voltage controlled oscillator) über ein Frequenzprogramm, das aus der in einer Spule induzierten Spannung gewonnen wird, die sich auf einem Referenzmagneten befindet. Um das Cavity mit dieser Frequenzmodulation in Resonanz zu bringen, wird durch eine Nachstimmung die Induktivität des Resonators geändert. Dies erreicht man durch Ändern der Vormagnetisierung von im Cavity befindlichen Ferriten in einer stromdurchflossenen Spule.

*Digitale Regelung
an DESY III*

Die Nachstimmung geschieht durch eine Kombination einer Steuerung und einer Regelung (Abb. 76). Die Spannung am VCO, der die variable Frequenz erzeugt, wird benutzt, um den Basisstrom in die Spule zu schicken (Steuerung). Gleichzeitig wird die Phase der HF am Eingang und am Ausgang des Senders gemessen und die Differenz $\pm\Delta\phi$ gebildet. Ist die Cavityfrequenz mit der vom VCO erzeugten in Resonanz, hat $\Delta\phi$ einen konstanten Wert, z.B. 180° . Sind die beiden nicht in Resonanz wird $\pm\Delta\phi \neq 0$. Durch eine entsprechende Stromänderung $\pm\Delta I$ in der Spule wird versucht, die Resonanz zu erreichen und damit $\Delta\phi = 0$ werden zu lassen (Regelung).

Beide Strecken werden digital aufgebaut (Abb. 77). Die VCO-Spannung, die der Steuerfrequenz proportional ist, wird in einem ADC digitalisiert, ebenso $\pm\Delta\phi$. Beide Werte werden über ein Rechnerprogramm in einen Basisstrom I und einen Regelstrom $\pm\Delta I$ umgerechnet und über einen DAC an den Stromtreiber geschickt, der den erforderlichen Leistungsstrom zwischen 200 und 3000 A erzeugt und damit die L-Änderung bewirkt.

Im Jahr 1986 entwickelte die Gruppe "Elektronik-Entwicklung" das Konzept und den Steuer-/Regelalgorithmus.

Digitale Datenerfassung

Service-Tätigkeiten

Wie in jedem Jahr wurde ein großer Teil der Zeit für die Durchführung von Service-Tätigkeiten auf den Gebieten der digitalen Datenerfassung aufgewendet. Insbesondere sind hier zu erwähnen:

- Wartung und Reparatur von Prozeßrechnern
- Wartung von Magnetplatten
- Reparatur von Peripheriegeräten, wie Floppy Disk u.s.w.
- Pflege und weiterer Ausbau des EXP-Online-Netzes
- Installation von weiteren PADAC-Crates

CAD-System

Die Pflege des Leiterplatten-Entwicklungssystems sowie die Einweisung neuer Benutzer wurde weiterhin von der Gruppe "Digitale Datenerfassung" durchgeführt. Die sechs vorhandenen Graphik-Arbeitsplätze arbeiten mit hoher Auslastung. Ein weiterer Rechner wurde installiert, so daß sich nur noch jeweils zwei Arbeitsplätze eine CPU-Einheit teilen müssen.

Service-Rechner

Die starke Auslastung des Service-Rechners (VAX 750) der Gruppe "Digitale Datenerfassung" durch andere Gruppen machte die Installation einer weiteren Platte erforderlich. Der zunehmenden Ausbreitung der Programmiersprache

“C” wurde durch die Installierung eines C-Compilers für die VAX Rechnung getragen.

Von dem im vorigen Jahr entwickelten PADAC-Mikrocomputer (NS32016) wurden die ersten 25 Exemplare produziert und bei verschiedenen Gruppen (HERA-Kontrollen, HERA-Experimente) zum Einsatz gebracht. Weitere 50 befinden sich in der Produktion.

*PADAC-
Mikrocomputer*

Die neue Cross-Software des Herstellers wurde auf der VAX installiert und von der Gruppe “Digitale Datenerfassung” um einen Multitasking-Kernel erweitert. Zur Zeit stehen Compiler für die Programmiersprachen C, PASCAL und FORTRAN-77 zur Verfügung.

Die Hardware-Entwicklung für das lokale Netzwerk FPSS wurde abgeschlossen. Auf dem intelligenten Interface, das auf dem oben erwähnten VAX-Mikrocomputer basiert, wurde das “Xerox Internet Transport Protocol” implementiert. Hierbei handelt es sich um ein Protokoll für lokale Netzwerke mit hoher Datensicherheit und geringem Overhead, das die Level 1–4 des ISO-Modells abdeckt.

Lokale Netzwerke

Die bisherige Mitarbeit der Gruppe “Digitale Datenerfassung” an den Arbeiten für das HERA-Kontrollsystem wurde verstärkt fortgesetzt. Neben der Beteiligung an der Konzipierung des Gesamtsystems wurden mehrere für die Realisierung notwendige PADAC-Module entwickelt.

HERA-Kontrollen

Bibliothek und Dokumentation

Überblick

Die Gruppe "Bibliothek und Dokumentation" hat die Aufgabe, die von den DESY-Wissenschaftlern, -Ingenieuren und -Technikern benötigte Fachliteratur zu sammeln, zu katalogisieren/dokumentieren und bereitzuhalten; insbesondere geht es darum, die weltweit erscheinende Literatur zur Hochenergie-/Teilchenphysik, zur Quantenfeldtheorie und zur Beschleunigertechnik möglichst vollständig zur Verfügung zu stellen und maschinenlesbar zu erfassen.

Aufgabe

Die Literaturstellen werden seit 1963 in dem "High Energy Physics Index" kumuliert, der den Benutzern als vierzehntägig erscheinende Zeitschrift, als vierzehntägiger SDI-Dienst (Selective Dissemination Information System) und als Datenbank für einmalige Recherchen zur Verfügung steht und anderen Forschungsinstituten im Rahmen eines Magnetbanddienstes überlassen wird.

Zu den weiteren Dienstleistungen der Gruppe "Bibliothek und Dokumentation" gehört:

- Die regelmäßige Übersetzung von Veröffentlichungen vom Russischen ins Deutsche oder Englische (in 1986 waren es neun Arbeiten größeren Umfangs mit 254 Schreibmaschinenseiten) und vom Französischen ins Deutsche bzw. umgekehrt (248 Seiten)
- Die Veranlassung des Druckes wissenschaftlicher DESY-Veröffentlichungen (in 1986 waren es 183 DESY-Berichte, 66 Interne Berichte und 65 Publikationen in Fachzeitschriften)
- Die regelmäßige Information über Neuerscheinungen
- Die Führung des Konferenzkalenders

Bibliothek

Ca. 1 200 Leser benutzten im Berichtsjahr 1986 regelmäßig die Bibliothek. Sie verursachten durchschnittlich 250 Ausleihvorgänge pro Woche. Im auswärtigen Leihverkehr wurden 638 Literaturstellen von anderen Bibliotheken, z.B. denen der AGF-Institute, besorgt und 319 an andere vermittelt.

*Bibliotheks-
nutzung und
-bestand*

Die Entwicklung des Bibliotheksbestandes im Berichtszeitraum zeigt Tab. 5.

Tabelle 5: Entwicklung des Bibliotheksbestandes in 1986.

	Zugang	Löschungen	Bestand (31.12.1986)
Monographien	913	158	14 648
Gebundene Zeitschriftenbände	677*	–	15 280
Laufend gehaltene Zeitschriften	13	13	314
Berichte und Vorabdrucke	5 650	4 087**	39 600

*Hierin sind 57 Bände für EMBL enthalten.

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

Kataloge

Das Projekt "Maschinenlesbare Erfassung des Buchbestandes/Rechnergestützte Erstellung der Kataloge" wurde im Jahr 1986 fortgesetzt. Bis Jahresende konnten ca. 80% des Bestandes erfaßt werden. Mit dem so erstellten Datensatz sollen auch maschinelle Katalog-Recherchen möglich werden.

**Fachinfor-
mationsvermitt-
lung**

Von einem in der Bibliothek aufgestellten Bildschirmterminal kann seit Mitte des Jahres mittels DATEX-P-Verbindung über STN-International in den Literatur- und Faktendatenbanken des Fachinformationszentrums Karlsruhe online recherchiert werden. Ebenfalls über DATEX-P kann eine Verbindung mit der Rechenanlage des Stanford Linear Accelerator Center SLAC hergestellt werden, über die in der HEP-Datenbank Literaturrecherchen online durchgeführt werden können.

Auch die Durham-Rutherford HEP Databases (Faktendatenbanken der Hochenergiephysik) können im Online-Betrieb genutzt werden.

Ein "Produktdatensystem Elektronik" auf Mikrofiches, das Herstellerkataloge, Datenbücher, Datenblätter und technische Produktinformationen aller in Deutschland angebotenen Bauelemente und Baugruppen der Elektronik enthält, steht dem Benutzer seit Herbst zur Verfügung.

Dokumentation

Datenbank

Im Berichtsjahr wurden 16 658 Arbeiten aller Art (Berichte und Vorabdrucke, Zeitschriftenartikel, Konferenzbeiträge, Monographien) dokumentarisch erfaßt und auf Magnetbändern kumuliert, Berichte und Vorabdrucke mit einer durchschnittlichen Verzögerung von nur eineinhalb Wochen.

Die Tabelle 6 zeigt die von der Dokumentation im Jahr 1986 erfaßten Publikationen.

Auch im Jahr 1986 erschienen etwa 10% der aufgenommenen Artikel in russi-

Tabelle 6: In 1986 dokumentarisch erfaßte Publikationen.

	experimentell	instrumentell	theoretisch	Summe
Berichte und Vorabdrucke	744	799	4 107	5 650
andere Veröffentlichungen (Zeitschriften, Konferenzen, Bücher)	1 419	1 622	7 967	11 008
Gesamt	2 163	2 421	12 074	16 658

scher Sprache und wurden von der DESY-Dokumentation etwa zehn Monate vor ihrem Erscheinen in englischer Sprache im Original erfaßt.

Die Datenbank enthält jetzt insgesamt ca. 183 500 Publikationen.

Der SDI-Dienst wurde in 1986 von 288 (im Vorjahr 291) Teilnehmern (davon 74 von DESY und der Universität Hamburg und 214 von anderen deutschen und ausländischen Instituten) in Anspruch genommen.

*Dokumenta-
tionsdienste*

In 1986 wurden für 78 Teilnehmer 199 einmalige retrospektive Literaturrecherchen nach Titel, Titelteilen, Autoren, Quellen und Schlagwörtern erstellt. (Die Physikalischen Institute der RWTH Aachen und das MPI für Physik und Astrophysik in München sind direkt mit dem DESY-Rechner verbunden und führen ihre Recherchen deshalb eigenständig durch.)

Im Rahmen des Magnetbanddienstes wurde der High Energy Physics Index an sieben Universitäts-/Forschungsinstitute geliefert.

Bereich Maschinen

Inhalt

Übersicht	157
Speicherringanlage HERA	159
Speicherring PETRA I	177
Speicherring DORIS II	181
Synchrotrons DESY I und II	185
Neue Beschleunigungstechniken	189
Arbeiten der Gruppen des Bereiches Maschinen	197
Strahlenschutz	219

Übersicht

Nachdem im Vorjahr Berechnungen, Konstruktionen, Spezifikationen und Vergabeverfahren den Schwerpunkt der Arbeiten für die beiden HERA-Ringe bildeten, standen 1986 für den Elektronenring und einige Teilanlagen zur Protonen-Beschleunigung bereits die industrielle Fertigung und die Prüfung der ersten Serienprodukte im Mittelpunkt des Bemühens. Dies gilt insbesondere für die meisten Magnettypen des Elektronenringes und der Strahlführungssysteme PETRA-HERA sowie für die Zentralkälteanlage und den LINAC III. Der Bau der HERA-Hallen und des Ringtunnels samt den Verbindungstunneln PETRA-HERA lag Ende 1986 voll im Zeitplan; der Tunnelvortrieb hatte etwa 2/3 der Gesamtstrecke zurückgelegt; im 1. Quadranten (Süd bis West) erfolgte bereits ein erheblicher Teil des Ausbaues.

*HERA tritt ins
"hardware"-
Stadium*

Für PETRA I war 1986 das letzte Betriebsjahr als e^+e^- -Speicherring vor dem Umbau zum Vorbeschleuniger "PETRA II" für HERA, es war zugleich das Jahr mit der höchsten integrierten Luminosität. Auch DESY I tat zum letzten Mal mit etwa 7000 Betriebsstunden seinen Dienst als stets zuverlässiges e^+/e^- -Synchrotron; am Ende des Jahres stand nach 152525 Stunden Gesamtbetriebszeit in mehr als 22 Jahren das Freiräumen des Ringträgers für das Protonen-Synchrotron DESY III (welches die 48 "combined function"-Magnete von DESY I wieder enthalten wird).

*Auch im letzten
Jahr ihres Beste-
hens erfolgreich:
PETRA I und
DESY I*

Das neue Elektronen/Positronen-Synchrotron DESY II mußte 1986 nach erfolgreicher Erprobung bei 1 GeV bis zum Jahresende auf diejenigen Komponenten des Magnetstromversorgungssystems von DESY I warten, welche für die volle 8-GeV-Erregung des 12.5-Hz-Dipolkreises von DESY II wiederverwendet werden sollen.

*DESY II fertig zum
Ausbau von 1 GeV
auf 8 GeV*

Von den 6632 Stunden DORIS II-Gesamtbetriebszeit waren 4352 Stunden Erstbenutzerzeit für die Hochenergiephysik bei 4.7 und 5.3 GeV vorgesehen, in denen eine integrierte Luminosität von 130 pb^{-1} erzielt werden konnte; 2280 Stunden mit "Multibunch-Betrieb" bei 3.7 GeV waren HASYLAB mit seinen Gruppen als Hauptbenutzer gewidmet.

*DORIS II auch
1986 "voll dabei"*

Die industrielle Fertigung nebst Vorbereitungen zur Erprobung der bei DESY entwickelten 4-zelligen supraleitenden 500-MHz-Beschleunigungsstrukturen und die Weiterführung der experimentellen Untersuchung zur Ausnutzung strahlerregter "wake fields" für die Teilchenbeschleunigung waren die einzigen Programmpunkte unter der Überschrift "neue Beschleunigungstechniken", die 1986 bei DESY neben dem HERA-Projekt verfolgt werden konnten.

*Neue Beschleuni-
gungstechniken*

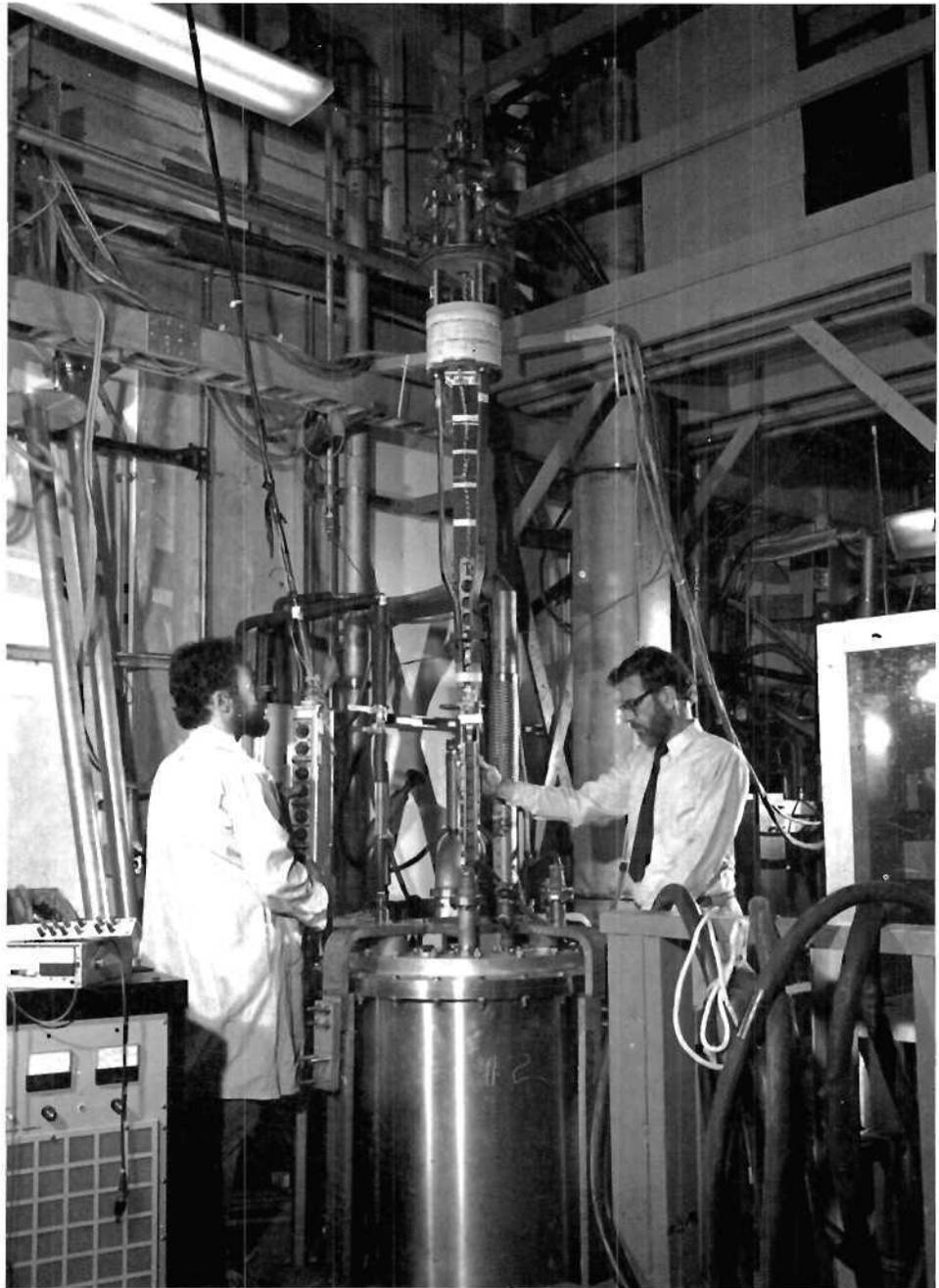


Abbildung 78: Eine 1 m lange Kurzprobe des supraleitenden Kabels wird im Brookhaven National Laboratory (USA) zum Test bei -268°C in den Kryostaten heruntergelassen. (Foto BNL/USA)

Speicherringanlage HERA

Überblick

In der HERA-Speicherringanlage sollen in einem unterirdischen Tunnel von 6.3 km Länge Protonen auf 820 GeV und Elektronen auf 30 GeV beschleunigt und bei diesen Energien gespeichert werden. Die Teilchen laufen in zwei gegenläufigen Speicherringen um und kollidieren in drei unterirdischen Hallen (Nord, Ost, Süd), in denen für den ersten Betrieb die beiden Detektoranlagen H1 (Nord) und ZEUS (Süd) vorgesehen sind. In der vierten der symmetrisch angeordneten Hallen (West) ist zunächst keine Strahlwechselwirkung vorgesehen, sie kann aber später bei Bedarf nachgerüstet werden. Als erster Schritt zu einer Strahlkollision mit longitudinalem Elektronenspin wird in einer Halle (voraussichtlich Ost) ein Paar von Spinrotatoren eingebaut; nach erfolgreicher Inbetriebnahme wird dann jede Experimentieranlage damit ausgestattet werden.

Wegen seiner Größe und seiner technologischen Neuentwicklungen nimmt das HERA-Projekt beim Personaleinsatz und im Etat einen zentralen Platz ein. 1986 sind für die HERA-Baumaßnahmen 79.2 Mio DM abgeflossen, und gegenüber Dritten ist DESY darüberhinaus Verpflichtungen über 49.5 Mio DM eingegangen. Für die HERA-Speicherringe wurden 82.8 Mio DM ausgegeben und weitere 107.9 Mio DM vertraglich gebunden.

*HERA-
Finanzierung*

Bei den am HERA-Projekt beteiligten ausländischen Institutionen wurden wesentliche Fortschritte erzielt:

*Auslandsbe-
teiligung*

- Das Hochfrequenzsystem für die Protonen-Beschleunigung in PETRA ist in Kanada beim AECL, Chalk River, im Bau. Alle wichtigen Komponenten sind bereits geliefert, und die Auslieferung an DESY wird voraussichtlich im April 1987 erfolgen.

Das AECL, Chalk River, hat außerdem, gegründet auf die DESY-Spezifikation, eine Kostenabschätzung für das 52MHz-HERA-Hochfrequenzsystem erstellt, und das Institute of Particle Physics hat die Finanzierung dieses Systems bei den zuständigen kanadischen Behörden beantragt.

- Beim TRIUMF-Institut in Vancouver/Kanada schreitet der Bau des Strahlführungssystems zwischen dem Protonen-Linearbeschleuniger (LINAC III) und dem Protonen-Synchrotron (DESY III) planmäßig voran. Das System umfaßt auch die Strahlmonitore.

- Für die supraleitenden HERA-Dipole wurden bei LMI/Italien insgesamt 20 km Supraleiter hergestellt.

- Bei Ansaldo/Italien wurde ein kompletter Werkzeugsatz für die Produktion der geklammerten Spulen und des Eisenjochs sowie für den Zusammenbau von Spule und Joch gefertigt.
- Bei ZANON/Italien werden drei Sätze von Vorrichtungen für die Produktion der Kryostaten und den Einbau der Spulen gebaut.
- Zwei Prototyp-Quadrupole für die HERA-Bögen wurden beim Beschleunigerinstitut Saclay/Frankreich hergestellt.
- Erste Kurzprobenmessungen des supraleitenden Kabels wurden am BNL in Brookhaven/USA durchgeführt.
- Der Bau der supraleitenden HERA-Korrekturmagnete hat in den Niederlanden begonnen.
- Am Weizmann-Institut in Rehovot/Israel wurde von der dort entwickelten Stromzuführung zu den supraleitenden Magneten eine Serie von 14 Stück gefertigt.

Protonen-Speicherring

Der technische Aufbau des neuen H^- -Linearbeschleunigers (Linac III), der großen Kälteanlage und der Meßhalle für supraleitende Magnete ist weit fortgeschritten. Die Entwicklung der supraleitenden Dipole und Quadrupole und der zugehörigen Korrekturmagnete wurde erfolgreich abgeschlossen und ihre Serienfertigung vorbereitet bzw. in Gang gesetzt. Für alle anderen Komponenten des Protonen-Speicherringes ist das technische Konzept erarbeitet, und ihre Herstellung ist oder wird in Kürze eingeleitet. Die Planung des Protonen-Injektionssynchrotrons DESY III wurde abgeschlossen, und sein Aufbau hat begonnen.

Elektronen-Speicherring

Die Installation des HERA-Ringtunnels schreitet voran, und der Einbau der Komponenten des Elektronenringes steht bevor. Alle Magnete sind in der Serienfertigung, ein namhafter Teil ist bereits ausgeliefert und wird magnetisch vermessen. Die Optik und Symmetrie für den Anfangsbetrieb und die Anordnung der Sextupolkreise zur chromatischen Korrektur wurden festgelegt. Es wird zunächst nur ein Paar von Spinrotatoren eingebaut; erst wenn eine ausreichende Polarisierung erzielt ist, werden die beiden ersten Experimentieranlagen damit ausgerüstet. Die Optik ist so angepaßt, daß—in linearer Näherung—die Spinrotatoren die Polarisierung nicht beeinträchtigen.

Versorgung und Baumaßnahmen

Etwa 2/3 des HERA-Tunnels sind im Rohbau fertig und mehr als die Hälfte davon auch schon im Innenausbau. Die Hallen Süd und West sind im Innenausbau praktisch fertig und für die Halle Süd wird das oberirdische Zugangsgebäude gebaut. Die Halle Nord ist im Rohbau fertig, die Halle Ost zu 90%. Der Protonen-Transferkanal zwischen PETRA und HERA ist fertig, der Elektronen-Transferkanal ist im Bau.

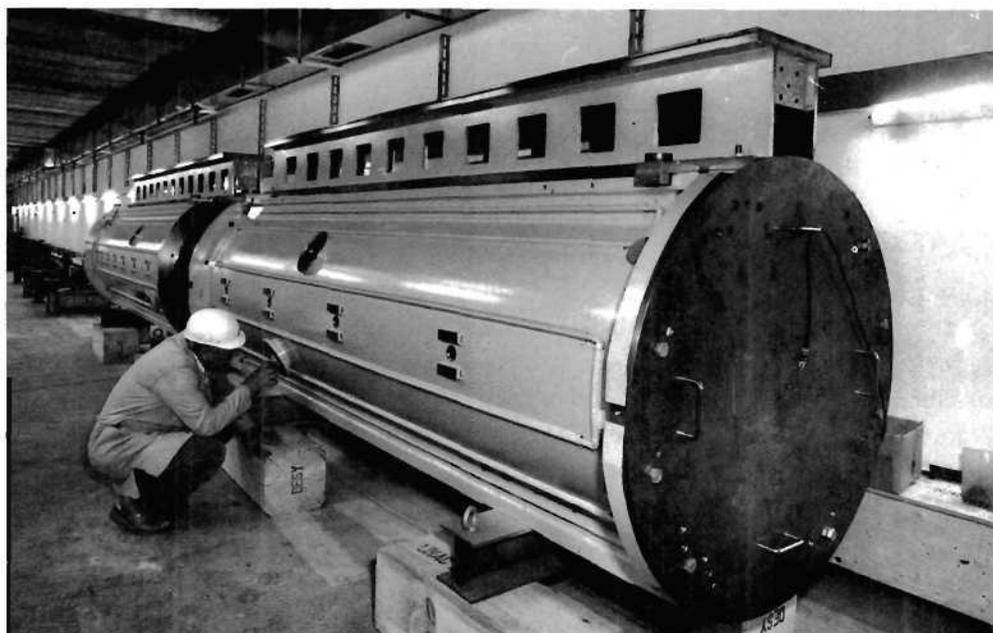


Abbildung 79: Zwei der zehn Abschnitte für die Alvarez-Tanks des H^- -Linearbeschleunigers an ihrem endgültigen Standort. (39738/8)

Die unterirdischen Kabelführungen für die 10kV-Versorgung der drei externen HERA-Hallen sind im Bau. Das Kühlwasser-Verteilungssystem im ersten Tunnelabschnitt und im Protonen-Injektionskanal ist fertig, und Verkabelungsarbeiten sind im Gang. Die Entwicklung einer neuen Serie von Chopper-Stromversorgungsgeräten wurde erfolgreich abgeschlossen.

Protonen-Speicherring

LINAC III: Für den 50MeV- H^- -Linearbeschleuniger sind die Ionenquelle und das 18keV-Strahltransportsystem zum Hochfrequenzquadrupol (RFQ) funktionsfähig. H^- -Quelle und Strahltransport wurden im Labor zusammgebaut und erfolgreich getestet, danach am endgültigen Standort aufgestellt und in Betrieb genommen. 90% der Strahlintensität liegen innerhalb einer horizontalen Emittanz von 1.43π mm mrad und einer vertikalen Emittanz von 0.87π mm mrad.

Der vom Institut für Angewandte Physik in Frankfurt entwickelte RFQ wurde von der Industrie mit einer Elektrodengenauigkeit von $\pm 10 \mu\text{m}$ gefertigt und

Injektion

dann beim IAP/Frankfurt mit Hochfrequenz gemessen und feinjustiert. Der 150 kW HF-Verstärker für den RFQ wurde ebenfalls geliefert und abgenommen. Das IAP hat auch einen Modell-RFQ gebaut und am Strahl erfolgreich getestet. Mit einer Senderleistung von 120 kW wurde der Strahl von 18 keV auf 750 keV beschleunigt, wobei die Transmission nahezu 100% betrug.

Alle zehn Abschnitte für die drei Alvarez-Tanks sind elektroplattiert, acht sind ausgeliefert (Abb. 79). Die zentrale Hochspannungsversorgung für alle HF-Verstärker wurde geliefert, und alle koaxialen Verbindungen, mit Ausnahme der Phasenschieber, sind vorhanden.

DESY III: Durch Computer-Simulation der Teilchenumläufe über den gesamten Beschleunigungszyklus, unter Einschluß der Synchrotronschwingungen, wurde untersucht, wie die nichtlinearen Anteile in den Feldern der Führungsmagnete die Apertur beeinflussen. Als vorläufiges Ergebnis wurde eine Injektionsakzeptanz von 8π mm mrad gefunden, bei optimaler Wahl des Arbeitspunktes und Berücksichtigung seiner durch Raumladung verursachten Verbreiterung.

Da das Protonen-Synchrotron DESY III und das neue Elektronen-Synchrotron DESY II im gleichen Tunnel in gleicher Höhe nebeneinander stehen und sich mit ihren Injektions- und Ejektionskanälen teilweise durchdringen, wurde eine technisch realisierbare Lösung für die Aufstellung ihrer Komponenten so ausgearbeitet, daß die beiden Maschinen sich im Betrieb nur minimal beeinflussen. Das alte Synchrotron DESY I wurde vollständig abgebaut, und es wurden vorbereitende Arbeiten an seinem Ringträger durchgeführt. Alle 34 Quadrupole sind geliefert; die Halterungen für die Dipol-, Quadrupol- und Multipolmagnete sind im Bau. Die HF-Sender sind bei der Industrie in der Fertigung, und ihre Stromversorgung und Kühlung wird bereits installiert. Die Standard-Vakuumkammern für die aus DESY I übernommenen "combined function"-Magnete und für die Quadrupole sind konstruiert, und das Material ist geliefert. Ein Prototyp des Strahlpositionsmonitors wurde getestet; die Strahlposition kann schon bei einem Strom von 1 mA mit einer Genauigkeit von 0.4 mm bestimmt werden.

Für das H^- -Injektionssystem sind die Kicker entworfen und die Ferrite bestellt. Die Konstruktion der Vakuumkammern und der Halterung für die Strip-Folien wurde begonnen, und eine Einrichtung zur Herstellung der Strip-Folien ist im Bau. Die Parameter des Injektionsseptums sind festgelegt, und der Entwurf des Ejektionskickers ist abgeschlossen.

PETRA: Der Speicherring PETRA wird als p- und e-Injektor für HERA so umgebaut, daß die Protonen an den e-Beschleunigungsresonatoren vorbeigeführt und die "low-beta"-Wechselwirkungszonen durch normale Fokussierung ersetzt werden (PETRA II). Die dabei freiwerdenden großen Quadrupole werden in den Wechselwirkungszonen des HERA-Elektronenringes verwendet. Die neuen Quadrupole für PETRA sind bestellt, und die Ablenkmagnete für den Protonen-Bypass sind vorhanden.

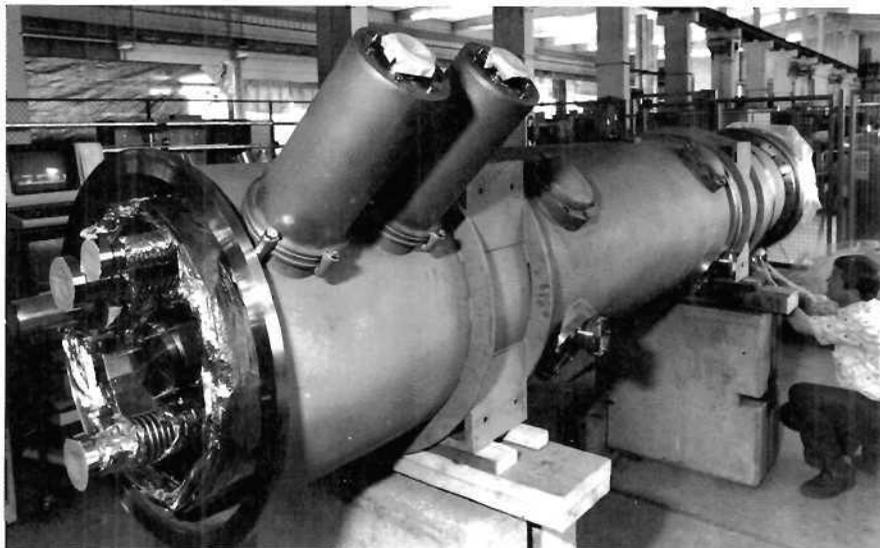


Abbildung 80: Der erste Prototyp des supraleitenden Quadrupols nach dem neuen Konzept ("Hybrid"-Typ) ist bei DESY eingetroffen. (39698/4)

Für Protonen außerhalb der Sollenergie, die Synchrotronschwingungen ausüben, wird durch die nichtlinearen Feldfehler in den supraleitenden Dipolen und die von ihnen verursachten Bahnabweichungen der Bereich stabiler Bewegung besonders stark eingeschränkt. Die maximale Amplitude, oberhalb derer "chaotische" Bewegung einsetzt, wurde im sechsdimensionalen Phasenraum durch eine Computersimulation ermittelt, wobei Protonen verschiedener Anfangsbedingungen bei Injektionsenergie über 10^6 Umläufe verfolgt wurden. Es ergab sich, daß die nichtlineare Akzeptanz ca. 10% größer ist als die von den low-beta-Quadrupolen begrenzte Apertur. Die von den Feldfehlern begrenzte Apertur ist kreisförmig, paßt also gut zur runden Form der Vakuumkammer.

In der Umgebung der Wechselwirkungszonen werden im Protonenring verschiedene Typen von normalleitenden Dipolen und Quadrupolen eingesetzt, um die Zahl der supraleitenden Magnettypen zu beschränken und unempfindlich zu sein gegen die von den Elektronen emittierte Synchrotronstrahlung. Teilchenbahnrechnungen mit den zu erwartenden Feldfehlern der geplanten Magnete zeigen, daß ihre Feldqualität ausreicht.

Dipole: Zwei weitere 9m-Prototypen des supraleitenden Dipols, #3 und #4, wurden geliefert und getestet. Prototyp #3, noch nicht mit dem Serienkabel ausgestattet, wurde in 6 1/2 Stunden bei einem He-Massenfluß von 35 g/s auf

*Strahloptik und
Maschinentheorie*

*Supraleitende
Magnete*

4.6 K abgekühlt; der Kälteverlust des 4.6K-Kreises betrug 11 ± 1 W und der des Schildkreises 40–50 W. Die bei verschiedenen Strömen gemessene Feldqualität ist sehr gut. Der maximale Erregerstrom war 6535 A bei 4.28 K (5027 A werden für die projektierte Protonenenergie von 820 GeV benötigt). Prototyp #4, mit dem Serienkabel und einer neuen Halterung des Kryostaten, wurde bei 4.6 K mit 6702 A, bei 4.38 K mit 7000 A und bei 4.09 K mit maximal 7295 A erregt, was einer Feldstärke von 6.64 T entspricht. Das Wärmeleck betrug 4.6 W bei 4.6 K und einer Schildtemperatur von 63 K. Bei Quenchttests trat in der Spule eine Maximaltemperatur von etwa 200 K auf. Für den Prototyp #5 wurde eine geklammerte Spule mit neuer Superisolation des Schildes an BBC geliefert.

Um eine neue Wickeltechnik an den Spulendenen zu erproben, wurde ein 1m-Testmagnet gebaut, der auch mit Punktheizern versehen ist, mit denen die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Quenchen an verschiedenen Orten als Funktion der Felder und Ströme gemessen werden kann.

Für die Dipol-Serienfertigung in Deutschland wurden die Ausschreibungsunterlagen verschickt. Die Serienfertigung des supraleitenden Kabels ist angelaufen, und die Serienfabrikation der Edelstahl-Federbälge ist im Gang.

In Italien ist die Produktion von zehn Vorserienmagneten angelaufen. Ein kompletter Werkzeugsatz für die Herstellung der Joche und geklammerten Spulen ist fertig und für die Herstellung der Kryostate in Arbeit. LMI hat 20 km supraleitendes Kabel mit sehr guten mechanischen Eigenschaften und einem mittleren Kurzprobenstrom von 8550 A hergestellt (8000 A sind gefordert).

Quadrupole: Zwei supraleitende Prototyp-Quadrupole für die Bögen (C3 + C4, Abb. 80) mit im Kryostaten eingebautem Korrekturmagnet wurden in Saclay hergestellt und bei DESY getestet. Der Quadrupol C3 wurde in 7 Stunden bei einem He-Massenfluß von 4 g/s auf 4.6 K abgekühlt. Der Kälteverlust betrug 17 ± 1 W bei einer Schildtemperatur von 89 K, der des Schildes betrug 33 ± 5 W. Die Feldqualität war innerhalb der Spezifikation. Der maximal angelegte Strom war 6990 A bei 4.6 K (5027 A werden bei 820 GeV benötigt). C4 wurde in 6 Stunden bei einem He-Massenfluß von 4.5 g/s auf 4.6 K abgekühlt. Der Kälteverlust betrug 14.5 ± 1 W bei einer Schildtemperatur von 85 K, der des Schildes 28 ± 5 W. Der maximal eingestellte Erregerstrom war 7095 A bei 4.4 K. Nach einer Verbesserung der Stromzuführung zu den Korrekturmagneten ist der gesamte Kälteverlust, mit dem Schild auf 55 K, jetzt 9 W.

Alle 246 Quadrupole wurden in Auftrag gegeben. Drei Werkzeugsätze für Spule und Kryostat sind hergestellt, und das supraleitende Kabel mit einer Gesamtlänge von 115 km ist geliefert. Kurzproben-Strommessungen beim BNL in Brookhaven/USA ergaben 8040 A bei 5.5 T und 9.6 K, spezifiziert waren 7000 A.

Korrekturspulen: Die supraleitenden Sextupol/Quadrupol-Korrekturspulen werden in einer Länge von 6 m auf jeweils ein Ende des 9 m langen Dipol-Strahlrohrs gewickelt. Es wurden 22 dieser Korrekturspulen gebaut und bei

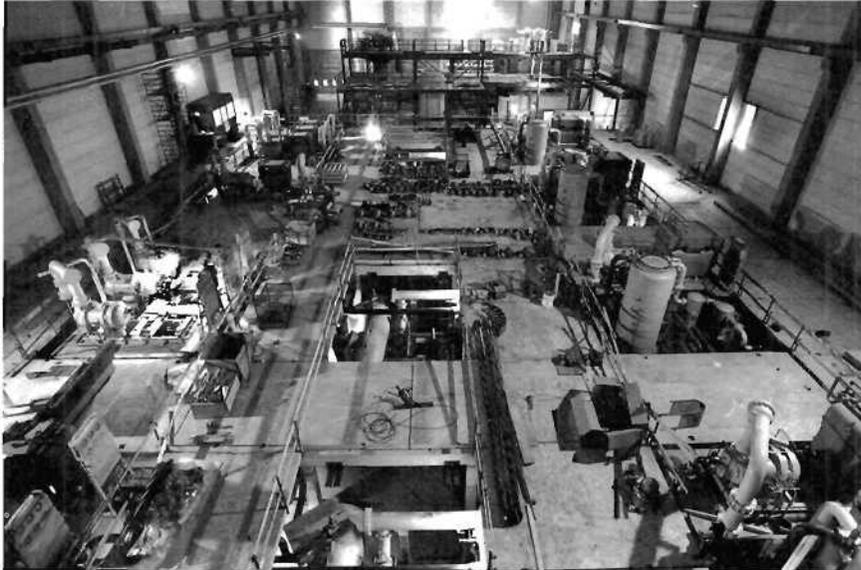


Abbildung 81: Die Kompressorstraßen der großen Kälteanlage für HERA während der Montage. (39665/18)

5.08 T und 4.4 K getestet. Der kritische Strom beträgt etwa 300 A; benötigt wird für 820 GeV ein Quadrupolstrom von 65 A und ein Sextupolstrom von 85 A. Die gemessene Feldqualität ist gut.

Von den "superferric" Dipol-Korrekturmagneten, die im Quadrupolkryostaten eingebaut werden, sind 13 Stück fertig und getestet. Der kritische Strom beträgt im Mittel etwa 100 A, benötigt werden maximal 45 A bei 820 GeV. Für beide Typen von Korrekturmagneten hat die Serienherstellung begonnen.

Systemtest: Ein Systemtest von drei in Reihe geschalteten supraleitenden Dipolen und zwei Quadrupolen wird vorbereitet. Die Magnete werden mit einer Längsneigung von ca. 1° aufgestellt, der größten im HERA-Tunnel vorkommenden Neigung. Drei Magnete sind bereits fertig montiert.

Der Aufbau der großen Kälteanlage ist im Zeitplan. Die Kompressoren (Abb. 81) einschließlich Öltrenner und Kühler, Kohlefilter und Tieftemperatureiniger, die drei Kälteboxen und die Verteilerbox (Abb. 82) sind installiert. Die Inbetriebnahme hat begonnen, der Kontrollrechner ist betriebsbereit, und die Rechenprogramme befinden sich im Test. Alle 15 Hochdruck-Heliumtanks sind aufgestellt und teilweise mit Helium gefüllt.

Die bisherige 400W-Kälteanlage zum Test von Magnetprototypen wurde auf 900 W bei 4.5 K aufgerüstet.

Kältesystem

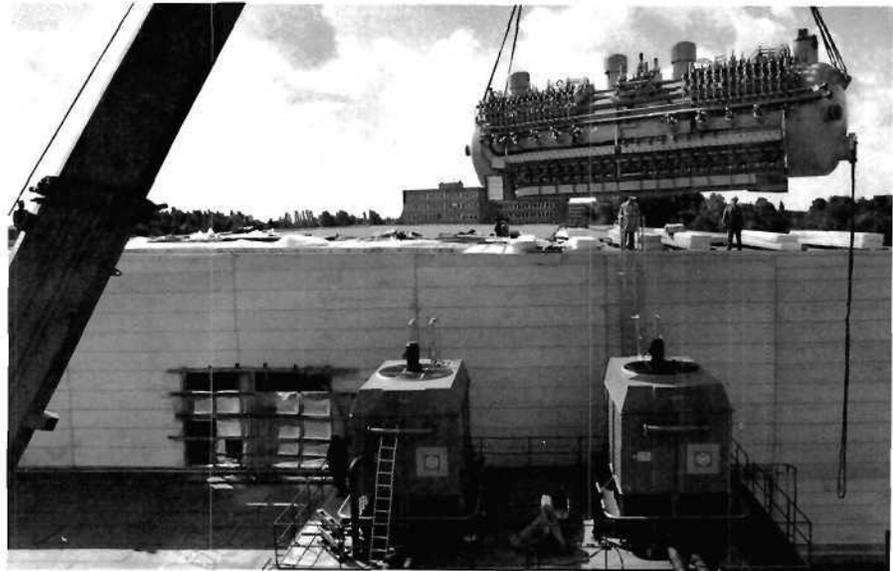


Abbildung 82: Die Verteilerbox der Kälteanlage wird in die Halle gehoben. (39738/32)

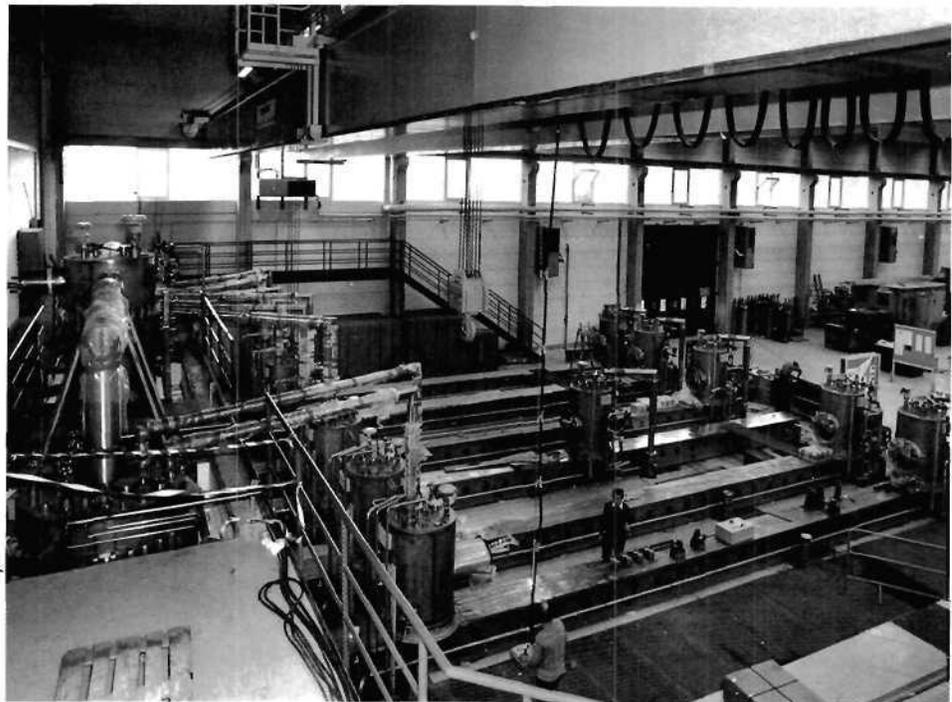


Abbildung 83: Blick auf die Meßstände für die supraleitenden Magnete in der neuen Halle, links das Helium-Verteilersystem. (40211/2)

Für die supraleitenden Magnete wurden verschiedene Anordnungen von Superisolation getestet. Am wirksamsten waren Mylarfolien mit einer dickeren Aluminium-Beschichtung (40 nm) als üblich und mit Zwischenlagen aus Glasgewebe. Diese Superisolation vertrug eine Strahlenbelastung von 10^9 rad und hatte zwischen 300 K und 80 K Verluste von 0.9 W/m^2 .

Die Ausschreibung der Helium-Transferleitung läuft.

Die Quenchgas-Sammelleitung im Bereich der Kälteboxen und Lagertanks wurde eingebaut. Im Tunnel und im Verbindungsstück zwischen Tunnel und Kältehalle ist die Quenchgas-Sammelleitung im Bau.

Der Prototyp einer 8000A-Stromzuführung wurde erfolgreich getestet und eine Vorserie von 14 Stück dieser in Israel entwickelten Durchführung geliefert.

In der Magnetmeßhalle (Abb. 83) erfolgte der Einbau des He-Verteilersystems gemäß dem Zeitplan. Sämtliche Komponenten, darunter ein Vorkühler, zwei Verteilerboxen und 12 Endboxen, sind geliefert und aufgestellt. Der Prozeß kontrollrechner ist betriebsbereit; die Programme werden installiert. Ein Prototyp des "Maulwurfs", der die Meßsonden durch das Strahlrohr ins Innere des Magneten befördert und dort betätigt, wurde gebaut und erfolgreich getestet. Für die Messung der Magnetspulen im Werk des Herstellers bei Raumtemperatur wurden drei komplette Meßsysteme fertiggestellt und je eines davon bei HOLEC/Niederlande und bei ANSALDO/Italien installiert.

*Magnet-
meßanlage*

Der HERA-Protonenring hat ein 52MHz-Hochfrequenzsystem für den Protoneneinfang und ein 208MHz-System für die Beschleunigung. Das 208MHz-System wird mit kleinen Änderungen dem 200MHz-System von CERN nachgebaut. Ein 200MHz-Resonator und ein 60kW-Endverstärker wurden vom CERN, und vier 60kW-Leistungsröhren sowie ein Vorverstärker von der KFA Jülich ausgeliehen. Angebote für fünf 208MHz-Resonatoren und die 10kW-Treiberverstärker wurden eingeholt. Ein HF-Labor für den 208MHz-Senderaufbau wird installiert.

*Hochfrequenz-
systeme*

Das 52MHz-Hochfrequenzsystem wird zur Zeit in Zusammenarbeit mit dem AECL in Chalk River/Kanada im Detail geplant.

Die Strahlrohre für alle supraleitenden Magnete sind geliefert. Für die $12\mu\text{m}$ Innenverkupferung der 430 Dipol-Vakuumkammern wurde der Auftrag erteilt, und die Serienfertigung hat begonnen. Eine Vorserie von 20 Kammern wurde erfolgreich getestet und an HOLEC zum Aufbringen der Korrekturspulen geliefert. Diese Kammern sind inzwischen voll ausgestattet.

Vakuumsystem

Eine Vorserie von zehn Quadrupolkammern ist im Bau.

Ein Prototyp-Pumpstand für das Isoliervakuum der supraleitenden Magnete wurde gebaut und erfolgreich getestet. Die Auslegung des Vakuumsystems für die geraden Stücke ist in Arbeit.

Steuerung und Instrumentierung

Das Strahl-Monitorssystem ist ausgelegt und ein Prototyp gebaut. Die mechanischen Teile des Monitors sind getestet, und eine Test- und Eichvorrichtung für die Monitore ist bestellt. Der Entwurf des Auslesesystems ist fertig.

Die Auswahltests der kalten Schutzdioden sind beendet, 400 Dioden sind geliefert, und es besteht eine Option auf weitere 1000 Dioden. Die Dioden-Halterungen sind bestellt, und eine Anordnung zum Test der Dioden ist betriebsbereit.

Strahldump

Der grundsätzliche Aufbau der Protonen-Strahlfalle wurde festgelegt, und die Konstruktionsarbeiten haben begonnen. Der mit einem Kickermagneten herausgeleitete Strahl trifft auf einen 4 m langen zylindrischen Absorberkern, der aus einer Abfolge von Graphit, Aluminium und Kupfer aufgebaut und in einen dicken Eisenmantel eingeschlossen ist. Berechnungen zeigen, daß der Einschuß von 2×10^{13} Protonen eine maximale Temperaturerhöhung auf 150°C verursacht, bei zulässigen mechanischen Spannungen. Ein Prototyp des Kickermagneten wurde gebaut und getestet; das Ergebnis ist in guter Übereinstimmung mit den Rechnungen. Ein Prototyp des Pulsers mit Hochspannungsdioden wurde an den Prototyp-Kicker angeschlossen und 15 000 mal fehlerfrei gezündet.

Installation im Tunnel

Im Tunnelabschnitt Süd-West wurde mit der Installation der Quenchgas-Sammelleitung und ihrer Anschlüsse zu den Magneten begonnen. Zur Verbindung von kalten Heliumleitungen zwischen benachbarten supraleitenden Magneten wurde eine automatische Schweißmaschine geliefert und getestet; sie ist auch in der Lage, die geschweißten Verbindungen mehrmals wieder aufzutrennen.

Elektronen-Speicherring

Injektion

Bevor die Elektronen bzw. Positronen in den HERA-Ring injiziert werden, werden sie von dem Linearbeschleuniger LINAC I bzw. LINAC II in das neue DESY II-Synchrotron eingeschossen, dort auf 7 GeV beschleunigt, dann in PETRA auf 14 GeV weiterbeschleunigt und durch einen Transportweg nach HERA transferiert. Positronen können darüberhinaus auch in umgekehrter Richtung in HERA injiziert werden, durch einen zweiten längeren Transportweg, in dem auch die 40GeV-Protonen von PETRA nach HERA befördert werden (Abb. 84).

Dieser Injektionsweg soll plangemäß Anfang April 1987 mit 14GeV-Positronen getestet werden, und der Injektionsweg für Elektronen Anfang Juli 1987. Die Installation beider Strahlführungen wurde ernstlich verzögert durch die verspätete Auslieferung der Dipol- und Quadrupolmagnete, die erst im September 1986 begonnen hat. Inzwischen wurde die Fertigungsrate erhöht, so daß die Termine zwar sehr eng, aber realistisch erscheinen. (14 Quadrupole (38%) und 17 Dipole

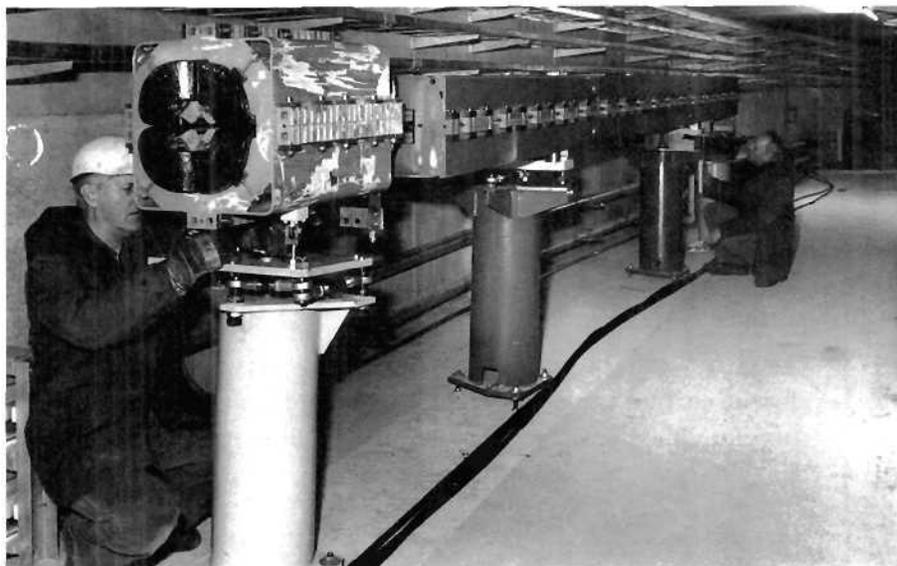


Abbildung 84: Probeweise Aufstellung eines Dipol- und eines Quadrupol-Magneten in dem Protonen-Transferkanal von PETRA nach HERA. (40323/16)

(63%) waren bis Jahresende an DESY geliefert.) Die Qualität beider Magnettypen reicht aus, nachdem die Feldhomogenität im Aperturbereich der Dipole durch magnetische Shims von 8×10^{-4} auf 2×10^{-4} verbessert wurde.

Von den vier Quadranten N, O, S, W des Elektronenringes, die jeweils in der Mitte eines Bogens beginnen und in der Mitte des nächsten enden und die um den in ihrer Mitte gelegenen (potentiellen) Wechselwirkungspunkt spiegelsymmetrisch aufgebaut sind, wird der Quadrant W zunächst keine Wechselwirkung zwischen dem Protonen- und dem Elektronenstrahl haben, sondern er wird so angelegt sein, daß das Injektionssystem und die Strahlfalle für die Protonen sowie der mögliche Einbau von supraleitenden Hochfrequenzeinheiten für die Elektronen möglichst einfach sind. Von den anderen drei Quadranten wird zunächst nur einer (voraussichtlich Quadrant O) ein vollständiges Paar von Spinrotatoren haben, das den aus dem Bogen kommenden senkrechten Elektronenspin am Wechselwirkungspunkt in die Längsrichtung dreht (wahlweise vorwärts oder rückwärts) und dann vor Eintritt in den nächsten Bogen wieder in die Senkrechte zurückdreht. In den restlichen zwei Quadranten (voraussichtlich N, S) werden die Spinrotatoren zunächst durch einfachere Anordnungen ersetzt, wobei jedoch einige der Rotatormagnete mitbenutzt werden. Erst wenn

*Strahloptik und
Maschinentheorie*

in dieser Ringanordnung eine ausreichende Polarisierung des Elektronenstrahls erzielt worden ist, werden Spinrotatoren bei den ersten beiden Experimentieranlagen eingebaut werden. Auch im Quadranten W werden Magnete vom Typ der Rotatordipole eingesetzt; ihre Anordnung ist so gewählt, daß Platz für den Einbau eines Laser-Polarimeters vorhanden sein wird.

Die Optik für den Anfangsbetrieb des Elektronenringes wurde festgelegt. Die Fokussierung im Quadranten W wird so eingestellt, daß ihre Transfermatrix die Einheitsmatrix ist, d.h. sie tritt in der linearen Optik nicht in Erscheinung. Die anderen drei Quadranten sind optisch annähernd einander gleich, so daß die Maschine so aussieht, als hätte sie eine dreifache Symmetrie. Das hat den Vorteil, daß eine Anzahl von möglichen Strahlresonanzen nicht angeregt wird. Die Optik ist für die Spindynamik so angepaßt, daß—in linearer Näherung—die Polarisierung durch den Einbau der Spinrotatoren nicht beeinträchtigt wird.

Die Arbeiten zur chromatischen Korrektur der Optik durch die im Bogen verteilten Sextupolmagnete wurden abgeschlossen. Bis zu acht Sextupol-Stromkreise werden benötigt, um die Abhängigkeit der Fokussierung von der Teilchenenergie (Chromatizität) in den verschiedenen möglichen Optiken zu korrigieren. Die Stromzuführungen der Sextupole werden so ausgelegt, daß für jede Optik die optimale Anordnung der Stromkreise leicht hergestellt werden kann.

Es gibt Vorschläge, die Elektron-Proton-Luminosität aus der Koinzidenzrate der Bremsstrahlungs-Photonen und deren Rückstoß-Elektronen zu bestimmen. Der Impuls der Rückstoß-Elektronen kann in den Separator-Magneten gemessen werden, die den Protonen- und den Elektronenstrahl geometrisch zusammenführen bzw. trennen. Die daraus entstehenden Anforderungen an die Apertur der Separator-Magnete wurde bei deren Entwurf berücksichtigt. (Das gleiche gilt auch für die Protonen-Magnete, durch die der Photonenstrahl gehen muß.)

Ein neues und interessantes Prinzip für ein Rückkopplungssystem zur Stabilisierung der Vielbunch-Strahlen in PETRA und HERA wurde vorgeschlagen. Die Schwellen für die Strahlinstabilität sollen dabei ohne großen Aufwand um einen wesentlichen Faktor erhöht werden. Versuche mit solch einem neuen System wurden am Speicherring PETRA erfolgreich durchgeführt.

Magnete

Alle Magnete für den Elektronenring sind in der Serienfertigung. Für die Sextupolmagnete konnte sie erst freigegeben werden, nachdem technische Probleme mit der Spulenisolation gelöst waren. Geliefert sind 59 Dipolmagnete (15% der insgesamt 400 Magnete), 262 Quadrupolmagnete (44%), 58 Sextupolmagnete (15%) und 181 Korrekturmagnete (31%) (Abb. 85). Für die insgesamt 56 speziellen Dipolmagnete für die Strahl-Strahl-Trennung und die Spinrotatoren (neun verschiedene Typen) ist die Fertigung angelaufen.

Im Ringbogen sind jeweils ein Dipol-, Quadrupol-, Sextupol- und Korrektur-

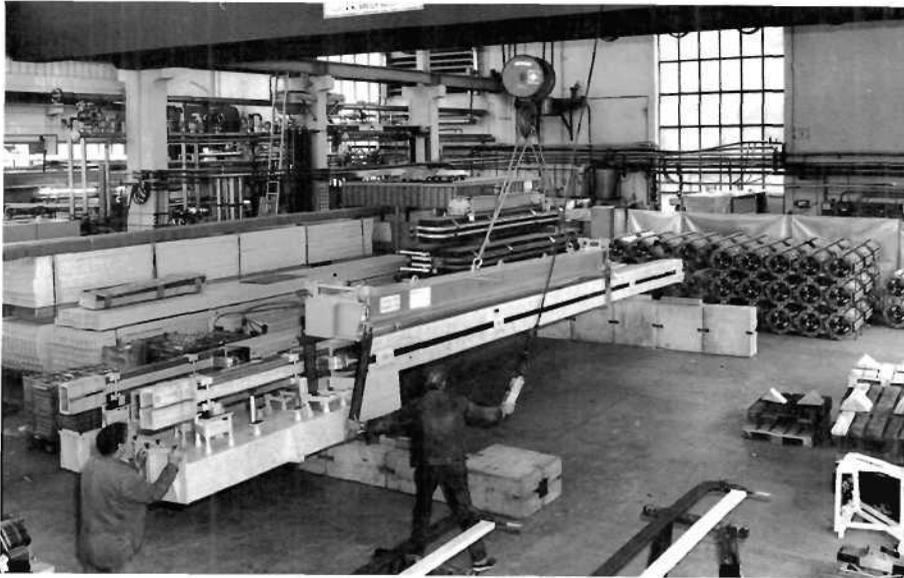


Abbildung 85: Anlieferung eines Magnetmoduls mit eingebautem Dipol für den HERA-Elektronenring; im Hintergrund erkennt man die ersten Quadrupole aus der Serienproduktion. (40078/24)

magnet mechanisch zu einem Modul zusammengefaßt, das bereits vormontiert und ausgerichtet in den Tunnel gebracht wird. Ein Montageplatz für den gleichzeitigen Aufbau von fünf Modulen wurde eingerichtet. Unmittelbar nach der Montage werden die Module im HERA-Ringtunnel installiert. Mit dieser Arbeit soll Mitte Februar 1987 begonnen werden. Alle Magnete durchlaufen ein Programm, in dem ihre magnetischen Eigenschaften gemessen werden. Alle bisher gemessenen Magnete waren gut innerhalb der spezifizierten Toleranzen.

Alle Hochfrequenz-Bauteile (Hohlleiter, Koppler, Ständer für Resonatoren u.s.w.), die zur Installation der 84 aus PETRA kommenden mehrzelligen Resonatoren im HERA-Ring benötigt werden, sind vorhanden. Bislang wurden nur die Resonatoren aus dem Nordabschnitt des PETRA-Ringes ausgebaut; ihre Installation im HERA-Tunnel steht bevor. Die Resonatoren aus den PETRA-Abschnitten Ost und West werden erst im August 1987 nach HERA transferiert. Danach verbleibt nur eine kleinere Zahl von Resonatoren im PETRA-Südabschnitt, die aber ausreicht, um Elektronen (oder Positronen) auf die HERA-Injektionsenergie von 14 GeV zu beschleunigen.

Ein neues Hochfrequenz-Kontrollsystem für HERA wurde entwickelt.

*Hochfrequenz-
system*

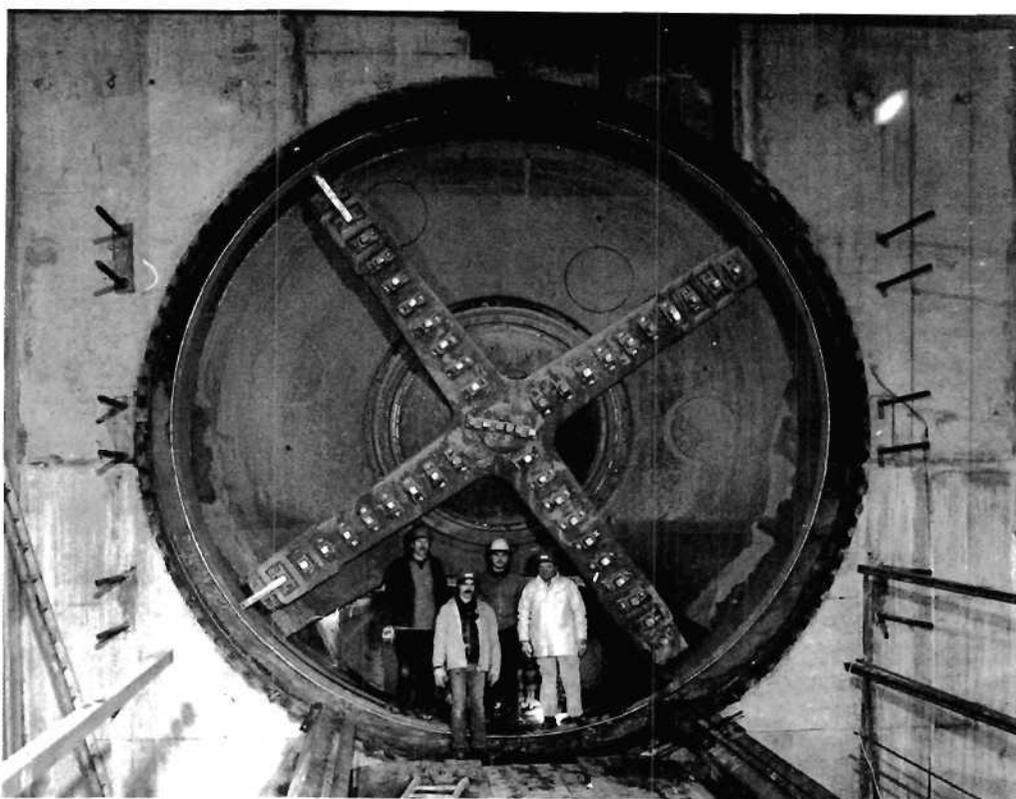


Abbildung 86: Am 14. Februar erreichte die Schildvortriebsmaschine die Halle West; der erste Quadrant des Tunnels war im Rohbau fertiggestellt. (39507/1)

Es wurden die Aufträge für die Serienproduktion der Kupfer-Hohlprofile für die HERA-Vakuumkammer und für deren mechanische Bearbeitung erteilt. Auch für die Serienproduktion der zusätzlichen Teile, einschließlich der integrierten Ionengetterpumpen, wurden die Aufträge vergeben. Für das Vakuumsystem in den vier geraden HERA-Abschnitten wird auch dieses Standard-Kupferprofil eingesetzt werden. Mit der Konstruktion des Vakuumsystems in diesen Abschnitten wird ein externes Ingenieurbüro beauftragt. Zusätzlich zu den integrierten Ionengetterpumpen werden etwa 600 Standard-Ionengetterpumpen (Haltepumpen) mit einer Pumpgeschwindigkeit von 60 l/s in den HERA-Ring eingebaut. Diese Pumpen wurden bestellt.

Vakuumsystem

Alle Komponenten für die Vakuumsysteme in den Injektionskanälen zwischen PETRA und HERA, mit einer Gesamtlänge von etwa 500 m, sind vorhanden und werden installiert. Für den Umbau von PETRA von einem e^+e^- -Speicherring in einen HERA-Injektor für 14 GeV Elektronen/Positronen und 40 GeV Protonen wurden die Vakuumkammern und -komponenten hergestellt und werden installiert.

Der HERA-Kontrollraum wird ein Teil des allgemeinen zentralen Maschinenkontrollraums für alle DESY-Beschleuniger sein. Um den dafür benötigten zusätzlichen Platz zu schaffen, wurden alle Kontrollrechner für die DESY-Maschinen, nach umfangreichen baulichen Maßnahmen in das darunterliegende Stockwerk transferiert. Es wurden 16 neue ND 110 Kontrollrechner gekauft und neben den vorhandenen Kontrollrechnern installiert. Die neuen Rechner sind durch ein Netzwerk (ETHERNET) miteinander verbunden. Die Erweiterung des Rechner-Pools machte es notwendig, das Betriebssystem der bisherigen Rechner so zu ändern, daß die vorhandenen Programme weiterhin betrieben werden können. Mit der stark vergrößerten Rechnerkapazität werden zukünftig auch solche Systeme erfaßt, die bisher nicht zentral rechnergesteuert waren, z.B. Ventilation und Kühlung, Stromversorgung und viele Hilfssysteme.

Kontrollsystem

Die Kontrollen und Monitore für den Protonen-Injektionsweg wurden fertiggestellt. Eine Neuheit ist die große Zahl von transparenten Schirmmonitoren, die so dünn sind (8 μm), daß sie ständig im Strahl bleiben können, ohne die Strahlemittanz wesentlich zu vergrößern. Die Signale der angeschlossenen Fernsehmonitore werden nicht nur optisch ausgelesen, sondern auch in digitalisierter Form zur unmittelbaren Eingabe in ein online Strahlage-Korrekturprogramm. Prototypen dieser Anordnung wurden im externen Elektronenstrahl erfolgreich getestet.

Im ersten Tunnelabschnitt, zwischen Halle Süd und Halle West, sind viele Hilfs- und Versorgungssysteme fertig installiert, z.B. die Helium-Quenchleitung, Kühlwassersysteme, Tunnelentwässerung, Druckgasleitungen, Kabelpritschen, Magnetstützen einschließlich Vermessung, und Fußbodenplatten. Dieser Abschnitt ist jetzt bereit zur Installation von Maschinenkomponenten wie die

Installation im Tunnel



Abbildung 87: Anschluß des Protonen-Transferkanals zwischen PETRA und HERA an den HERA-Tunnel; rechts der freigelegte Tunnel. (40246/7)

Elektronenring-Module und Magnet- und Kontrollkabel. Drei Spezial-Tunnel-fahrzeuge (Abb. 112) zum Einbringen schwerer Komponenten sind vorhanden und wurden erfolgreich vor Ort getestet. Im zweiten Tunnelabschnitt, zwischen Halle West und Halle Nord, haben die Installationsarbeiten begonnen. Die 40t-Kräne sind in Halle Süd und Halle West installiert und in Betrieb genommen worden.

Versorgung und Baumaßnahmen

Stromversorgung und Kühlung

Die Arbeiten an den unterirdischen Kabelführungen zu den drei externen HERA-Hallen Nord, Ost und Süd sind in vollem Gang und für Halle Süd bereits beendet. Diese 10kV-Hochleistungskabel versorgen die Hallen mit elektrischer Leistung. Die zugehörigen 10kV-Schaltstationen sind ebenfalls im Bau. Das Kühlwasser-Verteilungssystem im ersten Tunnelabschnitt ist fertig, und die Verbindungsrohre zu den Kühltürmen, Wärmeaustauschern und Pumpen in der Umgebung der Halle West sind bestellt. Das Kühlwasser-Verteilungssystem für den Protonen-Injektionskanal ist ebenfalls fertiggestellt.

Die Verkabelungsarbeiten für diesen Kanal und für den modifizierten PETRA-Ring sind im Gang. Für weitere Stromversorgungsgeräte (Sextupolkreise, Korrekturmagnete) und auch für die Haupt-Gleichstromgeräte, die die große Zahl von Chopper-Stromversorgungsgeräten speisen, wurden Angebote eingeholt. Prototypen dieser neuen Serie von Chopper-Stromversorgungsgeräten und Gleichstromwandlern wurden getestet und abgenommen.

In den Experimentierhallen Süd und West ist der Innenausbau fast abgeschlossen, und die Belüftungsanlage für den Tunnelabschnitt zwischen diesen Hallen ist in Betrieb. Für Halle Süd wird das oberirdische Zugangsgebäude errichtet, verdeckt durch den innen mit einer Stützmauer abgefangenen Erdwall. Die Halle Nord ist im Rohbau praktisch fertig, und von der Halle Ost sind 90% des Rohbaues vorhanden. Es wurden dort diejenigen Bauteile bevorzugt erstellt, bei denen die Tunnelbohrmaschine in Kürze eintreffen wird. Die Vorbereitungen für einen schnellen Transfer der Maschine durch die Halle zum Beginn des letzten Tunnelabschnittes wurden getroffen.

Experimentierhallen

Von Halle Süd gestartet, erreichte die Tunnelbohrmaschine am 14.2.1986 die Halle West (Abb. 86), am 3.9.1986 die Halle Nord und hatte Ende 1986 auch gut die Hälfte des dritten Tunnelabschnittes gebohrt. Der Tunnel ist dort an seinem niedrigsten Punkt angelangt, ungefähr 20 m unterhalb des höchsten Punktes im Quadranten Süd-West und 15 m unter dem Grundwasserspiegel. Größere Schwierigkeiten sind dabei nicht aufgetreten. Die Ausbauarbeiten (Fußböden, Strahlenschutzwand u.s.w.) waren im ersten Tunnelabschnitt im Herbst 1986 beendet und sind jetzt im 2. Tunnelabschnitt in vollem Gang.

HERA-Tunnel

Die beiden großen neuen Hallen, für die Kälteanlage und für die Vermessung der supraleitenden Magnete (mit 5-stöckigem Laboranbau), auf dem DESY-Gelände nahe der Halle West, waren Anfang 1986 fertiggestellt. Der Protonen-Transferkanal zwischen PETRA und HERA ist fertiggestellt und an den HERA-Tunnel angeschlossen (Abb. 87). Der (kürzere) Elektronen-Transferkanal ist im Bau; sein Fortschritt wurde durch das kalte Winterwetter etwas verzögert.

*Weitere
Baumaßnahmen*

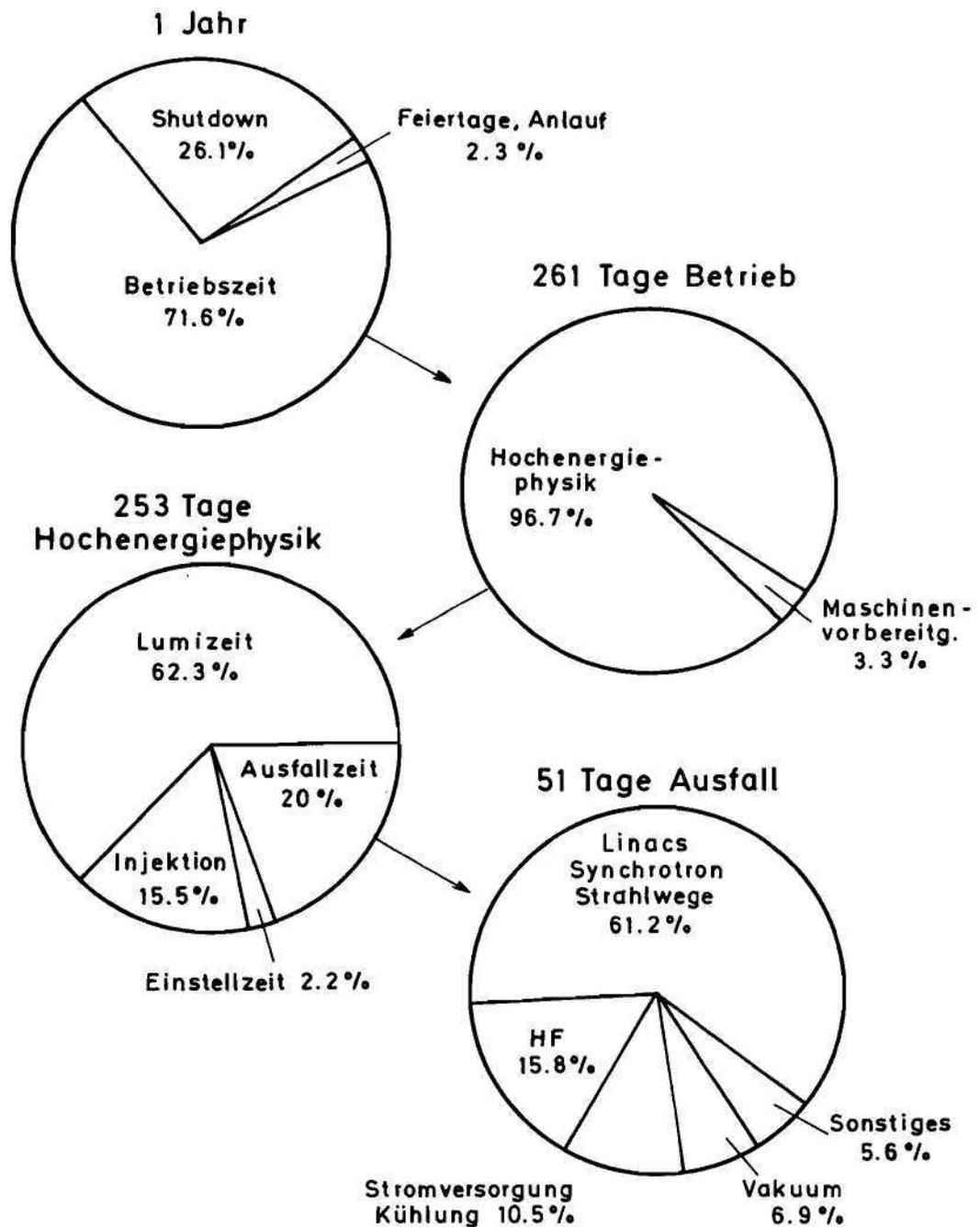


Abbildung 88: Maschinenzeitverteilung und Ausfallstatistik von PETRA in 1986.

Speicherring PETRA I

Der e^+e^- -Speicherring PETRA "I" lief im Jahr 1986 über acht Monate, von Mitte Februar bis Anfang November, für die vier PETRA-Experimente CELLO, TASSO, MARK J und JADE. Bei einer Betriebsenergie von 17.5 GeV wurde pro Experiment eine mittlere integrierte Luminosität von 129.5 pb^{-1} geliefert.

Überblick

In der Wartungsperiode 1985/86 wurde die Zahl der Beschleunigungsresonatoren durch Ausbau der siebenzelligen Resonatoren auf die Hälfte reduziert. Mit den verbleibenden 56 Beschleunigungsresonatoren war es möglich, $4 \times 6.8 \text{ mA}$ zu speichern.

Das experimentelle Forschungsprogramm am Speicherring PETRA endete am 3. November 1986. PETRA wird nach einer Umbauphase als PETRA II die Rolle eines Vorbeschleunigers für HERA übernehmen. Mit diesem Umbau wurde im November begonnen.

Einen Überblick über die zeitliche Aufteilung des Betriebsjahres 1986 gibt Abb. 88. Von 261 Betriebstagen entfielen 253 Tage auf die Hochenergiephysik. Mehr Meßzeit stand den Experimenten in keinem anderen PETRA-Jahr zur Verfügung.

Betriebsergebnis

Bei einer Betriebsenergie von 17.5 GeV mußten die PETRA-Komponenten nicht mehr an ihrer Leistungsgrenze betrieben werden, dementsprechend verringerte sich die Ausfallzeit bei PETRA. Leider verhinderte eine erhöhte Ausfallrate bei den Vorbeschleunigern einen deutlichen Rückgang bei der Gesamtausfallzeit, die mit 20% gegenüber dem Vorjahr nur um 2.6% abgenommen hat.

Abb. 89 zeigt, wieviel Luminosität von PETRA in den einzelnen Betriebswochen pro Experiment im Mittel geliefert wurde. Über alle Wochen summiert, erhält man 129.5 pb^{-1} . Das ist ein Rekordergebnis für PETRA, wie Abb. 90 zeigt, in der die integrierten Luminositäten der vergangenen PETRA-Jahre aufgetragen sind.

Der bisherige Wert der Spitzenluminosität von PETRA lag bei

$$1.7 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$$

Dieser Wert konnte 1986 auf

$$2.4 \times 10^{31} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$$

erhöht werden. Damit ist das letzte Betriebsjahr des Speicherrings PETRA zu einem der erfolgreichsten geworden.

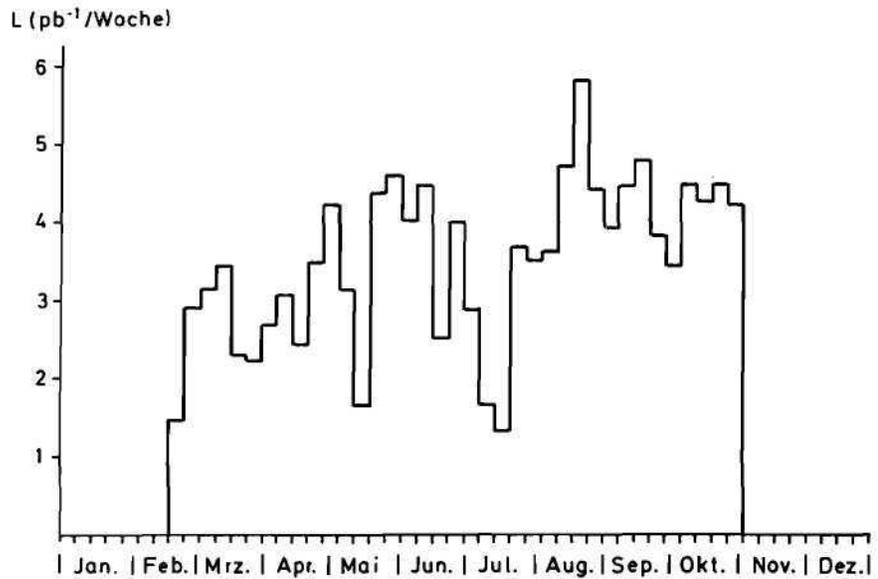


Abbildung 89: Mittlere Luminosität pro Experiment von PETRA im Jahr 1986.

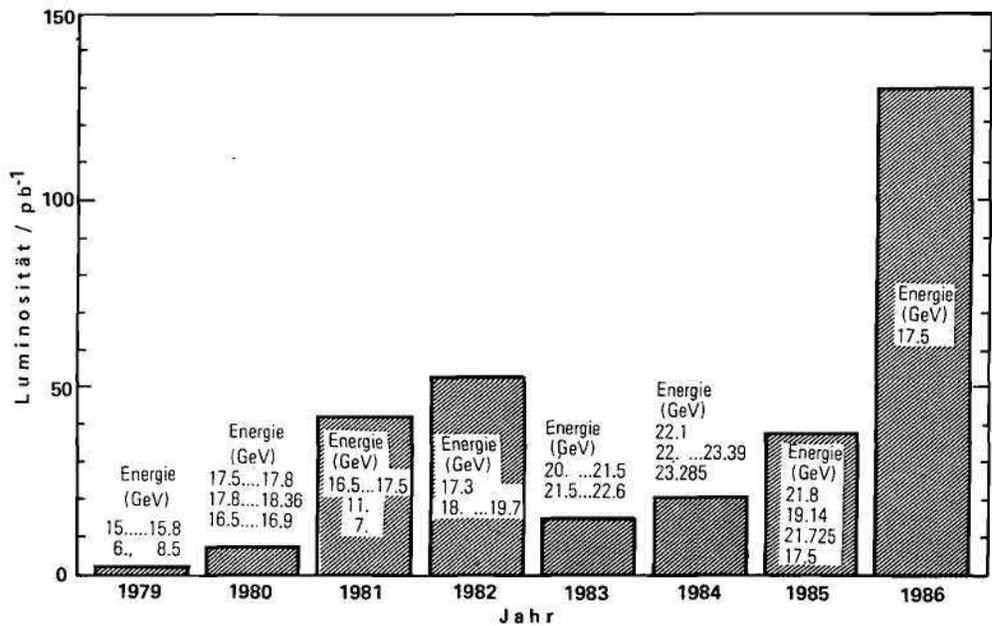


Abbildung 90: Die PETRA-Luminosität von 1979 bis 1986.

Im Jahr 1985 war PETRA mit 54 siebenzelligen und 56 fünfzelligen Beschleunigungsresonatoren bei Strahlenergien bis über 23 GeV betrieben worden. Da besonders die siebenzelligen Beschleunigungsresonatoren die Anregung von strombegrenzenden Satellitenresonanzen begünstigen, war beschlossen worden, die siebenzelligen Resonatoren auszubauen, um zu höheren speicherbaren Strömen in PETRA zu kommen. In der Wartungsperiode 1985/86 wurden 54 Resonatoren ausgebaut. Der Sender NL wurde stillgelegt, und die Leistung der Sender OL, OR, WL und WR wurde auf die Hälfte reduziert. Diese Sender wurden statt mit zwei Klystrons nur noch mit einem Klystron betrieben. Die Sender NR, SL und SR wurden nicht verändert. Mit dieser Anordnung war es möglich, PETRA bei einer Energie von 17.5 GeV zuverlässig zu betreiben.

Reduzierung des HF-Systems

Der Ausbau der siebenzelligen Beschleunigungsresonatoren brachte die erwartete Erhöhung des in PETRA speicherbaren Stromes. Im Vorjahr waren 4×4.5 mA erreicht worden. Dieser Wert konnte auf 4×6.8 mA gesteigert werden. Allerdings waren diese Ströme für den Luminositätsbetrieb nicht mehr nutzbar, weil sich bei zwei Experimenten die Strahlrohre zu stark erwärmten, und weil allgemein die Untergrundrate so hoch lag, daß die Experimente nicht mehr messen konnten. Für Luminositätsmessungen lagen die Anfangsströme zwischen 4×5.5 mA und 4×6 mA.

Maximale Ströme

PETRA wird in der Rolle als Vorbeschleuniger für HERA Füllungen mit bis zu maximal 70 Bunchen speichern und beschleunigen müssen. In solchen Multibunchfüllungen können unerwünschte Schwingungen auftreten, die man gerne durch ein Feedbacksystem bedämpfen würde. Das bestehende PETRA-Feedbacksystem ist für Einzelbunchfüllungen entwickelt worden und daher in Zukunft in der bisherigen Weise nicht mehr einsetzbar. In dem Bericht DESY 86-121 wird ein Verfahren vorgeschlagen, wie unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen auch mit dem bestehenden schmalbandigen Feedbacksystem eine Bedämpfung einer Multibunchfüllung erreicht werden kann. In zwei achtstündigen Maschinenschichten konnte experimentell nachgewiesen werden, daß das Verfahren prinzipiell funktioniert. Die Ergebnisse des Experiments sind in DESY 86-171 veröffentlicht worden.

Feedback-Studien

Am 3. November 1986 endete nach acht Jahren das experimentelle Forschungsprogramm an dem e^+e^- -Speicherring PETRA. Bis zum Jahr 1988 wird PETRA in mehreren Stufen zu einem Vorbeschleuniger für HERA umgebaut. Dieser neue Beschleuniger, PETRA II, wird abwechselnd Protonen und Elektronen auf die HERA-Einschußenergien, 40 GeV für Protonen und 14 GeV für Elektronen, beschleunigen. Die erste Umbauphase begann schon 1986 mit dem Ausbau der vier PETRA-Experimente, CELLO, TASSO, MARK J und JADE, aus PETRA und mit dem Abbau aller HF-Komponenten im geraden Stück NR, wo die künftige Protonen-Ejektion eingebaut wird.

PETRA II

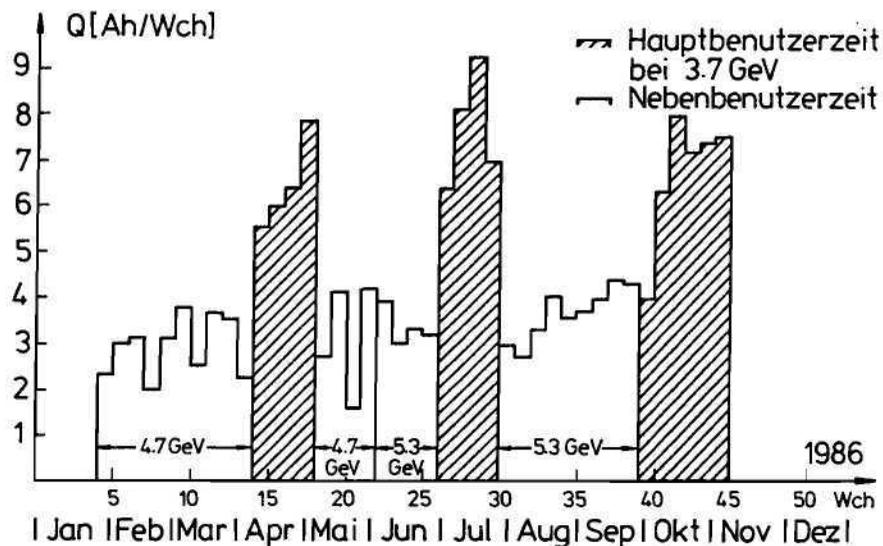


Abbildung 91: Luminosität von DORIS II in 1986.

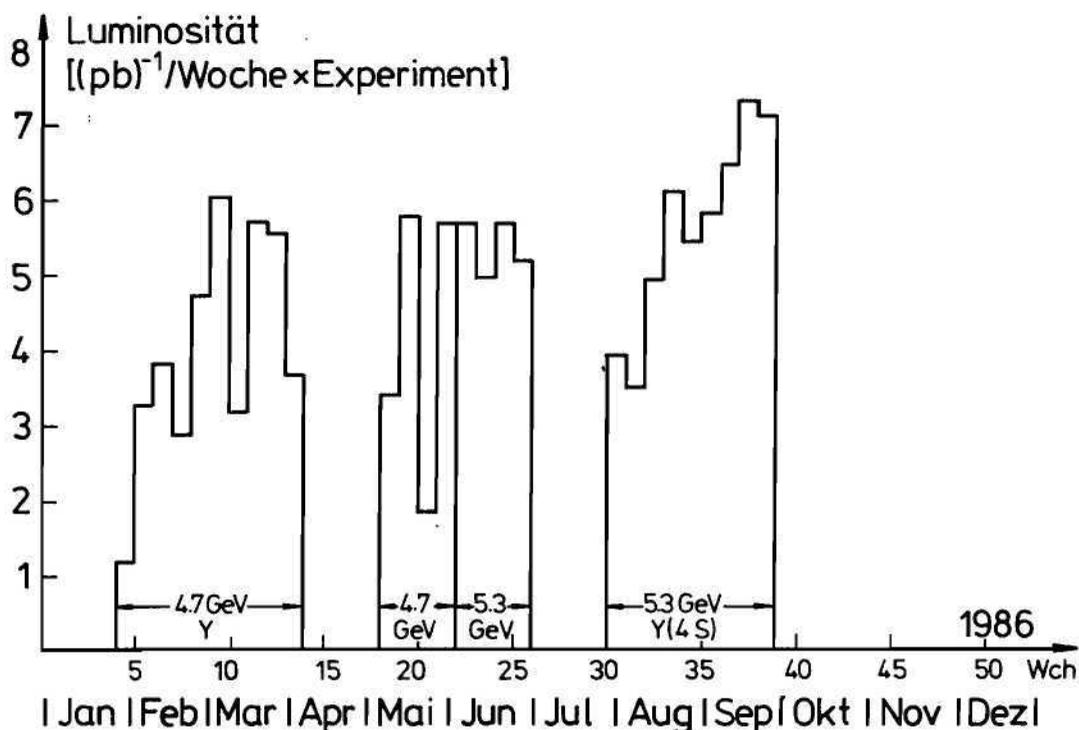


Abbildung 92: Für Synchrotronstrahlung in DORIS II gespeicherte Ladung in 1986.

Speicherring DORIS II

Wie schon in den Vorjahren wurde DORIS II auch 1986 sowohl für Hochenergiephysik als auch für die Synchrotronstrahlungserzeugung genutzt. Dabei gelang es, die höchste integrierte Luminosität (ca. 130 pb^{-1}) zu erzielen, die je mit DORIS in einem Jahr erreicht wurde. Der Einbau eines zweiten Wigglers ("Miniwiggler") verbesserte die Möglichkeiten, DORIS als Synchrotronstrahlungsquelle zu nutzen. Die technische Zuverlässigkeit wurde dadurch erhöht, daß auch die restlichen drei Sender (von insgesamt vier) mit HF-Zirkulatoren zur Entkopplung der strahlbelasteten Hochfrequenzbeschleunigungsstrecken von den Klystronsendern ausgerüstet wurden. Maschinenstudien wurden nur mit geringem Zeitaufwand und in sehr enger Abstimmung mit den Nutzern betrieben, weil abzusehen war, daß für diese 1987 wegen der HERA-Aktivitäten nur wenig Strahlzeit zur Verfügung stehen würde.

Überblick

Von den 8760 h des Jahres standen 6632 h oder 76% für den Betrieb von DORIS II zur Verfügung. Die Restzeit entfiel auf Umbauten und Wartung für alle Beschleuniger (Shut-down) sowie auf Feiertage. Tab. 7 zeigt, wie die Betriebszeit auf Hochenergiephysik und Synchrotronstrahlung verteilt wurde. Der Tab. 8 ist die Zuverlässigkeit der Maschine zu entnehmen, und in Tab. 9 sind die wichtigsten Ursachen für technische Störungen aufgeschlüsselt. Fehler in der DORIS-Technik traten nur während 5.6% der Betriebszeit auf. Zu diesem guten Ergebnis beigetragen hat, daß die relative Häufigkeit der Senderausfälle nach dem Einbau der Zirkulatoren auf weniger als die Hälfte im Vergleich zum Vorjahr sank. Tab. 10 gibt Auskunft über das Betriebsergebnis für die einzelnen Nutzer. Wie bereits erwähnt, wurde mit etwa $130 \text{ pb}^{-1}/\text{a}$ die höchste Luminosität in der Geschichte von DORIS erzielt (bisher etwa $90 \text{ pb}^{-1}/\text{a}$). Das ist besonders bemerkenswert, weil die Ströme auf etwa 33 mA/bunch beschränkt werden mußten, um gefährdete Teile der Vakuumkammer nicht zu überhitzen. In den Abbildungen 91 und 92 sind die erreichte Luminosität bzw. die gespeicherte Ladung pro Woche dargestellt. Es bestätigt sich, daß in den Hauptbenutzerzeiten für Synchrotronstrahlung etwa doppelt so viel Ladung gespeichert werden kann wie in den Nebenbenutzerzeiten. Darüberhinaus werden längere

Betriebsergebnis

Tabelle 7: Die geplante Nutzung von DORIS II in 1986.

Hochenergiephysik bei 4.7 GeV und 5.3 GeV	4 352 h = 65.6%
Synchrotronstrahlung bei 3.7 GeV	2 280 h = 34.4%
Summe	6 632 h = 100.0%

Tabelle 8: Der Ablauf der geplanten Nutzung von DORIS II in 1986.

Nutzbare Zeit	4 846 h = 73.1%
Injektion	264 h = 4.0%
Einstellen der Maschine	353 h = 5.3%
Technische Ausfälle	1 169 h = 17.6%
Summe	6 632 h = 100.0%

Tabelle 9: Ursachen für technische Ausfälle von DORIS II in 1986.

Kein Strahl aus Vorbeschleuniger	643 h = 9.7%
Kein Betrieb auf Wunsch der Nutzer	156 h = 2.3%
Fehler im Vakuumsystem	151 h = 2.3%
Fehler im HF-System	79 h = 1.2%
Ausfall der Stromversorgung für Magnete	65 h = 1.0%
Sonstiges (z.B. Netzausfall)	75 h = 1.1%
Summe	1169 h = 17.6%

zusammenhängende Meßzeiten ermöglicht, weil der zeitliche Abstand zwischen zwei Füllungen aufgrund von größeren Lebensdauern etwa viermal länger ist.

Maschinenstudien

Untersucht wurden Probleme im Zusammenhang mit

- Luminosität
- Minimal möglicher Vakuumkammerhöhe
- Unterschieden zwischen gespeicherten Elektronen- und Positronenstrahlen

Luminosität: Durch schärfere Fokussierung des Strahles in den Wechselwirkungspunkten, d.h. durch Reduktion der Amplitudenfunktion βz^* , kann die Luminosität erhöht werden. Es werden jedoch größere Sextupolstärken erforderlich, welche die Lebensdauer des Strahles verkürzen können. Diese Tendenz zeigt sich bereits bei 5 GeV; bei 5.3 GeV hing die Lebensdauer dann empfindlich von der Sextupolstärke ab. So konnte bei einer für große gespeicherte Ströme geeigneten Sextupoleinstellung keine längere Lebensdauer als 20 min. erzielt werden.

Minimale Höhe der Vakuumkammer: DORIS II kann durch den Einsatz von Wiggler und Undulatoren als Quelle von Synchrotronstrahlung besser genutzt werden. Derartige Geräte sind besonders effektiv, wenn sie mit kleinem "gap" und einer dementsprechend flachen Vakuumkammer betrieben werden. Eine zu flache Kammer verkürzt andererseits die Strahllebensdauer und ver-

Tabelle 10: Ergebnisse der DORIS II-Hauptbenutzerzeit in 1986.

Hauptbenutzer	Energie [GeV]	geplante Zeit [h]	Luminosität pro WWZ [pb ⁻¹]	gespeicherte Ladung [Ah]
ARGUS	5.3	2184	73.0	46.7
Crystal Ball	4.7	2168	57.3	42.0
HASYLAB	3.7	2280	–	97.0
Summe	–	6632	130.3	185.7

schlechtert die Einschubbedingungen. Wie flach eine Kammer sein darf, hängt ab von der Fokussierung, der Energie, der gespeicherten Stromstärke und der Strahl-Strahl-Wechselwirkung bei Luminositätsbetrieb. Der minimale Platzbedarf wurde durch Scraper-Messungen an einem Ort mit einer vertikalen Amplitudenfunktion von etwa 20 m ermittelt. Je nach Betriebsbedingungen liegt er ohne Berücksichtigung von Orbitstörungen zwischen 3 mm und 26 mm. Die lichte Höhe einer idealen Kammer sollte daher zwischen etwa 12 mm und 35 mm variiert werden können (bei β_z ca. 20 m)—Orbitstörungen sind bei dieser Angabe berücksichtigt.

Unterschied zwischen gespeicherten Elektronen- und Positronenstrahlen: An Elektronenstrahlen, die mit einer mittleren Lebensdauer von mehr als 5 h gespeichert sind, werden häufig Lebensdauerrückgänge auf etwa 0.5 h beobachtet. Oft steigt die Lebensdauer nach einigen Minuten bei ungeänderter Maschineneinstellung dann "von selbst" wieder auf große Werte, während durch gezielt veränderte Einstellungen dieses meist nicht bewirkt werden kann. Ein derartiges Verhalten wird auf positive Ionen zurückgeführt, die im Potential des Elektronenstrahles gefangen sind. Wenn diese Interpretation richtig ist, darf ein Positronenstrahl solche Lebensdauereinbrüche nicht zeigen. Beobachtungen an einem Positronenstrahl bestätigen diese Erwartung. Positronen scheinen daher zur Produktion von Synchrotronstrahlung grundsätzlich besser geeignet zu sein als Elektronen.

Tabelle 11: 20 Jahre Betriebsstatistik des Synchrotrons (1964 bis 1986).

Jahr	Gesamt- Betr.zeit Std.	für Hauptbenutzer		Maschinen- studien Std.	Wartungs- schichten Std.
		geplant Std.	erhalten Std.		
1964	–	1 009	767	821	–
1965	5 075	3 464	2 592	1 208	400
1966	5 855	4 228	3 460	1 119	508
1967	6 816	4 833	4 367	1 105	878
1968	6 968	5 745	5 137	527	696
1969	7 160	5 845	5 574	552	760
1970	6 456	5 037	4 854	766	653
1971	6 384	5 026	4 431	696	662
1972	6 876	5 574	4 967	571	732
1973	7 792	6 326	5 641	558	908
1974	7 760	6 468	5 906	456	836
1975	7 400	6 272	5 772	336	792
1976	8 303	6 480	5 907	390	1 433
1977	6 432	5 159	4 464	544	729
1978	7 903	5 999	5 488	903	1 001
1979	6 832	6 672	6 377	128	32
1980	7 067	6 478	5 994	292	288
1981	7 000	6 303	5 964	345	352
1982	7 251	6 783	6 289	408	60
1983	7 658	7 466	6 946	96	96
1984	6 459	6 123	5 704	96	240
1985	5 944	5 872	5 365	48	–
1986	7 134	6 844	6 213	496*	96
Summe	152 525	130 005 85.2% der Ges.betr.- zeit	118 179 90.9% der ges. Haupt- ben.zeit	12 461 8.2% der Ges.betr.- zeit	12 152 9.0% der Ges.betr.- zeit

*einschließlich DESY II

Synchrotrons DESY I und II

Mit der Festlegung, den Betrieb für Hochenergieexperimente an PETRA nur noch bis zum 1. November 1986 laufen zu lassen, um rechtzeitig mit dem Umbau PETRA's als Zwischenbeschleuniger für HERA beginnen zu können, war es notwendig, möglichst viel und effektive Strahlzeit in 1986 für PETRA zu erzielen. Aus diesem Grund wurde die Montagezeit November 1985 bis Januar 1986 kurz gehalten und der Beschleunigerbetrieb weiter mit DESY I durchgeführt. Für den endgültigen Ausbau von DESY II auf volle Endenergie und mit allen angeschlossenen Transportwegen hätte diese Montagezeit wesentlich länger dauern müssen. Hinzu wäre dann noch mindestens ein Monat Erprobungszeit für DESY II gekommen. So wurde bereits Anfang Januar 1986 der Normalbetrieb mit DESY I wieder aufgenommen und ohne größere Unterbrechung bis Ende Oktober 1986 durchgeführt.

Betriebsablauf
1986

Tabelle 12: Betriebsstatistik des Synchrotrons für 1986.

Monat	Gesamt- Betr.zeit Std.	für Hauptbenutzer		erhalten		Masch.- stud. Std./Std.	Wart.- zeit Std.	Montage- zeit 1986	Nebenben. am Synchr. Std.
		vorges. Std.	erhalten Std.	DORIS Std. (%)	PETRA Std. (%)				
Jan.	624	360	345.6	345.6 (96.0)	-	168/24*	96	2.1.-6.1.	336
Feb.	672	672	531.6	531.6 (79.1)	389.1 (74.8)	-/80*	-	-	592
März	640	640	591.7	591.7 (92.5)	591.6 (92.4)	-/-	-	-	640
Apr.	720	720	614.2	608.2 (84.5)	614.2 (85.3)	-/40*	-	-	680
Mai	744	744	633.4	630.5 (84.7)	633.4 (85.1)	-/-	-	-	744
Juni	720	720	689.7	689.7 (95.8)	682.7 (94.8)	-/20*	-	-	700
Juli	744	744	656.9	656.9 (88.3)	489.1 (65.7)	-/-	-	-	744
Aug.	744	744	695.9	684.3 (92.0)	695.9 (93.5)	-/28*	-	-	716
Sept.	720	710	681.5	681.5 (96.0)	681.4 (96.0)	-/15*	10	27.9.	695
Okt.	744	744	728.5	728.5 (97.8)	728.5 (97.9)	-/125*	-	-	619
Nov.	46	46	44.0	44.0 (95.7)	41.0 (89.1)	-/20*	-	3.11.-30.11.	26
Dez.	-	-	-	-	-	-/-	-	1.12.-31.12.	-
Summe Std. (%)	7 134	6 844 (95.9)	6 213.0 (90.8)	6 156.1 (89.9)	5 546.9 (81.0)	168/328 (2.4/4.6)	96 (1.3)		6 492 (91)

*Während dieser Zeit wurde DESY II parallel zu den Speicherringen betrieben.

Die Betriebsstatistik weist eine Verfügbarkeit von über 90% für Hauptbenutzer in 1986 aus und bewegt sich damit im Rahmen der in den Vorjahren erzielten Ergebnisse. Hier ist aber anzumerken, daß ein großer Teil der Ausfälle im Bereich der Stromversorgung für die Synchrotronmagnete auftrat, womit sich der immer stärker werdende Alterungsprozeß der seit 1964 ununterbrochen in Betrieb befindlichen Anlagenteile bemerkbar machte. Da zum 1. November 1986 das Synchrotron DESY I endgültig außer Betrieb genommen werden sollte, wurden alle Arbeiten an der alten Maschine bis auf das für die Aufrechterhaltung des Betriebes unerlässlich notwendige Maß eingeschränkt.

Tabelle 13: Ausfälle von über einer Stunde Hauptbenutzerzeit in 1986.

Transportwege und Netzgeräte	6
Septumausfälle	1
Kickerausfälle	3
Störungen durch Rechner und Interface	1
Wasserstörungen	12
Pressluft	2
Magnete, Magnetstromversorgung des Synchrotrons sowie alle allgemeinen Stromausfälle	24
Ausfälle durch Vakuumlecks und Vakuumpumpen sowie -schieber	12
Intensitätsverlust (Regen)	1
Änderung des Betriebszustandes	4
Interlockursachen	2
Trigger	3
Ausfälle im LINAC I	5
Ausfälle im LINAC II	5
Ausfälle bei PIA	5
Ausfälle in der Hochfrequenz	3
Vorbereitung für DESY II	-
Verschiedenes	1
Angegeben ist die Anzahl der Störungen die insgesamt ausgefallenen Experimentierstunden belaufen sich auf	(90) 631 h (9.2%)

Die Tabellen 12 und 13 geben die Betriebsstatistik und die Ausfallursachen im Jahr 1986 wieder, Tabelle 11 zeigt die während der Lebensdauer von DESY I in mehr als 22 Jahren mit einer Gesamtbetriebszeit von 152 525 Stunden erzielten Betriebsergebnisse.

DESY II

In der Montagezeit zum Jahreswechsel 1985/86 wurden eine Reihe von Komponenten ergänzt bzw. neu eingebaut, unter anderem Kohlenfadentargets für Gamma-Teststrahlen, die restlichen sechs von insgesamt acht siebenzelligen Cavities, Monitore zur Strahlbeobachtung und die Strahlführungen zu DORIS und PETRA im Bereich der inneren Kragdecke, soweit der weiter laufende Betrieb von DESY I dies ermöglichte.

In der Stromversorgung für die DESY II-Magnetkreise wurden die beiden Quadrupol- und die beiden Sextupolkreise auf die endgültige Schaltung für den Betrieb größer 7 GeV umgerüstet. Der Dipolkreis erhielt gleichfalls die endgültige Stromversorgung, die aber wegen des noch nicht vollständigen Verbraucherkreises (die White-Schaltung wurde noch weiter für DESY I gebraucht) nur bis 1 GeV belastet werden konnte.

In der Pausenzeiten zwischen dem Betrieb von DESY I für die Speicherringe DORIS und PETRA und für Teststrahlbenutzer an DESY I wurden in dem Zeitraum Februar bis Oktober 1986 Messungen am beschleunigten Elektronen-

strahl in DESY II durchgeführt. Das Ziel dieser Messungen war es, die Eigenschaften des neuen Synchrotrons möglichst umfassend kennenzulernen und, wo nötig, geeignete Verbesserungen rechtzeitig vor der Ablösung von DESY I durch DESY II im Frühjahr 1987 durchzuführen. Schwerpunkte dieser Arbeiten waren die Untersuchungen zur Verbesserung der Stabilität der Stromversorgung der Hauptmagnetkreise. Diese erwiesen sich als außerordentlich schwierig und zeitraubend. In den Quadrupol- und Sextupolkreisen konnte die erforderliche Stabilität von besser als 10^{-4} erreicht werden. Auch die Dipolkreisversorgung zeigte zufriedenstellende Ergebnisse, deren Aussagewert aber insofern zu relativieren war, als sie sich nur auf den Betrieb mit dem provisorischen 1-GeV-Verbraucherkreis beziehen konnten. Ausgiebig wurde das Strallage-Meß- und Korrektursystem getestet. Hierbei wurde eine völlig neue Meß- und Auswertelektronik zum ersten Mal mit Erfolg betrieben. Weitere Untersuchungen bezogen sich auf Fragen zur Stabilität und der optischen Anpassung des 200MeV-LINAC I-Strahls. Einen großen Raum nahmen auch Messungen zur Stabilität des Arbeitspunktes ein. Das transversale Feedback konnte erfolgreich erprobt werden.

Die Synchrotron-Gruppe war im Berichtszeitraum auch maßgebend an der Planung zum Bau des neuen Protonen-Synchrotrons DESY III beteiligt. Hier sind zu nennen:

- Auslegung der Geometrie und der Aufstellung der neuen Maschine
- Entwurf, Entwicklung und Beschaffung der Komponenten für die Hochfrequenzbeschleunigung
- Auslegung des Orbit-Meß- und Korrektursystems
- Arbeiten zur Ejektion
- Berechnung von Wirbelstromeffekten

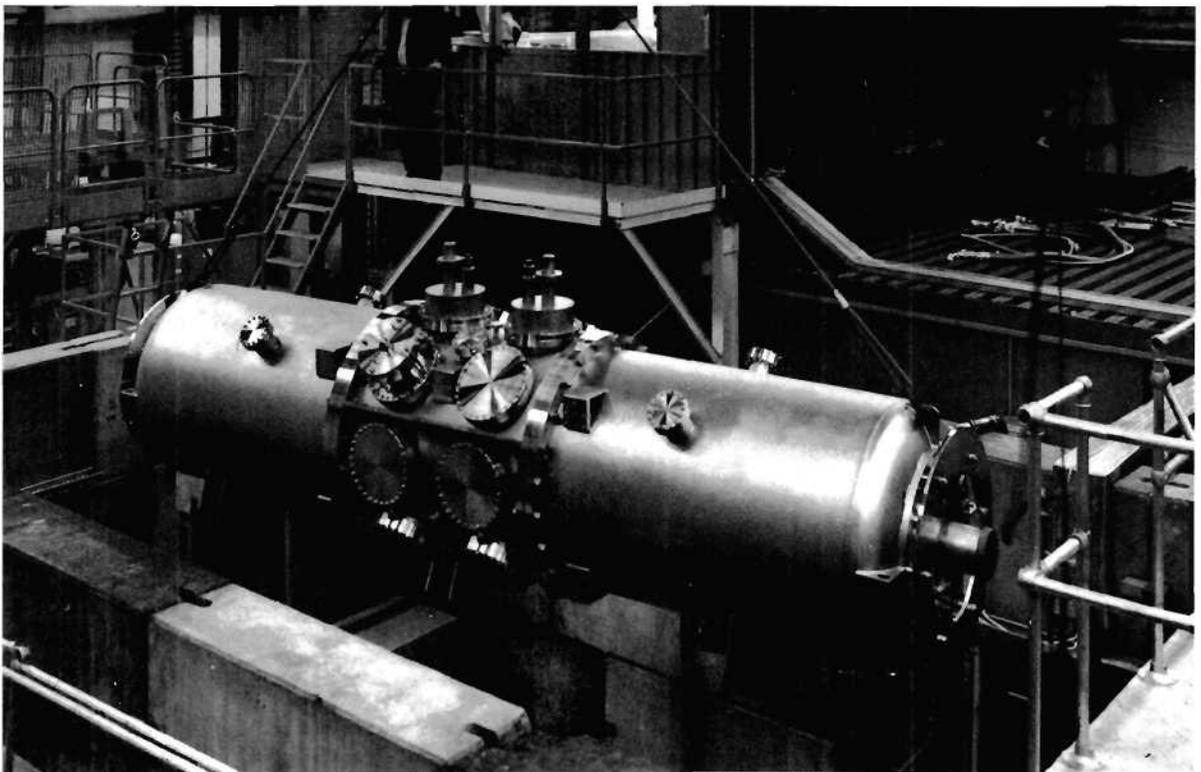


Abbildung 93: Kryostat für zwei vierzellige supraleitende Resonatoren.
(40185/6)

Neue Beschleunigungstechniken

Der Einsatz supraleitender anstelle von normalleitenden Resonatoren im HERA-Elektronenring würde die Möglichkeit bieten,

- bei gleichbleibender Strahlenergie erheblich an Stromkosten zu sparen und
- durch die Erhöhung der Umlaufspannung die Strahlenergie ohne zusätzliche Senderleistung heraufzusetzen.

*Supraleitende
Hochfrequenz-
beschleunigungs-
strecken*

Außerdem ist der Einsatz supraleitender Beschleunigungsstrecken vorteilhaft hinsichtlich der Schwelle für Instabilitäten, welche durch hochintensive gebunchte Strahlen infolge Anregung höherer Modi in den Beschleunigungsstrecken verursacht werden, da man mit weniger Cavities die gleiche Umfangspannung erreichen kann.

Es wurde daher im Jahr 1985 ein Programm beschlossen, durch die Entwicklung, den Bau und Test von Prototypstrukturen die technischen Voraussetzungen für eine Entscheidung im Jahr 1987 über den Einsatz von supraleitenden Resonatoren in HERA zu ermöglichen. Bei den Entwicklungsarbeiten wurde Wert auf die frühestmögliche Einbindung der Industrie gelegt. Deshalb wurde über Personalentsendung durch die Industrie ein unmittelbarer Kontakt sichergestellt. Hierzu diente u.a. ein Kooperationsabkommen zwischen der Firma Interatom und DESY, welches teilweise durch das BMFT über die Technologietransfer-Förderung finanziert wurde. Weiterhin wurden an diese und andere beauftragte Firmen (Dornier, NTG, Lufthansawerft), nicht nur Fertigungs-, sondern auch Versuchs- und Entwurfsaufgaben vergeben. Hierdurch wurden die Prototypvorgaben frühzeitig den industriell möglichen Fertigungsverfahren angepaßt, bzw. neue Fertigungsverfahren konnten rechtzeitig entwickelt werden.

Im einzelnen wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

Entwurf und Fertigung von zwei Kryostaten zur Aufnahme von zwei Resonatoren zu je 4 Zellen: Der erste im Oktober ausgelieferte Kryostat (Abb. 93) bestätigte im Kalttest die spezifizierten Werte bezüglich Wärmeverlusten und Vakuumbedingungen.

Entwurf und Fertigung von drei je vierzelligen Niob-Resonatoren mit integrierten Heliumbehältern gemeinsam mit der Firma Dornier: Zur Vermeidung von Flanschverbindungen mit der Gefahr von Leckagen wurde eine Diffusionsschweißverbindung zwischen Stahl und Niob nach dem HIP-Verfahren (high isostatic pressure) entwickelt. Die Niob-Resonatoren wurden aus Nioblech mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 25 \text{ W/m/K}$) durch Drücken und Elektronenstrahlschweißen hergestellt. Neben der mechanischen Fertigung schloß der Auftrag auch die chemische Behandlung, staubarme Reinigung und testfertige Anlieferung ein. Mit der Auslieferung ist zu Beginn des Jahres 1987 zu rechnen.

Entwurf und Fertigung von drei je vierzelligen Niob-Resonatoren mit Rohrkühlungssystem anstelle eines Badkryostaten: Diese Anordnung erlaubt den Aufbau eines vereinfachten Helium-Verteilungssystems und stellt im Fall einer schlagartigen Verdampfung des Heliums (z.B. bei Verlust des Isolier-vakuums) kein Sicherheitsproblem dar. Hier sollte ein an kleineren Resonatoren erprobtes Verfahren mit einer elektrolytisch auf der Außenseite aufgetragenen hochwärmeleitenden Silberschicht angewendet werden. Die bei der Lufthansa-werft nach einem dortigen Patentverfahren aufgetragenen Silberschichten zeigten jedoch Haftungsprobleme, die wahrscheinlich durch Schwierigkeiten bei der Vorreinigung der großen Resonatoren begründet sind. Es wurde daher von der Firma Interatom als Alternative ein Verfahren entwickelt, bei dem Niob- und hochwärmeleitende Kupferbleche durch Sprengplattierung verbunden, als Zweischnittmaterial weiter verformt und durch Sektionsschweißen schließlich zu einem Resonator verarbeitet werden. Ein einzelliger Testresonator nach diesem Herstellungsverfahren stand vor Jahresende kurz vor der Fertigstellung.

Entwurf neuer Koppler zur Dämpfung der höheren Moden: Der geplante hohe Strahlstrom von 60 mA in HERA verlangt eine starke Dämpfung der strahlinduzierten höheren Moden im supraleitenden Resonator. Die bisher bekannten und für supraleitende Resonatoren anwendbaren Konzepte zeigen eine um etwa den Faktor 10 zu geringe Dämpfung. Hier wurde eine neue Kopp-lerversion entwickelt, die die geforderten Dämpfungswerte erreicht. Die Koppler sind komplett aus Niob gefertigt und werden mit dem Resonator verschweißt.

Supraleitungstest eines Resonators mit neuem Kopplerdesign: Ein einzelliger Resonator mit den neu entwickelten Kopplern wurde von der Firma Dornier hergestellt und bei DESY getestet. Hierbei sollten die Fertigungsver-fahren bei Dornier überprüft und die Supraleitungstauglichkeit des neuen Kopp-lerkonzeptes untersucht werden. Der testfertig gelieferte Resonator übertraf mit den Maximalwerten von Güte $Q = 2.5 \times 10^9$ und Beschleunigungsfeld $E_{acc} = 8 \text{ MV/m}$ die Designwerte ($Q = 2 \times 10^9$, $E_{acc} = 5 \text{ MV/m}$). Die maximal erreichbare Feldstärke war durch Feldemissionsströme und somit nicht durch Quenche limitiert. Die beiden Koppler bestätigten die bei Raumtemperatur an Kupfermodellen gemessenen Eigenschaften.

Aufbau einer neuen Infrastruktur: Für die Supraleitungstests der mehr-zelligen Prototypen und die Strahltests in PETRA (Mitte 1987) wurde in der PETRA-Halle NO ein neuer Meß- und Montageplatz eingerichtet. Im Laufe des Jahres 1986 wurden folgende Einrichtungen komplettiert und in Betrieb genommen:

- Eine Kälteanlage (Sulzer) mit einer Leistung von 300 W bei 4.2 K
- Ein staubarmer Raum zur Montage der Resonatoren und Kryostaten
- Eine Montagebühne zur Endmontage der Kryostate
- Ein abgeschirmter Meßplatz zum Test von ein- und mehrzelligen Resonatoren
- Eine Verbindungsleitung zu einem Klystron in der DORIS-Halle, so daß für Supraleitungstests Hochfrequenzleistung bis zu 100 kW zur Verfügung steht.

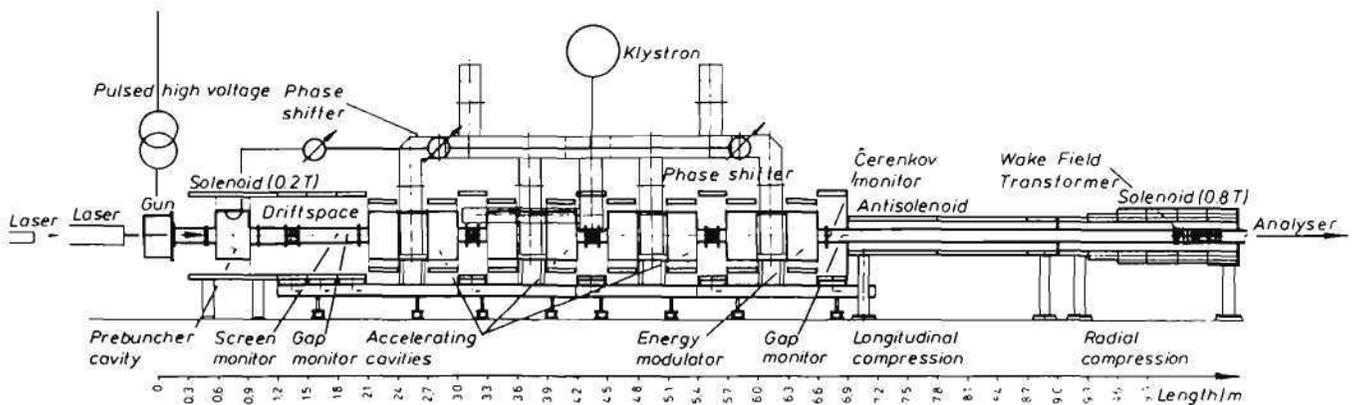


Abbildung 94: Schematische Darstellung des Wake-Field-Transformator-Experiments.

Mit diesen Einrichtungen können Systemtests an den Prototypen und ohne größere Um- oder Aufbauten auch Strahltests in PETRA durchgeführt werden.

Die einzige bekannte Möglichkeit, bei Elektronen-Positronen-Experimenten in den TeV-Bereich vorzudringen, ist die Entwicklung eines "linear colliders". In dieser Maschine werden durch zwei gegeneinander gerichtete Linearbeschleuniger Elektronen und Positronen zur Kollision gebracht. In der linearen Struktur treten nur geringe Energieverluste durch Synchrotronstrahlung auf. Der Quotient von Schwerpunktsenergie und Gradient in den Beschleunigungsstrukturen ergibt näherungsweise die Länge der Anlage. Konventionelle Hohlraumresonatoren ermöglichen Beschleunigungsgradienten bis zu 17 MeV/m in laufenden Beschleunigern und über 100 MeV/m im Labor, jedoch bei nur geringen Wirkungsgraden. Mit supraleitenden Strukturen erreicht man in laufenden Beschleunigern Gradienten von einigen MeV/m. Um aber in eine realisierbare Größenordnung für einen TeV-Beschleuniger zu kommen, muß man Beschleunigungsverfahren entwickeln, die Gradienten von 100 MeV/m und mehr ermöglichen und dabei gleichzeitig einen Wirkungsgrad von etwa 10% und mehr aufweisen. Die Entwicklung zukünftiger Elektronen-Positronen-Experimente in der Hochenergiephysik hängt also entscheidend von der Entwicklung neuer Beschleunigungsmethoden ab. Seit einigen Jahren wird über diese Probleme weltweit diskutiert, und es wurden eine Reihe von neuen Methoden zur Teilchenbeschleunigung vorgeschlagen. Einen guten Überblick geben die Zusammenfassungen dreier Konferenzen (AIP Conference 1982, ECFA-RAL Workshop 1982, CAS-ECFA-INFN Workshop 1984) über dieses Thema.

*Wake-Field-
Transformator-
Experiment*

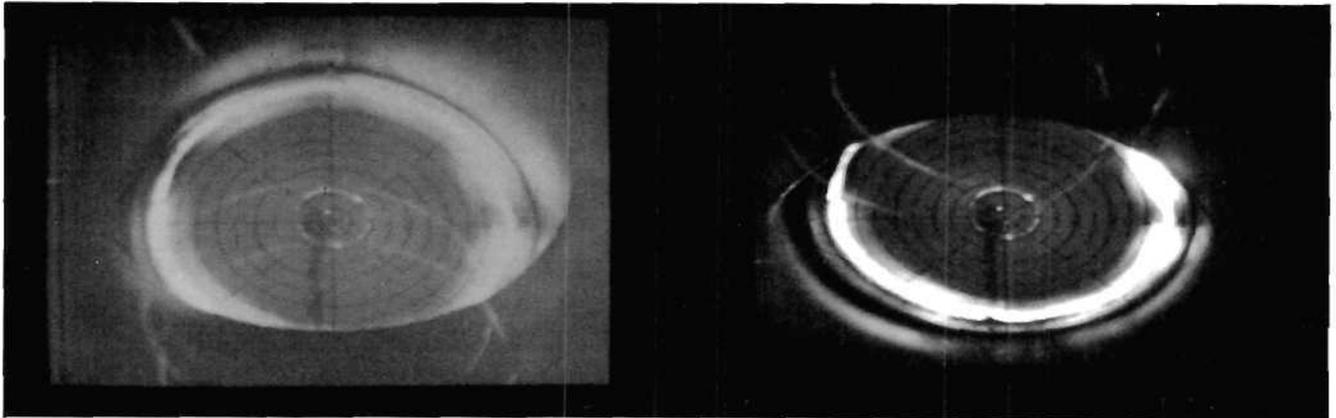


Abbildung 95: Bild des Hohlstrahls auf einem Fluoreszenzmonitor.

Der Fluoreszenzmonitor ist eine Metallscheibe, die mit Zinksulfid beschichtet ist. Sie befindet sich vor dem Linearbeschleuniger und kann ein- und ausgefahren werden. Darauf kann der Hohlstrahl abgebildet und durch Halbleiterkameras betrachtet werden. Deutlich sichtbar ist der Schatten der vier Stege, die den zentralen Teil der Anode halten.

Bei DESY wird die Möglichkeit verfolgt, Elektronen mit Hilfe eines "Wake-Field-Transformators" zu beschleunigen. Bei diesem neuen Verfahren werden die transienten elektromagnetischen Streufelder (Wake Fields) eines Treiberstrahls räumlich fokussiert und die entstehenden sehr hohen longitudinalen elektrischen Feldstärken zur Beschleunigung eines zweiten Strahls ausgenutzt. Im Jahr 1984 wurde damit begonnen, einen Wake-Field-Transformator und die damit verbundenen physikalischen und technischen Probleme in einem Experiment zu studieren. In einer Experimentierhalle wurde ein Linearbeschleuniger zum Beschleunigen von Hohlstrahlen aufgebaut. Der Hohlstrahl erzeugt am Ende des Linearbeschleunigers, im eigentlichen Wake-Field-Transformator, die implodierenden Wellen, deren Feldstärke dann im Zentrum des Hohlstrahls weitere Teilchen beschleunigen kann. Die Gesamtanlage (ohne Sender und Energiespektrometer) ist in Abb. 94 dargestellt.

Der infrarote Lichtstrahl ($\lambda = 1.064 \mu\text{m}$) eines gütegeschalteten Nd-Yag-Lasers ($\dot{P} > 100 \text{ MW}$) wird auf eine konische Kathode aus hochschmelzendem Material fokussiert. Die emittierten thermischen und photoelektrischen Elektronen bilden einen ringförmigen Strahl von 10 cm Durchmesser. Der Hohlstrahl wird durch eine gepulste Hochspannung ($\dot{U} \sim 100 \text{ kV}$) abgesogen und durch ein Solenoidfeld ($B \sim 0.2 \text{ T}$) in die Beschleunigungsstruktur geführt. Dort wird der Hohlstrahl zuerst in einem Prebuncher longitudinal komprimiert. Abb. 95 zeigt den erzeugten Hohlstrahl hinter dem Prebuncher auf einem herausklappbaren Fluoreszenzmonitor, Abb. 96 die gemessenen Strom-Spannungs-Kennlinien der

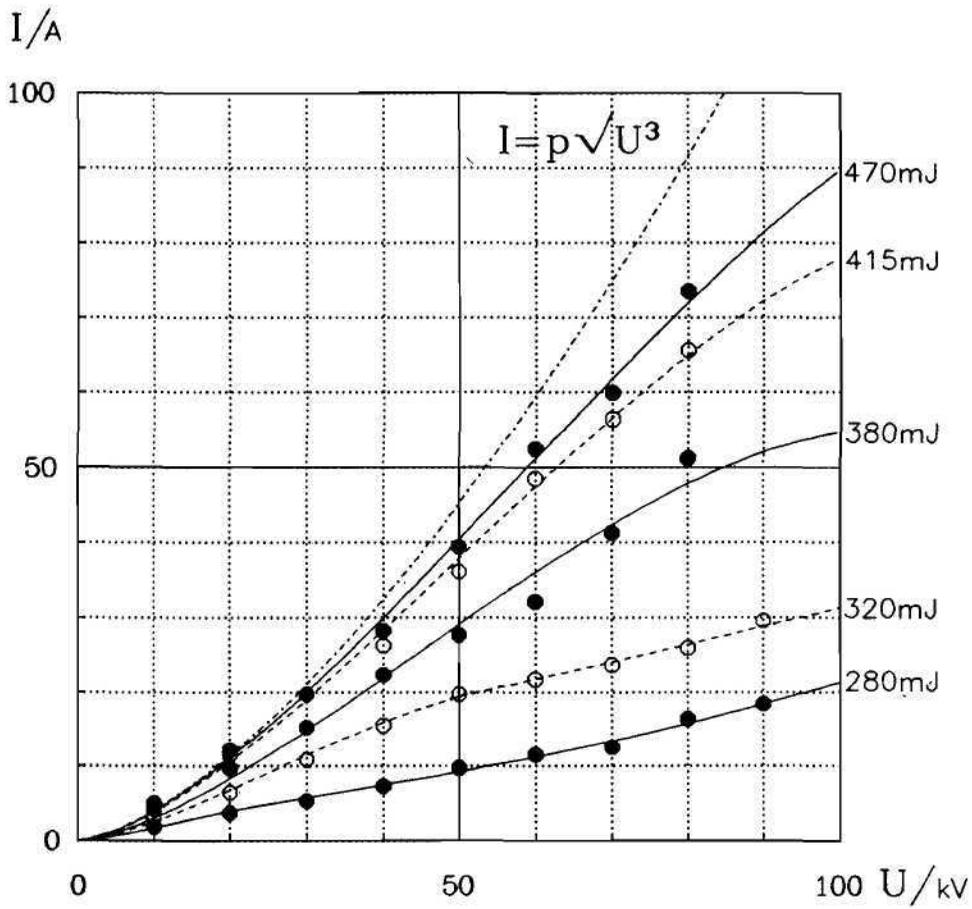


Abbildung 96: Gemessene Kennlinien der Hohlstrahlkanone.

Der Strahlstrom wird im vorderen Teil des Linearbeschleunigers mit Wandstrom-Monitoren gemessen. Diese erlauben auch eine Beurteilung der azimuthalen Ladungsverteilung im Strahl.

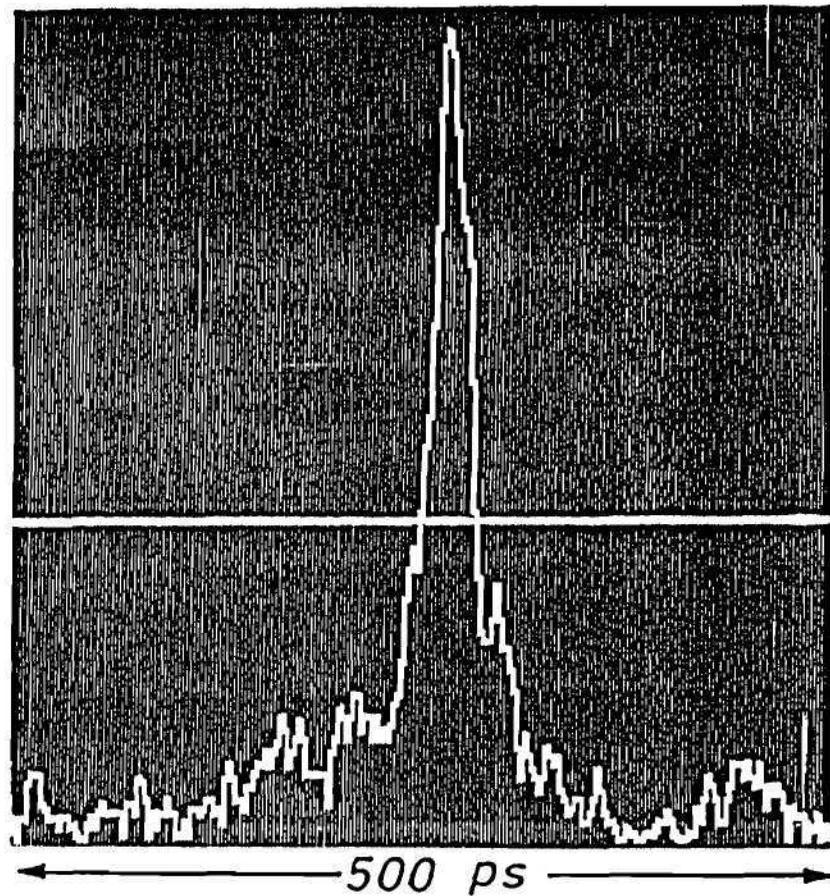


Abbildung 97: Longitudinales Strahlprofil am Ende des Linearbeschleunigers. Am Ende des Linearbeschleunigers sind die Elektronenpakete longitudinal auf wenige Zentimeter verdichtet, so daß sie nicht mehr mit konventionellen Verfahren gemessen werden können. Es wird das Cherenkov-Licht beim Durchdringen eines Quarzsplitters mittels einer Streakkamera analysiert. Mithilfe dieser Anordnung lassen sich Längen bis zu wenigen Millimetern messen (entsprechend einer Zeitaufösung von weniger als zehn Pikosekunden).

Kanone. Danach wird der Elektronenring von vier dreizelligen Hohlraumresonatoren ($\nu = 500$ MHz) auf eine Energie von 8 MeV beschleunigt. Ein gepulstes Klystron ($\hat{P} = 1$ MW) speist alle Resonatoren über Hohlleiterzüge. Die Leistung wird gleichmäßig auf die Beschleunigungsresonatoren aufgeteilt. Die Hochfrequenz für den Prebuncher wird mit einem separaten Sender erzeugt. Im Antisolenoid soll der Hohlstrahl auf extrem kurze Längen von einigen Millimetern longitudinal verdichtet werden. Ein verstärktes Solenoidfeld am Ende ($B \sim 0.8$ T) verkleinert die radialen Dimensionen des Elektronenringes und führt ihn durch den eigentlichen Wake-Field-Transformator. Dieser besteht aus 80 einzelnen, hintereinander angeordneten, resonatorähnlichen Strukturen. Zur Überwachung und zur Justage des Hohlstrahls sind verschiedene Meßanordnungen angebracht.

Im Berichtsjahr wurde zunächst die Hohlstrahlkanone verbessert, Abb. 96 zeigt ihre Kennlinien. Danach konnte bei Spannungen von bis zu 100 kV der Strom auf 100 A erhöht werden. Es wurden einige Diagnoseeinrichtungen fertiggestellt und eine Reihe von Strahluntersuchungen durchgeführt. Die Abb. 97 zeigt ein gemessenes longitudinales Profil des Hohlstrahles am Ende des Linearbeschleunigers. Weiterhin wurden die Solenoidspulen des Antisolenoides vermessen und ihre Feldfehler analysiert.

Umfangreiche Simulationen der Teilchenbahnen wurden mit eigens hierfür entwickelten Rechnerprogrammen durchgeführt. Die Simulationen schließen nahezu sämtliche bekannten Effekte, wie Raumladung, nichtlineare Felder u.s.w., ein.

Im Rahmen einer Kollaboration beteiligten sich die Tsinghua University, Beijing, People's Republik of China und KEK, Tsukuba, Japan mit jeweils einem Physiker.

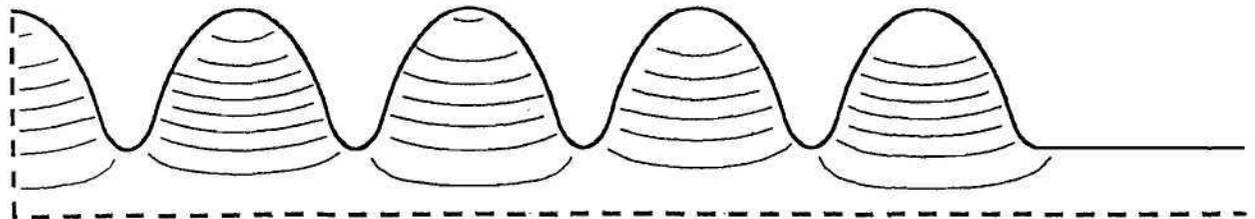


Abbildung 98: Die Hälfte eines neunzelligen supraleitenden Resonators und die Feldlinien seiner Grundschwingung bei 1000 MHz.

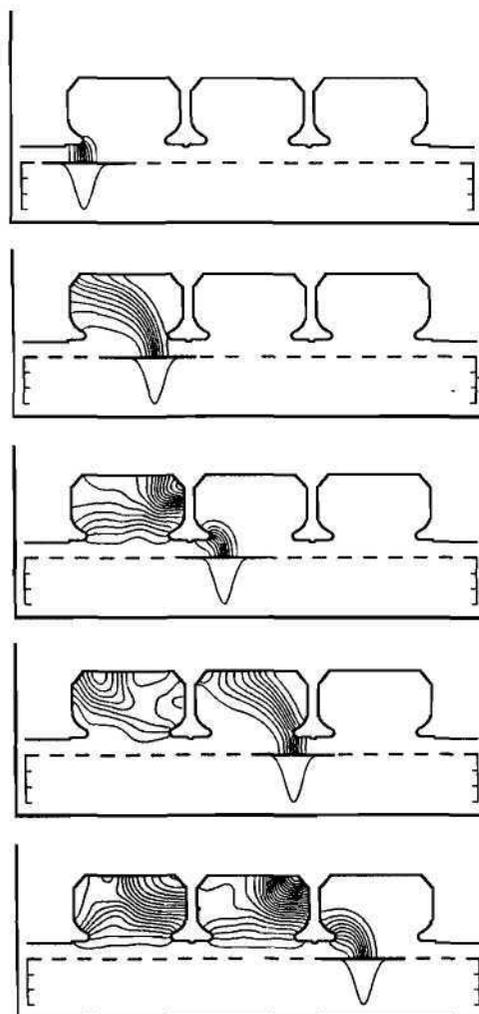


Abbildung 99: Die transienten Streufelder, die ein Elektronpaket beim Durchflug durch einen dreizelligen HERA-Resonator anfacht.

Arbeiten der Gruppen des Bereiches Maschinen

Koordinatoren und Wissenschaftler

Zum Beginn der Wintermontagezeit am 3. November 1986 wurden DESY I und PETRA I als e^+/e^- -Synchrotron bzw. Hochenergie-Speicherring endgültig abgeschaltet, da beide Maschinen im Rahmen des HERA-Projektes als Protonen-Synchrotron DESY III bzw. $e^+/e^-/p$ -Vorbeschleuniger neue Aufgaben übernehmen sollen. So war für die beiden zuständigen Maschinenkoordinatoren die Effizienz des durchlaufenden Betriebes letztmals und eben darum in ganz besonderem Maße das Hauptanliegen neben den Planungen für den Umbau der Maschinen bzw. den Studien am neuen 8GeV- e^+/e^- -Synchrotron DESY II. Für den Koordinator von DORIS galt das Bemühen der weiteren Erhöhung der Luminosität für die Hochenergiephysik und technischen Veränderungen, welche vor allem dem Betrieb als Synchrotronlichtquelle dienen sollen.

Überblick

Die Wissenschaftler des Bereiches "Maschinen" waren, wie schon im Vorjahr, nahezu ausschließlich für das HERA-Projekt tätig, u.a. ging es um

- Rechnungen zur nichtlinearen Akzeptanz des Protonenringes
- Magnetanordnungen für die Wechselwirkungszonen und die Einfügung eines Spinrotators für den e^- -Ring
- Chromatische Korrekturen der Elektronenring-Optik
- Rückkopplungssysteme zur Bekämpfung von Instabilitäten

An dieser Stelle soll über zwei Arbeitsgebiete berichtet werden, deren Bedeutung über die unmittelbare Anwendung der Ergebnisse auf HERA weit hinausgeht: über Programme zur Berechnung elektromagnetischer Felder und über das schmalbandige Multibunch-Feedbacksystem.

Die Entwicklung von Beschleunigerkomponenten besteht zu einem wesentlichen Teil aus der Vorherbestimmung der Verteilung und Stärke elektromagnetischer Felder. So sind beim Entwurf von Strahlführungsmagneten die Feldfehler und Streufelder durch Messung und Rechnung zu bestimmen. Beschleunigungsresonatoren müssen so geformt werden, daß sie einen möglichst hohen Wirkungsgrad aufweisen. Sämtliche Vakuumkammerteile müssen so konstruiert werden, daß eine zu starke Wechselwirkung mit den gespeicherten Strahlen vermieden wird, da diese Wechselwirkung eine Hauptursache für die Strahlstrombegrenzung durch Instabilität darstellt.

*Programme zur
Berechnung elek-
tromagnetischer
Felder*

Um diese sehr verschiedenartigen Beschleunigerkomponenten, die oft komplizierte Formen aufweisen, rechnerisch erfassen zu können, wurden eine Reihe

von Gitternetzverfahren entwickelt. Diese Methoden sind ähnlich den "finiten Elementen" wie sie im Fahrzeug-Maschinenbau eingesetzt werden, jedoch sind die zugrundeliegenden physikalischen Gleichungen hier von schwierigerer Natur.

Zweidimensionale Computerprogramme: Die meistens zylindersymmetrischen Resonatoren, die in sämtlichen Beschleunigern bei DESY Verwendung finden, können mit den Programmen URMEL und URMEL-T optimiert werden. Abb. 98 zeigt die Hälfte eines neunzelligen supraleitenden Resonators und die Feldverteilung seiner Grundschwingung. Außer der erwünschten Wechselwirkung zwischen dem Resonator und dem Strahl, nämlich der Beschleunigung, tritt noch eine unerwünschte parasitäre Erregung von transienten Streufeldern auf. Diese können mit dem Programm TBCI berechnet werden. Abb. 99 zeigt die vom Strahl erzeugten Streufelder beim Durchgang durch einen nicht angeregten Resonator. Die Stärke dieser Streufelder reicht aus, um die gespeicherten Strahlen instabil werden zu lassen und begrenzt hierdurch die Stromstärke und letztlich die Luminosität.

Dreidimensionale Rechnerprogramme: Erfahrungen am Speicherring PETRA haben gezeigt, daß die Berücksichtigung nur der Resonatoren nicht ausreicht, die beobachteten Instabilitäten zu erklären. Es wurden überall im Ring parasitäre Felder angeregt. Um diese quantitativ vorhersagen zu können, mußten die Berechnungen auf echte dreidimensionale Strukturen erweitert werden.

Zum Zweck der Erstellung eines allgemeinen elektromagnetischen "CAD-Systems" wurde unter Leitung von DESY die "MAFIA-Collaboration" gegründet, an der sich die Beschleuniger Technologie Division des Los Alamos National Laboratories mit sechs Mitarbeitern und die Kernforschungsanlage Jülich mit einem Mitarbeiter beteiligen. Seit 1983 wurde eine Familie von Programmen erstellt, die von einem gemeinsamen Gittergenerator ausgehend die verschiedensten physikalischen Probleme lösen. Errechnete Felder werden auf einer Datenbank gespeichert und von einem gemeinsamen Auswerteprogramm analysiert.

Zur Zeit umfaßt das System Programme zur Berechnung von

- Dreidimensionalen Eigenschwingungen in Resonatoren
- Dreidimensionalen transienten Streufeldern, angeregt durch die Strahlenpakete
- Dreidimensionalen elektrostatischen Feldern

Abb. 100 zeigt die 3D-Darstellung eines einfachen Beispiel-Resonators und die Feldverteilung in einem Querschnitt. Abb. 101 zeigt ein Modell einer HERA-Vakuumkammer mit Pumpschlitzen, an denen transiente Streufelder erzeugt werden. Im Berichtsjahr wurde die zweite Version des 3D-Paketes fertiggestellt und getestet. Es wurde begonnen, einzelne HERA-Komponenten zu untersuchen.

Im folgenden Jahr soll das Programm für elektrostatische Felder auf magne-

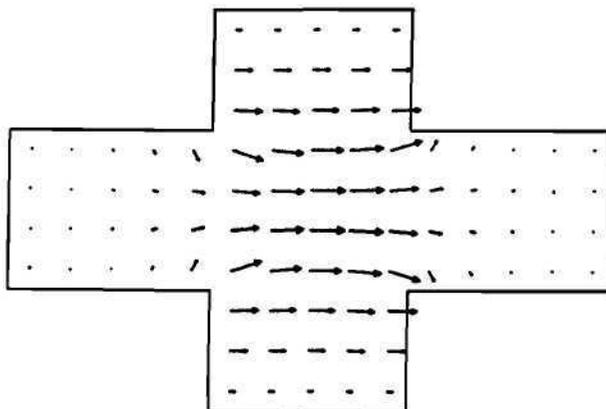
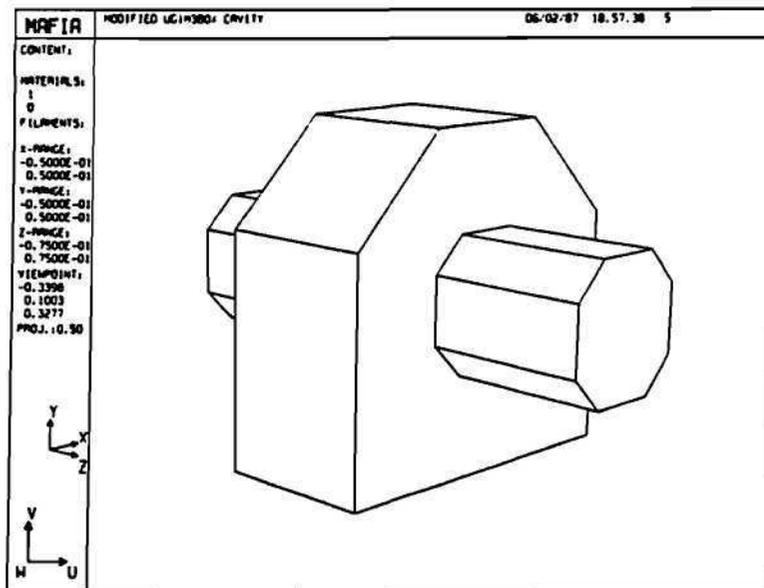


Abbildung 100: Ein einfacher Resonator in dreidimensionaler Darstellung (oben) und die Feldverteilung der Grundschwingung in einem Querschnitt (unten).

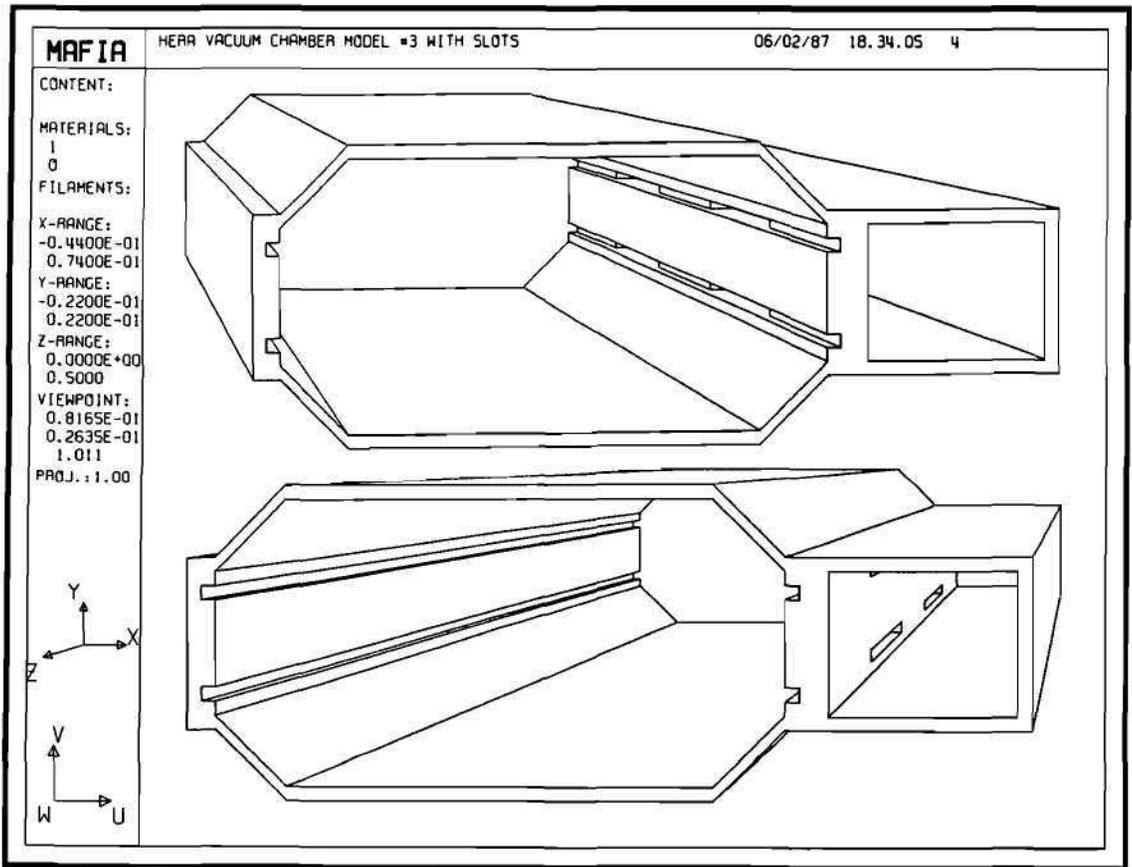


Abbildung 101: Modell einer Vakuumkammer des HERA-Elektronenringes. An den in den Schlitzen vertieften Pumplöchern werden transiente Störfelder angeregt.

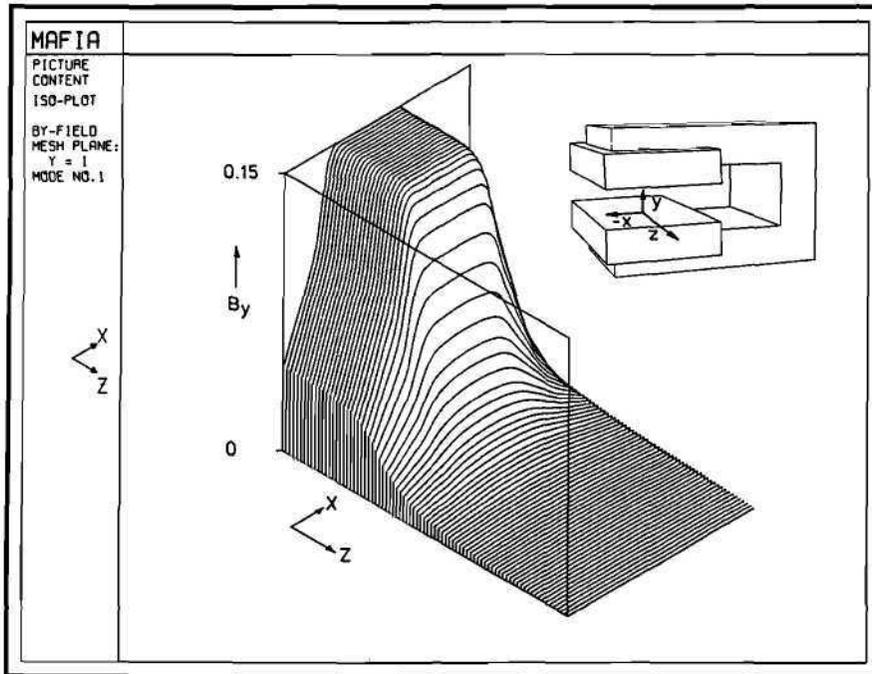


Abbildung 102: Berechnete dreidimensionale Verteilung der Ablenkmagnetfeldstärke im Korrekturmagneten des HERA-Elektronenrings.

tische Felder erweitert werden. Es wird eine neue Version eines allgemeinen Analyseprogramms erstellt, das die interaktive Darstellung beliebiger Felder und Berechnungen globaler Größen wie Kräfte erlaubt. Die allen Programmen zugrundeliegende Datenstruktur wird verbessert, um einen gemischten Betrieb verschiedener Rechner zu ermöglichen. So sollen Eingabe und Ergebnisanalyse auf dem lokalen DESY-Rechner oder einem Mikrocomputer durchgeführt werden. Die rechenzeitintensiven Gleichungslöser sollen wahlweise auf der DESY-IBM oder auf CRAY-Rechnern durchgeführt werden können.

Zur Berechnung dreidimensionaler Magnetfelder wurde bis zur Fertigstellung der DESY-Software das kommerzielle Programm PROF1 verwendet. Die HERA-Magnete des Elektronen-Moduls und einige Sondermagnete wurden zwei- und dreidimensional berechnet und mittels des Programms optimiert. Abb. 102 zeigt die berechnete Feldverteilung im Korrekturmagneten des HERA-Elektronenringes.

Benutzung von Rechnerprogrammen außerhalb DESYs: Sämtliche Programme wurden auswärtigen Instituten kostenlos zur Verfügung gestellt, sofern es sich um reine Forschungsinstitute handelte. Etwa fünfzig Installationen in den großen Beschleunigerinstituten in Japan, Europa und den USA, aber

auch in vielen Universitäten und Instituten anderer Forschungsrichtungen sind zur Zeit registriert.

Im Berichtsjahr wurde zum ersten Mal auch ein Lizenzvertrag an die Elektroindustrie vergeben. Weitere Verhandlungen sind noch im Gange.

Um den Benutzern in den USA den Zugang zu den Programmen zu erleichtern, wurden sie in dem zentralen Rechenzentrum NMFE (National Magnetic Fusion Energy) installiert. Zu diesem Zentrum, das über vier CRAY-Computer verfügt, haben nahezu alle Universitäten Zugang. Über die DATEXP-Verbindung hat auch DESY Zugriff auf diese Rechner.

Schmalbandiges Multibunch- Feedbacksystem

Zur Bekämpfung von Multibunch-Instabilitäten wurde ein neuer Rückkopplungs-Mechanismus untersucht. Die Kombination eines schmalbandigen Feedbacksystems (Bandbreite etwa 10 kHz) mit einer Frequenzaufspaltung der einzelnen Bunche ermöglicht die Dämpfung aller Multibunch-Modi. Die Stärke der Dämpfung ist durch die maximal mögliche Frequenzspaltung begrenzt.

Der beschriebene Mechanismus wurde bei PETRA experimentell bestätigt. In einer Füllung von fünf Bunchen mit einem Abstand von 200 nsec konnten alle fünf Modi gedämpft werden. Die Bandbreite des verwendeten Rückkopplungssystems betrug 1.5 kHz. Ein "konventionelles" Multibunch-Feedbacksystem hätte eine Bandbreite von 5 MHz benötigt.

Technische Gruppen

Wie im Vorjahr mußten die technischen Gruppen auch in 1986 neben der wachsenden Belastung durch die termingebundenen Arbeiten für die Komponenten von HERA auch den durchlaufenden Beschleuniger- und Speicherbetrieb unterstützen durch die Stellung von Schichtpersonal, die Ausführung von Wartungsarbeiten und vor allem auch durch das Beheben auftretender Störungen. Für DORIS kamen noch einige Arbeiten zur technischen Verbesserung hinzu; die Inbetriebsetzung von DESY II wurde weiter vorangebracht.

Injektion/Ejektion - MIN -

Die Arbeitsgruppe MIN ist zuständig für den Betrieb und die Weiterentwicklung der Linearbeschleuniger I und II, des Positronen-Zwischenspeicherringes PIA und der Strahlführungssysteme zwischen allen Beschleunigern und Speicherringen, einschließlich der für die Injektion/Ejektion in den Kreismaschinen nötigen gepulsten Magnete.

Für den durchlaufenden Beschleunigerbetrieb stellt die Gruppe Personal im Teilschichtdienst.

Bis auf einige Verbesserungen für den Elektronen-Linearbeschleuniger I arbeitete die Gruppe MIN 1986 ausschließlich für das HERA-Projekt.

LINAC I: Die Stabilität des um zwei LINAC II-Abschnitte erweiterten e^- -LINACs ist durch den Einbau stabilisierter Netzgeräte für die Klystronfokussierung und die Klystronheizung sowie für die magnetischen Linsen und Solenoide im Injektionssystem des Beschleunigers verbessert worden. Die der Energieerhöhung dienenden Speichercavities sind thermisch besonders isoliert worden, um die Temperatur möglichst auf ± 0.1 Grad konstant zu halten und damit die Energiekonstanz weiter zu verbessern.

HERA-Injektion - Dipole, Quadrupole: Im Berichtsjahr wurden die Komponenten für die Elektronen- und Protonen-Injektionskanäle von PETRA nach HERA ausgelegt und beschafft. Ziel der Entwicklung bei den Injektionsdipolen war, einen einheitlichen Magnettyp (wenn auch unterschiedlicher Länge) für beide Injektionswege zu haben. Eine weitere Forderung war gute Feldhomogenität über den gesamten Aussteuerungsbereich (bis 1.95 T), weil der 40-GeV-Protonenweg auch mit 14-GeV-Positronen zu betreiben sein muß. Die Gaphöhe beträgt 28 mm; im Fall der Protonen ist die Eisenlänge 5.43 m und der Krümmungsradius 73.4 m, bei dem Elektronenweg 2.41 m und 25.7 m Radius. Der Nennstrom der Dipole ist 2 200 A. Der aus 27 Dipolen bestehende Protonenweg ist in zwei Kreise aufgeteilt (PETRA- bzw. HERA-Bogen), während der aus 17 Dipolen bestehende Elektronenweg aus nur einem Stromkreis besteht. Die erforderlichen drei großen Netzgeräte waren vorhanden. Das Problem geringer Einbaulänge stand auch bei den Ejektionsquadrupolen im Vordergrund. Um einen Gradienten bis zu 50 T/m abzudecken, haben die Quadrupole einen relativ großen Eisenquerschnitt. Aus Gründen der Platzersparnis wurden die Spulenköpfe gekröpft. Die Eisenlänge der Quadrupole im Protonenweg ist 300 mm, im Elektronenweg 600 mm, der Abstand gegenüberliegender Pole beträgt 40 mm.

HERA-Injektion - Lieferung und Messung: Bis Ende 1986 waren zehn Dipole (5.43 m lang) und fünf Quadrupole für den Protonenweg geliefert worden. Messungen am ersten Dipol haben gezeigt, daß er bei dem Sollfeld von 1.8 T eine Inhomogenität von 8×10^4 (tot.) in einem Bereich von ± 9 mm aufweist. Mit Shims ließ sich der gute Feldbereich leicht auf 1×10^4 (tot.) über ± 15 mm verbessern. Da erst eine Feldabweichung von 2×10^4 im Abstand von 10 mm von der Sollbahn zu einer Emittanzvergrößerung von 5% führt, sind diese Dipole ausgezeichnet. Bei den Quadrupolen ist der gemessene Sextupolanteil von 3×10^3 am Poltip tolerierbar, da er gegen den Sextupolanteil der Dipole, integriert über die Länge, vernachlässigbar ist. Die Lieferung von Quadrupolen und Dipolen war am Jahresende so zügig, daß die ursprünglichen Verzögerungen aufgeholt werden können.

HERA-Injektion - Septa: Die aus drei Septa und zwei Pulsern bestehende Gruppe für die Protonen/Positronen-Ejektion aus PETRA ist die aufwendigste Ejektionsstelle. Die Gruppe lenkt zusammen 55 mrad ab, also schon vergleichbar mit dem Ablenkwinkel der Dipole von 74 mrad. Hieraus folgen u.a. hohe Anforderungen an die Pulsstabilität und die Feldhomogenität; aus

Platzgründen war jedoch keine andere Lösung möglich. Allein die große Länge des zweiten Hauptseptums von ca. 3 m hat zu unerwartet großen Schwierigkeiten bei Materialbeschaffung und Fertigung geführt, insbesondere bei den Vakuumentanks. Diese 3 m langen Tanks wurden erst Ende des Jahres gelötet. Einzelteile und Baugruppen für den Aufbau der Septum-Magnete waren vorhanden, die dazu gehörenden Pulser fertig. Alle Teile der übrigen für die e^+/e^- -Injektion und -Ejektion benötigten Septa (Tanks und Magnete) waren geliefert, die Vakuumentanks zum Teil auch schon gelötet.

HERA-Injektion - Kicker: Der Kicker für die Positronen-Ejektion aus PETRA wurde eingebaut. Ein Testkicker als Prototyp für die e^+/e^- -Injektion in HERA wurde im Labor getestet, der Bau der benötigten acht Serienkicker ist in der Werkstatt angelaufen. Die drei Kicker der Elektronen-Ejektion aus PETRA wurden fertig, die Laufzeitketten bestellt.

HERA-Injektion - Korrekturmagnete: Bei den Korrekturmagneten war die Forderung nach starkem Feld (3–4 kG), kurzer Einbaulänge (200 mm) und variablen Polabständen zu erfüllen. Es wurde ein kostengünstiger Universalmagnet gebaut, der nicht nur im PETRA-HERA-Transfer, sondern auch im DESY-PETRA-Transfer (in Vierergruppen zusammengeschaltet) als Vertikal-dipol eingesetzt wird.

HERA-Injektion - Vakuumkammern und Monitore: Es wurden nahezu alle Vakuumkammern und Monitore für den Protonenweg, einschließlich des im HERA-Tunnel liegenden Teils, 1986 fertiggestellt.

Energieversorgung

- MKK -

Das Arbeitsgebiet der Gruppe MKK umfaßt

- Das Hochspannungsnetz mit vier hauseigenen 10kV-Drehstrom-Mittelspannungsnetzen mit 30 10kV-Schaltstationen. Diese Netze werden über drei eigene Transformatoren mit einer Übertragungskapazität von je 43 MVA unmittelbar aus dem 110kV-Netz der Hamburger Electricitäts-Werke gespeist.
- Die allgemeine Stromversorgung mit vielen Niederspannungs-Drehstromnetzen, 380 V und 660 V, die über eigene Transformatoren aus den oben genannten 10kV-Netzen gespeist werden.
- Die Stromversorgung für Magnete aller Beschleuniger, Speicherringe und Experimente bei DESY (ca. 490 Hochstromkreise und ca. 1 350 Korrekturmagnete mit hochgenauer Stromregelung)
- Die 80kV-Hochspannungs-Gleichstromversorgung für die Hochfrequenzsender
- Die Wasserkühlung für ca. 2 400 Magnete und die Hochfrequenzsender und Hochfrequenz-Beschleunigungsstrecken mit den zugehörigen Primärsystemen (Kühltürme, Kaltwassererzeuger, Tiefbrunnen, Versickerungssystemen und Schluckbrunnen, Enteisung und sonstige Aufbereitung)
- Die Lüftungs- und Klimaanlage für die Beschleunigertunnel, für unterirdische Hallen und Nebenräume, Rechnerräume und Kontrollräume (insgesamt ca. 130 Anlagen)

Für den durchlaufenden Betrieb stellt die Gruppe Personal im Teilschichtdienst.

Im Berichtsjahr liefen zwar alle Maschinen bis in die ersten Novembertage

durch, die für PETRA auf 17 GeV herabgesetzte Energie führte aber doch zu erfreulich weniger Geräteausfällen als in den vergangenen Jahren. Durch das Baugeschehen im Gebiet HERA-West bedingt, wurden jedoch Strom- und Wasserabschaltungen erforderlich, deren Koordination viel Zeit und Kraft in Anspruch nahm. Ansonsten konnte und mußte sich die Gruppe mit ihrer ganzen handwerklichen und planerischen Kapazität auf die Vorbereitung der vier großen Ziele konzentrieren:

- DESY II und Injektionswege
- Umbau von PETRA
- Injektionswege zu HERA
- HERA

DESY II: Die für die Quadrupol- und Sextupolstromkreise endgültig vorgesehenen Stromversorgungen wurden in Betrieb genommen und bis 8 GeV erprobt. Auch die Stromversorgung für den Hauptstromkreis wurde bei kleiner Aussteuerung erprobt, da die wiederzuverwendenden Elemente für den Betrieb bei hoher Leistung aus der White-Schaltung von DESY I noch nicht zur Verfügung standen. Probleme dabei entstanden gerade durch diese Aussteuerungsbegrenzung auf 1 GeV. Im Laufe des Jahres wurden erste Erfahrungen mit der Regelung der Stromversorgung und ihren Gleichlaufeigenschaften gesammelt. Während sich die von der Physik her geforderte Amplitudenkonstanz verhältnismäßig leicht erreichen ließ, wurden für den gewünschten Phasengleichlauf weitere Untersuchungen und Änderungen der Elektronik nötig. Nach umfangreichen Vorarbeiten konnte die durch "Fremdarbeiter" verstärkte Gruppe MKK sofort nach der PETRA-Abschaltung am 3.11.1986 mit dem Umbau der White-Schaltung anfangen. Wegen des besonders schönen und langen Herbstes wurden die überwiegend im Freien stattfindenden Montagen bis Weihnachten fertig.

Zur Erinnerung: Während für den 50-Hz-Betrieb jeweils vier der insgesamt 3000 Kondensatoren in Reihe geschaltet waren, müssen für 12.5 Hz alle Kondensatoren parallel betrieben werden. Außerdem werden die früheren Flat-Top-Drosseln teils zur Abstimmung auf 12.5 Hz, teils zur Blindleistungsregelung eingesetzt. Da sie über den ganzen Ring verteilt stehen, war eine komplizierte Umverkabelung nötig. Außerdem waren die zu den Magneten der alten DESY-Maschine führenden Kabel abzunehmen und umzulegen. Nebenbei: Die Installation für DESY I wurde ganz abgebaut, die Ringträgerkühlung erneuert (Kupfer) und der Ringträger wieder thermisch isoliert.

Außerdem wurden die Schutzeinrichtungen des Sendegleichrichters für DESY II vereinfacht und auf die neuen Betriebsbedingungen umgestellt.

Injektionswege DESY II – DORIS, – PETRA: Entsprechend den neuen Optikanforderungen wurden die Injektionswege umverkabelt und mit neuen Wasser-Versorgungsleitungen versehen. Auch diese Arbeiten wurden im Nov./Dez. 1986 nahezu abgeschlossen.

PETRA: In PETRA mußten durch den Wegfall der Wechselwirkungszonen und die Anpassung der Maschine an den Protonen-40GeV-Betrieb viele Magnetstromkreise verändert werden. Dementsprechend waren Geräte und Wasser zu rangieren sowie Kabel umzulegen und zu verstärken. Sämtliche PETRA-Stromversorgungsgeräte wurden mit Polwendern versehen; auch die Bestückung der PETRA-Geräte mit Kontrollgleichstromwandlern wurde nahezu abgeschlossen; der Aufbau der neuen 12-MW-Anlage für den 40GeV-Protonen-Betrieb von HERA in der Halle PETRA NO wurde vorbereitet.

Injektionswege zu HERA: Die Planung für beide Injektionswege wurde abgeschlossen. Im Protonenkanal wurden Wasserrohre und Kabel so weit verlegt, wie es der Baufortschritt zuließ. Die aus eigenem Bestand stammenden Stromversorgungen wurden fertig umgebaut und an ihrem neuen Standort in der Halle PETRA NL aufgestellt.

HERA - Drehstromversorgung: Die 110/10-kV-Anlage HERA ging in Dauerbetrieb, ebenso die Versorgungsanlagen für die Kryotechnik und die Magnetmeßhalle. Die 10-kV-Schaltanlage für die Halle Süd wurde aufgestellt, die Niederspannungs-Schaltanlagen für die Allgemeinversorgung der Hallen Süd, West und NL wurden bestellt. Die Kabeltrassen auf dem DESY-Gelände und die zur Halle Nord und Hellgrundweg wurden ebenfalls mit Kabeln belegt und verfüllt, die Kabel konnten aber noch nicht in das Gebäude eingeführt werden.

Vier Transformatoren je 1600 kVA, 10 000/400 V für den Grundbedarf der HERA-Experimentierhallen sind im Haus, neun Transformatoren je 2500 kVA, 10 000/660 V zum Anschluß von Magnetstromversorgungen und Pumpen sind im Bestellstadium. Kabel und Leitungen zur Installation des Ringtunnels und der Experimentierhallen wurden in großem Umfang bestellt und abgenommen. Ein Teil der Lieferungen erfolgte noch 1986.

HERA - Wasserkühlung: Die Wasserversorgung für die Kältetechnikhalle wurde mit zunächst provisorisch aufgestellten Kühltürmen in Betrieb genommen. Die Hauptringwasserleitung (ca. 1100 m³/h), die von Halle West aus die Halle Süd—und später auch Halle Ost—versorgen wird, wurde im Bereich SW fast fertiggestellt. Mit dem Bau der zugehörigen Verteilerleitungen wurde begonnen, ebenso mit der Montage der Cavity-Versorgungsleitungen. Die zur Anbindung der Verbraucher in Halle Süd erforderlichen Wasserrohre und die Verbindungsleitungen von Halle zu Halle sind ausgeschrieben, die im Ring zusätzlich erforderlichen Absaug-, Druckluft- und Stickstoffleitungen sind bestellt. Außerdem wurden die sechs Hauptpumpen, die das Kühlwasser durch die Ringleitung treiben, und die drei Boosterpumpen, die den Rücklauf entlasten sollen, bestellt, ebenso die Wärmetauscher und die Kühltürme. Die Leitungen von Halle West zu den Kühltürmen wurden ausgeschrieben. Vorarbeiten zur Klärung des Kaltwasserbedarfs sind im Gange.

HERA - Lüftung, Kühlung, Heizung: Die Pläne für die Belüftungs- und Klimaanlage von HERA wurden abschließend bearbeitet. Dabei mußten von

der Bauaufsicht zu erwartende Forderungen berücksichtigt werden, z.B. die Auslegung der Absperrklappen zwischen Brandabschnitten und die Verschalung von senkrecht verlaufenden Luftkanälen und die von Luftkanälen, die einen Brandabschnitt überbrücken, für eine Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten.

Als erstes wurde das Gerät zur Belüftung des Tunnelabschnittes SW provisorisch in Betrieb genommen. Nach dem letzten Planungsstand soll nun im Endstadium die Luft von Halle West aus im Gegenuhrzeigersinn durch den Ring bis zur Halle West zurückgeblasen werden, so daß im Normalbetrieb nur in dieser Halle Abluft anfallen kann. In den einzelnen Hallen wird die Ringluft "aufgefrischt", d.h. je nach Bedarf entfeuchtet oder angewärmt. Bei Beschleunigerbetrieb werden $55\,000\text{ m}^3/\text{h}$ im Ringtunnel umgewälzt.

Jede Experimentierhalle wird mit sieben "kleineren" Anlagen ausgerüstet. Die Kanäle dafür in Halle Süd wurden bestellt, die zugehörigen Maschinen sind im Bestellstadium, ebenso wie die Maschinen für den restlichen Teil des Ringes. Der Gesamt-Anlagenumfang für die Halle West wurde ausgeschrieben.

Alle Anlagen sollen mit einem einheitlichen Regelsystem arbeiten. Die Geräte dafür wurden bestellt. Sie werden jeweils in dem Umfang beim Lieferanten abgerufen, in dem bei DESY einzelne Anlagen in Betrieb genommen werden.

HERA - Magnetstromversorgung: Im Berichtsjahr haben sich die Anforderungen an Stückzahlen, Daten und Qualität der erforderlichen Geräte so weit verdichtet, daß der größte Teil der Geräte für beide Maschinen spezifiziert und ausgeschrieben werden konnte. Die Geräte und Transformatoren für die Hauptstromkreise wurden zum Teil schon geliefert, die mit Transistor-Choppern bei 14 kHz arbeitenden, hauptsächlich für Quadrupole vorgesehenen Stromversorgungen sind spezifiziert. Erste Lieferungen werden Anfang 1987 erwartet. Dasselbe gilt für die bestellten Drehstrombrückengleichrichter herkömmlicher Bauart. Die Lieferungen werden sich über das ganze Jahr 1987 hinziehen.

Bearbeitet, aber noch nicht bestellt, wurden: 640 Dipolkorrekturen der Elektronen-Maschine (im Bestellstadium), 64 Sextupolstromkreise der Elektronen-Maschine (bestellreif) und 250 Dipolkorrekturen der Protonen-Maschine (im Ausschreibungsstadium).

Kabel—auch wassergekühlte—, Polwender, Erdungsschalter, Gleichstromwandler, Elektronik und Elektronikschränke für die Stromversorgungen wurden ebenfalls bestellt und teilweise geliefert.

HERA - Senderstromversorgungen: Die 85-kV-Gleichspannungskabel wurden—zusammen mit den 10-kV-Drehstromkabeln—zum Teil verlegt. Die Sendergleichrichter in den PETRA-Hallen NL und NR wurden stillgelegt und der Aufbau der Komponenten in den Hochspannungsräumen von HERA vorbereitet.

Allgemeine Schlußbemerkung: Bei MKK wurden im Jahr 1986 87 Spezifikationen verfaßt, davon 67 für HERA. In diesen Spezifikationen ist eine

nicht zu unterschätzende Fülle von Erfahrungen verarbeitet. Zu ihrer Ausarbeitung waren oft umfangreiche Recherchen, sowohl technologischer als auch systemtechnischer Art, erforderlich. Daneben blieb leider zu wenig Zeit, um den selbstverständlich ebenfalls auftauchenden, interessanten Grundsatzfragen mit der gebührenden Aufmerksamkeit nachzugehen. 1986 hat man sich bei MKK dabei auf drei Problembereiche konzentriert:

a) Wie kommt man bei den großen Stückzahlen am billigsten zu Stromversorgungen? Es war zu entscheiden zwischen:

- Der Schaltung: Steuerbarer Stromrichter oder Chopper
- Dem Halbleitertyp: GTO, Power-MOSFET oder Darlington. Daraus ergaben sich dann die machbaren Chop-Frequenzen und Grenzwerte.
- Eigen- und Fremdentwicklung. Die Entscheidung fiel überwiegend für den Nachbau von Eigenentwicklungen durch Firmen aus. Es wurden Feldeffekttransistoren als Schaltelement gewählt.

b) Wie lassen sich bei so großen Gerätestückzahlen am besten wirksame Kontrollen durchführen, um die angestrebte Zuverlässigkeit zu erreichen? Dazu war es notwendig,

- Meßroutinen auszuarbeiten
- Absprachen mit Firmen zu treffen
- Prüfeinrichtungen zu bauen
- Die Geräte so auszulegen, daß Zugriff auf wichtige Parameter möglich ist
- Beeinflussungsfragen zu klären

c) Materialfragen für Kabel und Schläuche waren nach den sich teilweise widersprechenden Kriterien zu untersuchen:

- Schwerentflammbarkeit
- Geringe Brandweiterleitung
- Geringe Rauchgasdichte
- Halogenfreiheit
- Geringe Toxizität
- Geringer Sauerstoffanteil
- Hoher Ableitwiderstand
- Beständigkeit gegen Strahlung
- Hohe Druckfestigkeit (bei Schläuchen)

Einheitliche Vorschriften für solche Isolierstoffe haben sich noch nicht durchgesetzt. Daher mußten zu solchen Untersuchungen Firmen oft erst angeregt und Prüfverfahren jeweils einzeln abgesprochen werden. Es war von großem Vorteil, daß zumindest teilweise auf diesem Gebiet auf CERN-Untersuchungen zurückgegriffen werden konnte.

d) CAD soll als Hilfe bei der Lösung nicht nur konstruktiver, sondern auch schaltungstechnischer Probleme bei MKK eingesetzt werden. Dazu wurde zusätzlich ein Arbeitsplatz für das zentral beschaffte Maschinenbauprogramm eingerichtet. Ein zweiter Platz soll folgen, sobald der richtige Partner für die Lieferung der Software zur Bearbeitung von Stromlaufplänen gefunden ist.

Zum Sachgebiet der Gruppe MKI gehören

- Die Bedienungs- und Überwachungs-Einrichtungen für alle Beschleuniger und Speicherringe im zentralen Beschleunigerkontrollraum sowie in dezentralen Unterkontrollen
- Die Prozeßrechner für die zentrale Beschleunigerkontrolle mit den sehr umfangreichen hierfür notwendigen Programmen
- Die Einrichtungen zur Datenübertragung von den zentralen Prozeßrechnern zu den dezentralen Anlagen und Geräten in den einzelnen Beschleunigern und Speicherringen sowie für die Verbindung der Rechner mit den Bedienungs- und Überwachungs-Einrichtungen in den Kontrollräumen
- Die Maschineninstrumentierung, d.h. die "Hardware" in Form elektronischer Geräte und Anlagen in den einzelnen Beschleunigern und Speicherringen, einschließlich der Geräte und Anlagen für technische Sicherheit und Personenschutz
- Die Strahlinstrumentierung, d.h. die meßtechnischen Geräte und Anlagen zur Verfolgung der Teilchenstrahlen in den Beschleunigern und Speicherringen sowie den Strahlführungssystemen zwischen beiden
- Die Signal- und Steuerkabelnetze für die genannten Geräte und Anlagen

Die Gruppe ist am Schichtdienst im zentralen Beschleunigerkontrollraum beteiligt.

Die Aktivitäten der Gruppe im Jahr 1986 lassen sich den folgenden Schwerpunkten zuordnen:

Betrieb der Beschleuniger: Das Beschleunigerkontrollsystem lief wie in den Jahren zuvor sehr stabil und zuverlässig. Aufgrund der modularen Hard- und Softwarestruktur des gesamten Systems können Störungen im Kontrollsystem in sehr kurzen Zeiträumen durch Austauschprozeduren beseitigt werden. In den häufigsten Fällen geschieht dies durch die Schichtbesetzung ohne Expertenunterstützung. Für den größten Teil der Hardware werden die erforderlichen Prozeduren durch das Kontrollsystem selbst erläutert bzw. präsentiert.

Weiterentwicklungen: Für die existierenden Komponenten der Strahlinstrumentierung und der Kontroll-Hardware und -Software wird eine betriebsnahe kontinuierliche Weiterentwicklung durchgeführt. Dies führt einerseits zu durch Betriebserfahrung optimierten Lösungen und andererseits wird eine Überalterung der Systeme vermieden. Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt bei diesen Entwicklungen ist die systemkonforme Integration neuer Beschleuniger oder anderer Prozesse in das laufende Kontrollsystem. Zum Beispiel wurden die Meßplätze zur magnetischen Vermessung der HERA-Elektronenring-Magnete durch die Weiterentwicklung von Standardkomponenten in das Kontrollsystem integriert. Die Serienmessung dieser Magnete wird durch einen Rechner des Prozessrechnerpools gestützt. Im Bereich der Strahlinstrumentierung wurde das Lagemonitorsystem für DESY II mit Sicht auf HERA entwickelt, so daß die hier gewonnene Erfahrung bei der Entwicklung des HERA-Elektronenring-Lagemeßsystems voll einfließt.

Das HERA-Projekt: Die Anzahl der zu überwachenden Komponenten wächst mit HERA um das Zwei- bis Dreifache. Die Genauigkeitsanforderungen

*Kontrollen und
Instrumentierung
- MKI -*

und die Komplexität der Prozeduren nimmt ebenfalls erheblich zu. Darüber hinaus erfordert der Betrieb von HERA die gleichzeitige wohldefinierte Funktion von insgesamt neun Beschleunigern und zehn Strahltransportwegen. Unter den gegebenen personellen Rahmenbedingungen ist der Betrieb dieser Anlagen nur durch ein möglichst einheitliches Kontrollsystem denkbar. Dieses Kontrollsystem muß dann nicht nur die neuen sondern auch die existierenden Beschleuniger erfassen. Ein völliger Neubau aller Systeme ist weder ökonomisch noch zeitlich realisierbar. Damit ist die Erweiterungsfähigkeit des existierenden Kontrollsystemes und seine Ausdehnung auf die HERA-Erfordernisse ein wichtiger Gesichtspunkt. Im Berichtszeitraum wurden daher vor allem die Untersuchungen über die Erweiterungsfähigkeit forciert. Hieraus leiten sich die Arbeiten der Gruppe für das HERA-Projekt ab.

Die Kontrolle und Instrumentierung von HERA wurde in sechs Sachgebiete unterteilt, die im Folgenden erläutert werden:

– Rechner: Unter dem Gesichtspunkt einer einheitlichen Kontrolle kommt den Prozessrechnern besondere Bedeutung zu. Es wurde untersucht, in welcher Weise der Prozessrechnerpool zur Kontrolle der Beschleuniger mit folgenden Zielen erweitert werden muß:

- Maximale Einheitlichkeit des Kontrollsystemes
- Lauffähigkeit der vorhandenen kontrollspezifischen Software
- Integration des existierenden Kontrollsystemes
- Integration neuer Entwicklungen aus dem Bereich der Mikroprozessoren und Hochsprachen in das Gesamtsystem

Diese Untersuchungen wurden mit der Beschaffung von 16 Mini-Rechnern vom Typ ND-110 der Norsk Data abgeschlossen. Zum Jahresende befanden sich diese Maschinen in der Abnahmeerprobung.

Es konnte demonstriert werden, daß bei unterschiedlichen Betriebssystemversionen zwischen den vorhandenen und neuen Rechnern die DESY-spezifische Hard- und Software auch künftig betrieben werden kann. Die hierzu erforderlichen Veränderungen an diesen Systemen wurden von der Gruppe durchgeführt. Der überwiegende Teil der vorhandenen Software kann mit geringfügigen Änderungen weiter eingesetzt werden. Hiermit wurde ein für das HERA-Projekt wichtiger Meilenstein erreicht.

– Kontrollraum: Die Zahl der Konsolarbeitsplätze muß mit HERA von zur Zeit 12 auf 24 verdoppelt werden. Die erforderliche Erweiterung des Kontrollraumes machte eine räumliche Verlagerung des Prozessrechnerpools notwendig. Diese Verlagerung wurde teilweise parallel zum laufenden Betrieb der Beschleuniger durchgeführt.

– Datenübertragung: Das bei DESY entwickelte serielle Datenerfassungssystem SEDAC verbindet die Beschleunigerkomponenten mit den Kontrollrechnern. Für die HERA-Implikation wurde eine Reihe von Weiter- und Neuentwicklungen unter Beibehaltung der SEDAC-Designkriterien durchgeführt.

So wurde eine Reihe von mikroprozessorgestützten Interface-Modulen für die Kontrollsystem-Bereiche Vakuum, Magnetstromkontrolle, Strahlungsmessung u.s.w. entwickelt und teilweise in die Serienfertigung gegeben. Insgesamt werden im SEDAC-Interface für HERA ca. 1 000 Mikroprozessoren installiert.

- Maschineninstrumentierung: In dieses Gebiet fallen Personensicherheit, Strahlungsinterlock, NOT-AUS/NOT-Ruf, Zugangskontrolle, Maschineninterlock, Beschleunigersynchronisation, Realzeit-Triggersysteme, Kontrolle der Energieversorgung, der Wasserkühlung, der Klimatisierung u.s.w. Für alle Sachgebiete wurden Neuentwicklungen bzw. für HERA erforderliche Erweiterungen durchgeführt. Zur Synchronisation der Hochfrequenzsender und zur Triggerzeugung in den HERA-Hallen sowie im HERA-Tunnel wurden Untersuchungen mit Faserlichtleitern durchgeführt, deren Ergebnisse Basis der Spezifikationen wurden.

- Strahlinstrumentierung: Aufgrund der durch HERA gegebenen Strahlparameter sind für Strahlstrom, Strahllebensdauer, Strahlquerschnitte u.s.w. neue Entwicklungen im Vergleich zu PETRA erforderlich. Während es sich bei diesen Monitoren um eher singuläre Geräte handelt, geht bei der Strahlungsmessung die Größe der Maschinen in die Stückzahl der Monitore ein. Für den HERA-Elektronenring wurde mit der Entwicklung für ein neues Meßsystem begonnen. Insgesamt sollen ca. 300 Monitore gleichzeitig die Strahlung erfassen. Die Elektronik hierzu wird im HERA-Tunnel installiert werden. Das System konnte in Teilbereichen in DESY II erfolgreich getestet werden.

- Kabel und Installation: Die geographische Ausdehnung HERAs stellt an die Verkabelung besondere Anforderungen. Die vier HERA-Hallen werden durch erdverlegte Koax- und Steuerkabel mit dem Kontrollraum verbunden. Diese Kabel wurden beschafft und zum Teil verlegt. Neben diesen konventionellen Verbindungen sind erdverlegte Faserlichtleiter vorgesehen. Die Kontrollsystemverkabelung im HERA-Tunnel wurde weitgehend festgelegt und zum Teil bestellt.

Zum Sachgebiet der Gruppe MHF gehören

- Die Hochfrequenzsender von DORIS II, DESY II, DESY III, PETRA e^- und HERA e^- mit einer Leistung von insgesamt rund 13 MW
- Die Beschleunigungsstrecken mit ca. 160 mehrzelligen Hohlraumresonatoren und die zugehörigen Hohlleitersysteme zur Leistungsverteilung
- Die elektronischen Anlagen für Frequenzaufbereitung und Synchronisation der verschiedenen Senderanlagen untereinander
- Das Projekt der serienreifen Entwicklung supraleitender Beschleunigungsstrecken zum Einsatz in HERA

Die Gruppe MHF ist sowohl für die Entwicklungsarbeiten als auch für den Betrieb verantwortlich; sie stellt außerdem Personal im Teilschichtdienst für den durchlaufenden Beschleuniger

*Hochfrequenz-
technik
- MHF -*

nigerbetrieb.

Im Berichtsjahr 1986 war die Gruppe MHF vornehmlich mit Arbeiten für den Aufbau von HERA und DESY II beschäftigt. Hierzu gehört auch die Modernisierung des DESY-Senders nebst Frequenzaufbereitung und Synchronisierung. Die inzwischen veraltete Sendertechnik von DORIS II wurde ebenfalls durch den Einsatz moderner Komponenten verbessert. Der Hauptzweck dieser Bemühungen ist, alle Maschinen betriebsstabiler zu machen und die Ausfallrate zu senken.

Das 500MHz-HF-System für den HERA-Elektronenring: Für die erste Ausbaustufe dieses Systems (ausreichend bis etwa 27 GeV) werden 84 fünf- und siebenzellige Beschleunigungsstrecken und sechs Klystron-Doppelsender aus PETRA übernommen. Die PETRA-HF-Anlagen NW und O wurden deshalb 1986 stillgelegt. Das HF-System N wurde komplett ausgebaut; die Sender W und O bereits weitgehend zerlegt. Sämtliche Komponenten mußten für den späteren Einsatz bei HERA geändert, zumindest aber funktionsgeprüft und im Labor überholt werden. Das bedeutete zunächst Logistik- und Lagerprobleme, da der Wiedereinbau bei HERA erst im Frühjahr 1987 beginnen kann. Die Cavities in den PETRA-HF-Strecken W und O blieben deshalb noch an Ort und Stelle und werden bis zum Ausbau passiv betrieben.

Für die weiteren Entwicklungs- und Planungsarbeiten für HERA bewährte sich das im Vorjahr eingeführte CAD-System sehr gut, da es eine schnelle Dokumentation aller technischen Unterlagen möglich macht. Änderungen zur Anpassung an den jeweiligen technischen oder baulichen Zustand sind problemlos möglich, so daß die Unterlagen ständig auf dem aktuellen Stand sind.

Für die Umsetzung der HF-Anlagen werden Modifikationen an vielen Komponenten durchgeführt. Die fünf- und siebenzelligen Cavity-Typen wurden mit einer veränderten Kühlwasserverrohrung und neuen Aufbaugestellen versehen. Um die Temperaturen im Ring nicht unnötig zu erhöhen, wurden wassergekühlte Hohlleiter entwickelt. Eine neue Absorberausführung soll die Ausfallrate der bisher anfälligen Leistungsabsorber verringern und einen Test der Sendeanlagen unabhängig von den Cavities ermöglichen. Vorausschauend wurde im Labor untersucht, ob sich Komponenten des ausgebauten 1-GHz-Systems für Feedbackzwecke verwenden lassen (schmalbandiges Feedback).

Ein Teil der für HERA benötigten Cavitykontrollschränke wurde fertiggestellt und einem Dauertest unterzogen.

DESY II: Hier wurden die im Vorjahr bereits installierten sechs Cavities zusätzlich in Betrieb genommen, so daß die Anlage jetzt mit acht siebenzelligen Cavities läuft.

Der Ring DESY I wurde total demontiert. Dabei mußte auch die alte HF-Ringleitung zerlegt und dem neuen Ring entsprechend neu konzipiert aufgebaut

werden.

Diese mit "Mag. Tees" ausgerüstete HF-Verteilung ergibt beste Entkoppelung und stellt gegenüber der ehemaligen Anlage eine übersichtliche technische Lösung dar.

DORIS II: Der Quadrant 4 des Speicherringes DORIS soll einen weiteren Wiggler erhalten. Hierfür mußte das Hohlleitersystem verändert und ein Cavity versetzt werden. Zur Unterdrückung störender Obermodi wurden je Cavity zwei Koppler eingebaut, die Störmodi auskoppeln und die Grundwelle (500 MHz) nicht beeinflussen. Am Sender Q1 1 wurde die seinerzeit industriegefertigte, komplizierte und inzwischen veraltete Senderanlage mit neu entwickelten Kassetten moderner Technik ausgerüstet und der Röhrentreiberverstärker durch einen Transistorverstärker ersetzt.

Der Synchrotronsender wurde ebenfalls modernisiert. Dabei wurde der Austauschbarkeit der HF-Einrichtungen in Bezug auf die Speicherringe besonderes Augenmerk gewidmet. So haben alle Klystronbetriebsgestelle einen neuen "Hochspannungskopf" bekommen, der die Montage vereinfacht, Messungen ohne Demontage ermöglicht und die bei PETRA üblichen HV-Kabel höherer Spannungsfestigkeit erhält. Die Frequenzaufbereitung und HF-Verkopplung zwischen LINAC I und II und den Maschinen wurde neu aufgebaut und auf einen besser durchschaubaren Zustand gebracht. Auch hier wurden die alten Röhrenverstärker gegen Transistorgeräte getauscht. CAD-Unterlagen über alle Verbesserungen wurden erstellt und die Mitarbeiter an den neuen Anlagen ausgebildet. Ein abschließender mehrtägiger Betrieb des DESY II-Senders zusammen mit den acht Cavities zeigte eine gute Stabilität des Systems bei der geforderten Umfangsspannung von 10 MeV (für etwa 8 GeV).

Weitere technische Entwicklungen und Arbeiten: Für den Betrieb des supraleitenden Cavity-Experiments in Halle NO stellte MHF einen vom Experiment her fernsteuerbaren 300-kW-Sender bereit. Für die nächste Zukunft wird auf den Betrieb von normalleitenden Cavities nicht verzichtet werden können. MHF hat deshalb für den Hochleistungseinsatz von fünf- oder siebenzelligen Cavities zwei verschiedene HF-Einkopplungsversionen erprobt. Die erste Version ist eine modifizierte und im Leistungstest erprobte LEP-Einkopplung, die zweite Version ist eine verbesserte koaxiale DESY-Einkopplung, die als Prototyp mehrere Wochen mit Leistungen von ca. 250 kW betrieben wurde.

Schließlich wurden für den Aufbau von DESY III Elektronikeinschübe und Rechnersoftware für Meßprogramme entwickelt und bereitgestellt.

Das Sachgebiet der Gruppe MVA umfaßt

- Die Vakuumkammern aller Beschleuniger und Speicherringe sowie der Strahlführungen
- Die mechanischen und elektromagnetischen Pumpen zur Erzeugung von Vorvakuum, Hochvakuum und Ultrahochvakuum in den genannten Vakuumsystemen
- Die erforderliche Meßtechnik zur Lecksuche, Restgasanalyse und Druckmessung

Vakuum
- MVA -

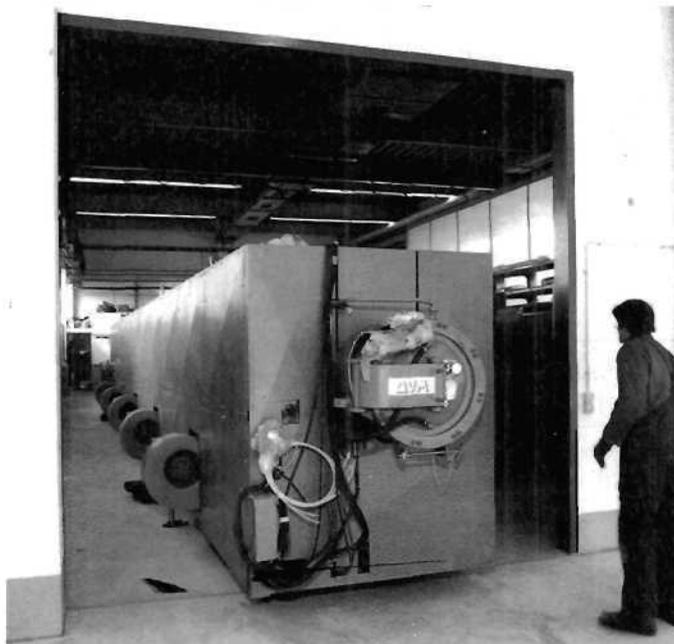


Abbildung 103: Der 15 m lange Vakuumofen zur Lötung der Standard-Vakuumkammern für den HERA-Elektronenring. (39483/26)

- Die vakuumtechnische Betreuung von Komponenten anderer Sachgebiete (Hohlraumresonatoren, Septa, Kicker, Strahlmonitore)
- Labors bzw. Werkstätten für Neufertigungen und Reparaturen, die nicht an Fremdfirmen vergeben werden können (Schweißtechnik, Löttechnik einschließlich Lötöfen, Reinigungsverfahren für Oberflächen im Ultrahochvakuum, Abgasungs-Meßtechnik u.s.w.).

Die Vakuumanlagen der Beschleuniger und Speicherringe erfordern Schichtdienst.

Neben allgemeinen Wartungs- und Reparaturarbeiten lag der Schwerpunkt der Tätigkeiten der Gruppe MVA im Berichtsjahr bei der Modifikation der bestehenden Anlagen für die Elektronen- bzw. Positronen-Injektion in HERA sowie bei der Konstruktion und Fertigung des Vakuumsystems für den HERA-Elektronenring und die Transportwege zwischen PETRA und HERA. Im einzelnen wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

DESY II: Nach Stilllegung und Abbau von DESY I wurden die Vakuumsysteme für den Anschluß des neuen Synchrotrons DESY II zum restlichen Beschleunigernetz installiert und erfolgreich betrieben. Diese Vakuumsysteme mit einer Gesamtlänge von ca. 200 m verbinden DESY II mit den beiden Linearbeschleu-

nigern und sorgen für die Weiterleitung von Elektronen und Positronen nach DORIS II und PETRA II.

DORIS II: Zur Erweiterung der Experimentiermöglichkeiten von HASYLAB wurde das Vakuumsystem von DORIS II im Quadranten IV zur Aufnahme eines neuen Wigglermagneten modifiziert. Das modifizierte Vakuumsystem hat eine Gesamtlänge von über 50 m und besteht aus einer neuentwickelten dünnwandigen Vakuumkammer für den Wigglermagneten und aus den entsprechenden Auslaßkammern und Strahlungsabsorbern für das Synchrotronlicht. Alle Vakuumkomponenten dieses Systems wurden intern gefertigt und termingerecht installiert und in Betrieb genommen.

PETRA: Für die spätere Verwendung von PETRA als HERA-Injektor wurden umfangreiche Änderungen des Vakuumsystems im Bereich der geraden Strecken vorgenommen. Diese Änderungen waren bedingt durch die Reduzierung des HF-Beschleunigungssystems, das in HERA installiert werden soll, sowie durch die Entfernung der vier Experimente und durch magnetische Modifikation der entsprechenden Strecken zur Aufnahme von Injektions- und Ejektionskomponenten des neuen Injektors. Die dazugehörigen Vakuumkomponenten mit einer Gesamtlänge von etwa 300 m, sowie die komplexen neuen Septa für die HERA-Ejektionen wurden ebenfalls intern gefertigt und rechtzeitig in PETRA installiert.

Transportwege PETRA-HERA: Die Konstruktion der Komponenten der Vakuumsysteme für die insgesamt 400 m langen Transportwege von Elektronen und Protonen/Positronen von PETRA nach HERA, sowie die Entwicklung der dazugehörigen gebogenen Vakuumkammern mit elliptischem Querschnitt wurde abgeschlossen. Die meisten dieser Komponenten wurden bereits intern gefertigt und in den Magneten installiert.

HERA: Die Konstruktion der Standard-Vakuumkammern im Bogen des Elektronenringes ist abgeschlossen und alle Aufträge für die Materialbeschaffung sowie für die mechanische Bearbeitung bzw. Fertigung von Kupferprofilen, Flanschen, integrierten Ionenzerstäuberpumpen u.s.w. erteilt. Ein Teil dieses Materials wurde bereits an DESY geliefert. Der Auftrag für die Standard-Ionenzerstäuberpumpen wurde gleichfalls vergeben. Prototypen dieser Pumpen wurden bereits erfolgreich bei DESY abgenommen. Der 15 m lange Vakuumofen zur Lötung der Standard-Kammern wurde abgenommen und bei DESY in der zu diesem Zweck neugebauten Fertigungshalle installiert und in Betrieb genommen (Abb. 102).

Die entsprechenden Vorrichtungen zur Reinigung und zum Zusammenlöten der Kupferkammern wurden gefertigt und erprobt. Ebenfalls ist der Auftrag für die Bleiabschirmung der Vakuumkammern erteilt. Prototypen dieser Abschirmung wurden bereits an DESY geliefert.

Der Entwurf der HERA-Vakuumsysteme im Bereich der Hochfrequenzbeschleunigungsstrecken, sowie für die restlichen geraden Strecken wurde abgeschlossen,

und mit der Konstruktion der dazugehörigen Vakuumkomponenten wurde begonnen. Diese Vakuumsysteme sollen weitgehend aus Kupferprofilen und Elementen gefertigt werden, wie sie auch im Standard-System der Bögen zu finden sind.

Aufbau von Beschleunigern und Experimenten *- MEA -*

Das Sachgebiet der Gruppe MEA umfaßt die Planung und Durchführung des Auf- und Umbaus von Beschleunigern und Experimenten, die geodätische Vermessung der Magnete aller Beschleuniger und der Beschleuniger selbst bezüglich ihrer Lage zueinander sowie der Experimente; die Betreuung aller "warmen" Magnete bei DESY (Wartung, Reparatur, Neubau, Feldmessung) und die Betreuung von Sicherheitseinrichtungen in den Experimentierhallen (Abschirmung, Gaswarnanlagen). Durch HERA erweitern sich die Sachgebiete um die beiden Magnetringe im HERA-Tunnel, die Strahlführungssysteme zwischen HERA und PETRA und die Unterstützung für die HERA-Detektoren.

Die Gruppe MEA hat sich 1986 nahezu ausschließlich mit dem HERA-Projekt befaßt. Aus der großen Menge der Einzelarbeiten, welche entweder von Angehörigen der Gruppe selbst oder durch Firmen in unmittelbarer Regie von MEA ausgeführt wurden, können nur die wichtigsten in Stichworten aufgeführt werden:

HERA-Quadrant Süd-West: Arbeitsbeginn entsprechend dem Stand der Bauarbeiten Mitte September 1986:

- Abstecken, Montieren und Einmessen der Meßplatten im "Steg", d.h. der zur Unterstützung der Bodenplatten und als Fahrspur dienenden Betonmauer
- Polygonzug- und Höhenvermessung
- Anreißen, Bohren von Löchern, Montieren und Unterstopfen der Magnetsockel
- Montage und Verlegung der Gitterroste für die Laufwege samt des dafür erforderlichen Unterbaues (Auflagewinkel, Außenkonsolen und Gerüste)
- Montage von Ankerschienen, Kabelpritschen, Stromverteilerschienen und der Führungsschiene für das Universal-Montagefahrzeug
- Verlegung von Hauptwasserrohren und Heliumgasleitung ("Quenchleitung")

Tunnel West-Nord:

- Montage von Ankerschienen und Verlegen von Gitterrosten

HERA-Experimentierhallen Süd und West:

- Aufbau der Montageplattform aus Abschirmsteinen im Süden
- Regie für die Kabelpritschenmontage und den Einbau der 40-t-Hallenkräne

Injektionswege PETRA-HERA:

- Planung der Montageabläufe für die Strahlführungswege
- Vermessung und Vorbereitungsarbeiten für die Montage

Montagefahrzeuge:

- Beschaffung bzw. Erprobung und Inbetriebnahme von zwei Zugmaschinen und drei Anhängern vom Typ "Pick up" (für einfache Transport-, Verlade-

und Montagearbeiten, s. Abb. 112) sowie je eines Universal-Transport- und Montagefahrzeuges für den Ringtunnel und die Einschußwege ("HERA-TRAM" und "DWARSLÖPER")

Neben der Planung, der Koordination, der Überwachung und Leitung "vor Ort" aller genannten Montagearbeiten führte MEA auch alle erforderlichen Transportarbeiten durch.

Das Sachgebiet der Gruppe MPL umfaßt die Planung der Aufstellung von Beschleunigerstrukturen in den Tunneln und Experimentierhallen durch die Umsetzung der gerechneten Maschinenoptiken auf die Baugeometrie, die Konstruktion von Magneten und von Einrichtungen zur Magnetaufstellung, die Koordination von Maschinenaufstellung und Gebäudeausführung.

*Beschleunigerplanung
- MPL -*

Im Berichtsjahr wurden die Planungsarbeiten für die HERA-Bauten weitergeführt, insbesondere für die oberirdischen Bauwerke. Die Hauptaktivitäten lagen jedoch bei den mit der Baudurchführung von Ringtunnel, Experimentierhallen und beiden Injektionswegen täglich anfallenden Aufgaben. Der erreichte Baustand ist im "HERA"-Teil dieses Jahresberichtes beschrieben.

Für die Maschineninstallation wurde die endgültige Ringgeometrie bestimmt und damit die Vorgaben für die Orte der Magnetunterstützungen sowohl für den Elektronen- als auch für den Protonenring. Prototypen der Magnetunterstützungen wurden Anfang des Jahres in Belastungsversuchen getestet. Die Serie wurde anschließend in Auftrag gegeben. Teillieferungen erfolgten rechtzeitig zu Beginn der Installationsphase. Weiterhin wurden die Konstruktionsarbeiten abgeschlossen für Cavityständer und für einige Sondergestelle.

Die für die Magnetentwicklung zuständigen Gruppenmitglieder befaßten sich im Berichtsjahr mit drei unterschiedlichen Magnetgruppen: den Spinrotatoren, den Elektronenring-Magneten und den supraleitenden Protonen-Dipolen.

Die Rotatormagnete wurden konstruiert (acht verschiedene Typen), ausgeschrieben und in Auftrag gegeben. Vorrichtungen und Werkzeuge für die Jochkörperfertigung wurden bis Ende 1986 erstellt und erprobt. Zusätzlich wurden 290 t Eisenblech bestellt, von denen Ende 1986 ca. 50% ausgeliefert waren. Für die Aufstellung und Simultanjustierung von acht Rotatormagneten sowie für das zugehörige Vakuumsystem wurden Konzepte entwickelt. Der Fertigungsstand der Magnete für die beiden Ringe ist im "HERA"-Teil dieses Jahresberichtes erläutert.

Strahlenschutz

Alle Strahlenschutzmessungen des Berichtsjahres zeigen, daß die Personendosen, die Ortsdosen in zugänglichen Gebieten, Aktivitätskonzentrationen in Luft und Wasser sowie staubförmige Kontaminationen in Beschleunigerräumen sicher unterhalb der zulässigen Grenzen lagen. Von Interesse sind vor allem die Ortsdosen in den sechs Hallen des Speicherrings PETRA, die überwiegend von gestreuter Synchrotronstrahlung herrührten, und die von 10 bis 20 Meßstellen pro Halle überwacht werden. Die zugehörigen Meßstellen ergeben akkumulierte Jahresdosen zwischen 0.3 und 3 mSv.

Die gemessenen Personendosen waren auch 1986 sehr gering. Die Jahresdosen aller DESY-Mitarbeiter und Gäste, definiert als Summe der festgestellten Monatsdosen > 0.2 mSv, betrug nur 12 mSv.

Nach den in dem Bericht "Estimation of Radiation Fields at High-energy Proton Accelerators" angegebenen Methoden zur Berechnung von Strahlungsgrößen, wie Äquivalentdosis hinter seitlicher Beton- oder Eisenabschirmung, Neutronenfluenz hinter seitlicher Betonabschirmung, Neutronenfluenz und Energiedosis im Beschleunigertunnel und Dosisleistung infolge induzierter Radioaktivität, wurden die Abschirmungen bestimmt für die Beschleuniger LINAC III, DESY III und PETRA II, die als Vorbeschleuniger für den Protonenbetrieb von HERA dienen werden. Fortgeführt wurden entsprechende Rechnungen für die HERA-Hallen, besonders für einige Spezialprobleme an den Detektoren ZEUS und H1.

Da Neutronenfelder an Protonen-Beschleunigern eine größere Bedeutung haben als an Elektronen-Beschleunigern, wurden Arbeiten aufgenommen zur Spektroskopie von Neutronen mit moderierenden Neutronenzählern. Ein Rechenprogramm zur Datenauswertung (Entfaltungsrechnung) wurde in Betrieb genommen.

Das vom SLAC, Stanford, stammende Monte-Carlo-Programm EGS4 zur Berechnung der elektromagnetischen Kaskade wurde in Betrieb genommen, mit früheren Versionen verglichen und angewendet auf die Berechnung der Dosis durch Synchrotronstrahlung an einem HERA-Dipolmagneten.

Ferner wurden folgende Messungen und Rechnungen durchgeführt: Bestimmung der Dosis durch Elektronen- γ -Streustrahlung in den Räumen der Linearbeschleuniger LINAC I und LINAC II während des Betriebes; Messung der Abschwächung der γ -Dosis in Zugangslabyrinthen (noch nicht abgeschlossen); Abschätzung der Konzentration von O_3 und NO_x in der Luft des HERA-Tunnels; Abschirmrechnungen für den geplanten Beschleuniger CEBAF in Newport News (USA) im Rahmen einer internationalen Zusammenarbeit.

Überwachung

*Arbeiten für
Protonen-
Beschleuniger*

*Arbeiten für
Elektronen-
Beschleuniger*

Umweltradioaktivität

Im Zusammenhang mit dem Unglück von Tschernobyl wurden zahlreiche quantitative Bestimmungen der Radioaktivität von Proben aus der Umwelt durchgeführt. Dabei ergab sich die Notwendigkeit einer schnellen Bestimmung der natürlichen Luftaktivität. Zu diesem Zweck wurde eine Meßmethode erstellt, welche mittels Luftfiltergerät und einer low-level-Anlage für α - und β -Messung die Feststellung der Konzentrationen der Radon-Isotope und ihrer Folgeprodukte aus den beiden Zerfallsreihen (Uran-Radium-Reihe und Thorium-Reihe) ermöglicht.

Bereich Zentrale Datenverarbeitung, Entwicklung und Betrieb

Inhalt

Übersicht	225
Datenverarbeitung	227
Technische Entwicklungen und Dienste	239

Übersicht

Durch die Installation des neuen Betriebssystems MVS/XA, die eine umfangreiche Systemprogrammierung mit sich brachte, wurde es möglich, den Zentralcomputer auf den Ein-Rechner-Betrieb umzustellen. Neben der vereinfachten Bedienung hat diese Betriebsart die entscheidenden Vorteile, daß der größte Teil des Magnetspeichers den Benutzern zur Verfügung steht und daß der Zugriff auf die Datenträger-Platten schneller und unkomplizierter erfolgt. Dies überwiegt den Nachteil für die Benutzer, daß jede Maschinen-Störung den gesamten Rechnerbetrieb unterbricht.

Datenverarbeitung

Die Röntgen-Wiggler-Halle des HASYLABs mit ihren neuen Experimentiermöglichkeiten wurde fertiggestellt, und mit dem zugehörigen Ausbau des Büro- und Laborgebäudes wurde begonnen. Damit wird den HASYLAB-Nutzern und insbesondere der Max-Planck-Gesellschaft die nötige Infrastruktur für ihre Experimente zur Verfügung stehen.

Bauten

Der Entwurf und der Bau von Komponenten für HERA bestimmten die Aktivitäten der technischen Dienste. Die CAD-Anlage hat sich gut bewährt, und die Zahl der Stationen wurde verdreifacht. Bei der Gruppe "Tiefemperatur und Gaselager" wurde eine Helium-Rückgewinnungsanlage fertiggestellt. Sie ermöglicht es, Helium-Verluste bedeutend zu verringern.

Technische Dienste

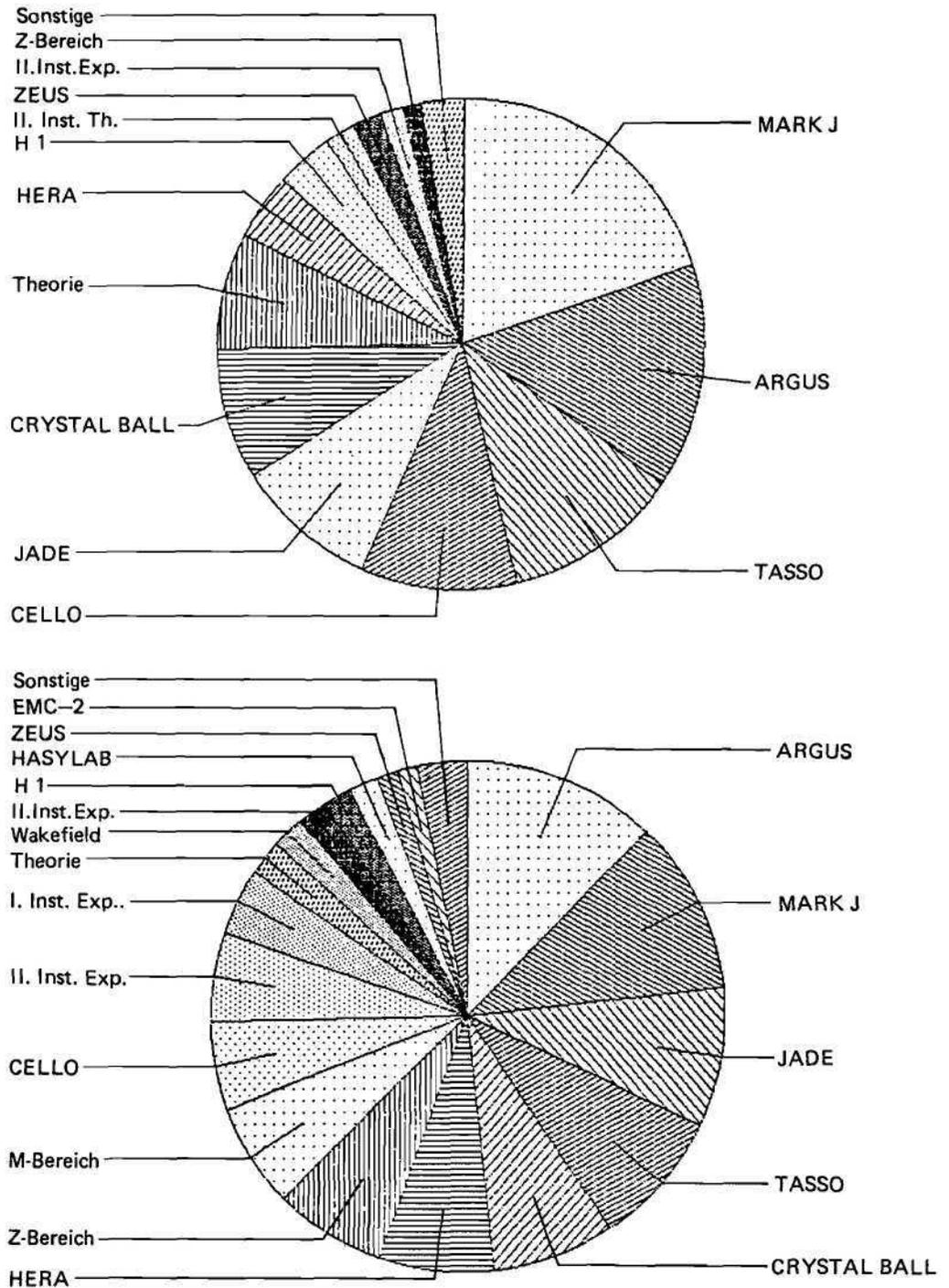


Abbildung 104: Verteilung der Batch-CPU-Zeit (oben) und der TSO-CPU-Zeit (unten) auf die Benutzergruppen in 1986.

Datenverarbeitung

Betrieb des Rechenzentrums

Den Benutzern des Rechenzentrums stand im Berichtsjahr bei DESY die gleiche Rechenkapazität wie im Vorjahr zur Verfügung. Allerdings wird die 4-Prozessor-Maschine IBM 3084Q seit Mai im "single image mode" betrieben, was durch den Umstieg auf das Betriebssystem MVS/XA ermöglicht wurde.

Zentralrechner

Die Vorteile des Ein-Rechner-Betriebes sind:

- Das Betriebssystem wird nur einmal benötigt, dadurch kommt den Benutzern ein größerer Teil des 48 MB großen Hauptspeichers zugute, was sich insbesondere auf die Antwortzeiten positiv auswirkt.
- Die Zugriffe zu den Peripherie-Geräten werden von nur einem I/O-Supervisor gesteuert. Dadurch werden vergebliche Plattenzugriffe vermieden, die bei konkurrierenden Zugriffen von zwei unabhängigen Rechnern die Regel sind.
- Beim Mehr-Rechner-Betrieb muß durch einen aufwendigen Kommunikations-Mechanismus (MSI) sichergestellt werden, daß nicht zwei Programme von zwei Rechnern gleichzeitig auf eine Datei ändernd zugreifen. Beim "single image mode" sorgt das Betriebssystem automatisch für die Einhaltung solcher und ähnlicher Regeln.
- Man benötigt weniger Datenpfade zu den Peripherie-Geräten und damit weniger Kabel.
- Die Bedienung wird vereinfacht.

Die Nachteile des Ein-Rechner-Betriebes sind:

- Ein Ausfall des Rechners bedeutet einen Totalausfall des Rechenzentrums. Die Betriebsart als Ein-Rechner-System stellt also hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit der Hardware und die Zuverlässigkeit der Betriebssystem-Software.
- Momentane Engpässe im Betriebssystem durch Überlastung bestimmter Betriebsmittel ziehen alle Benutzer in Mitleidenschaft.
- Systempflege und -wartung bedeuten stets einen erheblichen Eingriff in den Rechenzentrumsbetrieb. Beim Mehr-Rechner-Betrieb war es möglich, auf sanftere Weise einen Rechner zeitweilig als Testrechner dem normalen Betrieb zu entziehen.

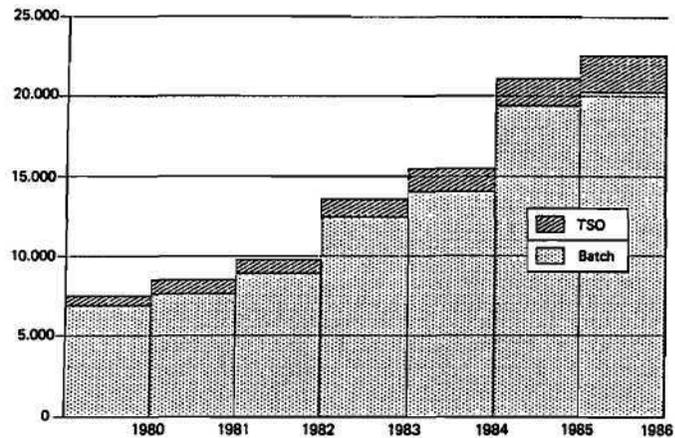


Abbildung 105: Genutzte CPU-Stunden pro Jahr (in 3081K-Stunden).

Mehrmonatige Erfahrung hat gezeigt, daß in Anbetracht der hohen Verfügbarkeit von Hard- und Software der Ein-Rechner-Betrieb mehr Vor- als Nachteile bietet. In zukünftige Überlegungen sollte allerdings unbedingt der berechnete Wunsch der Systemprogrammierer nach ausreichenden Testmöglichkeiten einfließen.

Auf dem Düsseldorfer Rechner stehen einem begrenzten Benutzerkreis seit dem 3. Quartal beide Prozessoren einer 3081K weitgehend zur Verfügung.

Benutzungsstatistik

Die verfügbare CPU-Zeit (ohne den Düsseldorfer Rechner) wurde von
– 724 000 Batchjobs mit 1,68 min mittlerer CPU-Zeit und von
– 353 000 TSO-Sitzungen mit 0,40 min mittlerer CPU-Zeit
verbraucht. Die Aufteilung auf die DESY-Benutzergruppen zeigt die Abb. 104. Bei gleicher maschineller Ausstattung wurden den Benutzern 1 500 CPU-Stunden mehr als im Vorjahr zur Verfügung gestellt (Abb. 105), die CPU-Nutzung stieg von 64,1 auf 66,6 % im Jahresmittel. Das ist im Wesentlichen auf die Betriebssystem-Umstellung zurückzuführen und wird sich bei steigender Vertrautheit mit dem MVS/XA weiter verbessern.

Neue Hardware

Im August wurden drei mechanische Stahlbanddrucker durch einen Laserdrucker Siemens 2202/2 und einen magnetografischen Trommeldrucker Memorex 4390 ersetzt. Dadurch wurde eine Reihe von Verbesserungen erreicht:

- Hohe Druckgeschwindigkeit (100 Seiten/Minute bei Siemens, 90 Seiten/Minute bei Memorex).

- Bessere Druckqualität. Daher konnte das Papierformat bei Erhöhung der Lesbarkeit auf 315 mm × 9" verkleinert werden, wodurch nicht nur der Papierpreis pro Druckseite verringert wurde, sondern auch die Computerlisten ein handliches Format erhielten, das in die üblichen Büro-Ordnungsmittel paßt.
- Größerer Zeichenvorrat ohne Einbuße an Druckgeschwindigkeit. Auf beiden Druckern stehen 190 Zeichen und damit Groß- und Kleinschreibung zur Verfügung, so daß die vormals dafür eingerichtete Sonder-Ausgabe-Klasse K entfallen konnte.
- Leiser Lauf. Die Stahlbanddrucker waren eine wesentliche Lärmquelle im Rechenzentrum.

Die IBM-kompatible Terminalperipherie konnte um 50 Terminals erweitert werden, darunter grafikfähige Bildschirme von Typ 3179G.

Zum Jahresende wurden ein 60-MByte-Halbleiterspeicher und zwei Kurzstränge Magnetplatten (20-GByte-Kapazität) installiert. Die Auswirkungen dieser Erweiterungen werden allerdings erst 1987 spürbar werden.

Wenn auch für die Speicherung der HERA-Daten wahrscheinlich nicht mehr das herkömmliche Magnetband verwendet werden wird, so wird man doch noch viele Jahre am DESY-Rechenzentrum Magnetbandeinheiten benötigen, z.B. zum Lesen der z.Zt. 80 000 Bänder aus dem Archiv und zum Datenaustausch mit anderen Institutionen. Aus diesem Grund wurden zum Jahresende acht der 24 IBM-Magnetbandeinheiten (10 Jahre alt) durch moderne Magnetbandeinheiten von StorageTek ersetzt.

Die Umstellung des Betriebssystems von MVS/SP auf MVS/XA war die umfangreichste Aufgabe der Systemprogrammierung im Berichtsjahr. Abgesehen von dem Umstand, daß die neueste Version des Betriebssystems wegen der Behebung lange bekannter Fehler und der besseren Wartbarkeit der Software durch den Hersteller sowieso wünschenswert ist, brachte diese Umstellung eine Reihe weiterer Vorteile:

*System-
programmierung*

- Die Möglichkeit, die 3084Q im "single image mode" zu betreiben. Hierauf ist schon ausführlich eingegangen worden (s. *Zentralrechner*).
- Eine weitgehende Abspaltung der Peripherie-Unterstützung in eine gesonderte Komponente, so daß Änderungen der Konfiguration leichter zu handhaben sind.
- Eröffnung der Möglichkeit der 31-bit-Addressierung (dadurch Vergrößerung des Adressraumes auf 2 GByte). Da das Betriebssystem selbst diese Möglichkeit nutzt, wird für Programme im 24-bit-Modus der zur Verfügung stehende virtuelle Adressraum vergrößert und eine ganze Serie von Engpässen beseitigt.

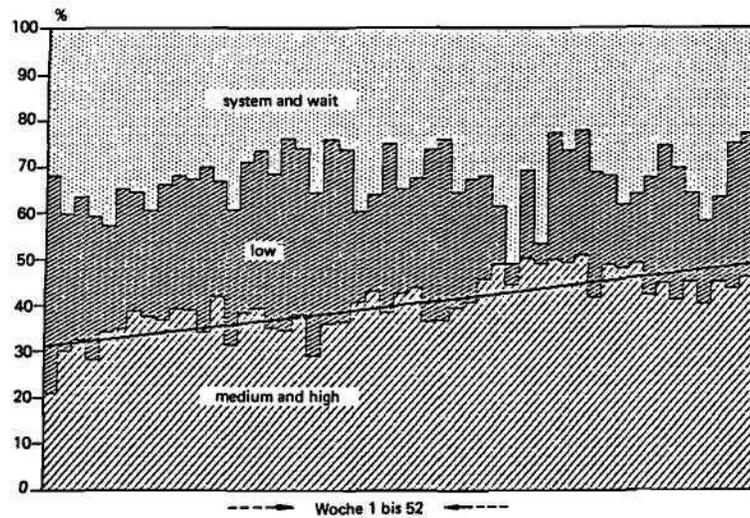


Abbildung 106: CPU-Nutzung des DESY-Rechenzentrums in 1986.

Lange Zeit schien es nicht möglich, die Auslastung des Rechners bei Reduzierung des Anteils von Jobs mit niedriger Priorität auf gleicher Höhe zu halten. Hier wurden im Berichtsjahr neue Ideen mit vielversprechenden Resultaten realisiert.

Abb. 106 zeigt, wie sich der Anteil der Priority-Jobs im Laufe des Jahres um fast 20% erhöht. Dies wurde erreicht durch wiederholte gründliche Analyse aller JES3-Scheduling-Parameter und einer daraus resultierenden einfachen Modifikation im Scheduling-Algorithmus. Die Quote der täglich vergebenen Service-Einheiten konnte entsprechend erhöht werden.

Durch Installation eines DATEX-P-Anschlusses am Rechner wurden weitere Möglichkeiten der Kommunikation mit der Außenwelt eröffnet. Der DESY-Rechner kann jetzt über DATEX-P direkt angewählt werden. Mit der Universität Heidelberg wurde ein Cross-Domaine-Verbund implementiert, der allen an beiden Rechnern angeschlossenen Terminals erlaubt, im Full-Screen-Mode zu beiden Rechnern zuzugreifen. Dieser Verbund kann auf weitere Institute ausgedehnt werden. Durch Einsatz der DFN-PAD-Software schließlich ist es von jedem Terminal aus möglich, sich in das DATEX-P-Netz zu wählen.

Als Test-Installation ist das IBM-Datenbanksystem DB2/QMF eingeführt worden, um Erfahrungen im Umgang mit Werkzeugen zur Unterstützung organisatorischer Aufgaben jeglicher Art zu erlangen.

Bei der endgültigen Einführung des Verwaltungssystems SAP wurde die DESY-Verwaltung unterstützt und das Personalinformations-System PAISY wurde dialogfähig gemacht.

Rechnerperipherie

Die Arbeitsschwerpunkte der Gruppe "Rechnerperipherie" lagen im Berichtsjahr auf folgenden Gebieten:

Überblick

1. Bereitstellung, Pflege und Weiterentwicklung von **Programm-Systemen**, die von vielen Hunderten von Physikern bei DESY benutzt werden; sie werden ständig neuen Erfordernissen und technischen Möglichkeiten angepaßt:
 - NEWLIB—ein universelles Programm-Entwicklungssystem
 - IPS—ein graphisches Grundsystem ("Interactive Plotting System")
 - GEP—ein "Graphisches Editier Programm" für Präsentationsgraphik
 - T_PX—ein Textformatiersystem für den Satz wissenschaftlicher Arbeiten

2. Betrieb und Weiterentwicklung des allgemeinen paketvermittelnden lokalen Rechnernetzes DESYNET für breitbandige **Datenübertragung** und **Kommunikation**:
 - Verbindung graphischer Arbeitsstationen überall auf dem Gelände mit dem Großrechner
 - Verbindung zum DATEX-P-Dienst der Bundespost
 - V.24-Vermittler
 - X.25-Inhouse-Vermittler
 - Zugang von außen zu allen Rechnern über Telefon mit Akustikkopplern
 - Anbindung von Terminals und Mikroprozessor-Entwicklungssystemen an VAX- und IBM-Rechner und DATEX-P
 - Verbindungen von Rechnern untereinander auf dem Gelände

3. **Entwicklung, Betrieb** und **Wartung** von Hardware und Software von Knotenrechnern, Terminalrechnern, Datenkanälen, Interfaces, graphischen Arbeitsstationen und Plottern für 1. und 2.

Im Berichtsjahr wurden in 309 755 (202 748)² IPS-Sitzungen graphische Anwendungsprogramme von 902 (914) verschiedenen Benutzern ("user-id"s) aus 55 (49) verschiedenen Benutzergruppierungen ("accounts") ausgeführt.

Benutzungsstatistik des graphischen Systems IPS

² Die Zahlen in Klammern zeigen jeweils die Werte des Vorjahres.

Dabei wurden 767 (603) CPU-Stunden Rechenzeit in IBM 3081K Einheiten verbraucht. Die folgende Tabelle zeigt links die Verteilung auf die großen Experimente und rechts den Anteil, der auf die neuen HERA-Aktivitäten zurückzuführen ist:

20 (22) %	für ARGUS	10 %	M-Bereich
12 (12) %	für JADE	3 %	HERA-Elektronenring
10 (12) %	für MARK J	3 %	HERA-Protonenring
8 (7) %	für TASSO	2 %	HERA-Experiment H1
7 (5) %	für Crystal Ball	2 %	HERA-Experiment ZEUS
5 (6) %	für CELLO		

Der Rest von 18% wurde von 44 weiteren "accounts" verbraucht.

Es wurden ca. 507 000 (241 000) Bilder auf Papier ausgegeben. Dieser dramatische Zuwachs ist auf die gute Annahme des QMS-Laserprinters LG1200 zurückzuführen, der im Oktober des Vorjahres den Benutzern erstmalig angeboten und seit August des Berichtsjahres im Benutzerbereich öffentlich zur Selbstbedienung zugänglich gemacht wurde. Auf diesem Gerät wurden 80% aller Seiten (d.h. 403 000 Seiten) ausgegeben.

Von der Gesamtmenge der Bilder (bzw. Druckseiten) waren ca. 23 (34)% Darstellungen physikalischer Meßergebnisse—erzeugt mit dem graphischen Editor GEP—und ca. 54 (45)% Textseiten wissenschaftlicher Veröffentlichungen—erzeugt mit den Textsystemen $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ (94%) und SCRIPT (6%). Die Möglichkeit, vom NEWLIB aus Listen zum QMS zu schicken, führte zu einem Anteil von 16%. Die restlichen 7 (21)% waren überwiegend Darstellungen physikalischer "Ereignisse"—erzeugt mit experimentespezifischen Programmen.

Entwicklungen für das graphische System IPS

Zusätzliche IPS-Arbeitsstationen

Im Berichtsjahr wurden alle Vorarbeiten für den Aufbau von 16 weiteren IPS-Arbeitsstationen und deren Anschluß an DESYNET geschaffen. Sie werden in der bewährten Technik mit einem hochauflösenden einfarbigen Rasterbildschirm (1 024 Bildpunkten pro Zeile), alphanumerischem Tastenfeld und einem graphischen Tablett ausgerüstet und sollen 1987 den Benutzern zur Verfügung gestellt werden.

"Low Cost" Arbeitsstationen für IPS

Für den Einsatz als universelles "low cost"-Terminal für Text und Graphik wurden zunehmend ATARI Personal Computer (Modell 1040ST) über DESYNET in IPS integriert. Diese Geräte eignen sich wegen ihrer Programmierbarkeit sehr gut als Terminalemulatoren und gestatten den preisgünstigen Zugang zu graphischen Anwendungen (für Gelegenheitsbenutzer). Es wurde Software entwickelt, die es erlaubt, den ATARI wie eine "normale" IPS-Arbeitsstation zu betreiben. Dabei wird das "Small Graphics Interface" (SGI) eingesetzt (s. *Graphische Software*).

Neue IPS-Arbeitsstationen für die HERA-Zeit

Wegen der günstigen Preisentwicklung und des wachsenden kommerziellen Angebots an modernen graphischen Arbeitsstationen wurden im Berichtsjahr die Produkte mehrerer Hersteller untersucht. Um die Einsatzmöglichkeiten unter IPS zu untersuchen, wurde eine APOLLO DS3000 beschafft. Für diese Wahl spielten neben dem Preis folgende Kriterien eine wesentliche Rolle:

- Leistungsfähiger Rechner "vor Ort"
- UNIX als Betriebssystem
- Hoch auflösender Farbgraphik-Monitor
- Vernetzungsfähigkeit über Standard-Schnittstellen (TCP/IP) und Verwendbarkeit des vorhandenen Kabelnetzes (typische Strecken > 1000 m).

Neue Plotter für IPS

Wegen der guten Erfahrungen mit dem Laserdrucker LG1200 der Firma QMS wurden zum Jahresende drei weitere Geräte dieses Typs beschafft, die außerhalb des Rechenzentrums aufgestellt werden sollen.

Nach wie vor besteht der Wunsch, kleine preiswerte Laserprinter in größerer Zahl überall auf dem DESY-Gelände verfügbar zu haben. Als Prototyp wurde ein KYOCERA F1010 angeschafft und damit begonnen, ein Dienstprogramm zu entwickeln, das diese "Etagedrucker" von vielen Quellen aus benutzbar macht (PCs, VAX, IBM).

V.24-Vermittlungsrechner MICOM

Um die Infrastruktur für Terminal-Verbindungen zu anderen Rechnern zu verbessern, wurde DESYNET 1985 um einen V.24-Vermittlungsrechner (MICOM 600) erweitert. Die im Jahresbericht 1985 erläuterten Vorzüge eines solchen Systems sind durch die gute Annahme seitens der Benutzer voll bestätigt worden: Ende des Berichtsjahres gab es schon ca. 400 aktive Anschlüsse; die Nachfrage ist weiterhin steigend.

Die Dienste umfassen:

- Freie Wahl der Terminal-Rechner-Verbindung
- IBM-Zugang über Protokollkonverter
- Zugang zum DATEX-P
- Anschluß diverser Drucker
- Erstmaliger Einsatz von Multiplexern, die bis zu 128 Anschlüsse über *eine* 4-Draht-Leitung betreiben

*Entwicklungen für
DESYNET*

Durch Implementation neuer Software und Kontroll-Hardware mit erweiterten und verbesserten Betriebsmöglichkeiten wurde das System auf das Modell MICOM 6600 hochgerüstet, sodaß jetzt ein Ausbau bis auf ca. 2000 Anschlüsse möglich ist; damit kann der absehbare Bedarf auch für den HERA-Betrieb und die Experimente abgedeckt werden.

Bis zum Ende des Berichtsjahres waren folgende Anlagen am Vermittlungsrechner angeschlossen:

- 8 VAX-Rechner (ARGUS, 2 × HASYLAB, Magnetvermessung, ZEUS, MARK J und die Gruppen MKI und "Digitale Datenerfassung")
- 1 NORD500
- 4 PDP11
- 1 IBM3084Q (über DESYNET)
- ca. 200 Terminals
- ca. 50 Personal Computer (IBM-PC, ATARI u.a.)
- 5 Drucker

"Message Handling System"

Zum Einstieg in international genormte "Mail"-Systeme und um DATEX-P-Gebühren den Benutzergruppen zuordnen zu können, wurde eine Micro-VAX beschafft. Geplant ist der Einsatz der standardisierten Protokolle X.400 und des EAN-Programmprodukts, das über DFN (Deutsches Forschungsnetz) vertrieben wird.

Anschluß von Personal Computern an DESYNET

Die IBM 3270-Emulatorsoftware, die den Terminal-Zugang zum IBM-Großrechner im Vollschirm-Betrieb für Personalcomputer auch über DATEX-P und Akustikkoppler ermöglicht, wurde fertiggestellt.

Graphische Software

Es gab zwei Hauptaktivitäten auf dem Gebiet der anwendungsorientierten graphischen Software.

Graphisches Editier Programm (GEP)

Im Berichtszeitraum ist die Anzahl der GEP-Batchjobs im DESY-Rechenzentrum mit 178 000 (ohne IBM in Düsseldorf) um 16% gegenüber dem Vorjahr (153 000 Jobs) gestiegen, wobei der Anteil der Jobs mit dem GEP-HBOOK-Interface abnahm (28 000 Jobs = 16%, Vorjahr 39 000 Jobs = 25%). Die Anzahl der interaktiven Sitzungen hat um 42% auf über 62 000 zugenommen. Insgesamt wurden über 117 000 Bilder erzeugt.

Mit Mitarbeitern am PAW-Projekt, welches das bisherige interaktive Analyseprogramm HTV im CERN ersetzen soll, wurden Gespräche über eine mögliche

Harmonisierung in der Analyse-Software geführt. Dabei zeigte sich, daß einer anderen Programmstruktur der Vorzug gegenüber der beim GEP gewählten gegeben wird.

Neben vielen kleinen Verbesserungen (z.B. automatisches Zurücksetzen von Cuts bei erneuter Selektion von Datenstrings) gab es im letzten Jahr zwei Entwicklungsschwerpunkte, die für die Portabilität des GEP-Programms wichtig sind.

- In Zusammenarbeit mit der Wisconsin-Gruppe innerhalb der TASSO-Kollaboration wurde die interaktive GEP-Version im 2-Terminal-Modus für den VAX-Rechner fertiggestellt, wobei das PLOT10-Programmpaket für die Graphik benutzt wird. Dafür wurde von der Gruppe auf der VAX mit Hilfe der Screen Management Routinen der Teil des auf der IBM benutzten Fullscreen-Programmpaketes (FSPACK) nachprogrammiert, der im GEP benutzt wird. Auf diese Weise ist eine gleiche Benutzerschnittstelle auf der IBM und der VAX gewährleistet. Diese VAX-Version des GEP-Programms umfaßt den Bereich der IBM-Version einschließlich des Fullscreen-Dialogs und der "Hershey"-Fonts und ist in der Wisconsin-Gruppe der ALEPH-Kollaboration im CERN im Einsatz. Sie ist leicht übertragbar auf andere VAX-Computer mit dem Betriebssystem VAX/VMS.
- Um die Portabilität der GEP-Programms zu erhöhen, wurde eine Schnittstelle für die Graphik-Software zum graphische Standard GKS (Graphical Kernel System) bis zur Testreife erstellt, die den Bereich der bisherigen IPS-Lösung überdeckt. Dabei zeigt sich bei der gleichen graphischen Darstellung ein höherer CPU-Verbrauch als in der bisherigen IPS-Lösung, der, wie bei vielen universellen Standards, in der Komplexität des GKS-Paketes begründet ist.

"Small Graphics Interface" (SGI)

Um den Betrieb von verschiedenen graphischen Endgeräten zu vereinfachen, die über frei schaltbare Leitungen durch ein Netz mit diversen Anwendungspaketten verbunden werden können, wurde eine Graphik-Schnittstelle auf Leitungsebene "SGI" (Small Graphics Interface) entwickelt und festgelegt mit folgenden Zielen:

- Eine einheitliche Sprache im ganzen Netz
- Anwendbarkeit für Terminals und Plotter
- Geräte- und Herstellerunabhängigkeit
- Akzeptabler Einsatz über langsame Leitungen (z.B. 9 600 baud)
- Kostengünstiger Einsatz über teure Leitungen (z.B. DATEX-P)

Eine erste Implementierung für ATARI-Rechner ist im Einsatz. Für IBM-PCs ist die Entwicklung begonnen worden. Ein Gerätetreiber für das Graphische Kernsystem GKS ist geplant.

Textverarbeitung

Die Benutzung des Textformatierprogramms $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, das von D.E. Knuth in Stanford/USA entwickelt wurde, nahm weiter stark zu, insbesondere wegen seiner hervorragenden Fähigkeiten zum Satz wissenschaftlicher Veröffentlichungen mit mathematischen Formeln.

Im Berichtsjahr wurde die $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ Version 2.0 zusammen mit $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ Version 2.09 (inklusive $\text{S}_{\text{L}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$) installiert; außerdem stehen $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}\text{-T}_{\text{E}}\text{X}$ und einige weitere Formate zur Verfügung. Desgleichen wurde das Programm $\text{BIB}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ implementiert, das ein nützliches Werkzeug bei der Erstellung von Bibliographien ist.

Bei der Ausgabe von $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Dokumenten auf dem Laserdrucker LG1200 können jetzt nicht nur GEP-Bilder sondern auch Graphiken, die mit der DESY-Version von PLOT10/TCS erzeugt wurden, automatisch eingefügt werden.

Die Implementierung des Programmsystems METAFONT Version 1.0 (ebenfalls von D.E. Knuth) ermöglichte es, die Font-Datensätze für den LG1200 so zu generieren, daß Schwächen des Geräts bzgl. dünner Linien ausgeglichen werden konnten.

Die NEWLIB-Kommandoliste GTEX, die eine einfache Benutzung des $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Systems erlaubt, wurde wesentlich verbessert. Die Benutzeranweisungen für $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ im allgemeinen und $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ im besonderen wurden in Form zweier kompakter Berichte aktualisiert.

Allgemeine Software für TSO-Benutzer

Im Berichtsjahr wurden an NEWLIB—einem der Grundwerkzeuge der Rechenzentrumsbenutzer bei DESY—Verbesserungen vorgenommen, die insbesondere die Datenintegrität erhöht haben und dem inzwischen eingeführten neuen IBM-Betriebssystem MVS/XA Rechnung tragen. Die Zusammenarbeit mit japanischen Universitäten hat inzwischen Früchte getragen, indem Verbesserungen, die dort eingeführt wurden, auch den Benutzern im DESY zugute kommen. Hervorzuheben sind die folgenden Maßnahmen:

Umstellung von NEWLIB auf MVS/XA

Die Einführung des neuen IBM Betriebssystems MVS/XA bedingte eine Neuabstimmung von diversen systemnahen Assembler-Programmen. Gleichzeitig mußte jedoch auf die Kompatibilität mit den japanischen NEWLIB-Versionen geachtet werden, die nicht unter IBM-Betriebssystemen laufen, um die Zweibahnstraße des Programmaustausches nicht zu stören.

Installation des PL1-Kompilers Release 5.1

Um volle Kompatibilität mit dem Betriebssystem MVS/XA zu erreichen, mußte die neueste Version des IBM-PL1-Kompilers installiert werden. Dieser Compiler unterstützt wesentliche Komponenten der XA (Extended Architecture) der IBM-3084Q-Maschine.

Einführung des IBM-Systems ISPF

Das ISPF (Interactive System Productivity Facility) wird von allen wichtigen neuen und interaktiven IBM-Benutzerprogrammen als Basis benutzt. Als wesentlichen Teil enthält es die Hilfsmittel, um den Bildschirm als Ein- und Ausgabeinstrument zu handhaben. Dieser Bildschirmtreiber wurde in NEWLIB eingebaut, womit eine völlige Kompatibilität mit IBM-Produkten erreicht wurde. IBM-Programme und NEWLIB können sich jetzt verständigen und auf demselben Bildschirm gleichzeitig ausgeführt werden.

Interface zwischen NEWLIB und Benutzerprogrammen

Um einem in einer beliebigen Sprache geschriebenen Benutzerprogramm den Zugriff auf NEWLIB-Datenstrukturen zu ermöglichen, wurde ein Interface entwickelt, das den Zugriff zwar ermöglicht, das den Schaden durch Fehler im Benutzerprogramm aber auch begrenzen hilft. Durch das Interface können Kommando-Listen wesentlich beschleunigt werden, indem man Teile der Verarbeitung in Loadmoduln von Fortran- oder PL1-Programmen verlegt. Ein Beispiel ist die Kommandoliste SENDMAIL, die durch das Interface ganz wesentlich beschleunigt wurde.

Fetch von MAIL

Empfangene Post kann man jetzt wie JOBS im Fullscreen auf dem Bildschirm betrachten und damit auch alle Manipulationen, die NEWLIB mit seinem Editorteil gestattet, anwenden. Das ist ein ganz wesentlicher Vorteil gegenüber dem IBM-Standard RECEIVE, der die Texte im sequentiellen Modus auf den Bildschirm schreibt, d.h. der Text kann nur gelesen werden.

Erleichterungen für den Programm-Import

Verschiedene (Nicht-IBM-) Rechner stellen zum Datenaustausch oft Magnetbänder mit mehreren hundert Files (1 File = 1 Subroutine) her, die auf der IBM nur unter großen Schwierigkeiten zu lesen sind. So muß man für jedes File eine Datendefinition in der Job-Kontrollsprache eingeben. Das ganze Problem kann jetzt mit einem einzigen NEWLIB-Befehl gelöst werden.

Im Berichtsjahr gab es ca. 250 000 NEWLIB-Sitzungen unter TSO und ca. 11 000 NEWLIB-Anwendungen im Stapelbetrieb. Insgesamt wurden unter NEWLIB etwa 1.4×10^8 Transaktionen ausgeführt.

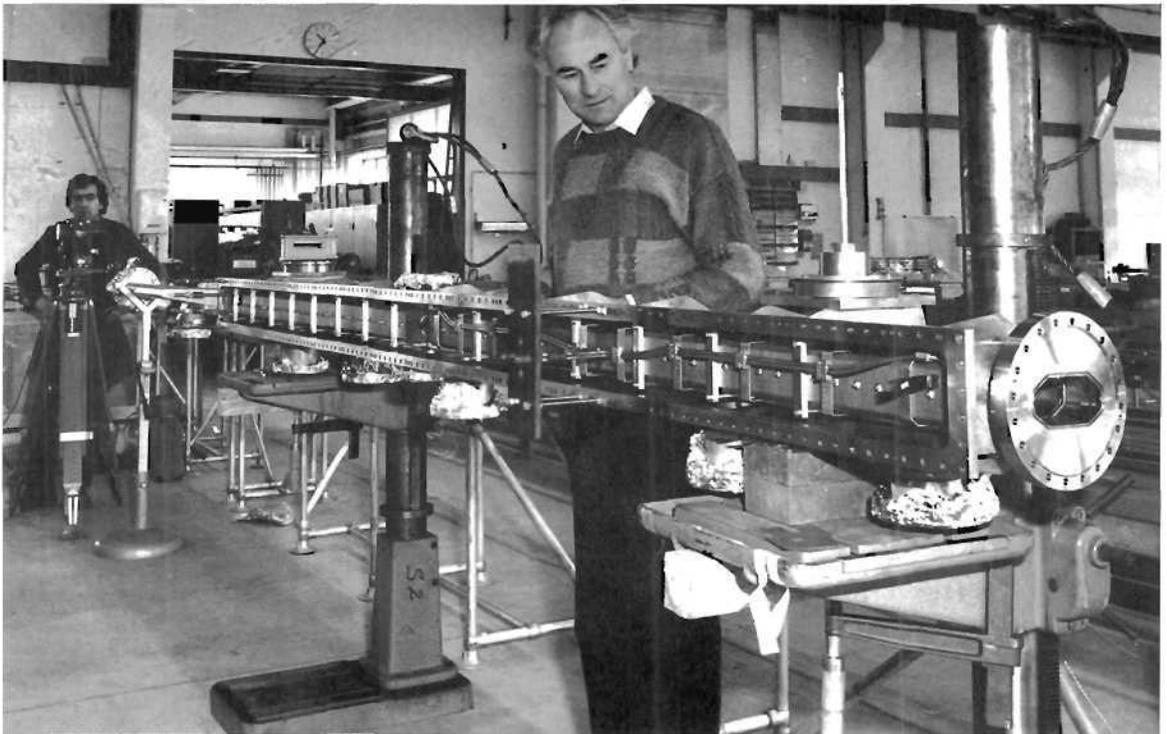


Abbildung 107: In der DESY-Konstruktion entstandene Septum-Einheit für die magnetische Auslenkung der Positronen/Protonen in PETRA. (40467/30)

Technische Entwicklungen und Dienste

Tieftemperaturtechnik und Gaselager

Die zentrale Helium-Rückgewinnungs- und -Reinigungsanlage konnte fertiggestellt und in Betrieb genommen werden. Die Anlage hat die erwarteten Leistungen erbracht. Die Vorreinigung gestattet das Abtrennen von Luft oder Stickstoff aus Helium bis unter 1%. Die nachgeschalteten Hochdruckreiniger erzielen eine Reinheit von 1 ppm und besser. Die Leistung liegt bei 50 m³/h. Die Anlage konnte durch eine Leitung mit der PETRA-Halle NO verbunden werden, so daß die Helium-Kühlanlage der Hochfrequenz-Gruppe als erster großer Verbraucher angeschlossen ist. Die Vorarbeiten von Seiten DESYs für den Anschluß des II. Instituts für Experimentalphysik wurden abgeschlossen. Eine Leitungsverbindung zu den Magnettesthallen ist in Vorbereitung.

Im 4. Quartal 1986 wurden sämtliche Gasanlagen an den PETRA-Experimenten abgebaut. Eine dieser Anlagen wird 1987 zum CERN/Genf gebracht und an dem OPAL-Detektor bei LEP installiert.

Für die Magnettestanlage wurde ein Meßrohr entworfen und als Prototyp gebaut, das es erlaubt, eine "warme" (20°C) Magnetmeßspule in der tief-kalten Umgebung (-268°C) des Strahlrohres der supraleitenden Magnete zu betreiben. Zehn Meßrohre dieser Art sind in der Fertigung.

Für die Stickstoff-Versorgung der HERA-Kälteanlage wurde ein Flüssig-Stickstoff-Tank mit 150 000 Liter Inhalt beschafft. Die notwendigen Fundamente wurden vorbereitet sowie eine provisorische Versorgung aufgebaut.

Für den H1-Detektor (und den DELPHI-Detektor beim CERN) wurde eine Abkühlanlage projektiert, thermodynamisch durchgerechnet und zur Konstruktion vergeben. Diese Anlage soll nach Fertigstellung einen knapp 30 t schweren supraleitenden Magneten von Raum- auf Stickstoff-Temperatur mit einem Gradienten von $\geq 1^\circ$ abkühlen.

Der Umsatz an Gasen, der über das DESY-Gaselager beschafft und verteilt wurde, hat im Berichtsjahr im Mittel zugenommen. Stark angestiegen ist der Helium-Umsatz: Gegenüber dem Vorjahr wurde die 9fache Menge gebraucht. Aber auch der Frigen R114- sowie der Stickstoff-Umsatz haben einen deutlichen Anstieg zu verzeichnen.

Für HASYLAB wurden vielfältige Rohr-Installationen und Umbauten vorgenommen, um die Gebäude-Erweiterung von HASYLAB an die Helium-Rückgewinnungsanlage anzuschließen bzw. mit trockenem Stickstoff zu versorgen.

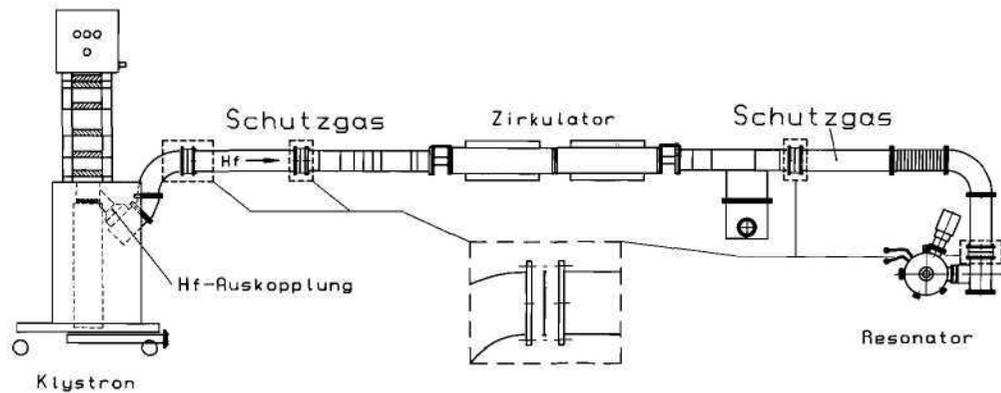


Abbildung 108: Schematische Darstellung eines Hochfrequenz-Systems mit eingebautem Gasfenster.

Technologietransfer

Arbeitnehmererfindungen

Die Arbeitnehmererfindungen „Gasfenster für Hohlleiter“, „8-Kanal-Flash-ADC“ und „Meßverfahren für sehr tiefe Temperaturen“ wurden neu in Anspruch genommen.

Das **Gasfenster für Hohlleiter** wird vor den Keramikfenstern von Cavities oder Klystrons im Hohlleiter angeordnet (Abb. 108) und schützt diese empfindlichen und teuren Hochfrequenz-Komponenten bei einem Bruch des Keramikfensters gegen Lufteinbruch und nachfolgende unzulässige Oxydation. Es strömt nur das zwischen Gasfenster und Keramikfenster vorgesehene Schutzgas ein.

Beim **8-Kanal-Flash-ADC** handelt es sich um eine hochauflösende, digitalisierte Sampling-Methode für Drift-Kammerimpulse, die für das HERA-Experiment H1 entwickelt wurde. Das Verfahren kann auch zur Analyse beliebiger anderer schneller Impulse verwendet werden.

Das **Temperaturmeßverfahren für sehr tiefe Temperaturen** gestattet, mit einem Meßbereich von 4 K–300 K Temperaturen digital zu messen und kann z.B. zur Quenchüberwachung in supraleitenden HERA-Magneten eingesetzt werden. Von großem Vorteil ist es, daß die Empfindlichkeit zu tiefen Temperaturen hin ansteigt und daß durch die alternierende Messung mit positiver und negativer Polarität Fehler durch Kontaktspannungen u.s.w. vermieden werden.

Mit **MAFIA** können die Maxwellschen Gleichungen—die Grundgleichungen der Elektrodynamik—mit variablen Randbedingungen (verschiedene Materialien) erstmalig auch für komplexe Geometrien gelöst werden.

Lizenzen

Zum ersten Mal gelang es daher, auch einen Lizenzvertrag über Software abzuschließen: Eine der größten deutschen Industriefirmen erwarb durch Lizenzver-

trag die Nutzungsrechte für das Programmpaket **MAFIA**. Lizenzverhandlungen mit weiteren industriellen Partnern werden für dieses Programm geführt.

Für das **8-Kanal-Flash-ADC** und die zugehörigen Schaltungen konnte schon bei der Erfindungsmeldung ein ausschließlicher Lizenzvertrag mit einer kleinen, mittelständischen Elektronikfirma abgeschlossen werden.

DESY arbeitet bei mehreren Institutionen des Technologietransfers im Raum Hamburg mit. Der DESY-Technologietransfer-Beauftragte hat den Vorsitz im **Arbeitskreis Technologieförderung in Hamburg** übernommen und ist Mitglied in Beiräten von Technologiezentren.

Sonstiges

Technische Dienste

Die Hauptaktivitäten der Technischen Dienste im Berichtsjahr waren die Konstruktion, Beschaffung und Fertigung von HERA-Komponenten. Hierfür wurden 82% der Kapazität der Konstruktion, 62% der der Mechanischen Fertigung und 75% der der Elektronik-Fertigung aufgewendet.

Überblick

Mit dem Einsatz zusätzlichen Personals, auswärtiger Ingenieurbüros und mit massiver Inanspruchnahme von Fremdfirmen, konnte ein großer Teil aller Aufgaben befriedigend bewältigt werden; einige Aufgaben—besonders aus dem Forschungsbereich—mußten allerdings zurückgestellt werden.

Mit einem Umsatzvolumen von 15 Mio DM für die Bearbeitung und Betreuung interner und externer Fertigungsaufträge war die Arbeitsvorbereitung der am stärksten belastete Bereich.

In der Elektronik-Fertigung lagen die Schwerpunkte beim Bau der Steuerelektronik für den HERA-Elektronenring, der Elektronik für die Magnetvermessung sowie der Fertigung von Komponenten für Injektion, Datenübertragung und Maschinen-Instrumentierung.

Die im vergangenen Jahr installierte CAD-Anlage zur Unterstützung der Konstruktion erfreut sich zunehmender Akzeptanz. Die Anzahl der CAD-Arbeitsplätze mußte von vier auf 12 erweitert werden.

Die herausragenden Arbeiten in der Tischlerei waren—neben dem Bau von Holzmodellen und speziellen, bis zu 10 m langen, Transportbehältern für HERA—die vielen Um- und Einbauten in den Büros, bedingt durch die Umorganisation vieler DESY-Gruppen.

Schwerpunkte bei der Fernmeldetechnik waren die Planung neuer und die Erweiterung bestehender Fernmeldenetze.

Im Laufe des Jahres hat die zentrale Konstruktion im wesentlichen in eigener Regie 120 Aufträge der verschiedenen wissenschaftlichen DESY-Gruppen im

Konstruktion

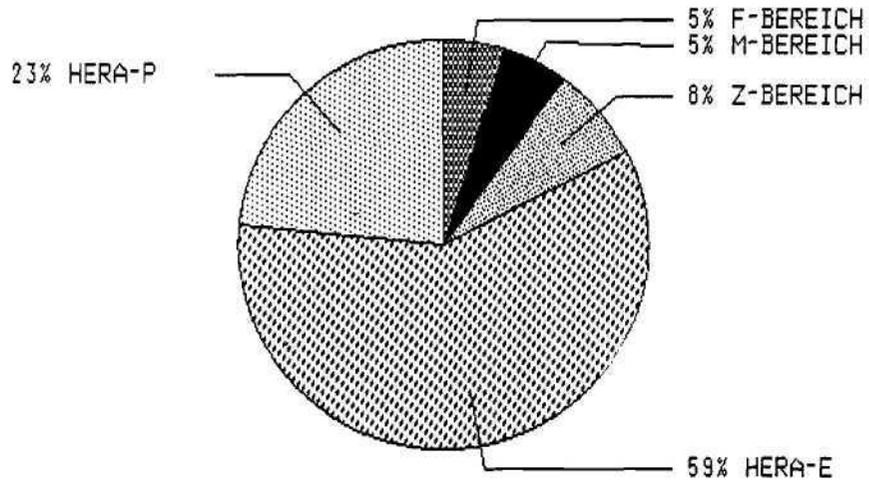


Abbildung 109: Verteilung der Arbeiten der Konstruktion in 1986.

Programm gehabt und größtenteils erledigt. Bei der Bewältigung der Aufgaben halfen auswärtige Ingenieurbüros mit einer Gesamtkapazität von etwa 7 500 Stunden. Die Verteilung der Arbeiten auf die einzelnen Bereiche zeigt Abb. 109. Die meisten dieser Aufträge wurden im Zusammenhang mit der maschinellen Ausstattung von HERA und der geplanten Experimente an HERA erteilt.

Einige Konstruktionen sind als interessante Neuentwicklungen zu betrachten:

- Für die Elektronen-Ejektion aus PETRA wurde ein Dreifachkicker in zwei Tanks untergebracht und zu einer Einheit mit drei Haltepumpen zusammengeflanscht. Teile dieses Kickers (Abb. 110) wurden gebaut und getestet.
- Bei der Positronen/Protonen-Ejektion aus PETRA ist eine Kombination aus einem Vor-, einem 1. und einem 2. Hauptseptum notwendig. Der ungewöhnlich lange (etwa 5.3 m) schlanke Tank (Abb. 107) hat infolge der gewünschten hohen Präzision bei der Fertigung von den Fachleuten größte Sorgfalt beim Lötten verlangt.
- Die in zwei Freiheitsgraden bewegliche Magnetgruppe der Spinrotatoren mit einer Länge von je rund 50 m war eine sehr schöne Aufgabe für den Maschinenkonstrukteur. Eine 48 m lange Antriebswelle synchronisiert die Bewegungen von acht Einzelmagneten, damit das Vakuumsystem die Bewegungen mitmachen kann, ohne Schaden zu erleiden. Vier Antriebseinheiten, entlang der langen Antriebswelle verteilt, sollen die mechanische Verdrehung dieser Welle niedrig halten, um ein Optimum

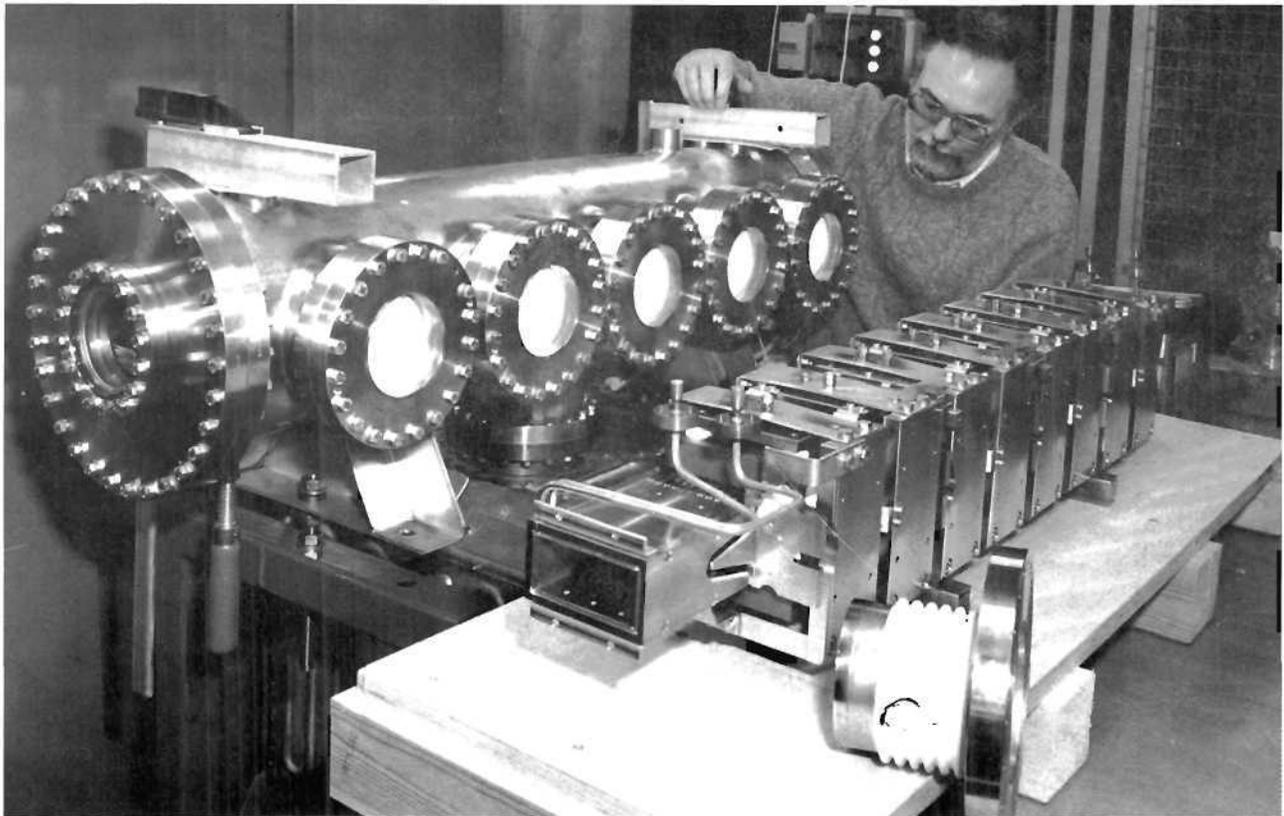


Abbildung 110: Teile des Kickers für die Auslenkung aus PETRA. (40397/28)

des Gleichlaufes zu erreichen. Die Antriebswelle treibt spezielle, in die Stützen integrierte Spindeleinheiten an, mit deren Hilfe die horizontale und vertikale Bewegung ausgeführt wird. Die Spindeleinheiten sind so aufeinander abgestimmt, daß die einzelnen Magnete ihre Plätze in der gewünschten räumlichen Kurve exakt einnehmen.

- Etwa 600 m Sonderkammern und Vakuumrohre wurden für DESY III und den neuen Injektionsweg von PETRA zu HERA konstruiert.
- In großem Umfang wurden Gestelle für die einzelnen Beschleuniger-Komponenten entworfen. An manchen Stellen gab es Schwierigkeiten wegen Platzmangels oder Kollisionsgefahr, so daß einige skurile Gebilde entstanden sind, die jedoch ihrem Zweck ingenieurmäßig voll entsprechen.
- Im Hochfrequenz-Bereich wurde die Entwicklung des supraleitenden Resonators einen großen Schritt weitergebracht. So wurden Kryostate mit Bad- bzw. Schlangenkühlung konstruiert, ein Resonator mit direkter Kühlung entworfen, Ein- und Auskoppler, HF-Übergänge, He-Transferleitungen, Gestelle, Halterungen u.v.a. entwickelt und ein kompletter Montage- und Prüfstand geplant und gebaut.

Für die zwei großen Experimente H1 und ZEUS hat die Abteilung konstruktive Hilfe bei der Auslegung der Spulenaufhängung, der Fahrwerke, der Eisenjoche und der Montage- und Transportvorrichtungen geleistet sowie Berechnungen durchgeführt.

Die CAD-Anlage erfreut sich großen Zulaufs. Es haben mehrere Lehrgänge und Schulungen stattgefunden und die Anlaufschwierigkeiten scheinen überwunden zu sein, so daß inzwischen mehrere Mitarbeiter diese Anlage zur Erledigung ihrer Arbeit bevorzugen.

Viele Arbeitsstunden wurden zur Betreuung der anlaufenden Serienfertigung verschiedener Geräte verwendet; die aufgetretenen Schwierigkeiten konnten stets beseitigt werden.

Mechanische Fertigung

Die internen und externen Arbeiten der Mechanischen Fertigung standen in diesem Berichtsjahr ganz im Zeichen des HERA-Komponentenbaues und damit unter ständigem Termindruck. Die Verteilung der Arbeiten auf die einzelnen Bereiche zeigt Abb. 111.

Nach Test und Probelauf der im Vorjahr bestellten Prototypen konnte im 1. Quartal die Serienfertigung für die Magnetmodule des e^- -Ringes—z.T. mit Änderungen—freigegeben werden: Es ist ein 9m-Dipol mit aufgesatteltem Sextupol; der zu dem Modul gehörende Quadrupol wird von der Gruppe "Aufbau von Beschleunigern und Experimenten" betreut. Bis Jahresende waren bereits ca. 50 Module geliefert; die Arbeitsvorbereitung hatte die beim Anlauf einer Serie typischen Anfangsschwierigkeiten zu überwinden und insbesondere zu helfen, Koordinationsmängel der einzelnen Fertigungsfirmen zu beheben.

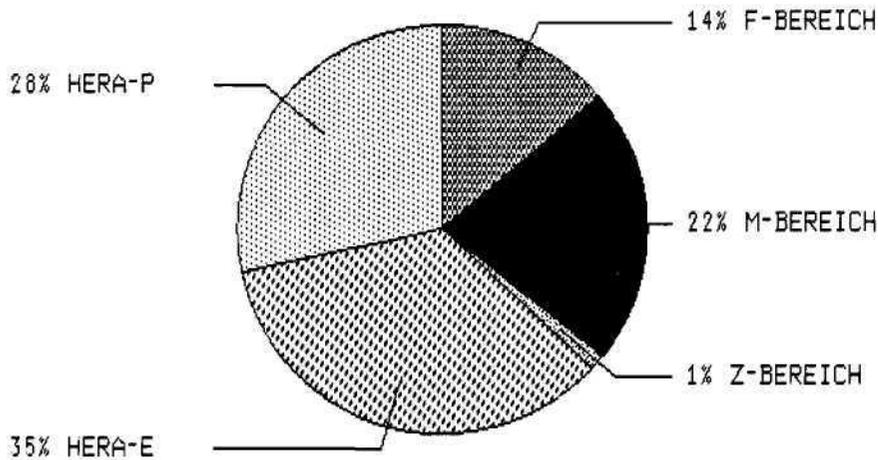


Abbildung 111: Verteilung der Arbeiten der Mechanischen Fertigung in 1986.

Die Dipol-, Quadrupol- und Korrektur-Magnete für die e^- - und e^+ /p-Einschüßwege von PETRA nach HERA wurden von der Arbeitsvorbereitung fertigungstechnisch zur Ausschreibung spezifiziert, und die angelaufene Fertigung wurde betreut.

Die Gestelle und Justiereinheiten für diese Magnete wurden über die Arbeitsvorbereitung ausgeschrieben und sind extern in der Fertigung; sie werden z.T. durch die Herstellerfirma auch im HERA-Tunnel montiert. Für die Einschüßwege sind die Gestelle weitgehend geliefert, und die Magnetaufstellung im e^+ /p-Injektionskanal wurde bearbeitet; dazu gehören:

- 200 Meßmarken, 39 Meßsäulen und 72 Meßgestelle für die Magneteinmessung im Tunnel
- 84 Gestelle für konventionelle Cavities in HERA, ähnlich den PETRA-Gestellen
- 750 Diodenhalterungen zur Quenchsicherung an den kalten Protonen-Magneten
- 1 Feinschneid-Werkzeug und 8 000 Lamellen für die Protonen-Korrektur-Quadrupole,
- 1 auffahrbares Justiergestell für den Wiggler 2, 1 Gestell für HONORMI
- 1 Spiegelkammer mit Hubtisch für HASYLAB, weiterhin Rohrstützen mit Fix- oder Los-Punkt zum Aufbau des Strahlfächers B/C

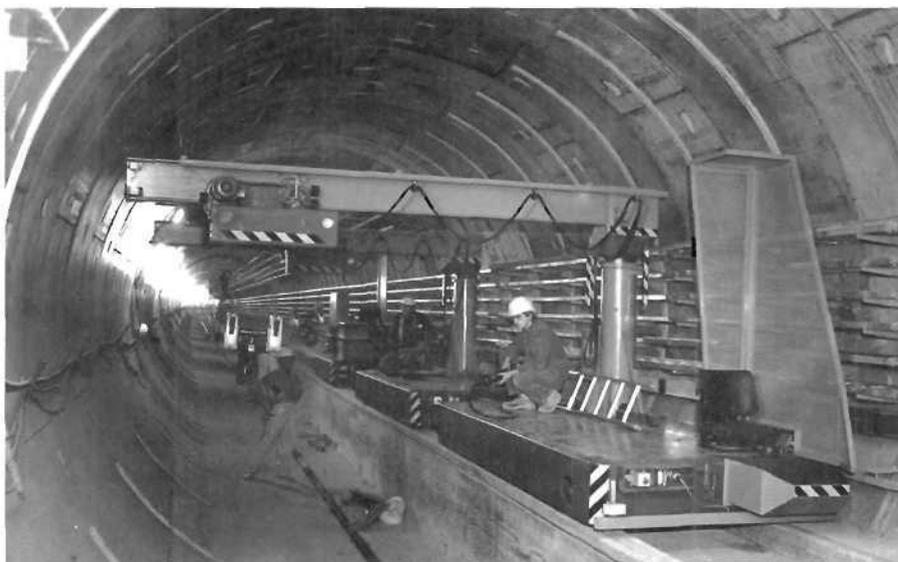


Abbildung 112: Erster Einsatz des speziellen "HERA-Pick-up-Fahrzeuges" im Tunnel. (40112/11)

Schließlich wurde das spezielle Transport- und Montage-Fahrzeug für den HERA-Tunnel, das "HERA-Pick-up"-Fahrzeug (Abb. 112), geliefert, erprobt, verbessert (z.B. für kleine Lasten ohne Abstützung eingerichtet) und mit den Auflagen des Amtes für Arbeitsschutz in Betrieb genommen.

Einen breiten Raum bei der externen Fertigung nahm die Spezifikation und Bestellung der Flansche und Kompensatoren des HERA-Protonenringes ein, insbesondere die der supraleitenden Quadrupole. Als besonders kompliziert stellte sich die Materialbeschaffung des 0.3 mm dicken Bandes für die Wellbälge der kalten Verbindungen dar. Das Band wurde schließlich mit viel Mühe und persönlichem Einsatz der zuständigen DESY-Mitarbeiter und durch der Vermittlung eines Stahlhändlers in der Industrie aus den von DESY beigestellten 120 mm dicken Brammen ausgewalzt.

Die internen Werkstätten und die intern/extern kombinierte Fertigung war auf feinmechanischem Gebiet zunächst belastet durch die Produktion von 14 Satz induktiver Dämpfungsantennen und kapazitiver Koppler für DORIS II. In der zweiten Jahreshälfte wurde die gesamte Werkstattkapazität zur Fertigung der fünf Septa- und drei Kicker-Magnete benötigt, die in PETRA für die Einschußwege nach HERA zu installieren sind und deren Magnetaufbau und Vakuumtanks mit weitgehend externer Einzelteilanfertigung in der DESY-Hauptwerkstatt zusammengepaßt werden; ein Kicker ist bereits im Test.



Abbildung 113: Von den DESY-Werkstätten gebauter Čerenkov-Zähler für das Wiggler-Projekt. (40397/33)

Die Vakuumrohre für die Einschußwege sind komplett intern angefertigt worden, ebenso die Vakuumkomponenten für die entsprechenden Umrüstungen der Hochfrequenz- und Experimentierzonen in PETRA.

Neben den vielen Kleinaufträgen wurden die Werkstätten immer wieder kurzfristig durch diverse Eil-Aufträge in Anspruch genommen, z.B.:

- Zielmarken und Neigungs-Meßvorrichtungen für die mechanische Kontrolle der e^- -Module, Stützen und Justierungen zum Aufstellen von Referenz- und Prüf-Magnet sowie magnetische Vermessung der Dipole und Quadrupole; desgleichen für die Injektions-Magnete.
- Eine Tuning-Maschine zum Abstimmen der supraleitenden Cavities und weitere vier Tuning-Einheiten
- Eine Wiggler- und zwei Auslaß-Vakuumkammern für den HASYLAB-Strahl sowie diverse Rohrkomponenten für den Fächer B/C
- Für das Wakefield-Projekt wurde ein Čerenkov-Zähler gehäuseseitig und feinmechanisch gebaut (Abb. 113)
- Mehrere Monitore für die beiden HERA-Speicherringe zur weiteren Entwicklung

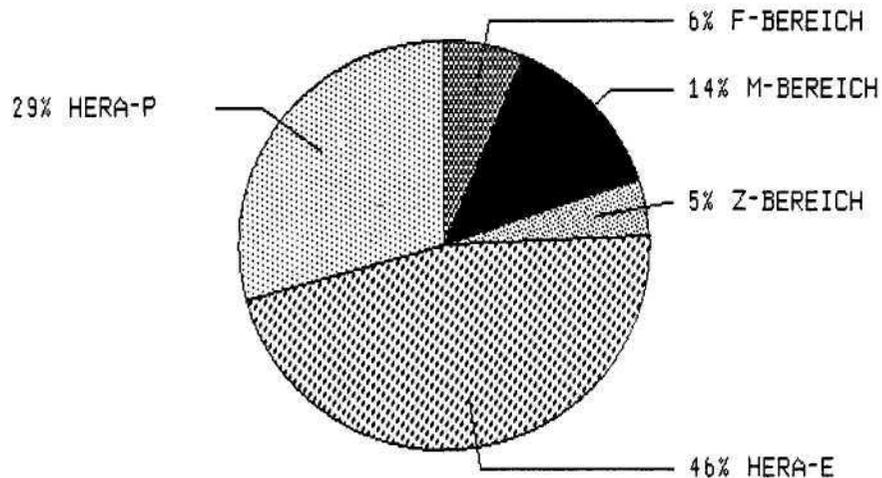


Abbildung 114: Verteilung der Arbeiten der Elektronik-Fertigung in 1986.

- Mehrere Ausrichthilfen und -lehren für die Alvarez-Struktur des H⁻ Linearbeschleunigers, für deren Herstellung z.T. die Ausbildungswerkstatt herangezogen wurde
- Zahlreiche Szintillations-Zähler, Wellenlängen-Shifter und Lichtleiter, speziell für Vorversuche des Experimentes H1

Das interne Arbeitsvolumen belief sich mit ca. 1 750 Mannwochen auf rund 4.2 Mio DM. An der Leistung der Hauptwerkstatt auf feinmechanischem Gebiet haben die Auszubildenden des 3. und 4. Lehrjahres einen bemerkenswerten Anteil.

Elektronik-Fertigung

Im Berichtsjahr wurden 625 (665)³ Aufträge abgewickelt. Der Schwerpunkt der Tätigkeit lag bei der Herstellung diverser elektronischer Geräte für die beiden HERA-Maschinen (47%). Die Kapazität der internen Elektronik-Fertigung reichte nicht aus, um alle Wünsche befriedigen zu können. So wurden im Berichtsjahr insgesamt 852 (776) externe Aufträge mit einem Bestellvolumen von ca. 2.4 (1.3) DM abgewickelt. Abb. 114 zeigt die Verteilung der Arbeiten auf die einzelnen Bereiche.

Zur Entlastung der eigenen Werkstatt wurden in 11 (27) Fällen Fremdfirmen für Verdrahtungs-, Bestückungs- und Kabelkonfektionierungs-Arbeiten herangezogen. Des weiteren wurde ein Auftrag über die Anfertigung von Hybrid-Schaltungen über eine auswärtige Firma abgewickelt.

³ Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Vorjahr.

Die Erstellung von Layouts für gedruckte Schaltungen mußte in 28 (15) Fällen nach außerhalb vergeben werden. Insgesamt wurden 6 968 (515 verschiedene Positionen) gedruckte Schaltungen von auswärtigen Firmen nach DESY-Unterlagen angefertigt, davon 618 Multilayer- bzw. Multiwire-Platinen.

Der Anteil der nicht-durchkontaktierten Leiterplatten betrug 17.9%.

Die DESY-Tischlerei hat im Berichtsjahr bei einem Personalstand von einem Meister, sechs Gesellen und vier Lehrlingen neben einer Vielzahl von Kleinaufträgen folgende größere Aufgaben ausgeführt:

Tischlerei

- Für den M-Bereich wurden nach Umzügen und Umorganisation der Gruppen im DORIS-Gebäude und im LINAC-II-Gebäude Schrankwände neu gebaut bzw. umgebaut.
- Für die Fertigung von Protonen-Strahlrohren wurden Transportbehälter (10 m lang) gebaut.
- Für die Vakuum-Gruppe wurden Arbeitstische für die Stahlrohr-Weiterverarbeitung angefertigt.
- Magnetvermessungs-Vorrichtungen in Tischform (10 m lang) wurden für die HERA-Baugruppen gebaut.
- Im Verwaltungsgebäude wurden alte Fenster entfernt und durch nach neuesten Baurichtlinien in der DESY-Tischlerei angefertigte ersetzt.
- Bei Umbaumaßnahmen im Verwaltungsbereich wurden Schrankwände demontiert und nach der Umbauphase neu errichtet.
- Im Foyer des Laborgebäudes 1 wurden die Bild- und Schrifttafeln neu gestaltet.

Neben der Ausführung dieser Arbeiten darf die Arbeit der Ausbildung nicht unerwähnt bleiben.

Zu den regelmäßigen Aufgaben der Gruppe "Fernmeldetechnik" gehören:

Fernmeldetechnik

- Die Störungsbeseitigung in den Netzen: Fernsprechanlagen, Uhrenanlage, Rauchmelderanlage, Störungsmeldungen/Technischer Notdienst, Datenübertragungswege für TSO-Terminals, Modem-Leitungen, CAD-Netz, IBM-Online-System, DESYnet (Micom 600), Ruf- und Überwachungssysteme
- Die Dokumentation und Planung: Aktualisierungen der umfangreichen Netzübersichtspläne, Einführung der EDV-Darstellung der verschiedenen Fernmeldenetze, Planung der Erstinstallation für das neue HASYLAB-Laborgebäude

Folgende Tätigkeitsschwerpunkte haben sich im Berichtsjahr für die Gruppe "Fernmeldetechnik" herausgestellt:

- Inbetriebnahme der Kabelnetze für Telefon, Sicherheitsüberwachung und Datenübertragung in der HERA-Magnetmeßhalle und -Kältehalle
- 200 Telefon-Nebenstellenanschlüsse für die HERA-Gebäude in Auftrag gegeben
- Erweiterung der Pieperanlage für HERA-Tunnel und -Experimentierhallen in Auftrag gegeben
- Die Fernmelde-(Kupfer-)Versorgungskabel für die externen HERA-Hallen Nord, Ost, Süd in Auftrag gegeben (Bestellung der Glasfaserkabel für die Datenübertragung und ihre Verlegung in vorhandene Leerrohre zu einem späteren Zeitpunkt)
- Teilweise Verlegung der ersten Fernmeldekabel für die HERA-Hallen Süd und Nord
- Aufbau der Fernmeldenetze im LINAC II für Lautsprecher, Sprechklinken, Telefon, Not-Aus und Datenübertragung
- Neueinrichtung von 100 Fernsprech-Nebenstellen (Stand 1 600)
- Einrichtung von vier Vorzimmeranlagen
- Erweiterung der telefongekoppelten Personensuchanlage um 110 (auf 210) Rufempfänger (Pieper)
- Kabelnetze für Telefon, Sicherheitsüberwachung und Datenübertragung in der Röntgen-Wigglerhalle und der Experimentierhalle von HASYLAB
- Weiterer Ausbau des TSO-Netzes auf 330 Anschlüsse; Einrichtung eines Rangierverteilerschranks im IBM-Maschinenraum
- Ausbau des Verbundnetzes DESYNET (MICOM 600) (Knotenrechner und deren Terminals) von 45 auf 250 Vierdrahtverbindungen
- Erweiterung des Kabelnetzes für CAD in der Konstruktion und bei zwei anderen DESY-Gruppen sowie Einrichtung eines weiteren CAD-Pools im Laborgebäude 1
- Abbau der Verkabelung in der JADE- und in der MARK J-Halle sowie in den PETRA-Hallen NW und SW
- Aufbau neuer Verkabelungs-Gebiete bei HASYLAB

Tabelle 14: Übersicht über die gewerbliche Ausbildung bei DESY in 1986.

Beruf	Ausbildende DESY-Gruppe	Stand 1.1.1986	Aus- gelernt	Neu 1.8.1986	Stand 31.12.1986
Feinmechaniker	WLA + Mech.Fertigung W41	15	3	4	16
Dreher	WLA + W41	2	-	-	2
Betriebsschlosser	WLA + G11	2	-	1	3
Rohrinstallateur	WLA + Kraft, Wasser, Klima MKK2	1	-	-	1
Technische Zeichner	Ausbildungswerkstatt WLA + W1	10	3	3	10
Bau- u. Möbeltischler	W7	3	1	2	4
Nachrichtengeräte-Mechaniker	WLA + Elektronikfertigung und div. F- + M-Gruppen	13	5	3	11
Feingeräte-Mechaniker					
Elektrogeräte-Mechaniker					
Energiegeräte-Elektroniker	WLE/WLA + MKK1	7	4	2	5
Elektroanlagen-Installateur	WLE/WLA + MKK1	5	-	1	6
Summe		58	16	16	58

Am 1. August des Berichtsjahres nahmen wieder 16 junge Leute die Ausbildung in gewerblichen Berufen in den DESY-Lehrwerkstätten auf. Mit Prüfungen vor der Handels- oder Handwerkskammer im Januar bzw. Juli schlossen 16 Auszubildende ihre Berufsausbildung nach 3 1/2 Jahren erfolgreich ab, darunter ein Feinmechaniker mit sowohl praktisch als auch theoretisch sehr gutem Ergebnis. Die Anzahl in 1986 bei DESY in gewerblicher Ausbildung befindlichen jungen Leute ist in Tab. 14 zusammengefaßt.

*Ausbildung
in gewerblichen
Berufen*

Die drei Feinmechaniker, drei Technischen Zeichner/innen sowie vier Elektroniker konnten als Ausgelernte, dank der Möglichkeit, für die HERA-Bauzeit neue Mitarbeiter auf Zeit einzustellen, zunächst für drei Jahre übernommen werden.

Die aus der Hauptwerkstatt erhaltene CNC-Fräsmaschine konnte im Mai des Jahres in einem abgeschlossenen Raum der Ausbildungswerkstatt in Betrieb genommen werden. Die Feinmechanik-Auszubildenden des derzeit 4. Lehrjahres und inzwischen auch des 3. Lehrjahres erhalten nun 14tägige Einführungskurse durch den verantwortlichen Ausbildungsmeister. Beginnend mit einfachen Programmierübungen, im Dialog direkt in den NC-Speicher der Maschine, folgen die Fertigung kleiner Serien von Teilen für den DESY-Bedarf zur Unterstützung der Hauptwerkstatt.

Für die fachliche Betreuung der Elektro-Auszubildenden konnte ab Juli ein qualifizierter Elektronik-Ingenieur der DESY-Gruppe "Digitale Datenerfassung" gewonnen werden. Als neuer "Lehrherr" für diese Ausbildung entlastet er nun auch den "Lehrherrn" der Mechanischen Ausbildung, der bisher beide Fachgebiete abzudecken hatte. Ebenfalls konnte zum 1. Juli ein neuer Ausbildungsmeister mit Schwerpunkt Nachrichtentechnik als Ersatz für den Ende 1985 ausgeschiedenen Meister eingestellt werden.

Bauangelegenheiten

Die Gruppe "Bauangelegenheiten" wirkte intensiv mit bei der Durchführung diverser Planungen und zugehöriger statischer Untersuchungen für künftige Neubauten (z.B. DORIS-Bypass für HASYLAB, DESY III). Gemeinsam mit externen Architekten wurden die Planungen für die dritte Ausbaustufe des Vakuumlabors, der Neubau des Betriebshofes und der Anbau des DORIS-Gebäudes durchgeführt. Es wurden auch mögliche Sanierungsmaßnahmen in Zusammenarbeit mit der Sicherheitsgruppe und der Feuerwehr untersucht und ausführungsfähig gemacht.

Die herausragenden Aktivitäten der Gruppe im Berichtsjahr waren:

- Es wurden diverse Neu- und Erweiterungsbauten größeren Umfangs fertiggestellt bzw. begonnen; dazu gehören der Anbau der HASYLAB-Halle, die Erweiterung des Büro- und Laborgebäudes von HASYLAB (die Rohbauarbeiten sind zu 50% fertiggestellt), der zweite Anbau am Vakuumlabor, der Anbau (Sanitätsräume) des Gebäudes für Technischen Notdienst/Fernmeldetechnik, die Aufstockung des Laborgebäudes 1b sowie diverse Dachflächen- und Fassaden-Sanierungsarbeiten.
- Im Gebäude-Innenbereich waren aufgrund der mit der internen Umorganisation verbundenen neuen Büroaufteilung diverse Bauarbeiten zu erledigen. Das gleiche gilt für die Laborräume und Experimentierhallen (z.B. Erweiterung der Beschleuniger-Kontrollräume, Erweiterung des CAD-Raumes, Einbau von diversen Experimentierbühnen und Strahlenschutzhütten u.s.w.). Im Foyer des Laborgebäudes 1 wurde eine Lese- und Kommunikationsbühne eingebaut.
- Neben den regelmäßig durchzuführenden Wartungs- und Pflegearbeiten im Außenbereich (z.B. Wartung der Siele, Gruben, Regen- und Schmutzwasser-Pumpwerke u.s.w, Entschlammung von Sickerbecken- und gräben, Garten- und Rasenpflege) wurden verschiedene Straßen- und Rohrleitungsarbeiten ausgeführt. Mit dem Bau der Leitungstrasse für die HERA-Hallen auf dem DESY-Gelände wurde begonnen. Zu den Wartungsarbeiten gehört ferner die Wartung der Aufzüge und sämtlicher Kran- und Toranlagen.

Transport und Gelände

Die Transportgruppe ist für die Durchführung und Organisation aller internen und externen Transporte für diverse DESY-Gruppen sowie Kran- und Sondertransporte verantwortlich. Dazu kommt die Überwachung der Schnee- und Eisbeseitigung, die Durchführung der regelmäßigen Pflege der Betriebsfahrzeuge und die Überwachung bzw. Durchführung von gärtnerischen Arbeiten auf dem Gelände. Bei Neu- oder Umbauten muß die Veränderung des Grüngeländes betreut werden.

Neben den Routinepflichten der Betriebsschlosserei waren Schwerpunkte im Berichtsjahr die Demontage von DESY III, die Umbauarbeiten im PETRA-Ring, die vorbereitenden Montagen für die HERA-Maschinen sowie die Montage des speziellen Fahrzeugs für den Aufbau der Elektronen- und Positronen/Protonen-Kanäle von PETRA nach HERA.

*Betriebs-
schlosserei*

Sicherheitswesen: Im Berichtsjahr sind insgesamt 42 Unfälle an die Landesunfallkasse der Freien und Hansestadt Hamburg gemeldet worden, davon liefen vier ohne Arbeitsunfähigkeit ab. Die Gesamtzahl der Ausfalltage betrug 360.

*Arbeitssicherheit
und
Arbeitsmedizin*

Es wurden folgende Prüfungen durch amtlich anerkannte Sachverständige der technischen Aufsicht des Amtes für Arbeitsschutz durchgeführt:

- Druckbehälter: 1 Vorprüfung, 1 Bau-Prüfung, 29 Abnahmeprüfungen, 2 innere Prüfungen und 2 Druckprüfungen, 6 äußere Prüfungen
- Dampfkessel: 4 äußere Prüfungen

Im Druckbehälterbereich lag der Schwerpunkt bei der Vorprüfung der supraleitenden Quadrupole. Auch die teilweise unkonventionelle Ausbildung der Schweißnähte hielt der Prüfung des Amtes für Arbeitsschutz stand, so daß seit einiger Zeit fertige, voll geprüfte und genehmigte Zeichnungen für die Quadrupole vorliegen. Für das H1-Kalorimeter wurden die ersten Vorgespräche für den als Druckbehälter anzusehenden Kryostaten geführt.

Im Berichtsjahr wurde an intensiven Planungen für die HERA-Bauwerke weitergearbeitet. Außerdem wurden insbesondere die Erweiterungsmaßnahmen im Bereich des HASYLAB-Labors sicherheitsmäßig mitbetreut.

Der Sicherheitsrat tagte im Berichtszeitraum fünfmal. Es wurden ständig die besonderen sicherheitstechnischen Probleme angesprochen; Schwerpunkt der Arbeiten war der Einsatz von angereichertem Uran für das ZEUS-Experiment.

Der Arbeitsschutzausschuß tagte sechsmal. In diesem Gremium, das auf dem Arbeitssicherheitsgesetz basiert, sind die Sicherheitsbeauftragten aus allen Bereichen und Gruppen versammelt, um allgemeine Fragen der Arbeitssicherheit aus ihren Bereichen zu diskutieren. In der zweiten Hälfte des Berichtsjahres wurden insbesondere die Montage- und Arbeitsbedingungen im Bereich der HERA-Halle Süd diskutiert, da diese noch nicht dem gewohnten DESY-Standard entspricht.

Betriebsbegehungen: Es wurden die gemäß dem Arbeitssicherheitsgesetz vorgeschriebenen Betriebsbegehungen—im Berichtsjahr waren es 23—vorgenommen. Diese werden von den Sicherheitsingenieuren und dem Betriebsarzt unter Beteiligung des Betriebsrates durchgeführt. Als Arbeitgebervertreter nimmt jeweils die Aufsichtsperson nach der Reichsversicherungsordnung sowie der Sicherheitsbeauftragte der Gruppe, deren Arbeitsplätze besichtigt werden, teil. Es wurden insgesamt Arbeitsplätze von 757 Mitarbeitern überprüft.

Brandschutz: Die Schulung der Mitarbeiter gegen Feuergefahren und in der Bekämpfung von kleineren Feuern wurde systematisch weitergeführt. Bei mehreren Übungen wurden ca. 80 Personen praktisch in der Handhabung der üblichen Feuerlöscher unterwiesen. Siebzehn Mitarbeiter wurden in den praktischen Atemschutz eingewiesen. Im Berichtszeitraum wurden mehrere größere Gebäude durch die Hamburger Feuerwehr einer Brandschau unterzogen.

Technischer Notdienst: Bei dem Umfang der zu überwachenden Anlagen und der Größe des Geländes spielt der ständige Ausbau der zentralen Störungsmeldeanlage weiterhin eine wichtige Rolle. Außerhalb der normalen Arbeitszeit wurden Überwachungsarbeiten an den DESY-Anlagen kontinuierlich oder auf Einzelanforderung durchgeführt. Bei Aufnahme der HERA-Komplexe in den Service des Technischen Notdienstes muß die Schichtstärke um einen Mann erhöht werden. An besonderen Leistungen des Technischen Notdienstes wurde folgendes ausgeführt: Erste Hilfe (21mal), Rettungswagen angefordert (26mal), Technische Hilfe (126mal), Anrufe 2500 (45mal), Einsätze bei HERA (52mal), Einsätze bei Feuer (10mal), Brandwachen (15mal), Rauchmeldealarme (178mal), Gasalarme (58mal), Alarme an Experimenten (135mal), Fahrstuhlalarme (187mal), sonstige Alarme (213mal), Kassenalarme (1mal), gemeldete Verkehrsunfälle (7mal), Bombenalarme (2mal), sonstige Hilfe (283mal).

Sicherheit bei HERA: Im Rahmen der fortschreitenden Baumaßnahmen für HERA sind auch die ersten sicherheitstechnisch bedingten Abnahmen durchzuführen gewesen. Hierbei handelte es sich insbesondere um die Kransysteme in den Hallen Süd und West. Bei der Kälteanlage stellte es sich heraus, daß die deutschen Anforderungen nicht immer von einem auswärtigen Lieferanten ohne weiteres erbracht werden können. Hier sind eine Reihe von Nachprüfungen erforderlich, bevor die normale Abnahme durchgeführt werden kann.

Zum Transport im Tunnel sind von DESY insgesamt drei Fahrzeugtypen konzipiert worden: Zwei für den HERA-Tunnel und eins für die Injektionswege. Bei diesen Fahrzeugen sind insbesondere die engen Betriebsverhältnisse in den fertig installierten Tunneln zu berücksichtigen. In Zusammenarbeit mit der Gewerbeaufsicht des Amtes für Arbeitsschutz wurden als Basis für die Abnahme Anforderungskataloge erstellt, so daß zum Ende des Jahres praktisch alle Fahrzeugsysteme geprüft und genehmigt waren.

Schulung: Sicherheitsbelehrungen und Feuerlöschübungen wurden für den M-Bereich bei ca. 350 Mitarbeitern durch die Gruppen "Klima, Kälte, Wasser" und "Sicherheit" vorgenommen.

Betriebsarzt: Die arbeitsmedizinischen Aufgaben nach dem Arbeitssicherheitsgesetz und der Unfallverhütungsvorschrift Betriebsärzte wurden mit einer Einsatzzeit von 350 Std./Jahr bzw. 7 Std./Woche vom Betriebsarzt wahrgenommen. Zu den regelmäßigen Aufgaben des Betriebsarztes gehören schwerpunktmäßig die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen, denen 574 DESY-Mitarbeiter unterliegen. Im Berichtsjahr wurden 197 Vorsorgeuntersu-

chungen unter sechs verschiedenen Gefährdungs-Gesichtspunkten durchgeführt. Weiterhin erfolgten ärztliche Konsiliaruntersuchungen, Beratungen, Impfungen und diverse Sonderuntersuchungen. Etwa ein Drittel der Einsatzzeit des Betriebsarztes galt unverändert den regelmäßigen Arbeitsplatz-Begehungen, gemeinsam mit den Sicherheitsingenieuren und dem Betriebsrat. Eine wichtige Aufgabe des Betriebsarztes ist die medizinische Beratung, z.B. bei den Arbeitsschutz-Sitzungen und bei der persönlichen Gesundheitsvorsorge der DESY-Mitarbeiter. Außerdem wurde auch in diesem Berichtsjahr wieder ein Kursus im Autogenen Training für interessierte DESY-Mitarbeiter durchgeführt. Als Besonderheit wurde im Juni 1986 die Überdruck-Krankenbehandlungskammer der HERA-Druckluft-Baustelle aus arbeitsmedizinischer Sicht demonstriert.

**Veröffentlichungen
und
Vorträge**

F-Bereich

DESY-Kolloquien

- R. TAYLOR (Stanford/USA)
Electron Elastic Scattering.
4.2.1986
Fest-Kolloquium aus Anlaß des 60. Geburtstages
von Prof. Dr. G. Weber
- F. KAEPPeler (Karlsruhe)
Element Production in Red Giant Stars.
10.4.1986
- A. ASPECT (Orsay/F)
Experimental Test of the Bell Inequality.
24.4.1986
- E.W.J. MITCHEL (Swindon/GB)
The Role of High Intensity Pulsed Neutron Sources
in Condensed Matter Research.
13.6.1986
- S. ARONSON (BNL/USA)
Re-Analysis of the Eötvös Experiment.
19.6.1986
- W. HAMPEL (MPI, Heidelberg)
The Present Status and the Scientific Goal
of the Gallium-Solar-Neutrino-Experiment.
30.10.1986
- W. GRAEFF (DESY)
Coronary Angiography with Synchrotron Radiation.
13.11.1986
- H. JAHRREISS (Köln)
Vacuum—History of its Physics and Technology
from Otto v. Guericke to our Days.
J. HENGEVOSS (Balzers)
Modern Vacuum Technology.
27.11.1986
- B. ULRICH (Göttingen)
Grundlagen der Stabilität von Wald-Ökosystemen.
Destabilisierende Wirkung von Klima, Nutzung und
Umweltverschmutzung.
Festkolloquium aus Anlaß des 75. Geburtstages
von Prof. Dr. W. Jentschke
11.12.1986

Vorträge

- P. SÖDING
Progress with HERA.
Inst. for Particle Phys., Toronto/Can (1986)
The HERA Projekt—Physics and Status.
IInd Top. Sem. on Perspectives for Exp. Apparatus at
Future High Energy Machines, San Miniato/I (1986)
Accelerator Program at DESY.
Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)
The Physics Program at DESY.
Inst. of High Energy Phys., Academia Sinica,
Peking/VR China (1986)
Recent Results from PETRA and DORIS.
Univ. of Warsaw/PL (1986)
HERA—Ein multinationales Projekt der physikalischen
Grundlagenforschung.
DPG-Arbeitstagung "Forschungsmanagement",
Bad Honnef/D (1986)
- V. SOERGEL
DESY—Status and Future.
XIIIth Int. Conf. on High-Energy Accelerators,
Novosibirsk/USSR (1986)
DESY M 86-10
Die Erforschung der schwachen Wechselwirkung—
Rückblick und Ausblick.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Heidelberg/D (1986)

H1

Veröffentlichte Vorträge

- F. EISELE
Perspectives of Lepton-Nucleon Scattering.
Proc. of the XIth Int. Conf. on Phys. in Collision,
Chicago/USA (1986)

Vorträge

- W. BRAUNSCHWEIG
Die physikalischen Möglichkeiten am Elektron-Proton-
Speicherring HERA.
Kolloquiumsvortrag, Univ. München (1986)
G. COZZIKA
The H1 Detector.

Nucl. Instr. and Meth. A249 (1986) 228

B. LÖHR, S. WEISSENRIEDER, F. BARREIRO, E. ROS
An Electromagnetic Calorimeter with Wavelength Shifting
Readout.

Nucl. Instr. and Meth. A254 (1987) 26 und DESY 86-072

Veröffentlichte Vorträge

H. BRÜCKMANN, B. ANDERS, U. BEHRENS
Hadron Sampling Calorimetry.
IIIrd Pisa Meeting on Advanced Detectors, Pisa/I (1986)
und DESY 86-155

R. KLANNER
Weak Decays of Lepton and Quarks.
Proc. of the 1985 CERN-JIRN Summer School

G. WOLF
HERA: Physics, Machine and Experiments.
Advanced Study Inst. on Techniques and Concepts of High
Energy Phys., St. Croix/USA (1986) und DESY 86-089

Large Particle Facilities under Construction.
Proc. of the EPS Seminar on Int. Research Facilities,
London/GB (1986)

Vorträge

E. BERNARDI
Messung der Homogenität am elektromagnetischen
Kalorimeter.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

H. BRÜCKMANN
Detektorentwicklung für ep Physik mit HERA.
Univ. Hamburg/D (1986)

Energiemessung hochenergetischer Hadronen in Sampling-
Kalorimetern.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Bonn/D (1986)

E. HILGER
The ZEUS Uranium-Scintillator Calorimeter for HERA.
IIInd Topical Seminar Perspectives for Experimental
Apparatus and Future High Energy Machines,
San Miniato/I (1986)

ZEUS—A Calorimeter for HERA.
Zakopane/PL

HERA—Die neue Anlage für Elementarteilchenforschung
in Deutschland.
Dies Academicus, Univ. Bonn/D (1986)

R. KLANNER
Radiation Damage in Silicon Strip Detectors.
IVth European Symp. on Semiconductor Detectors,

München/D (1986)

Hochauflösende Vertexdetektoren.
Plenarvortrag, DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

Physics and Detectors at HERA.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Lissabon/P (1986)

Status of Solid State Detector Developments.
Univ. Lissabon/P (1986)

J. KRÜGER
Untersuchung der longitudinalen Entwicklung
hadronischer Schauer.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

E. ROS
An Electromagnetic Calorimeter with Optical Fiber
Readout.
IIIrd Pisa Meeting on Advanced Detectors,
Castigliana/I (1986)

G. WOLF
Die Physik mit dem Elektron-Proton Speicherring HERA.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Freiburg/D (1986)

Calorimetry at Ultra High Energies.
Weizmann Inst., Rehovot/Israel (1986)

Physics at HERA.
Univ. Krakau/PL (1986) und Univ. Warschau/PL (1986)

Diplomarbeiten

U. BRANDENBURG
Neutronendynamik in Hadronen-Sampling-Kalorimetern.
Univ. Hamburg/D (1986)

G. DÄHN
Berechnung der Pulsformen in Siliziumdriftdetektoren.
Univ. Hamburg/D (1986)

H. HOVERATH
Untersuchungen zum Vergleich verschiedener Lichtauslese-
und Nachweisverfahren am Beispiel eines Blei-Szintillator-
Kalorimeters.
Univ. Bonn/D (1986)
Bonn-IR-86-6

A. LÖFFLER
Strahlungsschäden in Siliziumdetektoren.
Univ. Hamburg/D (1986)

M. OBENAUF
Untersuchung eines Meßverfahrens zur experimentellen
Bestimmung von kB-Werten organischer Szintillatoren.
Univ. Hamburg/D (1986)

Chambers, Berkeley/USA (1986) und Proc. of the Wire Chamber Conf., Wien/A (1986)

H. KÜSTER

Recent Results on New Particle Searches at PETRA.
Proc. of the XXIst Rencontre de Moriond, Les Arcs/F (1986)

Vorträge

G. d' AGOSTINI

A Model Independent Determination of α_s and $\sin^2 \Theta_w$ from Precise Measurement of R by CELLO.
Congress of Italian Phys. Society, Padova/I (1986)

R. ALEKSAN

Search for Heavy Neutral Leptons at CELLO.
With Moriond Workshop/F (1986)

W. de BOER

Recent Results from PETRA.
Krakau-München Seminar (1986)

G. COZZIKA

Results from CELLO.
Charles Univ., Prague/CSSR (1986)

G. FLÜGGE

Grenzen des Standard-Modells der Elementarteilchen und Suche nach neuen Phänomenen in der e^+e^- -Physik.
Univ. Erlangen (1986)

K. GAMERDINGER, H. JUNG

Der neue Kalorimetertrigger des Detektors CELLO auf einzelne Photonen.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

J.F. GRIVAZ

Search for New Particles.
College de France, Paris/F (1986) und
Ecole Polytechnique, Palaiseau/F (1986) und
CPPM, Marseille/F (1986) und
LAL Orsay/F (1986)

V. JOURNÉ

Electroweak Interactions.
LAL Orsay/F (1986)

H. JUNG, J.F. GRIVAZ, A. SPADAFORA

Ergebnisse des "Single Photon Experiments" am CELLO-Detektor bei PETRA.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

J. KNAPP

Untersuchung semileptonischer Zerfälle schwerer Quarks mit dem CELLO-Detektor bei höchsten Energien.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

R. KOTTHAUS

Plasma-Polymerisation in Driftkammern.

DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

A Laboratory Study of Radiation Damage to Drift Chambers.

Workshop on Radiation Damage to Wire Chambers, Lawrence Berkeley Lab., USA (1986) und Wire Chamber Conf. Wien/A (1986)

H. KROHA

Ladungsasymmetrie von b-Quarks in der e^+e^- -Vernichtung bei hohen Energien.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

M. KRÜGER

Eine präzise Messung des hadronischen Wirkungsquerschnittes R in e^+e^- Annihilationen im Schwerpunktsenergiebereich von 14.0 bis 46.8 GeV.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

P. SCHACHT

Untersuchung der Energieauflösung eines Pb/Cu-Flüssig-Argon-Kalorimeters.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

G.H.B. SHOOSHTARI

Hard Photon Production in e^+e^- Annihilation at Highest PETRA Energies.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

B. STELLA

Two Tests of the Standard Model from PETRA Experiments.
Congress of Italian Phys. Society, Padova/I (1986)

Is e^+e^- High Energy Physics Still Interesting before SLC and LEP? (Selected Results from PLUTO and CELLO).
Int. Center for Theor. Phys. Trieste/I (1986)

W. WIEDENMANN

τ -Asymmetriemessung mit dem CELLO-Detektor im Energiebereich $\sqrt{s} = 40.0$ GeV bis $\sqrt{s} = 46.6$ GeV.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

Dissertationen

R. ALEKSAN

Recherche de nouvelles particules et de nouveaux phénomènes produits par les interactions e^+e^- à 44 GeV dans le centre de masse avec le détecteur CELLO.
Univ. Paris VII/F (1986)

J. KNAPP

Messung der elektroschwachen Asymmetrie von b-Quarks.
Univ. Hamburg/D (1986)

M. KRÜGER

Eine präzise Messung des hadronischen Wirkungsquerschnittes R in e^+e^- -Annihilation bei Schwerpunktsenergien von 14.0 bis 46.8 GeV.

Proc. of the XX1st Recontre de Moriond, Les Arcs/F
(1986) und DESY 86-051

Vorträge

S. BETHKE

Neue Ergebnisse zur experimentellen Überprüfung der QCD.

Kolloquiumsvortrag, Univ. Heidelberg/D (1986)

C. KLEINWORT

Erste Ergebnisse mit der Vertex-Kammer am JADE-Detektor.

DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

M. KUHLEN

Suche nach Leptoquarks.

DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

P. PETERSEN

Überwachungssystem des Vertex-Kammer-Systems am JADE-Detektor.

DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

U. SCHNEEKLOTH

Tau-Paarereignisse mit Bremsstrahlungsphotonen und Suche nach neuen Teilchen mit Zerfall in Tau-Leptonen.

DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

JADE Results on Tau Leptons.

University of Maryland/USA (1986) und

Harvard Univ. Cambridge/USA (1986) und

MIT, Cambridge/USA (1986) und

Cornell Univ., Ithaca/USA (1986) und

Syracuse Univ., Syracuse/USA (1986) und

Univ. of Colorado, Boulder/USA (1986) und

SLAC, Stanford/USA (1986) und

Lawrence Berkeley Lab., Univ. of California, Berkeley/USA (1986) und

Fermi Nat. Accelerator Lab., Batavia/USA (1986)

Dissertationen

K. AMBRUS

Suche nach freien Quarks und anderen abnormal ionisierenden Teilchen bei JADE.

Univ. Heidelberg/D (1986)

P. HILL

A Model Insensitive Determination of the Strong Coupling Constant and a Measurement of the Energy Spread of Quark Jets in Electron-Positron Annihilation.

Univ. of Manchester/GB (1986)

RAL T 033/1986

K. KAWAGOE

Tests of Quantum Electrodynamics in High Energy e^+e^- Reactions and Searches for Compositeness of Leptons.

Univ. of Tokyo/J (1986)

M. KUHLEN

Suche nach neuen Effekten mit Lepton-Hadron-Signatur bei e^+e^- -Wechselwirkungen.

Univ. Hamburg/D (1986)

P. LENNERT

Die JADE-Jetkammer am PETRA-Speicherring.

Univ. Heidelberg/D (1986)

J.M. NYE

A Search for Charm in Two-Photon Interactions.

Univ. of Lancaster/GB (1986)

Diplomarbeiten

H. KREISER

Untersuchungen zum Feldverlauf innerhalb einer Driftkammer mit spiralförmiger Drahtgeometrie.

Univ. Hamburg/D (1986)

P. PETERSEN

Entwicklung einer mikrocomputergestützten

Überwachung für das Vertexdetektorsystem des JADE-Experiments am Speicherring PETRA.

Univ. Hamburg/D (1986)

W. SCHNITT

Bau und Test einer Spiral-Drift-Kammer.

Univ. Hamburg/D (1986)

MARK J

Veröffentlichungen

B. ADEVA et al.

A Measurement of the Strong Coupling Constant α_s to Complete Second Order.

MIT-LNS 148

The Production and Decay of Tau-Leptons.

MIT-LNS 153

Search for SUSY Particles $\tilde{\gamma}, \tilde{\nu}, \tilde{e}, \tilde{W}$ in Electron-Positron Annihilation at 44 GeV.

MIT-LNS 152

Study of Hadron and Inclusive Muon Production from Electron-Positron Annihilation at

$39.79 \text{ GeV} \leq \sqrt{s} \leq 46.78 \text{ GeV}$.

Phys. Rev. D34 (1986) 681

MIN CHEN, L. GARRIDO-BELTRAN

Veröffentlichte Vorträge

M. FEINDT

Recent PLUTO Results on Photon-Photon Reactions.
Proc. of the VIIth Int. Workshop on Photon-Photon Col-
lisions, Paris/F (1986)

G. KNIES

Evidence for η_c and Mult-Jet Production in the PLUTO
Photon-Photon Experiment.
Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

Vorträge

M. FEINDT

Exklusive η_c and f' Erzeugung in Zwei-Photon-
Reaktionen.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

B. STELLA

Is e^+e^- High Energy Physics still Interesting before SLC
and LEP? (Selected Results from PLUTO and CELLO).
Int. Center for Theor. Phys., Trieste/I (1986)

U. TIMM

The Electromagnetic, Hadronic and Pointlike Interaction
of Photons in DESY Experiments.
High Energy Phys. Inst., Peking/VR China (1986)

Dissertation

M. IACOVACCI

K_S^0 Content in Gluon and Quark Jets.
Univ. Rom/I (1986)

Diplomarbeit

A. RHODIN

Messung der Druckabhängigkeit der Ortsauflösung einer
Driftkammer.
Univ. Hamburg/D (1986)
DESY F33 86-01

TASSO**Veröffentlichungen**

TASSO-KOLLABORATION

Measurement of the Photon Structure Function F_2^{γ} at Q^2

from 7 to 70 $(\text{GeV}/c)^2$.

Z. Phys. C31 (1986) 527 und DESY 86-026

Measurement of the Radiative Width of the $A_2(1320)$ in
Two-Photon Interactions.

Z. Phys. C31 (1986) 537 und DESY 86-028

Vector Meson Production in the Final State $K^+K^-\pi^+\pi^-$
Photon-Photon Collisions.

Z. Phys. C32 (1986) 11 und DESY 86-025

A Measurement of the D^0 Lifetime.

Z. Phys. C32 (1986) 343 und DESY 86-027

Inclusive π^0 Production by e^+e^- Annihilation at 34.6 GeV
Center of Mass Energy.

Z. Phys. C33 (1986) 13 und DESY 86-078

A Measurement of the D_S Meson Lifetime.

DESY 86-159, zur Veröffentl. in Z. Phys. C

Veröffentlichte Vorträge

A. CALDWELL

Review of Lifetime Measurements of Charmed and
Bottom Mesons at PETRA.

Proc. of the XXIst Rencontre de Moriond, Les Arcs/F
(1986)

A. ESKREYS

Particle Correlations in e^+e^- Annihilations.

Proc. of the XVIIth Int. Symp. on Multiparticle Dyna-
mics, Seewinkel/A (1986)

G.E. FORDEN

A Measurement of the D_S Meson Lifetime by TASSO.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986) und RAL 86-080

R. GERHARDS

Measurement of the Radiative Width of the $A_2(1320)$.

Proc. of the VIIth Int. Workshop on Photon-Photon Col-
lisions, Paris/F (1986)

J.C. HART

Requirements for Databases in HEP.

Computing in High Energy Physics, ed L.O. Hertzbergen,
W. Hoogland, Elsevier Science Publ. BV (North Holland)
(1986)

U. KARSHON

Report of the TASSO Results.

Proc. of the VIIth Int. Workshop on Photon-Photon Col-
lisions, Paris/F (1986)

Exclusive Final States and Resonance Production.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986) und WIS 86/41/Aug/PH

B. KLIMA

P.D. DAUNCEY

A Study of QCD Processes in e^+e^- Annihilation.
Oxford Univ./GB (1986)

C. JENKINS

A Search for Massive Neutral Particles in
 e^+e^- Annihilation.
Univ. of London/GB (1986)

D.J. MELLOR

A Measurement of Bottom Hadron Lifetimes in
 e^+e^- Annihilation.
Oxford Univ./GB (1986)

R. MIR

Formation of Resonances with Final State Photons in Two
Photon Interactions and Development of Calorimetric
Techniques.
Weizmann Inst., Rehovot/Israel (1986)

P. ROSSKAMP

Untersuchung der Reaktionen $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\rho^+\rho^-$
und $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\rho\omega$ mit dem TASSO Detektor.
RWTH Aachen/D (1986)

D. STROM

Measurement of the D^0 Lifetime.
Univ. of Wisconsin, Madison/USA (1986)

Diplomarbeiten

R. GLÄSER

Untersuchungen der Erzeugung von D^* -Mesonen in Zwei-
Photon-Prozessen.
Univ. Hamburg/D (1986)

G. TYSARCZYK

Inklusive Erzeugung von π^0 -Mesonen in der e^+e^- -
Vernichtung für Schwerpunktsenergien von 34.6 GeV und
43.8 GeV.
Univ. Hamburg/D (1986)

N. WAINER

A Search for Mesonic Resonances with Charmed and
Strange Quarks in Three Jet Events in e^+e^- -Annihilation.
Weizmann Inst., Rehovot/Israel (1986)

C. WINAND

Teilchenverhältnisse für geladene Pionen, Kaonen und
Protonen in e^+e^- -Annihilationsereignissen bei einer
Schwerpunktsenergie von 44 GeV.
Univ. Hamburg/D (1986)

ARGUS

Veröffentlichungen

ARGUS-KOLLABORATION, H. ALBRECHT et al.
Determination of the Branching Ratio for the Decay
 $B^0 \rightarrow D^{*-}\pi^+$.

Phys. Lett. B182 (1986) 95

Observation of F Decays in \overline{K}^*K .

Phys. Lett. B179 (1986) 398

Search for Exotic Decay Modes of the $\Upsilon(1S)$.

Phys. Lett. B179 (1986) 403

Search for Gluinos in Decays of the $\chi_b(1^3P_1)$ Meson.

Phys. Lett. B167 (1986) 360

An Upper Limit for Two-Jet Production in Direct $\Upsilon(1S)$
Decays.

Z. Phys. C31 (1986) 181

Measurement of Tau Decays into Three Charged Pions.

Z. Phys. C33 (1986) 7

Observation of a New Charmed Meson.

Phys. Rev. Lett. 56 (1986) 549

Evidence for the Decay $\tau^- \rightarrow \nu_\tau \omega \pi^-$.

DESY 86-142, zur Veröffentl. in Phys. Lett.

Reconstruction of B Mesons.

Zur Veröffentl. in Phys. Lett.

Search for Lepton Number and Lepton Flavor Violation in
Tau Decays.

DESY 86-137, zur Veröffentl. in Phys. Lett.

The Hadronic Transitions from $\Upsilon(2S)$ to $\Upsilon(1S)$.

DESY 86-169, zur Veröffentl. in Z. Phys. C

Observation of Octet and Decuplet Hyperons in e^+e^- -
Annihilation at 10 GeV Centre-of-mass Energy.

DESY 86-130, zur Veröffentl. in Phys. Lett. B

The Decay $D^0 \rightarrow \overline{K}^0\phi$.

Zur Veröffentl. in Z. Phys. C

A.V. AREFIEV et al.

Muon Chambers of the ARGUS Detector. (In Russian)
Prib. Tekh. Eksp. 66 (1986) 2

K.W. EDWARDS et al.

The ARGUS Vertex Drift Chamber.

Nucl. Instr. Meth. A252 (1986) 384

Veröffentlichte Vorträge

ARGUS-KOLLABORATION, H. ALBRECHT et al.

Observation of Inclusive F Production in B Meson Decay.

Berkely/USA (1986)

P. PATEL

Resonance Production (η' , f'), Vector Meson Production.
Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

First Observation of $\omega\rho$ and $\overline{K}^{0*}K^{0*}$ Production in $\gamma\gamma$ Col-
lisions at ARGUS.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

T. RUF

Inclusive and Exclusive B-Meson Decays into J/Ψ Mesons.
Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

W. SCHMIDT-PARZEFALL

Heavy Quark Spectroscopy.

Plenarvortrag, Proc. of the XIth Int. Conf. on Phys. in
Collision, Chicago/USA (1986)

K. SCHUBERT

B-Meson Results from ARGUS.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

Experimental Determination of the Kobayashi-Maskawa
Matrix Elements.

Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

H.C.J. SEYWERD

Charmed Baryon Production in e^+e^- Annihilation at
ARGUS.

Proc. of the Annual Meeting of the Am. Phys. Soc.,
Washington/USA (1986), Bull. Am. Phys. Soc. 31 (1986)

J. SPENGLER

Electromagnetic Calorimeters for B- and Y-Physics.

Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

D. WEGENER

e^+e^- Physics in the Upsilon Region.

Plenarvortrag, Proc. of the XVIIth Int. Symp. on Multi-
particle Dynamics, Seewinkel/A (1986)

New Results on e^+e^- Physics in the Upsilon Region.

Proc. of the DESY Workshop on QCD—Theory and Phen-
omenology, Hamburg/D (1986)

DESY T 86-01

S. WESELER

Experimental Review on B-Meson Decays.

Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

T.-S. YOON

Recent Results from ARGUS.

Proc. of the XIVth Annual SLAC Summer Inst. on Par-
ticle Phys., Stanford/USA (1986)

J.C. YUN

Observation of a New Charmed Meson.

Proc. of the Annual Meeting of the Am. Phys. Soc.,
Washington/USA (1986), Bull. Am. Phys. Soc. 31 (1986)

Vorträge

R. AMMAR

Recent Results from the ARGUS Detector at DORIS II.
Univ. of Missouri, Rolla/USA (1986) und
Cornell Univ., Ithaca/USA (1986)

U. BINDER

Untersuchung des Zerfalls $\tau^- \rightarrow \nu_\tau \pi^- \pi^- \pi^+ \pi^0$.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

R. DAVIS

Recent Results from ARGUS.

Indiana Univ., Bloomington/USA (1986)

C. EHMANN

Λ_c -Produktion in der e^+e^- Vernichtung bei $\sqrt{s} \approx 10$ GeV.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986) und
Kolloquiumsvortrag, Univ. Heidelberg/D (1986)

W.R. FRISKEN

Physics with ARGUS.

Case Western Reserve Univ. Cleveland/USA (1986)

K. FRITZ

Untersuchung des Übergangs $\Upsilon(2S) \rightarrow \Upsilon(1S)\pi^+\pi^-$
mit Hilfe des ARGUS-Detektors.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

D. MacFARLANE

Physics of the b Quark: Status and Prospects.

Brown Univ., Providence/USA (1986) und
Univ. of Toronto/Can (1986) und
Columbia Univ., Nevis Labs, Irvington/USA (1986) und
Univ. of South Carolina, Columbia/USA (1986) und
Pennsylvania State Univ., State College/USA (1986) und
Argonne Nat. Lab., Argonne/USA (1986) und
Carleton Univ., Ottawa/Can (1986) und
McGill Univ., Quebec/Can (1986)

A New Vertex Detector for ARGUS.

Cornell Univ., Ithaca/USA (1986)

R.S. ORR

Fragmentation of Heavy Flavours in e^+e^- Annihilation.
Univ. of Toronto/Can (1986)

Reconstruction of B Mesons at ARGUS.

Canadian Assoc. of Physicists, Edmonton
Alberta/Can (1986)

Recent Results from ARGUS on Charm Fragmentation.

Cornell Univ., Ithaca/USA (1986)

P. PATEL

Univ. Heidelberg/D (1986)
IHEP-HD/86-06

Interner Bericht

ARGUS-Kollaboration
A Proposal to Upgrade ARGUS with a Micro
Vertex Detector.
DESY F15 86-01

Crystal Ball-Kollaboration

Veröffentlichungen

CRYSTAL BALL-KOLLABORATION,
J.E. GAISER et al.
Charmonium Spectroscopy from Inclusive ψ' and
 J/ψ Radiative Decays.
Phys. Rev. D34 (1986) 711

CRYSTAL BALL-KOLLABORATION,
T. SKWARNICKI et al.
Spin Analysis of the χ_b States.
DESY 86-087 und SLAC-PUB-4045,
zur Veröffentl. in Phys. Rev. Lett.

K. KÖNIGSMANN
Radiative Transitions in the ψ System.
Phys. Rep. 139 (1986) 243 und DESY 86-009

Veröffentlichte Vorträge

R. CLARE
A Measurement of the Two-Photon Decay Width of the
 η' -Meson Using the Crystal Ball Detector.
Proc. of XXIth Rencontre de Moriond, Les Arcs/F (1986)

S. COOPER
Spectroscopy of Light and Heavy Quarks.
Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986) und SLAC-PUB-4139

F. HEIMLICH
Gluon and Quark Fragmentation in the Υ Region.
Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

Crystal Ball Results on $\Upsilon(1S)$ Decays.
Proc. of the XVIIth Int. Symp. on Multiparticle Dynamics,
Seewinkel/A (1986)

K. KÖNIGSMANN
Production, Spectroscopy and Decays of Heavy Quark
Bound States.

Proc. of the XIth Int. Conf. on Phys. in Collision,
Chicago/USA (1986) und DESY 86-136

S. LOWE

Recent Results from the Crystal Ball Experiment.
Proc. of the XIVth Annual SLAC Summer Inst. on Par-
ticle Phys., Stanford/USA (1986) und SLAC-PUB-4151

P. SCHMITT

Search for Radiative $\Upsilon(1S)$ Decays to All-Neutral Final
States.

Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

T. SKWARNICKI

Crystal Ball Results on the Inclusive Electron Spectrum
in $\Upsilon(4S)$ Decays.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

Electron Endpoint Spectrum in $\Upsilon(4S)$ Decays.

Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986)

R.T. van de WALLE

Search for Rare $b\bar{b}$ Decays.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

D.A. WILLIAMS

Recent Results from the Crystal Ball on Photon-Photon
Collisions.

Proc. of the XXIIIrd Int. Conf. on High Energy Phys.,
Berkely/USA (1986)

Studies of Resonance Production in $\gamma\gamma$ Collisions by the
Crystal Ball.

Proc. of the VIIth Int. Workshop on Photon-Photon Col-
lisions, Paris/F (1986)

Vorträge

H.-W. BARTELS

Jet-Achsen beim $\Upsilon(1S)$ -Zerfall.
DPG-Tagung, Heidelberg/D (1986)

S. COOPER

Hadron Spectroscopy with the Crystal Ball and Others.
Brookhaven National Lab./USA (1986) und
Cornell Univ., Ithaca/USA (1986) und
Fermilab, Batavia/USA (1986) und
Rutherford Appleton Lab., Chilton/GB (1986)

Heavy Quarks: A 12 Year Perspective.
Cornell Univ., Ithaca/USA (1986)

Looking at Charm and Beauty with the Crystal Ball.
Massachusetts Inst. of Techn., Cambridge/USA (1986)

S. KEH

W. WALK

A Study of the χ_b States in Exclusive Radiative Decays of the $\Upsilon(2S)$.

Univ. Nijmegen/NL (1986)

Diplomarbeiten

H.-W. BARTELS

Jet-Achsen beim $\Upsilon(1S)$ -Zerfall.

Univ. Hamburg/D (1986)

DESY F31 86-01

A. COMPAGNUCCI

Studio della Struttura a Jet nella Produzione di Adroni da Annichilazioni e^+e^- .

Univ. Florenz/I (1986)

G. GLASER

Energieeichung des Crystal Ball-Detektors bei DORIS II mit QED 3-Teilchen-Ereignissen.

Univ. Erlangen-Nürnberg/D (1986)

K.-H. KARCH

A Study of the Crystal Ball Charged Particle Identification System.

Univ. Würzburg/D (1986)

M. KOBEL

A Study of the Process $\Upsilon(1S) \rightarrow \mu^+\mu^-$ using the Crystal Ball Detector.

Univ. Erlangen-Nürnberg/D (1986)

DESY F31 86-03

J. SCHÜTTE

Suche nach radiativen Zerfällen der Upsilon(4S)-Resonanz.

Univ. Erlangen-Nürnberg/D (1986)

HASYLAB

Veröffentlichungen

H.-G. BIRKEN, W. JARK, C. KUNZ, R. WOLF

Angular Dependent Photoelectric Yield and Optical Constants of Al between 40 to 600 eV.

NIMPR A253 (1986) 166 und DESY SR 86-02

T. MÖLLER, B. JORDAN, G. ZIMMERER, D. HAAKS, J. LeCALVÉ, M.C. CASTEX

Time and Spectrally Resolved Fluorescence of Cl_2^* and $ArCl^*$ in Cl_2 Doped Ar under State Selective Pulsed Photoexcitation with Synchrotron Radiation.

Z. Phys. D4 (1986) 73 und DESY SR 86-03

E. Vlieg, A.E.M.J. FISCHER, J.F. van der VEEN, B.N. DEV, G. MATERLIK

Geometric Structure of the $NiSi_2 - Si(111)$ Interface: An X-Ray Standing Wave Analysis.

Surf. Sci. 178 (1978) 36 und DESY SR 86-04

B.N. DEV, G. MATERLIK, R.L. JOHNSON, W. KRANZ, P. FUNKE

X-Ray Standing Wave Studies of Germanium Adsorbed on $Si(111)$ Surfaces.

Surf. Sci. 178 (1986) 1 und DESY SR 86-05

T. MÖLLER, G. ZIMMERER

Time Resolved Spectroscopy with Synchrotron Radiation in the Vacuum Ultraviolet.

DESY SR 86-06, zur Veröffentl. in Phys. Scrip.

B.N. DEV, G. MATERLIK, F. GREY, R.L. JOHNSON, M. CLAUSNITZER

Geometrical Structures of the $Ge/Si(111)$ Interface and the $Si(111)7 \times 7$ Surface.

Phys. Rev. Lett. 57 (1986) 3058 und DESY SR 86-07

N. GREISER, G. MATERLIK

Three-Beam X-Ray Standing Wave Analysis: A Two Dimensional Determination of Atomic Positions.

DESY SR 86-08, zur Veröffentl. in Z. Phys.

P.L. COWAN, S. BRENNAN, T. JACH, M.J. BEDZYK, G. MATERLIK

Observations of the Diffraction of Evanescent X-Rays at a Crystal Surface.

Phys. Rev. Lett. 57 (1986) 2399 und DESY SR 86-09

W.-R. DIX, K. ENGELKE, C.C. GLÜER, W. GRAEFF, H. JABS, W. KUPPER, K.-H. STELLMASCHKE

NIKOS - A System for Non-Invasive Examination of Coronary Arteries by Means of DSA with Synchrotron Radiation. II. In-Vivo Investigations.

DESY SR 86-10, zur Veröffentl. in IEEE Computer Science

W. JARK

Enhancement of Diffraction Grating Efficiencies in the Soft X-Ray Region by a Multilayer Coating.

Optics Comm. 60 (1986) 201 und DESY SR 86-11

T. MÖLLER, M. BELAND, G. ZIMMERER

Bound-Free Fluorescence of Rare Gas Hydrides.

DESY SR 86-12, zur Veröffentl. in Chem. Phys. Lett.

H. HOGREFE, C. KUNZ

Soft X-Ray Scattering from Rough Surfaces: Experiment and Theoretical Analysis.

DESY SR 86-13, zur Veröffentl. in Appl. Optics

H. CERVA, W. GRAEFF

Contrast Investigation of Surface Acoustic Waves by Stroboscopic Topography. III. Contrast in Transmission Case.

Phys. Stat. Sol. A93 (1986) K129 und DESY SR 85-12

- TH. PRESCHER, M. RICHTER, B. SONNTAG,
H.-E. WETZEL
Electron Heated High Temperature Atomic Beam Source
for VUV Photoelectron Spectroscopy.
Zur Veröffentlich. in NIMPR
- W. NIEMANN, W. MALZFELDT, P. RABE,
R. HAENSEL, M. LÜBCKE
Critical Cluster Size for Mixed Valence in Small Matrix-
isolated Sm Clusters.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B35 (1986)
- J. STAUN OLSEN, S. STEENSTRUP, L. GERWARD,
U. BENEDICT, J.-P. ITIÉ
High-Pressure Structural Studies of Uranium and Thorium
Compounds with the Rocksalt Structure.
Physica 139 & 140B (1986) 308
- J.-P. ITIÉ, J. STAUN OLSEN, L. GERWARD,
U. BENEDICT, J.C. SPIRLET
High Pressure X-Ray Diffraction on UX_2 Compounds.
Physica 139 & 140B (1986) 330
- J. STAUN OLSEN, L. GERWARD, U. BENEDICT,
J.-P. ITIÉ, K. RICHTER
High-Pressure Structural Studies of UC by X-Ray Diffraction
and Synchrotron Radiation.
J. of the Less-Common Metals 121 (1986) 445
- L. GERWARD, J. STAUN OLSEN, U. BENEDICT,
J.-P. ITIÉ, J.C. SPIRLET
Structure Stability and Equation of State of Thorium Carbide
for Pressures up to 36 GPa.
J. Appl. Cryst. 19 (1986) 308
- L. GERWARD, J. STAUN OLSEN, U. BENEDICT
On the Use of Distorted fcc Structures for Describing High-
Pressure Phases.
Zur Veröffentlich. in Physica B
- J. STAUN OLSEN, U. BENEDICT, S. DABOS,
L. GERWARD, J.-P. ITIÉ
High-Pressure Studies of Uranium and Thorium
Compounds Using Synchrotron Radiation.
Zur Veröffentlich. in Physica B
- U. BENEDICT, S. DABOS, L. GERWARD, J. STAUN
OLSEN, J. BEUERS, J.C. SPIRLET, C. DUFOUR
Study of Heavy Fermion Compounds under High Pressure.
Zur Veröffentlich. in J. of Magn. and Magn. Mat.
- J.D. STEPHENSON
The Tetragonal-Cubic Phase Transition and Coalescence
of Double Topographs in Top-Seeded (001) $BaTiO_3$ Single
Crystals Using White Synchrotron X-Radiation Topography
(WSRT).
Phys. Stat. Sol. A93 (1986) 463
- J.D. STEPHENSON, B. STROCKA
White Synchrotron Radiation Topography of
 $Ba_{1.03}Fe_{11.97}O_{19}$ and $Ba_{1.06}Fe_{10.92}Mn_{1.02}O_{19}$
Single Crystals.
Phys. Stat. Sol. A96 (1986) 597
- K. YASUTAKE, J.D. STEPHENSON, M. UMENO,
H. KAWABE
On Deformation Twins in Silicon Single Crystals.
Phil. Mag. A53 (1986) L41
- U. WEIGMANN, S. JAENICKE, R. PITTS,
W. DRACHSEL, J.H. BLOCK
Photon Induced Field Desorption of Hydrogen and Noble
Gases from Tungsten.
J. de Phys. 47 (1986) C2-145
- S. JAENICKE, A. CISZEWSKI, W. DRACHSEL,
U. WEIGMANN, T.T. TSONG, J.R. PITTS,
J.H. BLOCK, D. MENZEL
Field-Assisted Photodesorption of Ions from Metal and Se-
miconductor Surfaces.
J. de Phys. 47 (1986) C7-343
- D. MENZEL
Synchrotron Radiation Applied to Surface Science.
J. de Phys. 47 (1986) C7-339
- R. BOEHLER, M. NICOL, M.L. JOHNSON
Internally Heated Diamond Anvil Cell: Phase Diagram
and PVT of Iron.
In High-Pressure Research In Mineral Physics,
M. Maghnani, Y. Syono eds. (im Druck)
- U. BENEDICT, W.A. GROSSHANS, W.B. HOLZAPFEL
Systematics of f Electron Delocalization in Lanthanide and
Actinide Elements under Pressure.
Zur Veröffentlich. in Physica
- K.O. MAGNUSSON, S.A. FLODSTRÖM
The Valence and Conduction Band Electronic Structure of
Wurtzite CdSe.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B, Rapid Comm.
- S. CRAMM, U. GRABOWSKY, C. KUNZ, J. SCHMIDT-
MAY, F. SENF, L. INCOCCIA
Partial Photoionization Cross Sections at the 3d
Thresholds of Rare Earth Metals.
Zur Veröffentlich. in J. Electr. and Relat. Phenomena
- C.U.S. LARSSON, A.S. FLODSTRÖM, R. NYHOLM,
I. INCOCCIA, F. SENF
A Photon Stimulated Desorption Study of H_2O
on $Si(100)2 \times 1$.
Zur Veröffentlich. in J. of Vacuum Sc. and Technology
- H. TOPSOE, B.S. CLAUSEN, N.-Y. TOPSOE,
E. PEDERSEN
Recent Basic Research in Hydrodesulfurization Catalysis.
I&EC Fundamentals 25 (1986) 25
- B.S. CLAUSEN, B. LENGELER, B.S. RASMUSSEN, W.
NIEMANN, H. TOPSOE

- R. FEIDENHANS'L, J.S. PEDERSEN, M. NIELSEN, F. GREY, R.L. JOHNSON
Ge(111) $\sqrt{3} - \sqrt{3} - \text{Pb}$: The Atomic Geometry.
Zur Veröffentlich. in Surf. Sci.
- J. GHIJSEN, R.L. JOHNSON, M. TANIGUCHI, H. NOEL
Resonant Photoemission Studies of Uranium 5f States in US_3 , USe_3 and UTE_3 .
Zur Veröffentlich. in Z. Phys. B
- L. LEY, M. TANIGUCHI, J. GHIJSEN, R.L. JOHNSON, A. FUJIMORI
Manganese Derived Partial Density of States in $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B
- R. SPORKEN, P.A. THIRY, E. PETIT, J.J. PIREAUX, R. CAUDANO, J. GHIJSEN, R.L. JOHNSON, L. LEY
Photoemission Study of the Al-Sb(111) Interface.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B
- H.-G. KILIAN
The Non-Homogeneous Thermodynamically Autonomous and Equivalent Microphase.
Propr. Colloid & Polymer Sci. 72 (1986) 60
- E. GERDAU, R. RÜFFER, R. HOLLATZ, J.P. HANNON
Quantum Beats from Nuclei Excited by Synchrotron Radiation.
Phys. Rev. Lett. 57 (1986) 1141
- E. GERDAU, R. RÜFFER
Monochromatisation of Synchrotron Radiation by Ultranarrow Frequency Filters—Nuclear Bragg Diffraction in YIG.
Hyperfine Interactions 27 (1986) 59
- E.V. SAMPATHKUMARAN, G. WORTMANN, G. KAINDL
Valence State of Eu in $\text{Eu}_{0.05}\text{Y}_{0.95}\text{Ni}_2\text{P}_2$ and $\text{Eu}_{0.05}\text{Y}_{0.95}\text{Pd}_2\text{P}_2$.
J. of Magn. and Magn. Mat. 54-57 (1986) 347
- G. WORTMANN, W. KRONE, E.V. SAMPATHKUMARAN, G. KAINDL
Comparative Valence Studies of Ternary Eu Compounds by L_{III} X-Ray Absorption and Mössbauer Isomer Shift.
Hyperfine Interactions 27 (1986) 581
- G. WORTMANN
Synthetic Metals: Applications of the Mössbauer Effect and Other Methods.
Hyperfine Interactions 27 (1986) 263
- TH. BEIN, G. SCHMIESTER, P.A. JACOBS
Characterization of a New Iron-on Zeolite Y Fischer-Tropsch Catalyst.
J. Chem. Phys. 90 (1986) 4851
- G. KAINDL, G.K. WERTHEIM, G. SCHMIESTER, E.V. SAMPATHKUMARAN
Mixed Valency versus Covalency of 4f Electrons in CeF_4 .
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. Lett.
- W. KRONE, G. WORTMANN, V. BIEBESHEIMER, G. KAINDL, S. ROTH
Local-Structure Determination in Interhalogen-Doped Polyacetylene by X-Ray Absorption Spectroscopy.
Synthetic Metals 17 (1986) 479
- G. WORTMANN, B. PERSCHIED, W. KRONE
Valence Determination in EuM_2X_2 Compounds: L_{III} -Edge versus Mössbauer Isomer Shift.
Zur Veröffentlich. in J. de Physique Colloq.
- G. KALKOWSKI, G. KAINDL, W.D. BREWER, W. KRONE
Near-Edge X-Ray Absorption Studies of Uranium Compounds.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B
- G. KALKOWSKI, G. KAINDL, S. BERTRAM, G. SCHMIESTER, J. REBIZANT, J.C. SPIRLET, O. VOGT
5f-Localization in Light Actinide Compounds Observed by X-Ray Absorption Spectroscopy.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. Lett.
- G. SCHMIESTER, S. BERTRAM, G. KAINDL, O. VOGT
Pressure-Induced Electronic Structure Changes in USb . In Theoretical and Experimental Aspects of Valence Fluctuations, L.C. Gupta, S.K. Malik eds., Plenum Press (1987) (im Druck)
- G. SCHMIESTER, G. KAINDL, P. WACHTER
 L_{III} X-Ray Absorption in Rare-Earth Compounds: A Probe for 4f Occupation and Hybridization.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B
- I. FELNER, I. NOWAK, D. VAKUIN, U. POTZEL, J. MOSER, G.M. KALVIUS, G. WORTMANN, G. SCHMIESTER, G. HILSCHER, E. GRATZ, C. SCHMITZER, N. PILLMAYR, K.G. PRASAD, H. de WAARD, H. PINTO
The Ytterbium Valence Phase Transition in $\text{Yb}_x\text{In}_{1-x}\text{Cu}_2$.
Zur Veröffentlich. in Phys. Rev. B
- J. BORDAS, L. PEREZ-GRAU, M.H.J. KOCH, C. NAVE, M.C. VEGA
The Superstructure of Chromatin and its Condensation Mechanism. I. Synchrotron Radiation X-Ray Scattering Results.
Europ. Journ. Biophys. 13 (1986) 157
- J. BORDAS, L. PEREZ-GRAU, M.H.J. KOCH, C. NAVE, M.C. VEGA
The Superstructure of Chromatin and its Condensation Mechanism. II. Theoretical Analysis and Model Calculations.

tive Tissue Societies, Manchester, England (1986)

TH. NEMETSCHKE

Röntgenstrukturanalyse. Eine Standortbestimmung im Rahmen des Schwerpunktes: Molekulare Biologie und Pathobiochemie des Bindegewebes.

Proc. DFG Kolloquium, Schloß Ringberg, Tegernsee (1986)

U. BECKER, R. HÖLZEL, H.G. KERKHOFF, B. LANGER,

D. SZOSTAK, R. WEHLITZ, P.A. HEIMANN, D.A. SHIRLEY

Threshold Behavior of Photoelectron Satellites—A Probe of Electron Correlations.

Proc. Xth ICAP, Tokyo (1986)

P.A. HEIMANN, U. BECKER, H.G. KERKHOFF, B. LANGER, D. SZOSTAK, R. WEHLITZ,

D.W. LINDLE, T.A. FERRETT, D.A. SHIRLEY
Helium and Neon Photoelectron Satellites at Threshold.

Phys. Rev. A34 (1986) 3782

H.D. BARTUNIK

Structural Analysis of Intermediate States in Biological Macromolecules by Time-Resolved Crystallography.

In Structural Biological Applications of X-Ray Absorption, Scattering and Diffraction, H.D. Bartunik, B. Chance eds., Academic Press (1986)

H.D. BARTUNIK, C. BOULIN

DACOM: Hardware Data Handling for Stationary and Time-Resolved Data Acquisition with Area Detectors.

In Structural Biological Applications of X-Ray Absorption, Scattering and Diffraction, H.D. Bartunik, B. Chance eds., Academic Press (1986)

B. CHANCE, R. KORSZUN, D. SCHICK, R. HETTEL, L. POWERS, H.D. BARTUNIK

Beam Line Noise and Preliminary Results on Carrier Modulation Compensation Systems.

In Structural Biological Applications of X-Ray Absorption, Scattering and Diffraction, H.D. Bartunik, B. Chance eds., Academic Press (1986)

H.D. BARTUNIK, C. BOULIN, H. SCHWAB

Real-Time Reduction of Area Detector Data.

J. de Phys. 47(8) (1986) C5-157

R. LADENSTEIN, B. MEYER, R. HUBER, H. LABISCHINSKI, K. BARTELS, H.D. BARTUNIK, L. BACHMANN, H.C. LUDWIG, A. BACHER

Heavy Riboflavin Synthase from *Bacillus Subtilis*.

J. Mol. Biol. 187 (1986) 87

F. PARAK, H. HARTMANN, K.D. AUMANN, H. RENSCHER, G. RENNEKAMP, H.D. BARTUNIK, W. STEIGEMANN

Low Temperature X-Ray Investigation of Structural Distributions in Myoglobin.

Zur Veröffentlichung in Europ. Biol. J.

E.-M. MANDELKOW, M. HERRMANN, E. MANDELKOW

Tubulin Domain Structure.

Ann. N.Y. Acad. Sci. 466 (1986) 645

E.-M. MANDELKOW, R. RAPP, E. MANDELKOW
Microtubule Structure Studied by Quick Freezing: Cryo-Electron Microscopy and Freeze Fracture.

J. Microsc. 141 (1986) 361

E. MANDELKOW, R. SCHULTHEISS, E.-M. MANDELKOW

On the Surface Lattice of Microtubules: Helix Starts, Protofilament Number, Seam, and Handedness.

J. Cell Biol. 102 (1986) 1067

E. MANDELKOW, E.-M. MANDELKOW
Cryo-Electron Microscopy of Microtubules.

Zur Veröffentlichung in Ann. N.Y. Acad. Sci.

U. SPANN, W. RENNER, E.-M. MANDELKOW, J. BORDAS, E. MANDELKOW

Tubulin Oligomers and Assembly Studied by Time-Resolved X-Ray Scattering: Separation of Prenucleation and Nucleation Events.

Zur Veröffentlichung in Biochemistry

U. SPANN, E.-M. MANDELKOW, J. BORDAS, E. MANDELKOW

Pre-Nucleation and Nucleation Events in Microtubule Assembly: A Time-Resolved X-Ray Scattering Study.

In Biophysics and Synchrotron Radiation, A. Bianconi, A. Congiu-Castellano eds., Springer Verlag, Heidelberg (im Druck)

K. LINSE, E.-M. MANDELKOW

The GTP-Binding Site of Beta-Tubulin.

Zur Veröffentlichung.

E.-M. MANDELKOW, K. LINSE, U. SPANN, E. MANDELKOW

Domain Structure, Nucleotide Binding Site, and Assembly of Tubulin.

In The Nature and Function of Cytoskeletal Proteins in Motility and Transport, K.E. Wohlfarth-Botterman ed., Prog. Zool. 34, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (im Druck)

A. YONATH, M.A. SAPER, I. MAKOWSKI, J. MUSSIG, J. PIEFKE, H.D. BARTUNIK,

K.S. BARTELS, H.G. WITTMANN
Characterization of Single Crystals of the Large Ribosomal Particles from *B. Stearothermophilus*.

J. Mol. Biol. 178 (1986) 633

A. YONATH, M.A. SAPER, H.G. WITTMANN
Structural Studies on Ribosomal Particles.

In Structure, Function and Genetics of Ribosomes,

- I.T. STEINBERGER
Optical Constants of Liquid and Solid Xenon in the VUV.
Vol. II, 372
- R. MANZKE, O. ANDERSON, M. SKIBOWSKI
Valence Band Structure of 1T-TaS₂ by High Resolution
Angle-Resolved Photoemission.
Vol. II, 387
- R. EISBERG, P. JOSUKS, R. SCHLÖGL, G. WIECH
X-Ray Emission Spectra and Electronic Structure of
Potassium Intercalated Graphite.
Vol. II, 410
- P. LAPORTE, J.L. SUBTIL, R. REININGER, V. SAILE,
I.T. STEINBERGER
Exciton Bands Related to Atomic Lines in Rare Gas Fluids
and Solids.
Vol. II, 421
- S. CRAMM, U. GRABOWSKI, C. KUNZ, J. SCHMIDT-
MAY, F. SENF, L. INCOCCIA
Partial Photoionization Cross Sections at the 4d- and 3d-
Resonances of Rare Earth Metals.
Vol. II, 453
- J. BAHRDT, N. SCHWENTNER
Vibrational Relaxation and Electron-Phonon Coupling of
Matrixisolated CO.
Vol. II, 456
- J.R. NAEGELE, J. GHIJSEN,
R.L. JOHNSON, V. SECHOVSKY
Resonant Photoemission in U Mn₂.
Vol. II, 475, zur Veröffentlich. in Phys. Scripta
- M. CHERGUI, N. SCHWENTNER
Rydberg States of NO in Condensed Rare Gases.
Vol. II, 478
- K.O. MAGNUSSON, S. WIKLUND, S.A. FLODSTRÖM,
P. MARTENSON, M. LÄHDENIEMI, U.O. KARLSSON,
D. STRAUB
The Valence and Conduction Band Electronic Structure of
CdSe(1120).
Vol. II, 538
- E.E. KOCH
Photoemission from Organic Molecular Solids and Organo-
metallic Compounds.
Vol. II, 594 (invited paper) und zur Veröffentlich. in Physica
Scripta
- M. LÄHDENIEMI, P. YANNOULIS, E.E. KOCH
Electronic Structure and Orientation of Aromatic Hydro-
carbons: Tetracene on Cu(100).
Vol. II, 595
- J. SCHILLER, H. LAGIER, J. HORMES, F. VÖGTLE,
A. AIGNER, R. THOMMESEN
Circular Dichroism Measurements of Thiophenophanes
and Binaphtyl-Descendants in the VUV-Region with a
Recent Facility at HASYLAB.
Vol. II, 604
- A.M. FINDLEY, S. BERNSTORFF, A.M. KÖHLER,
V. SAILE, L. FINDLEY
Photoionization Spectroscopy of Highly Polar Aromatics.
Vol. II, 615 und zur Veröffentlich. in Physica Scripta
- W. GÄDEKE, H.W. BIESTER, E.E. KOCH, R. FRAHM,
V. SAILE, W. KRASSER, T. WOIKE
Photoemission and X-Ray Absorption of
Na₂[Fe(CN)₆NO] · 2H₂O Single Crystals.
Vol. II, 621
- R. ENGELHARDT, R. DUDDE, E.E. KOCH, N. UENO
Epitaxial H₂-, Mg-, Cu- and Pt-Phthalocyanine Films on
Ag(111): Orientation, Structure of Valence Bands and
Metal-Derived Electronic Density of States.
Vol. II, 632
- Proc. of the Int. Conf. on X-Ray and VUV
Synchrotron Radiation Instrumentation, Stanford
Univ., CA/USA (1985)**
- R.L. JOHNSON
Grazing-Incidence Monochromators for Synchrotron
Radiation—A Review.
NIMPR A246 (1986) 303
- E. GERDAU, R. RÜFFER
Monochromatisation of Synchrotron Radiation by Nuclear
Bragg Diffraction in YIG.
NIMPR A246 (1986) 362
- W. PETERSEN, P. KETELSEN, A. KNÖCHEL,
R. PAUSCH
New Developments of X-Ray Fluorescence Analysis with
Synchrotron Radiation (SYXFA).
NIMPR A246 (1986) 731
- Proc. IVth Int. Conf. on EXAFS and Near Edge
Structure, Fontevraud/F (1986)
Zur Veröffentlich. in Journal de Physique**
- R. FRAHM, S.M. FRIES, J. CRUMMENAUER,
U. GONSER, C.L. CHIEN
EXAFS Studies of Amorphous Fe-Ti-Alloys.
- K.-H. FRANK, E.E. KOCH, H.-W. BIESTER
X-Ray Absorption Spectroscopy of Fe-Phthalocyanine-
Pyridine Complexes.
- L. INCOCCIA, A. BALERNA, S. CRAMM, C. KUNZ,
F. SENF
Determination of the Adsorption Site of Oxygen on Si(111)
by Surface EXAFS.
- W. NIEMANN, W. MALZFELDT, P. RABE,

Frankfurt (1986)

U. BENEDICT, J. STAUN OLSEN,
L. GERWARD, S. DABOS
Structural Study of Actinide Compounds under High
Pressure.

16ièmes Journées des Actinides, Garmisch-Partenkirchen
(1986) und
XXIVth Meeting of the Europ. High Pressure Research
Group: Solid State Physics, Guilford (1986)

J.H. BLOCK

Surface Studies by Radiation Induced Field Desorption.
Solar Energy Research Inst., Golden/Colorado (1986)
und Texas A&M Univ., College Station/USA (1986)

Photon-Induced Field Desorption, Appl. of Laser and Syn-
chrotron Radiation.

Dalian Inst. of Chem. Phys., Dalian/VRC (1986)

Field Desorption with Laser- and Synchrotron Radiation.
Lanzhou Inst. of Chem. Phys., Lanzhou/VRC (1986)

E. BURKEL

First Observation of Phonons with Inelastic X-Ray Scat-
tering.

Solid State Sem., Brookhaven National Lab. (1986)

Inelastic X-Ray Scattering with Milli-eV Resolution.
A & EP/CHESS Sem., Cornell Univ. (1986)

Erste Messungen von Phononen mit unelastischer
Röntgenstreuung.

Kristallographie Obersem., LMU München (1986)

M. CHERGUI

Etats de Rydberg de NO en Matrices.
LURE, Univ. Paris-Sud (Orsay) (1986)

Absorption et Emission des États de Rydberg de NO en
Matrices de Gaz Rares.

Lab. de Spectrochimie Moléculaires, Univ.
Paris-VI (1986)

Spectroscopie des Petites Molécules Piégées en Matrices à
l'aide du Rayonnement Synchrotron.

RCP-Petits Agregats Inorganiques (1986)

B.S. CLAUSEN

Application of in situ Techniques to the Study of
Hydrodesulfurization Catalysts.

Southwest Catalysis Society, Ann. Spring Symp.,
Houston/USA (1986)

XAS Used as an in situ Technique in Studies of Catalysts.
SHELL, Westhollow Research Center,

Houston/USA (1986)

EXAFS Studies at Catalysts Using Synchrotron
Radiation.

Danish Phys. Society, Spring Meeting, Nyborg
Strand/DK (1986)

B.N. DEV

Geometrical Structures of the Ge/Si(111) Interface and the
Si(111)7x7 Surface.

Kolloquiumsvortrag, TH Darmstadt/D (1986)

W.-R. DIX

NIKOS - A System for Non-Invasive Examination of Co-
ronary Arteries by Means of Digital Substraction Angio-
graphy with Synchrotron Radiation.

Computers in Cardiology, Boston/USA (1986)

B. DORNER

Inelastic X-Ray Scattering with Very High Energy
Resolution.

Kurchatov Inst. Moskau/USSR (1986)

A.E.M.J. FISCHER, E. VLIEG, J.F. van der VEEN,
M. CLAUSNITZER, G. MATERLIK

X-Ray Standing Wave Analysis of Metal-Semiconductor
Contacts.

ZWO Synchrotron Rad. Users Meet., Jaarbeurs
Congrescentrum Utrecht (1986) und

Wetenschappelijke Vergadering Werkgemeensch.
Halfgeleiders, Koningshof, Veldhoven (1986)

W. FOLKHARD

Die molekulare Dynamik nativen Sehnenkollagens.
Univ. Wien (1986)

E. GERDAU

Mössbauereffect with Synchrotron Radiation as Source.
Italian Meeting on Applications of Mössbauer

Spectroscopy, Alghero/I (1986)

Mössbauer Experiments by Synchrotron Radiation.

Inst. di Elettronica dello Stato Solido, Rom/I (1986)

Mössbauer Spectroscopy with Synchrotron Radiation.

VIIIth Int. Symp. on the Appl. of Nuclear γ -Resonance
Spectr., Münster/D (1986)

Quantum Beats im Zeitspektrum kernresonant gebeugter
Synchrotronstrahlung.

Kolloquiumsvorträge, Univ. Bonn (1986) und Kolloq. der
Münchner Physiker (1986)

L. GERWARD

Energy Dispersive Diffraction.

Int. School of Crystallography, 12. Course: Synchrotron
Radiation for X-Ray Crystallography, Erice, Sicily (1986)

J. GHIJSEN

Etude par Photoemission Resonante de la Structure
Electronique de $Cd_{1-x}Mn_xTe$ ($0 < x < 0.65$).

Univ. Namur (1986)

Le Rayonnement Synchrotron et ses Applications.

Univ. Namur (1986)

W. GRAEFF

Stroboscopic Topography.

Inst. of Atomic Energy, Swierk/PL (1986)

- Application of Synchrotron Radiation in Natural Science Research and Medical Diagnostics.
Univ. Bergen/N (1986)
- Röntgeninterferenzfelder zur Strukturbestimmung von Grenzflächen.
Workshop, Struktur von Oberflächen, Bad Honnef (1986)
- D. MENZEL
Synchrotron Radiation Applied to Surface Science.
33rd Int. Field Emission Symp., Berlin/D (1986)
- T. MÖLLER
Reaktive Stöße in elektronisch angeregten Edelgas-Wasserstoff-Gemischen: Bildung und Zerfall der Edelgashydride.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Stuttgart (1986)
- H. NOTBOHM, C. HARTMANN, J. KLIEMANN
Structural Studies of Chromatin, Active Chromatin (Linker Length Dependence of Higher Order Structure).
Summer School, Berlin/D (1986)
- W. PARRISH, G. WILL, N. MASCIOCCHI
Powder Crystal Structure Refinement: an Example of the Advantages of Synchrotron X-Rays.
XIVth General Meeting of the Int. Mineralogical Ass., IMA-Meeting, Standford, CA (1986)
- A. PETCOV
Absorptionskorrektur von Röntgen-Beugungsintensitäten durch Messung der Fluoreszenzstrahlung.
25. Diskussionstagung der AGKr, Gießen (1986)
- M. RICHTER
Decay Channels of Core Excitation Resonances in Atomic Lanthanides and 3d Transition Metals.
NATO Advanced Study Inst., Giant Resonances in Atoms, Molecules and Solids, Les Houches (1986)
- V. SAILE
Vom Atom zum Festkörper - der Einfluß der Teilchendichte auf die elektronische Struktur.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Hamburg (1986)
- HASYLAB: Organization, Instrumentation and Research Program.
Inst. of High Energy Phys., Beijing/VRC (1986) und Univ. of Science and Tech. of China, Hefei/VRC (1986)
- Beamline Optics and Radiation Effects.
Inst. of High Energy Phys., Beijing/VRC (1986)
- Photoelectron Spectroscopy.
Inst. of High Energy Phys., Beijing/VRC (1986)
- Gasphase Experiments with Synchrotron Radiation.
Univ. of Science and Tech. of China, Hefei/VRC (1986)
- Time Resolved Spectroscopy with Synchrotron Radiation Applied to Solids.
Univ. of Science and Tech. of China, Hefei/VRC (1986)
- Z. SAYERS
Applications of Synchrotron Radiation in Biology.
Invited Lecture, First Turkish Biophys. Society Meeting, Istanbul (1986)
- R. SIEBURGER
Geschwindigkeitsmessung von akustischen Oberflächenwellen mit stroboskopischer Topographie.
Arbeitskreis Röntgentopographie, Wien (1986)
- M. SKIBOWSKI
Impuls aufgelöste elektronische Struktur von Festkörpern und deren Oberfläche. Neuere Entwicklungen und Anwendungen.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Düsseldorf (1986)
- B. SONNTAG
Decay Channels of Atomic Core Resonances.
Int. Conf. on Synchrotron Radiation, Triest (1986)
- Vakuum-Ultraviolett Spektroskopie an Ionen und angeregten Atomen.
Kolloquiumsvortrag, Univ. Bonn (1986)
- Correlation Effects in Atomic and Molecular Photoionization.
Univ. Triest (1986)
- W. SCHÜLKE
Unelastische Röntgenstreuung an einfachen Metallen.
LMU München (1986)
- Experimental Determination of Non-Diagonal Elements of Momentum Space Density Matrix.
Invited Talk, Gordon Conf.: Electron Distribution and Chemical Bonding, Plymouth N.H. (1986)
- N. SCHWENTNER
Atome und kleine Moleküle in Matrizen: Modelle für Energiedissipation in Festkörpern.
Kolloquiumsvortrag, Freiburg (1986)
- H.B. STUHRMANN
SR X-Ray and Neutron Small-Angle Scattering Studies of Macromolecular Systems.
Ann. Meeting of the Biophys. Society of Japan, Tsukuba/J (1986)
- Synchrotron Radiation and Biophysics in the Nineties.
Inst. of Protein Research, Univ. Osaka/J (1986)
- H. TOPSOE
Synchrotron Studies of Methanol and Hydrotreating Catalysts.
Inst. of Industriell Kjemi, Univ. Trondheim/N (1986)
- T. TUOMI
Synchrotron X-Ray Topographic Studies of III-V Semiconductor Materials.
Inst. of Microwave Techn., Stockholm/S (1986)
- X-Ray Diffraction Topography, Dislocations. Synchrotron

G. MATERLIK

Spinabhängigkeit der Absorption zirkular polarisierter Synchrotronstrahlung in magnetisiertem Eisen.

J. RÖHLER

Zur Valenz von Cer in CeO_2 .

K. KEULERZ, J. RÖHLER, J. KLUG, J.P. KAPPLER

 L_{III} - Röntgenabsorption von Cer in $CeBe_{13}$ bei tiefen Temperaturen und hohen Drücken.

J. KLUG, J. RÖHLER, K. KEULERZ, J.P. KAPPLER

Die Valenz von $CeCu_2Si_2$, $CeAl_3$, $CeAl_2$, $CeCu_6$ bei tiefen Temperaturen.

P. SCHMIESTER, G. KAINDL, G. WORTMANN,

P. WACHTER

 L_{III} - Röntgenabsorptionsmessungen am druckinduzierten Halbleiter-Metallübergang im System $TmSe_{1-x}Te_x$.

G. KALKOWSKI, G. KAINDL, W.D. BREWER,

W. KRONE

Feinstruktur von Röntgenabsorptionsschwellen in Uran-Verbindungen.

G. SCHMIESTER, K. SYASSEN, G. WORTMANN,

G. KAINDL, E. KALDIS

Druckabhängige Valenzübergänge von YbS und $YbTe$.

W. SCHÜLKE

Die dynamische Elektronenstruktur in metallischem Li: Bandstruktureffekte, Quasiteilchenlebensdauer und Lokalfeldkorrekturen.

W. SCHÜLKE, H. NAGASAWA, S. MOURIKIS

Der elektronische dynamische Strukturfaktor $S(\vec{q}, \omega)$ von metallischem Be: Plasmonresonanzen für $q > q_c$; $\vec{q} \parallel [001]$.

H. NAGASAWA, S. MOURISKIS, W. SCHÜLKE

Near Edge Fine Structure of Li and Be by X-Ray Raman Scattering.

W. KRONE, G. KAINDL, G. WORTMANN, H. ZABEL

EXAFS-Untersuchungen am ternären Graphit-Interkalat-System $K_{1-x}Rb_xCa$.

S. CRAMM, U. GRABOWSKY, J. LAMP, C. KUNZ,

J. SCHMIDT-MAY, F. SENF, L. INCOCCIA

Die 3d-4f-Resonanzen einiger Seltener Erden in Photoemission und Ionendesorption.

F. SENF, S. CRAMM, J. SCHMIDT-MAY,

L. INCOCCIA

Beobachtung verschiedener Desorptionsprozesse mittels photonenstimulierter Desorption an der O 1s-Schwelle.

J. LAMP, S. CRAMM, L. INCOCCIA, C. KUNZ,

J. SCHMIDT-MAY, F. SENF

Untersuchung der durch Sekundärelektronen induzierten Ionendesorption bei photonenstimulierter Desorption.

P. FUNKE, G. MATERLIK

Adsorption von Brom auf $Si(111)1 \times 1$ und 7×7 ; Messungen mit stehenden Röntgenwellenfeldern.

S. CRAMM, J. SCHMIDT-MAY, F. SENF,

L. INCOCCIA

Photoemissionsuntersuchungen an der $L_{2,3}$ -Kante von metallischem und oxidiertem Cu.

R. ENGELHARDT, N. UENO, R. DUDDE, E.E. KOCH

Epitaktische H_2 -, Mg-, Cu- und Pt-Phthalocyanin-Schichten auf $Ag(111)$: Elektronische Zustandsdichte und Einfluß der Morphologie.

P. YANNOULIS, M. LÄHDENIEMI, E.E. KOCH

Valenzbandstruktur und Orientierung von Coronen auf $Ag(111)$ und $GaAs(110)$ Oberflächen.

T. BUSLAPS, O. ANDERSON, R. MANZKE,

M. SKIBOWSKI

Der Einfluß von Adsorbaten auf die Valenzbandstruktur von Schichtkristallen.

A. GRASSMAN, R. KNAUF, H. ADRIAN,

G. SAEMANN-ISCHENKO, R.L. JOHNSON

Photoemission an dem Heavy-Fermion Supraleiter

 $CeCu_2Si_2$ und dem pseudoternären System $Ce_{1-x}La_xCu_2Si_2$.**DPG-Frühjahrstagung Molekülphysik u.s.w., Heidelberg (1986)**

O. JACOBS, J. STAPELFELDT, T. MÖLLER,

G. ZIMMERER, M.C. CASTEX, J. LeCALVÉ

Fluoreszenzspektroskopie an ArKr.

J. WÖRMER, T. MÖLLER, J. STAPELFELDT,

G. ZIMMERER, D. HAAKS, S. KAMPF,

M.C. CASTEX, J. LeCALVÉ

Fluoreszenz und Rydberg-Valenzzustands-WW des Cl_2 -Moleküls.

P. GÜRTLER

Emissions- und Anregungsspektroskopie von Cl_2 in Neon-Matrix.

M. BELAND, T. MÖLLER, J. STAPELFELDT,

G. ZIMMERER, D. HAAKS, M.C. CASTEX,

J. LeCALVÉ

Absorptions- und Fluoreszenzspektroskopie an HCL.

T. MÖLLER, M. BELAND, G. ZIMMERER

Bildung und strahlender Zerfall von HeH, NeH und ArH.

A.M. KÖHLER, R. REININGER, V. SAILE,

G.L. FINDLEY

 CH_3J in He, Ne, Ar, Kr: Abhängigkeit der molekularen Rydbergzustände von der Edelgasdichte.

W. GÄDEKE, H.-W. BIESTER, H.-H. RÜTER,

V. SAILE, W. KRASSER, T. WOIKE, S. HAUSSÜHL,

E.E. KOCH

**Workshop Synchrotronstrahlung der AGKr,
Königstein/D (1986)**

W. GRAEFF

Strahlführung (Spiegel, Blenden, Abschwächer, Monitorisierung).

V. KUPCIK

Messung von integralen Intensitäten mit Synchrotronstrahlung.

G. MATERLIK

Eigenschaften der Synchrotronstrahlung im Röntgenbereich.

Stehende Röntgenwellenfelder.

Dissertationen

O. ANDERSON

Bandstrukturen, Phasentransformationen und Adsorbateffekte der 1T-Übergangsmetalldichalkogenide in winkelaufgelöster Photoemission.

Univ. Kiel (1986)

B. ANSELMANT

Die Dynamik der Phasenumwandlung von Rutil- in den CaCl_2 -Typ am Beispiel des CaBr_2 und zur Polymorphie des CaCl_2 .

Univ. Karlsruhe (1986)

D. BERTELMANN

Untersuchungen zur Al/Si Ordnungsänderung und zur Baufehlerstruktur am Sanidin von Volkesfeld/Eifel.

Univ. Karlsruhe (1986)

W. BRILL

Kristallstruktur und inkomensurable Phase von Betaincalcium-chlorid-Dihydrat.

Univ. Saarbrücken (1986)

M. CHERGUI

Etude des Transitions de Rydberg et de la Relaxation Intramoléculaire de la Molécule NO Piégée en Matrices de Gaz Rares.

Univ. Paris-Nord (Villetaneuse) (1986)

P. FUNKE

Untersuchung der Adsorptionsposition von Brom auf $\text{Si}(111)1 \times 1$ und 7×7 mit stehenden Röntgenwellenfeldern.

Univ. Hamburg (1985)

DESY HASYLAB 86-01

C.C. GLÜER

Nicht-invasive Koronarangiographie mit Synchrotronstrahlung.

Univ. Hamburg (1986)

DESY HASYLAB 86-11

W. HOVING

Structural Investigations of Amorphous Fe-B Alloys.

Univ. Groningen (1986)

R. KNAUF

Photoemissionsmessungen mit Synchrotronstrahlung an pseudoternären Boriden $\text{R}(\text{Rh}_{1-x}\text{T}_x)_4\text{B}_4$ mit $\text{R}=\text{Y}, \text{Ho}$ und $\text{T}=\text{Ru}, \text{Ir}$ zur Untersuchung supraleitender und magnetischer Eigenschaften.

Univ. Erlangen (1986)

TH. MÖLLER

Reaktive Stöße in elektronisch angeregten Edelgas-Wasserstoff-Gemischen: Bildung und Zerfall der Edelgashydride.

Univ. Hamburg (1986)

DESY HASYLAB 86-07

R. RÜFFER

Reine Kernbraggstreuung am Yttrium-Eisen-Granat—Eine Methode zur Monochromatisierung von Synchrotronstrahlung.

Univ. Hamburg (1985)

DESY HASYLAB 86-02

U. SPANN

Untersuchung der Polymerisation von Mikrotubuli mit zeitaufgelöster Röntgenbeugung.

Univ. Heidelberg (1986)

G. STEGEMANN

Röntgenabsorptionsmessungen an Eisen-, Nickel-, und Kupferlegierungen und an amorphem Germanium.

Univ. Jülich (1986)

JÜL-Report INL 2075 (1986)

P.-J. TIDICK

Kristallisation und Orientierung von Poly(imino(1-oxohexamethylen)) bei verschiedenen Extrusions-, Verstreck-, und Temperbedingungen.

Univ. Hamburg (1986)

M.C. VEGA MARTIN

Study of the Superstructure of Chicken Erythrocyte Chromatin.

Univ. de Navarra (1986)

R. WULF

Unterscheidung ordnungszahlnaher Elemente in zentrosymmetrischen Kristallstrukturen unter Ausnutzung der anomalen Dispersion: Eine Anwendungsmöglichkeit der Synchrotronstrahlung.

Univ. Göttingen (1986)

Diplomarbeiten

M. BELAND

Absorptions- und Fluoreszenzspektroskopie an HCL.

Univ. Hamburg (1986)

tionsuntersuchungen an Oxiden und Hydroxiden der
Seltene Erdmetalle Europium und Ytterbium.
Univ. Hamburg (1986)

J. WÖRMER
Gebunden-frei Fluoreszenz des Cl₂- Moleküls bei selektiver
Anregung.
Univ. Hamburg (1986)

Interne Berichte

W. BREFELD, H. NESEMANN, H. WINICK
Positron Test with 4 Equally Spaced Bunches at DORIS-II
at 3.7 GeV.
DESY HASYLAB 86-02

C.C. GLÜER
Der NIKOS-Detektor.
DESY HASYLAB 86-01

H. KÖBERLE
Absorptionsmessungen an den atomaren Metallen Mangan
und Kobalt im Bereich der 3p → 3d Anregungen.
DESY HASYLAB 86-03

TH. KURIG
Absorptionsmessungen an atomarem Chrom, Eisen und
Nickel im Bereich der 3p-Resonanz.
DESY HASYLAB 86-04

G. MATERLIK, T. WROBLEWSKI
X-Ray Diffraction and Inelastic Scattering.
DESY HASYLAB 86-09, zur Veröffentlich. in SUSSP Proc.
Series

Theorie

Veröffentlichungen

G. ALEXANDER, E. GOTSMAN, U. MAOR
The Process $\gamma + \gamma \rightarrow l + l$ in Coherent Heavy Ion
Collisions.
DESY 86-157

A. ALI
QCD, Gamma-Gamma and Heavy Quark Physics.
Physics at LEP, CERN 86-02, Vol.2 (1986) und
DESY 86-032

Heavy Quark Physics at LEP.
Physics at LEP, CERN 86-02, Vol.2 (1986) und
DESY 86-041

Heavy Quark and Vector Boson Physics at LEP.
Zur Veröffentlich. in Proc. of the World Laboratory
Transactions

A. ALI, F. BARREIRO
The Final States $l^+ K^- K^-$ in Jets as Signatures of
 $B_s^0 \bar{B}_s^0$ Mixing.
Z. Phys. C30 (1986) 635

A. ALI, K. EGGERT, C. JARSKOG
Oscillating Flavours.
CERN Courier, 8 (1986)

A. ALI, B. van EIJK, I. ten HAVE
Bounds on the Cabibbo-Kobayashi-Maskawa Matrix Ele-
ments V_{td} and V_{ts} from Experiments on $B^0 \bar{B}^0$ Mixings.
DESY 86-108, zur Veröffentlich. in Phys. Lett. B

Heavy Flavour Production in Large Transverse Momen-
tum Proton-Antiproton Collisions.
Zur Veröffentlich. in Nucl. Phys. B

H. BAER, K. HAGIWARA, X. TATA
Can the CERN $p\bar{p}$ Collider Limit Gaugino Masses?
Phys. Rev. Lett. 57 (1986) 289 und DESY 86-015

G. BARBIELLINI, M. DAVIER, K. HAGIWARA,
H.U. MARTYN, R.D. PECCEI, B. SCHREMPP,
F. SCHREMPP, S. YANAGIDA, D. ZEPPEFELD
Physics at LEP at High Energies.
Physics at LEP, Ed. J. Ellis und R.D. Peccei,
CERN 86-02 und DESY 86-018

I.M. BARBOUR, P. GIBBS, K.J.M. MORIARTY,
G. SCHIERHOLZ
Updating Fermions with the Lanczos Algorithm.
Journ. Comp. Phys. (1986)

W.A. BARDEEN, R.D. PECCEI, T. YANAGIDA
Constraints on Variant Axion Models.
Nucl. Phys. B279 (1987) 401 und DESY 86-054

V. BARGER, K. HAGIWARA, S. JACOBS,
J. WOODSIDE
The Light Gluino Scenario.
Phys. Rev. D33 (1986) 57 und DESY 85-032

F. BARREIRO, J.G. KÖRNER, G.A. SCHULER
Very Small and Resolution Insensitive $O(\alpha_s^2)$ Corrections
to a Polar Asymmetry Measure of Oriented 3-Jet Events
in e^+e^- Annihilation.
DESY 86-160, zur Veröffentlich. in Phys. Lett. B

J. BARTELS, T.T. WU
Caustics in a Simple SU(2) Lattice Gauge Theory.
DESY 86-096

B. BAUMANN
Noncanonical Path and Surface Simulation.
DESY 86-134, zur Veröffentlich. in Nucl. Phys. B

U. BAUR, A.J. BURAS, J.-M. GERARD, R. RÜCKL
 $D^0 \rightarrow \bar{K}^0 \phi$: Annihilation Formfactor and 1/N Expansion.
Phys. Lett. 175B (1986) 377 und MPI-PAE/PTh 16/86

J. BIJNENS, H. SONODA, M.B. WISE

DESY 86-040

P. GHEZ, G. INGELMAN

Study of High- p_{\perp} Quark and Gluon Jet Fragmentation.
DESY 86-110, zur Veröffentlich. in Z. Phys. CM. GÖCKELER, A. KRONFELD, M. LAURSEN,
G. SCHIERHOLZ, U.-J. WIESETopology in SU(3) Lattice Gauge Theory: First Calculation of the Topological Susceptibility.
DESY 86-107

J.A. GRIFOLS, J. SOLA

Superstring Induced Mass and Magnetic Moment of the Neutrino and the Time Modulation of the Solar Neutrino Flux.

Phys. Lett. 182B (1986) 53 und DESY 86-112

Superstring Mechanism for the Generation of Fermionic Electric Dipole Moments: An Application to the Solar Neutrino Puzzle.

DESY 86-149, zur Veröffentlich. in Phys. Lett.

J.A. GRIFOLS, A. MENDEZ, J. SOLA

Contribution to the Muon Anomaly from Superstring Inspired Models.

Phys. Rev. Lett. 57 (1986) 2349 und DESY 86-111

J.A. GRIFOLS, S. PERIS, J. SOLA

Electroweak Boson Self-Couplings and the Scale of Compositeness.

DESY 86-055, zur Veröffentlich. in Nucl. Phys.

B. GUBERINA, R.D. PECCEI, I. PICEK

A Critique of Shabalin's Self Penguin Approach to the $\Delta I = \frac{1}{2}$ Rule.

DESY 86-164, zur Veröffentlich. in Phys. Lett. B

B. GUBERINA, R. RÜCKL, J. TRAMPETIC

Charmed Baryon Lifetime Differences.

Z. Phys. C33 (1986) 297 und DESY 86-093

F. GUTBROD

Scaling and String Tension in Pure SU(2) Lattice Gauge Theory.

Z. Phys. C30 (1986) 585

Departures from Scaling in SU(2) Lattice Gauge Theory.

DESY 86-065, zur Veröffentlich. in Phys. Lett.

R. HAAG

Concepts in Quantum Field Theory.

Progress in Quantum Field Theory, Ed. H. Ezawa und S. Kamefuchi, North Holland Publ. Co. (1986)

K. HAGIWARA, K. HIKASA, R.D. PECCEI,

D. ZEPPENFELD

Probing the Weak Boson Sector in $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$.

Nucl. Phys. B282 (1987) 253 und DESY 86-058

K. HAGIWARA, A. D. MARTIN, A. W. PEACOCK

Probing QCD with Heavy Quarkonia.

Z. Phys. C33 (1986) 135 und DESY 86-088

W. HOLLIK

Non Standard Higgs Bosons in SU(2) \otimes U(1) Radiative Corrections.

Z. Phys. C32 (1986) 291 und DESY 86-047

W. HOLLIK, H.J. TIMME

Renormalization Scheme Dependence of Electroweak Radiative Corrections.

Z. Phys. C33 (1986) 125

E.M. ILGENFRITZ, M.LAURSEN, M. MÜLLER-

PREUSSKER, G. SCHIERHOLZ, H. SCHILLER

First Evidence for the Existence of Instantons in the Quantized SU(2) Lattice Vacuum.

Nucl. Phys. B268 (1986) 693

G. INGELMAN

Jet Fragmentation at Collider Energies.

Physica Scripta 33 (1986) 39

TWISTER — A Monte Carlo for QCD High- p_{\perp}

Scattering.

DESY 86-131

G. INGELMAN et al., R608 COLLABORATION

Observation of Longitudinal Event Structure in Proton Diffractive Dissociation at the ISR.

Phys. Lett. 167B (1986) 248

Observation of Correlations between Forward Protons and 90° Trigger Protons at $\sqrt{s} = 63$ GeV.

CERN-EP/86-158, zur Veröffentlich. in Phys. Lett.

G. INGELMAN et al., WA77 COLLABORATION

Evidence for Higher Twist Mechanisms in Prompt ρ^0 -Meson Production at $p_{\perp} \geq 2$ GeV/c in 300 GeV/c π^-N Interactions.

CERN/EP 86-164, zur Veröffentlich. in Phys. Lett.

G. INGELMAN, C. WETTERICH

Hunting Half-Integer Charged, Heavy Hadrons from Higher Dimensions.

Phys. Lett. 174B (1986) 109 und DESY 86-030

H. JOOS

On Geometry and Physics of Staggered Lattice Fermions. In Clifford Algebras and Their Applications in Physics,

Ed. J.S.R. Chisholm, A.K. Common, D. Reidel Publishing Company (1986) und DESY 86-044

J.G. KÖRNER

The $N - \Delta$ Transition Form Factor and Anomalous ψ -Decays into Octet-Decuplet Baryon-Anti-Baryon Pairs.

Zur Veröffentlich. in Z. Phys. C

J.G. KÖRNER, G. SCHULER, G. KRAMER, B. LAMPE

Calculation of the $O(\alpha_s^2)$ Parity-Violating Structure Functions in $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}g$.

Z. Phys. C (1986) 181

- R.D. PECCEI, J. SOLA
A Phenomenological Analysis of the Weinberg Sum Rules
and the $\pi^\pm - \pi^0$ Mass Difference.
Nucl. Phys. B281 (1987) und DESY 86-071
- R.D. PECCEI, T.T. WU, T. YANAGIDA
A Viable Axion Model.
Phys. Lett. 172B (1986) 435 und DESY 86-013
- I. PICEK
 $K^0 - \bar{K}^0$ Mixing: Approaching its Short Distance Origin
and Heavy Flavours Through Loops.
DESY 86-036
- Short-Distance Effects in the $K^0 - \bar{K}^0$ Mixing in the
Standard Model.
DESY 86-140
- M. REUTER
Parity Violating Anomalies from Stochastic Quantization.
DESY 86-153
- M. REUTER, C. WETTERICH
Classical Stability for Spontaneous Compactification in
Higher Derivative Gravity.
DESY 86-080
- Time Evolution of the Cosmological "Constant".
DESY 86-146
- Q. SHAFI, C. WETTERICH
Inflation from Higher Dimensions.
DESY 86-122, zur Veröffentlich. in Nucl. Phys. B
- L.P. SINGH, F. STEINER
Fermionic Path Integrals, the Nicolai Map and the Witten
Index.
Phys. Lett. 166B (1986) 155
- F. STEINER
A New Improved Temporal Gauge: The Soft Temporal
Gauge.
Phys. Lett. 173B (1986) 321
- Spectral Sum Rules for the Circular Aharonov-Bohm
Quantum Billiard.
Fortschr. Phys. 34 (1986) und DESY 86-048
- On Selberg's Zeta Function for Compact Riemann
Surfaces.
DESY 86-168, zur Veröffentlich. in Phys. Lett. B
- P. WEISZ, V. ZIEMANN
Weak Coupling Expansions of the Low-Lying Energy
Values in SU(3) Gauge Theory on a Torus.
Nucl. Phys. B284 (1987) 157 und DESY 86-109
- C. WETTERICH
Fermion Masses and Mixings from Higher Dimensions.
Nucl. Phys. B279 (1987) 711 und DESY 86-031
- U. WOLFF
The SU(N) Lattice Higgs Model at Strong Gauge
Coupling.
DESY 86-085
- D. ZEPPENFELD
Measuring the γWW and ZWW Three Gauge Vertex with
Polarized Beams.
DESY 86-123
- Veröffentlichte Vorträge**
- A. ALI
QCD and Heavy Quark Physics at LEP and SLC.
Proc. of the XIVth Int. Winter Meeting on Fundamental
Phys., St. Feliu de Guixols/E (1986) und DESY 86-139
- An Update on $B^0 - \bar{B}^0$ Mixings.
Proc. of the Int. Symp. on Production and Decay of the
Heavy Hadrons, Heidelberg/D (1986) und DESY 86-104
- $B^0 - \bar{B}^0$ Mixings and CP Violation.
Proc. of the VIth Int. Conf. on High-Energy Proton-
Antiproton Collisions, Aachen/D (1986)
- D. BUCHHOLZ
On Particles, Infraparticles and the Problem of
Asymptotic Completeness.
Proc. of the VIIIth Int. Congress on Mathematical Phys.,
Marseille/F (1986)
- K. FREDENHAGEN
Criteria for Confinement.
Proc. of the VIIIth Int. Congress on Math. Phys.,
Marseille/F (1986)
- General Covariance and Strict Locality in Quantum Field
Theory.
Proc. of the XVth Conf. on Diff. Geom. Math. in Theor.
Phys., Clausthal/D (1986)
- F. GUTBROD
Status of Scaling in Lattice Gauge Theory.
Proc. of the XXth Int. Symp. on Theory of the Element-
ary Particles, Ahrenshoop/DDR (1986)
- R. HAAG
Quantum Theory and \ast -Algebras.
Proc. of the Karpacz Winter School, Karpacz/PL (1986)
- Quantum Physics and Gravitation.
Proc. of the Karpacz Winter School, Karpacz/PL (1986)
- Generally Covariant Quantum Field Theory.
Proc. of the Int. Coll. on Group Theor. Methods in
Phys., Philadelphia/USA (1986)
- General Quantum Field Theory.
Proc. of the VIIIth Int. Congress on Math. Phys., Mar-
seille/F (1986)

Proc. of the VIIIth Int. Congress on Math. Phys.,
Marseille/F (1986)

D. ZEPPENFELD

Physics capabilities at LEP II.
Proc. of the Workshop on Phys. Simulation at High
Energy, Madison, USA (1986) und DESY 86-075

Vorträge

A. ALI

An Update on $B^0 - \bar{B}^0$ Mixings.
XIth Int. College on Physics and Contemporary Needs,
Nathiagali, Pakistan (1986) und Int. School of Subnuclear
Phys., 24th Course, Centro Cultura Scientifica
"Ettore Majorana", Erice/I (1986)

J. BIJNENS

Static Properties of Skyrmions.
Chalmers Inst. of Technology, Göteborg/S (1986)

Fermion Masses from Symmetry.
Katholieke Univ. Leuven/B (1986) und
Eidg. Techn. Hochsch., Zürich/CH (1986)

Applications of Chiral Perturbation Theory.
Univ. Bern/CH (1986)

C.A. DOMINGUEZ

Gluonium Spectrum in QCD.
Univ. Wien/A (1986)

N.K. FALCK

Gauge Invariance and Anomalies.
Univ. Dortmund/D (1986)

K. FREDENHAGEN

General Covariance and Strict Locality in Quantum Field
Theory.

Leopoldina Symp. "Grundlagen der Relativistischen Phy-
sik und Quantenphysik", Halle/DDR (1986)

Ladung und Teilchenstatistik in Eichtheorien.
Freie Univ. Berlin/D (1986)

Higgsmechanismus und Confinement in
Gittereichtheorien.
RWTH Aachen/D (1986)

General Covariance and Strict Locality in Quantum Field
Theory.

Univ. di Roma/I (1986)

Allgemeine Kovarianz und Strikte Lokalität in der
Quantenfeldtheorie.

Univ. Freiburg/D (1986) und
Univ. Zürich/CH (1986)

Order Parameters for Lattice Gauge Theories with Dyna-

mically Coupled Matter Fields.

MPI München/D (1986)

B. GUBERINA

Inclusive Decays of Charmed Baryons.
VIth Workshop on Particles and Nuclei (1986)

SUSY Effects in Rare Processes.

VIIIth Workshop on Particles and Nuclei
Heidelberg/D (1986)

R. HAAG

Survey of Quantum Field Theory.
Leopoldina Symp. on General Relativity and Quantum
Theory, Halle/DDR (1986)

Quantum Theory and Gravitation.

Harvard Univ., Syracuse Univ., Princeton Univ.,
New York Univ., USA (1986)

W. HOLLIK

Effects of Minimal and Non-Minimal Higgs Structure in
the Electroweak Theory.
Univ. Bielefeld/D (1986)

Electroweak Radiative Corrections.

SLAC, Stanford/USA (1986)

Higgs Physik.

Univ. Würzburg/D (1986)

G. INGELMAN

Facts and Fancy in Fragmentation - A Review of our
Knowledge on Quark and Gluon Jet Hadronization.
College de France, Paris/F (1986)

Higher Twist in Practice — New Theoretical and
Experimental Results.

Univ. Lund/S und Univ. Stockholm/S (1986)

Physics at HERA.

Annual Meeting of Swedish Particle Physics
Society, Stockholm/S (1986)

Quark-Gluon Effects in Hadronic Diffraction and Prompt
Meson Production.

Gustaf Werner Inst., Uppsala/S (1986)

J.G. KÖRNER

Probing Hadron Dynamics with Self-Polarized
 1^{--} Particles.

Workshop on Spin Phenomena in Hadronic Interactions,
Wuppertal/D (1986)

A.S. KRONFELD

Fourier Acceleration of QCD Simulations.
Bergische Gesamthochschule, Wuppertal/D (1986)

Langevin Simulations of Lattice Field Theories.

CERN, Genf/CH (1986)

Topology in Lattice Gauge Theory.

Cornell Univ., Ithaca/USA (1986)

Dissertationen

G. SCHULER

A Calculation of Higher Order QCD Corrections to 2- and 3-Jet Observables in e^+e^- Annihilation on and off the Z^0 Including Beam Polarization Effects.
Univ. Mainz/D (1986)

U.-J. WIESE

Topologie von (Gitter-) Eichfeldern.
Univ. Hannover/D (1986)

Diplomarbeiten

K. HEINEMANN

Analyse der einparametrischen, konformen Transformationsgruppen im Minkowskiraum und die Modularstruktur lokaler Algebren eines freien, masselosen Quantenfeldes.
Univ. Hamburg/D (1986)

K. HENTSCHEL

Zum Vergleich von Standardmodell, Supersymmetrie- und Composite-Erweiterungen in tiefinelastischer ep Streuung.
Univ. Hamburg/D (1986)

P. JAKOBI

Das Nuklearitätskriterium für freie, masselose Felder.
Univ. Hamburg/D (1986)

J. JACOKY

Berechnung der Vakuumserwartungswerte von Wilson-Loop Operatoren im schwachen Kopplungslimes der kompakten Gitter-Quantenelektrodynamik.
Univ. Hamburg/D (1986)

K. LOREK

Anwendung von Renormierungsgruppen-Methoden auf die klassische Elektrodynamik.
Univ. Hamburg/D (1986)

P. LÜTZOW

Blockspintransformation für den Heisenberg-Ferromagneten durch Hochtemperaturentwicklung.
Univ. Hamburg/D (1986)

S. PLISCHKE

Pfadintegral-Berechnung des Gluon-Propagators in temporalen Eichung.
Univ. Hamburg/D (1986)

B. RAABE

Die supersymmetrische Erweiterung des Nambu-Jona-Lasinio-Modells in einem Punkt als Beispiel eines pseudo-klassischen Systems mit Nebenbedingungen.
Univ. Hamburg/D (1986)

H. TIEDEMANN

Untersuchung möglicher Konkurrenzprozesse zur

Selektionproduktion in quasi-elastischen e-p Stößen bei HERA.

Univ. Hamburg/D (1986)

C. VOHWINKEL

Monte Carlo Untersuchung der Vortices im XY-Modell.
Univ. Hamburg/D (1986)

V. ZIEMANN

Qualitative Untersuchung des niedrig liegenden Spektrums reiner Yang-Mills Theorien im endlichen Volumen mit besonderer Berücksichtigung von $SU(3)$.
Univ. Hamburg/D (1986)

Technische Entwicklungen und Dienste**Vortrag**

A. DEUTER, H.-J. STUCKENBERG

Der Beam-Orbit-Simulationsrechner.
Univ. Hamburg (1986)

M-Bereich**Veröffentlichungen**

D.P. BARBER

HERA and Polarization at HERA.
DESY 86-170

D.P. BARBER, G. RIPKEN, F. WILLEKE

Nonlinear Theory of Coupled Synchro-Betatron Motion.
DESY 86-147

R. BRINKMANN, F. WILLEKE

Chromatic Corrections and Dynamic Aperture in the HERA Electron Ring I.
DESY 86-079

Y.H. CHIN

Coupling of Transverse and Longitudinal Collective Motions due to Closed Orbit Distortion and Dispersion in a Two-Particle Model.
DESY 86-081

R. BRINKMANN

Insertions.

CERN Accelerator School, Aarhus/DK (1986)
HERA 87-01

R. BRINKMANN, F. WILLEKE

Chromatic Corrections and Dynamic Aperture in the
HERA Electron Ring.

Proc. of the XIIIth Int. Accel. Conf., Novosibirsk/USSR
(1986) und DESY M 86-10

M.J. BROWMAN, R. COOPER, T. WEILAND

Three-Dimensional Cavity Calculations.

Proc. of the Int. Linear Accelerator Conf.,
SLAC Stanford/USA (1986)
und DESY M 86-07

H. KAISER

Design of Superconducting Dipole for HERA.

Proc. of the XIIIth Int. Accel. Conf., Novosibirsk/USSR
(1986) und DESY M 86-10 und DESY HERA 86-14

Magnet Module for HERA Electron Ring.

Proc. of the XIIIth Int. Accel. Conf., Novosibirsk/USSR
(1986) und DESY M 86-10

J. KEWISCH, T. LIMBERG, R. ROSSMANITH

Nonlinear Acceptance of a Storage Ring for Polarization.

VIIth Int. Symp. on High Energy Spin Phys., Protvino/
(1986)
DESY M 86-11

R. KLATT, T. WEILAND

Wake Field Calculation with Three-Dimensional
BCI Code.

Proc. of the Int. Linear Accelerator Conf., SLAC Stan-
ford/USA (1986) und DESY M 86-07

H. LIERL et al.

Central Refrigeration System for the Superconducting
HERA Proton Magnet Ring.

ICFA Workshop on Superconducting Magnets and
Cryogenics, Brookhaven/USA (1986)
DESY HERA 86-08

Y. ONEL, A. PENZO, R. ROSSMANITH

Polarized Antiprotons at LEAR.

VIIIth Int. Symp. on High Energy Spin Phys., Protvino/
(1986)
DESY M 86-11

U. van RIENEN, T. WEILAND

Impedance of Cavities with Beam Ports Above Cut-Off.

Proc. of the Int. Linear Accelerator Conf., SLAC Stan-
ford/USA (1986) und DESY M 86-07

Cavity and Waveguide Design by Triangular Mesh Code
URMEL-T.

Proc. of the Int. Linear Accelerator Conf., SLAC Stan-
ford/USA (1986) und DESY M 86-07

R. ROSSMANITH

New Technical Developments, Part I.

VIIIth Int. Symp. on High Energy Spin Phys., Protvino/
(1986)

DESY M 86-11

G.-A. VOSS

Status of the HERA-Project.

Proc. of the XIIIth Int. Accel. Conf., Novosibirsk/USSR
(1986) und DESY M 86-10

T. WEILAND

RF Cavity Design and Codes.

Proc. of the Int. Linear Accelerator Conf., SLAC Stan-
ford/USA (1986) und DESY M 86-07

Modes in Infinitely Repeating Structures of Cylindrical
Symmetry.

Proc. of the Int. Linear Accelerator Conf., SLAC Stan-
ford/USA (1986) und DESY M 86-07

Numerical Solution of Maxwell's Equations for Static, Re-
sonant and Transient Fields.

Proc. of the Int. URSI Symp. on Electromagnetic Theory,
Budapest/H (1986)
und DESY M 86-03

S. WOLFF

Superconducting Magnets for HERA.

Proc. of the XIIIth Int. Accel. Conf., Novosibirsk/USSR
(1986) und DESY M 86-10 und DESY HERA 86-12

Vorträge

D.P. BARBER

Spin Matching and Polarization Calculations for HERA.

Int. Workshop on Polarized Beams Acceleration and
Storage, Novosibirsk/USSR (1986)

HERA and Polarization at HERA.

VIIIth Int. Symp. on High Energy Spin Physics,
Protvino/I (1986)

J. BUON, K. STEFFEN

The Rotator Scheme for Longitudinally Polarized
Electrons at HERA.

Int. Workshop on Polarized Beams Acceleration and
Storage, Novosibirsk/USSR (1986)

F.J. DECKER

The DESY Wake Field Transformer Experiment.

Symp. on Advanced Accelerator Concepts, Madison/USA
(1986) und Kolloquiumsvortrag, Accelerator Technology,
Los Alamos/USA (1986)

G. KNIES

Gravity Compass for Dipole Magnets.

SSC Magnetic Measurement Workshop,

Dissertationen

I. TESSMANN

Untersuchungen zur Emittanz der HERA Ionenquelle.
Univ. Hamburg/D (1986)

R. WAGNER

Bau und Test einer H^- -Ionenquelle für HERA.
Univ. Hamburg/D (1986)

Diplomarbeiten

R. KRESSE

Entwicklung und Test eines Geräts zur Messung der
Feldrichtung von supraleitenden Dipolmagneten relativ
zur Schwerkraft.
Univ. Hamburg/D (1986)

A. WITTKOPP

Untersuchungen zur Genauigkeit der Feldvermessung
supraleitender Beschleunigermagnete.
Univ. Hamburg/D (1986)

HERA-Berichte

D. BARGER et al.
Polarimeters at HERA.
DESY HERA 86-05

J. MAIDMENT—DESY III GROUP
DESY III: Design Report.
DESY HERA 86-11

J. MAIDMENT, E. KARANTZOULIS
Beam Dynamics at Low Energy in DESY III.
DESY HERA 86-01

G. MEYER
Geometrie des HERA-Rings.
DESY HERA 86-03

J. ROSSBACH
Transformation of Magnetic Multipole Coefficients from
a Straight Reference System into a Circular Reference
System.
DESY HERA 86-09

F. SCHMIDT
Simulationsrechnungen für DESY III.
DESY HERA 86-10

K. STEFFEN
Geometrie der beweglichen Aufstellung von Magneten und
Vakuumkammern im Rotator.
DESY HERA 86-07

I. TESSMANN

Untersuchungen zur Emittanz der HERA-Ionenquelle.
DESY HERA 86-16

K. WITTENBURG

Strahlprofilmonitore für den HERA-Protonenring.
DESY HERA 86-06

Measurement of the Time-Structure of Synchrotron
Radiation at PETRA and Consequences for HERA.
DESY HERA 86-15

S. WOLFF

Some Analytical and Numerical Calculations of the Effects
of the H1 and ZEUS Solenoids on the HERA Optics.
DESY HERA 86-13

Interne Berichte

K. BALEWSKI

A Simple Model of an RF-Feedback System and its
Behaviour in the Time Domain.
DESY F35H 86-02

U. BERGHAUS, W.-R. NOVENDER

Three Dimensional Magnet Mapping and Calculations for
the Prototype of the HERA Correction Dipoles.
DESY M 86-09

B. DWERSTEG

Infrarot Temperaturmessung am HF-Hochleistungs-
koppler.
DESY M 86-08

R.D. KOHAUPT

What is Landau-Damping? Plausibilities, Fundamental
Thoughts, Theory.
DESY M 86-02

W.-D. MÖLLER

Untersuchung der mechanischen Eigenschaften von Niob
100 bei tiefen Temperaturen.
DESY M 86-01

J. PETERS

Temperature Mapping of a Thousand Spots at 4.2 K with
Distributed Multiplexers and Amplifiers in Liquid Helium.
DESY M 86-04

J. ROSSBACH

Transformation of Normal Multipole Coefficients from a
Straight Reference System.
DESY M 86-05

H. SEKUTOWICZ, E. HAEBEL

On Recent Higher Order Mode Coupler Studies at DESY.
DESY M 86-06



Herausgeber:
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Notkestraße 85, D - 2000 Hamburg 52
Telefon (040) 8 99 80, Telex 2 15 14

Drucklegung:
Mai 1987

Herstellung und Gestaltung:
-PR-Öffentlichkeitsarbeit

Satz und Layout:
(NEWLIB/L^AT_EX)
-R02-Datenverarbeitung
-PR-Öffentlichkeitsarbeit

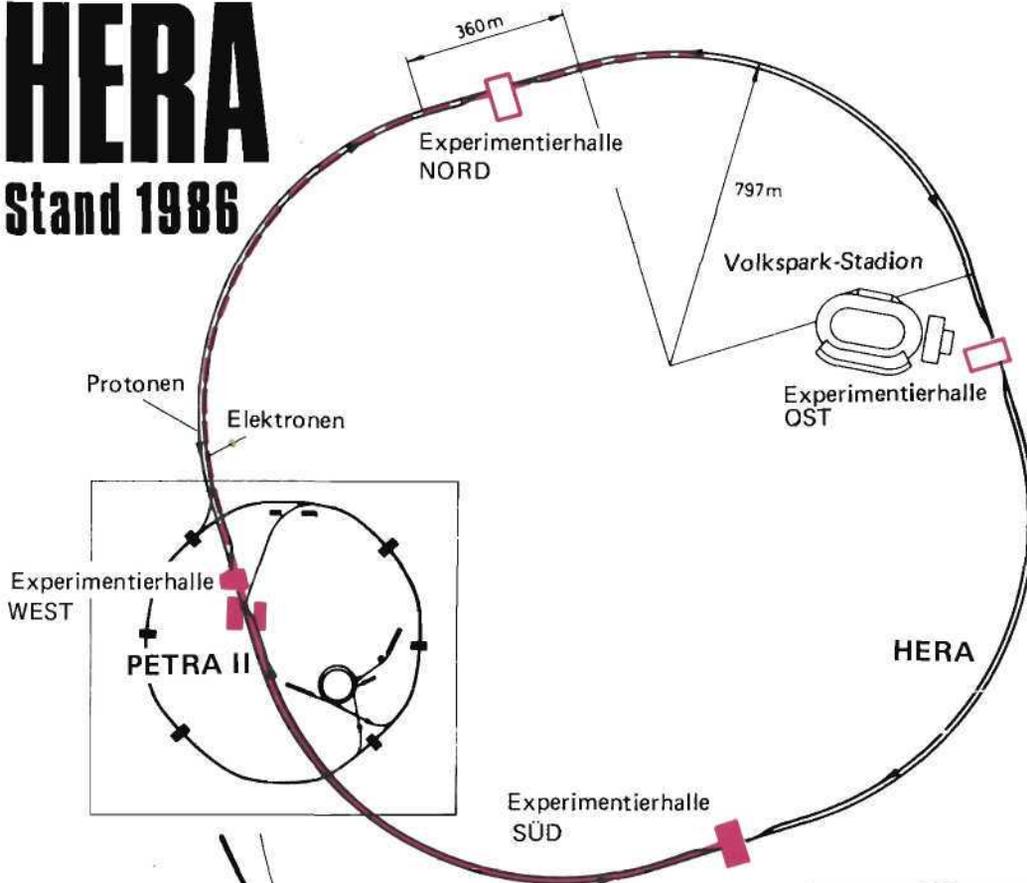
Druck und Verarbeitung:
PRESTO DRUCK, Hamburg

Titelbild:
Freigabe-Nr. 537/86 LA HH

I S S N 0179-9282

HERA

Stand 1986



Gebäude	Tunnel	Maschinen
	im Bau	Elektronen
	fertig	Protonen

