

Wissenschaftlicher Jahresbericht 1971

10089

Deutsches Elektronen - Synchrotron DESY

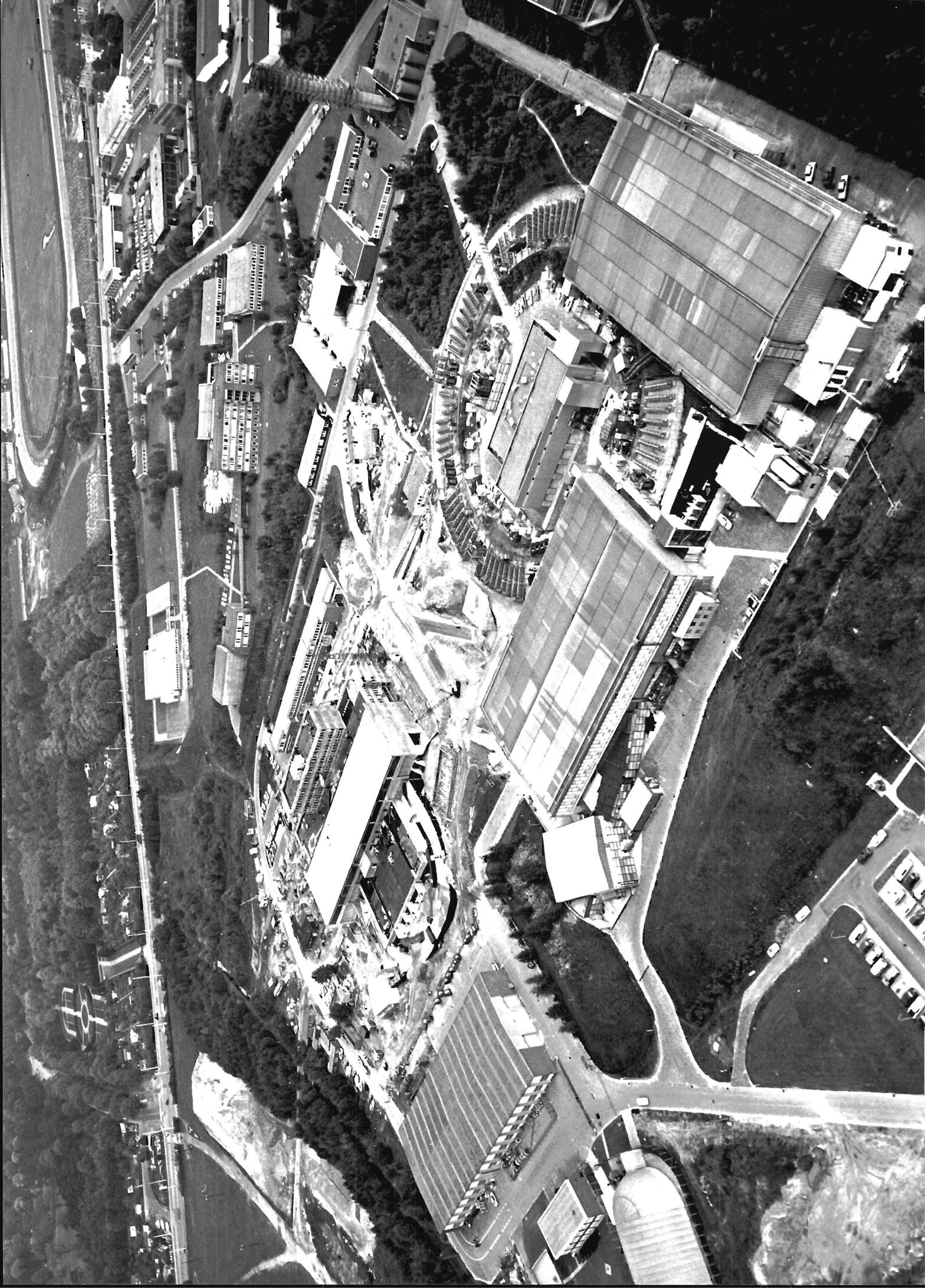


**Wissenschaftlicher Jahresbericht 1971
Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY**



I n h a l t

1.	Einleitung	Seite	5
2.	Gruppen im Forschungsbereich		13
2.1	Visuelle Methoden Blasen- und Streamerkammer-Experimente (F1 u.F52)		16
2.2	Inelastische Elektron-Proton-Streuung (F21)		22
2.3	Messung von Nukleon-Formfaktoren (F22)		25
2.4	Elektron-Nukleon-Streuung mit Drahtfunkenkammern (F23)		32
2.5	Paarerzeugungs-Experimente (F31 u.F36)		36
2.6	Elektroerzeugung von Mesonen (F32)		40
2.7	Photoerzeugung von neutralen Mesonen (F34)		44
2.8	Comptonstreuung an Protonen (F33 u.F35)		47
2.9	Delbrückstreuung (F39)		51
2.10	Experimente mit der Synchrotronstrahlung (F41)		57
2.11	Elektronik (F51, F54, F56)		65
2.12	Bibliothek und Dokumentation (L u.F1)		67
3.	Theoretische Physik (T)		68
4.	Speicherring- und Beschleuniger-Entwicklung		71
4.1	Speicherring-Entwicklung		72
4.2	Beschleunigerforschung		83
5.	Synchrotronbetrieb		85
5.1	Synchrotronbetrieb (S1)		86
5.2	Aufbau der Experimente - Hallendienst (S2)		91
6.	Datenverarbeitung		92
6.1	Rechenzentrum (R1)		92
6.2	Automatische Filmauswertung (R2)		94
6.3	Datenerfassung in der Medizin DESY/Universitätskrankenhaus Eppendorf		98
7.1	Blasenkammerbetrieb und Supraleitung (B1)		102
7.2	Kältetechnik (B2)		106
8.1	Stromversorgung (K)		107
8.2	Technische Dienste (W)		108
9.	Literaturverzeichnis		111

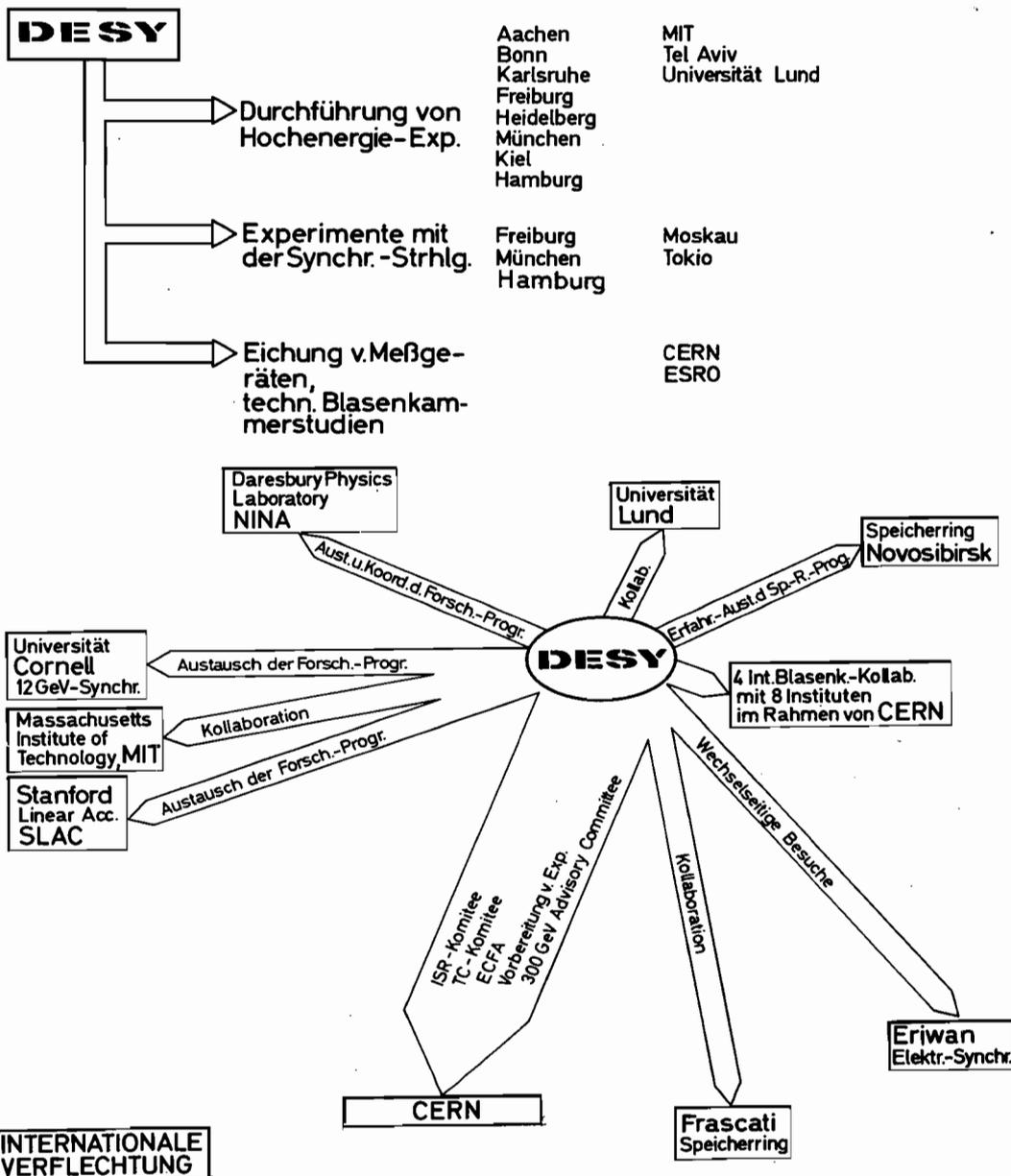


1. Einleitung

Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY ist ein Forschungszentrum für Untersuchungen auf dem Gebiet physikalischer Grundlagenforschung. Der Schwerpunkt des Forschungsprogramms liegt im Bereich der Elementarteilchenphysik.

Das zentrale Instrument für die Forschungsarbeiten ist ein Synchrotron, das Elektronen auf eine Energie bis zu 7,5 Milliarden Elektronenvolt (7,5 GeV) beschleunigt. Dem Synchrotron sind zwei Experimentierhallen angeschlossen, in denen die experimentellen Apparaturen aufgebaut sind.

Zum Ende des Jahres 1971 waren bei DESY etwa tausend Personen beschäftigt. An den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind 190 wissenschaftliche Mitarbeiter beteiligt. Außerdem werden die Einrichtungen von DESY von etwa 100 Wissenschaftlern deutscher oder ausländischer Institutionen genutzt. Eine Übersicht über die Zusammenarbeit mit Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen im nationalen und im internationalen Rahmen zeigen die Bilder 2 und 3.



Im Bereich der Elementarteilchenphysik konzentrieren sich die Arbeiten auf folgende Probleme:

- 1) Erforschung der Struktur der Nukleonen durch Elektronenstreuung
- 2) Erzeugung von Mesonen- und Baryonen-Resonanzen (angeregte Nukleonen) durch γ - und Elektronenstrahlen
- 3) Untersuchung der Dynamik der Wechselwirkungen von Elementarteilchen

Die Punkte 2 und 3 gehören zur Physik der starken Wechselwirkung und dienen dem Studium der Aufklärung der Kernkräfte.

Zur Durchführung dieser Forschungsarbeiten verfügt DESY über zwei externe Elektronenstrahlen sowie vier Photonenstrahlen. Darüberhinaus kann ein K_L^0 -Strahl für Experimente mit der Blaskammer benutzt werden.

Das experimentelle Programm im Jahre 1971

Im Aufbau oder in der Testphase befindliche Experimente:

Exp.-Nr.	Messung	Mitarbeiter	Methode
94	Messung der Reaktionen $\gamma P \rightarrow PK^+K^-$ und $\gamma P \rightarrow PPP$	Karlsruhe-DESY Fries, Heine, Hirschmann, Saylor, Schmidt-Parzefall, Behrend	Energie-markierter Photonenstrahl u. Drahtfunkenkammern
101	Messung der Amplitude und Phase der Comptonstreuung an Protonen und Deuteronen	DESY-MIT Alvensleben, Becker, Biggs, Busza, Chen, Edwards, Mantsch, Nash, Rohde, Sadrozinski, Schubel, Ting, Wu	Doppelarm-Spektrometer und Protonen-Hodoskop
102	Photoerzeugung am Proton von Baryonen mit $S = +1$ und $S = -1$ für Massen zwischen 1600 MeV und 2200 MeV	Burfeind, Buschhorn, Geweniger, Heide, Kötz, Kotthaus, Schmäuser, Vogel, Wiik	Spektrometer für K^+ und K^-
103	Messung totaler Photoproduktions-Wirkungsquerschnitte von 0.2 bis 7.2 GeV	Heynen, H. Meyer, Naroska, Nowak, Siekmann	Energie-markierter Photonenstrahl

Laufende Experimente:

105	π^+ -Elektroproduktion nahe der Schwelle	Univ. Hamburg-DESY Büsser, Dix, Felst, Harms, Krehbiel, Kuhlmann, Meyer, Weber	Elektronen-Spektrometer und Neutronen-Detektor
95	Photonen-induzierte Kernreaktionen oberhalb 1 GeV	Lund-DESY Blomquist, Forkman, Triberg, Kroon, Jönsson, Lindgren, Methasiri, Nydahl, Schröder, Tesch	Analyse von aktiviertem Material
98	Photoproduktion von π^0 -Mesonen an polarisierten Protonen	Aachen-Bonn-DESY Dinter, Käselau, Mango, Morehouse, L. Paul, Sievers, Braunschweig, Erlewein, Frese, Lübelsmeyer, Meyer-Wachsmuth, Schmitz, Schultz v. Dratzig, Wessels, Bienlein	Cerenkovzähler-Hodoskop und polarisiertes Target

97	Comptonstreuung an Protonen und Neutronen in Vorwärtsrichtung	Criegie, Franke, Giese, Poelz, Timm, Werner, Zimmermann	Drahtfunkenkammern
100	Inelastische Elektronenstreuung	Heynen, P. Joos, Knies, H. Meyer, Naroska, Notz, Söding, Wolf Eckardt, Gebauer	Streamer-kammer
99	$K^+\Lambda$ - und $K^+\Sigma^0$ -Photoproduktion und Λ -Polarisation	Univ.Hamburg-DESY Burfeindt, Buschhorn, Geweniger, Heide, Kötz, Kotthaus, Schmüser, Vogel, Wegener	K^+ -Spektrometer und Hodoskop
87	Photoproduktion in der Streamerkammer	Aachen-Bonn-Hamburg-Heidelberg-München-Kollaboration	Energie-markierte Photonen und Streamerkammer
86	Untersuchung von K_2^0 -p-Wechselwirkungen in der 85-cm Wasserstoffblasenkammer bei DESY	Heidelberg-DESY-Tel-Aviv- Univ.Minnesota	K_2^0 -Strahl
90	Strahlungsschäden in DNA	Univ.Hamburg-U.-Krankenhaus Eppendorf. Baisch, Kunkel, Stahler, Zywietz	Bestrahlung von DNA mit 7 GeV-Elektronen
93	Delbrück-Streuung	Lund-DESY Yarlskog, Jönsson, Schulz, Willutzki, Winter	Charpak-Kammern
96	Inelastische Elektron-Neutron-Streuung im Bereich von Nukleon-Resonanzen	Karlsruhe-DESY Bleckwenn, Klein, Köbberling, Moritz, Schmidt, Wegener, Zeller	Drahtfunkenkammern
92	Quasi-elastische Streuung von Elektronen in Li^6	Freiburg-Karlsruhe-DESY Bienlein, Bleckwenn, Dinter, Heimlich, Klein, Köbberling, Moritz, Schmidt, Wegener, Zeller	Drahtfunkenkammern
104	Photoproduktion von π^0 -Mesonen am Deuterium	Aachen-Bonn-DESY Braunschweig, Dinter, Erlewein, Frese, Lübelmeyer, Meyer-Wachsmuth, Morehouse, Schmitz, Schultz v.Dratzig, Wessels	Cerenkovzähler-Hodoskop

Blasen- und Streamerkammer-Kollaborationen:

1. π^+p -Wechselwirkungen bei 11.7 GeV
Durham-Genua-Hamburg-Mailand-Saclay-Kollaboration
2. $\bar{p}p$ -Wechselwirkungen bei 12 GeV/c
Hamburg-Padua-Pisa-Kollaboration
3. pp -Wechselwirkungen bei 12 und 24 GeV/c
Bonn-Hamburg-München-Kollaboration
4. Photoproduktion am Deuteron
Aachen-Bonn-Hamburg-Heidelberg-München-Kollaboration
5. Photoproduktion in der Streamerkammer
Aachen-Bonn-Hamburg-Heidelberg-München-Kollaboration

Die Synchrotronstrahlung hat wegen ihrer charakteristischen Eigenschaften neue Arbeitsgebiete in der Molekül- und Festkörperphysik erschlossen. Gegenüber anderen Strahlungsquellen ist die Synchrotronstrahlung durch ein intensives kontinuierliches Spektrum gekennzeichnet, das vom Bereich des sichtbaren Lichts bis ins Gebiet der weichen Röntgenstrahlung reicht und stark polarisiert ist. Eine Reihe von Arbeitsgruppen hat in den letzten Jahren Forschungen von beachtlichem Umfang geleistet. Zu den Untersuchungen gehören die optische Anregung kondensierter Edelgase, Untersuchungen an Alkalihalogeniden und Halbleitern sowie das Studium kollektiver Elektroneneffekte in Festkörpern. Zukünftige Arbeiten werden sich auch molekularbiologischen Fragen widmen.

Die Beherrschung der Supraleitungstechnologie ist von zunehmender Bedeutung für die Elementarteilchenphysik. Bei DESY wird daher der Stand dieses Gebietes weiterhin aufmerksam verfolgt. Supraleitende Magnete können als Ablenkmagnete, große Detektormagnete und Magnete für polarisierte Targets Verwendung finden. Weiterhin werden supraleitende Hochfrequenz-Beschleunigungsstrecken untersucht.

Zur Verarbeitung der bei den Experimenten anfallenden Daten und zur automatischen Kontrolle der bei den Experimenten wichtigen Parametern ist ein hochentwickeltes Datenverarbeitungssystem notwendig. DESY stehen dafür zwei Großrechner der Typen IBM 360/75 und IBM 360/65 sowie eine größere Anzahl von Kleinrechner zur Verfügung.

Die Datenverarbeitung erweist sich zunehmend als ein wesentliches Hilfsmittel für die wissenschaftliche Arbeit. So hat DESY ein Retrievalsystem zur on-line Literatursuche entwickelt, das künftig einer größeren Reihe von Benutzern direkt zugänglich gemacht werden soll.

Eine wesentliche Erweiterung des Forschungsbereichs von DESY stellt der Bau eines Doppelspeicherrings dar. In diesem Doppelspeicherring laufen Elektronen- und Positronenstrahlen hoher Intensität in entgegengesetzter Richtung um. In zwei Experimentierzonen werden die Strahlen gegeneinander gelenkt, wobei das Studium von Elektron-Positron-Reaktionen bei sehr hohen Energien ermöglicht wird. Der Speicherring wird zahlreiche Experimente gestatten, die bisher der Messung nicht zugänglich waren. Die ersten Experimente werden 1974 durchgeführt werden.

In diesem Bericht verwendete Luftaufnahmen sind freigegeben unter der Nummer 468/72 Luftamt Hamburg

Das Literaturverzeichnis enthält alle im Berichtsjahr bei DESY publizierte Literatur der Forschungsgruppen. Veröffentlichungen anderer Gruppen sind in dem entsprechenden Kapitel des Jahresberichtes aufgeführt.

Zitate von Publikationen auswärtiger Institute sowie von DESY-Veröffentlichungen aus vorhergehenden Jahren sind durch ein 'A' gekennzeichnet.

Die Organe der Stiftung:

Wissenschaftlicher Rat

Dem Wissenschaftlichen Rat gehörten im Berichtsjahr an:

Als Vorsitzender: Prof.Dr. H. Ehrenberg,
Institut für Kernphysik der Univ.Mainz

als Stellvertreter: Prof.Dr. H. Lehmann,
Institut für Theoretische Physik
der Universität Hamburg

als Mitglieder:

Prof.Dr. H. Althoff,
Physikalisches Institut
der Universität Bonn

Prof.Dr. A. Citron,
Institut für Experimentelle Kern-
physik Leopoldshafen
Kernforschungszentrum

Prof.Dr. M. Deutschmann,
III. Physikalisches Institut
der T.H. Aachen

Prof.Dr. K. Gottstein,
Max-Planck-Institut für Physik
und Astrophysik München

Prof.Dr.J. Heintze,
I. Physikalisches Institut
der Universität Heidelberg

Prof.Dr. G. Höhler,
Lehrstuhl für Theoretische
Kernphysik Karlsruhe

Prof.Dr. W. Jentschke,
European Organization for
Nuclear Research, CERN

Prof.Dr. W. Walcher,
Physikalisches Institut der
Universität Marburg

Prof.Dr. G. Weber,
II. Institut für Experimentalphysik
der Universität Hamburg

Dr. K. Winter,
European Organization for
Nuclear Research, CERN

Verwaltungsrat

Vertreter der Bundesrepublik Deutschland:

Min.Dirig. Dr. G. Schuster (Vorsitz)
mit Wirkung vom 15.9.1971: Min.Dir.Dr. G. Lehr (Vorsitz)

Stellvertreter: Min.Rat Dr. J. Rembser

Min.Rat Dr. E. Schlephorst,
Stellvertreter: Min.Rat Dr. L. Prior
Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft

Min.Rat W. Hofbauer,
Stellvertreter: Reg.Dir. P. Surmann
Bundesministerium der Finanzen

Vertreter der Freien und Hansestadt Hamburg:

Senatsdir. Dr. H. Meins (stellvertr. Vorsitzender)

Stellvertreter: Ltd.Reg.Dir.Dr. H. Braun
Behörde für Wissenschaft und Kunst / Hochschulamt

Ltd.Reg.Dir. R. Laude,
Stellvertreter: Reg.Rat Dr. H. Schröder
Finanzbehörde / Überregionale Finanzfragen und Sonderaufgaben

Direktorium

Prof.Dr. W. Paul (Geschäftsführender Direktor)

Prof.Dr. W. Teucher (stellvertr.geschäftsführ.Direktor)

Ltd.Reg.Dir. H. Berghaus (kaufmännisches Mitglied)

Prof.Dr. E. Lohrmann

Dr.H.O. Wüster (bis zum 31.8.1971)

Weitere Gremien:

Wissenschaftlicher Ausschuß

1. Gastgruppen
Dr.M. Braunschweig (Bonn)
Prof.Dr.G.Buschhorn(Hamburg)

Dr.J. Moritz (Karlsruhe)
Dr.Skibowski (München)

2. DESY-Gruppen
Dr.K. Heinloth (F32)
Herr G.Hemmie (S1)
Dr.G. Horlitz (B1)
Dr.G. Knies (F1)

Dr.R.D. Kohaupt (H)
Frl.Dr.M.Krammer (T)
Dr.H. Meyer (F1)
Dr.E. Raubold (R2)

Das Forschungskollegium berät das Direktorium bei der Gestaltung des Forschungsprogramms.

Ihm gehörten an:

Prof.Dr. H. Lehmann
Prof.Dr. E. Lohrmann
Dr. F. Schwickert
Prof.Dr. G. Weber
Dr. D. Fries
Dr. F. Gutbrod (Vorsitzender)
Dr. B. Renner
Dr. P. Schmüser
Dr. G. Wolf

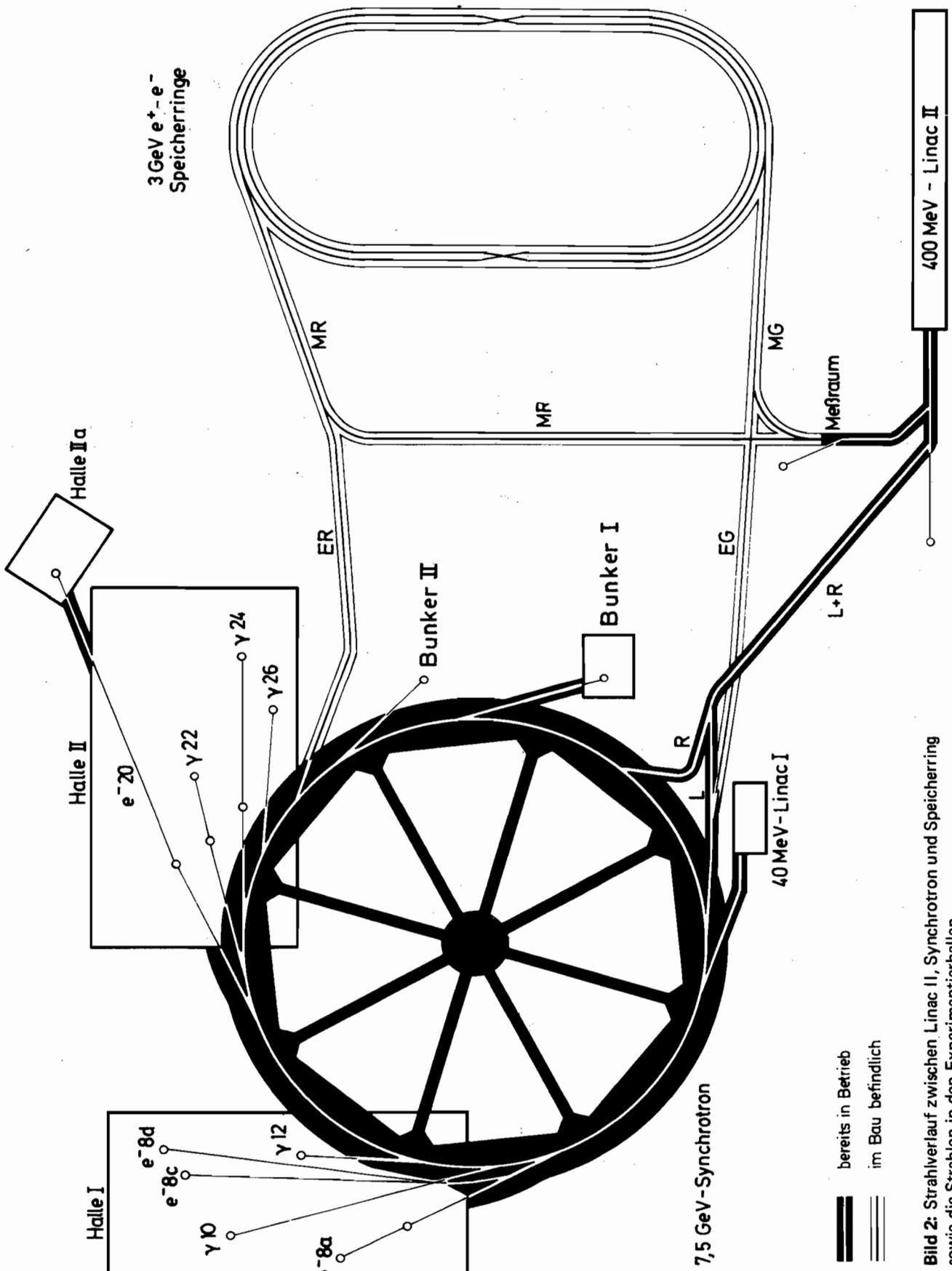
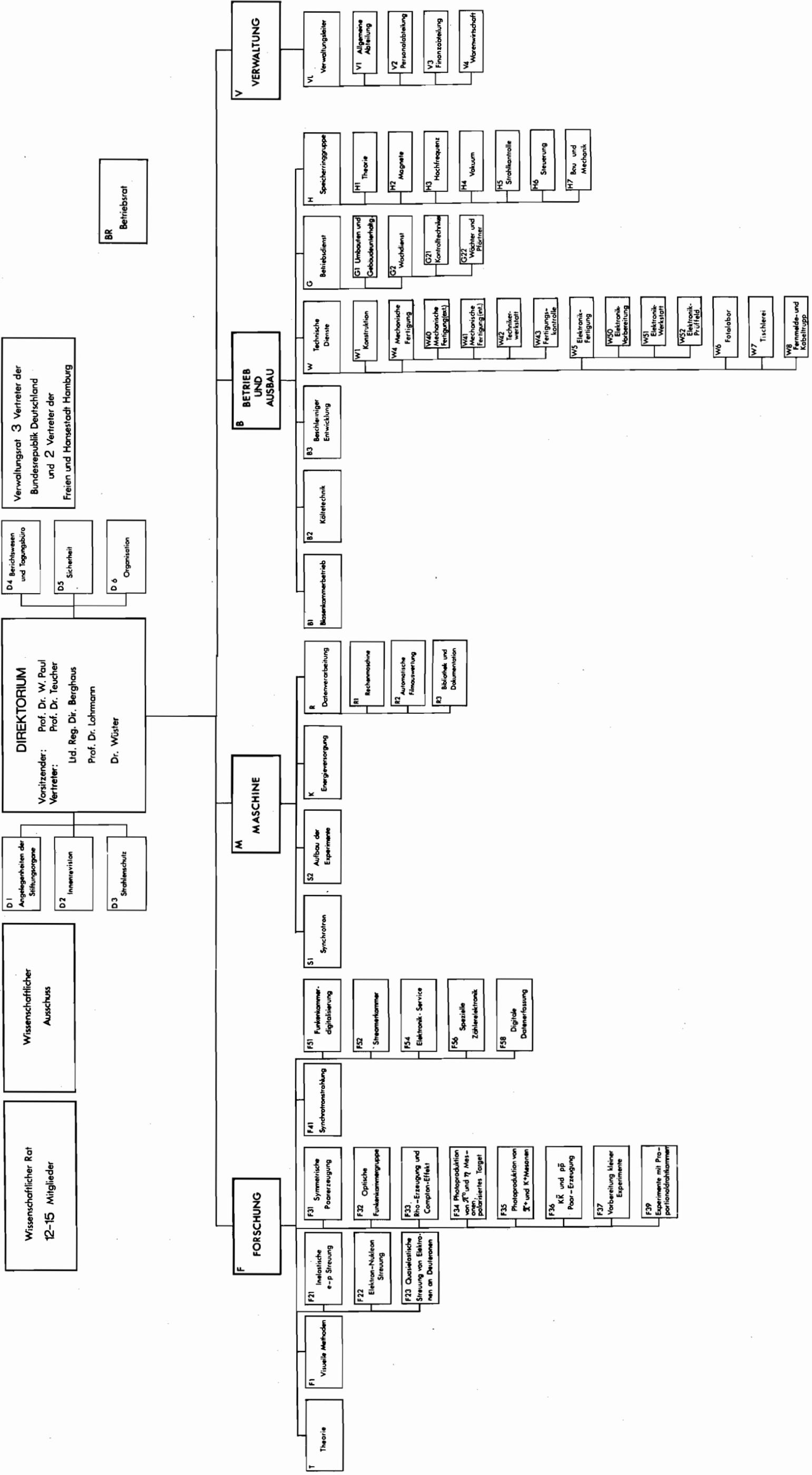
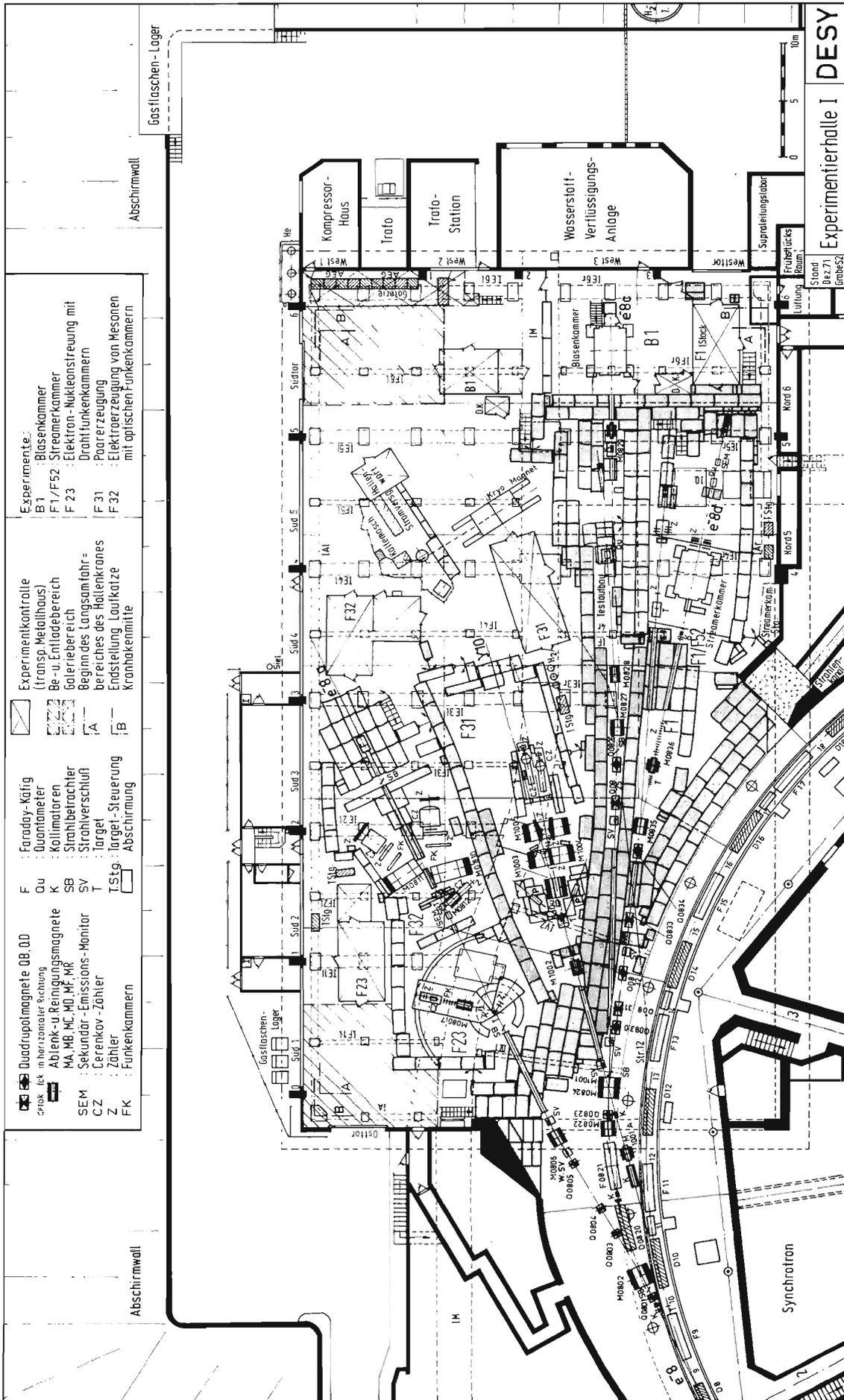


Bild 2: Strahlverlauf zwischen Linac II, Synchrotron und Speicherring sowie die Strahlen in den Experimentierhallen





- | | | | |
|--|------------------------------|--------|------------------|
| | Quadrupolmagnete QB, QD | F | Faraday-Käfig |
| | Abstrahlungsschutz | Qu | Quantometer |
| | Ablenk- u. Reinigungsmagnete | K | Kollimatoren |
| | SEM | SB | Strahlbetrachter |
| | Zähler | SV | Strahlverschluß |
| | Target | T | Target |
| | Zähler-Steuerung | T.Stg. | Target-Steuerung |
| | Funkerkammern | | Abschirmung |
-
- | | |
|--|---|
| | Experimente: |
| | B1 : Glasenkammer |
| | F1/F52 : Streuerkammer |
| | F 23 : Elektron-Nukleonstreuung mit Drahtfunkenkammern |
| | F 31 : Paarzeugung |
| | F 32 : Elektroerzeugung von Mesonen mit optischen Funkenkammern |
-
- | | |
|--|--|
| | Experimentkontrolle (Transp. Metallhaus) |
| | Be- u. Entladebereich |
| | Galeriebereich |
| | Beginn des Langsamfahrbereiches des Hollenkranes |
| | Endstellung „Laukatze“ |
| | Kranneckenmitte |

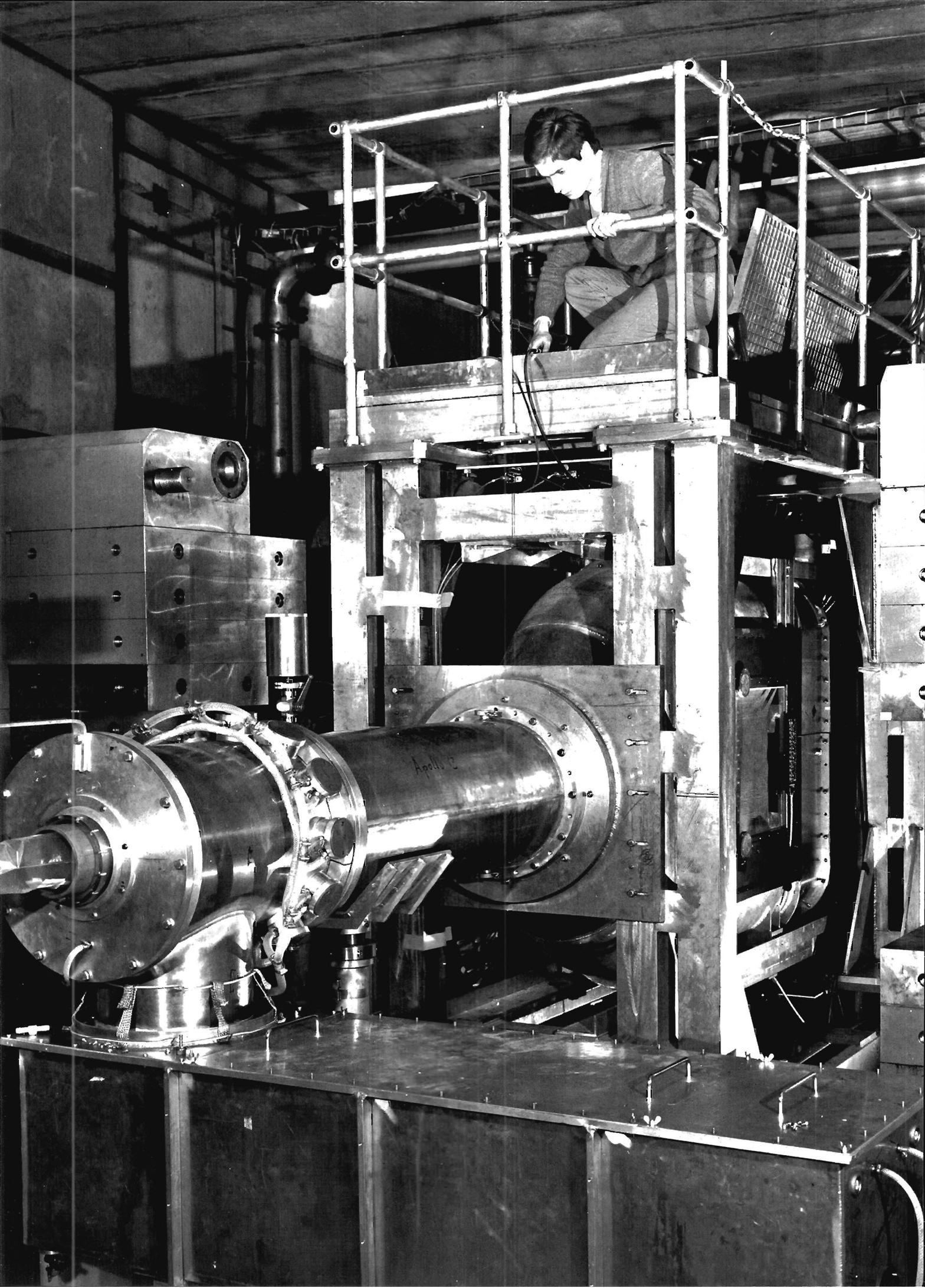
Experimentierhalle I
DESY



Stand Dez 71
 Gebr. 52

Gruppen im Forschungsbereich





2.1 Visuelle Methoden Blasen- und Streamerkammer-Experimente (F1 u. F52)

*π^+p -Wechselwirkungen bei
11.7 GeV/c
Durham-Genua-Hamburg-
Mailand-Saclay-Kollabo-
ration*

Das Experiment zur π^+p -Wechselwirkung wurde mit der 2 Meter-Wasserstoffblasenkammer am CERN durchgeführt. Die kinematische Analyse der 4-prong Ereignisse wurde 1971 abgeschlossen. Die physikalische Analyse beschäftigte sich hauptsächlich mit den Endzuständen der Reaktionen $\pi^+p \rightarrow \pi^+p\pi^+\pi^-$ und $\pi^+p \rightarrow \pi^+p\pi^+\pi^0$ (jeweils ≈ 9500 Ereignisse; ≈ 6 Ereignisse/ μb).

Die im Vorjahr begonnene Untersuchung der Doppelresonanzkanäle $\pi^+p \rightarrow \rho^0\Delta^{++}$ und $\pi^+p \rightarrow f\Delta^{++}$ wurde abgeschlossen; die Ergebnisse wurden veröffentlicht (1,2,3,4). Für beide Reaktionen konnte gezeigt werden, daß sie für kleine Viererimpulsübertragsquadrate hauptsächlich über unnatürlichen Paritätsaustausch ablaufen. Die t-Abhängigkeit des Produktionsmatrixelementes und die Form der Zerfallswinkelverteilungen des ρ^0 und f zeigen gute Übereinstimmung mit Pion-austausch.

Die LPS-Analyse (Longitudinal Phase Space) erwies sich bei unserer Einschubenergie als ausgezeichnetes Mittel, um diese beiden Prozesse (und allgemein: alle peripheren Resonanzkanäle) vom gesamten Endzustand kinematisch abzutrennen. Diese Analyse wurde angewendet, um den Endzustand $\pi^+p \rightarrow \pi^+p\pi^+\pi^-$ mit dem Endzustand $\pi^-p \rightarrow \pi^-p\pi^+\pi^-$ bei 11.2 GeV/c (Genua-Hamburg-Mailand-Saclay Kollaboration) zu vergleichen. Dabei zeigte sich gute Übereinstimmung der Produktionswirkungsquerschnitte bei kleinen (3π)- und ($p\pi^+\pi^-$)-Massen, was auf diffraktive Erzeugung deutet (5).

Im Massenbereich zwischen 1400 MeV und 1900 MeV wurde eine Partialwellenanalyse des ($\pi^+\pi^+\pi^-$)-Systems gemacht, um den Spin J und die Parität P der A3-Resonanz zu bestimmen. Das Ergebnis - $J^P = 2^- f\pi$ (S-Welle) - stimmt mit dem Quarkmodell überein; andererseits schließt es die Interpretation des A3-Signals als kinematischen Effekt nicht aus (6,7).

Im ($\pi^+p\pi^+\pi^0$)-Endzustand wurde der Prozeß $\pi^+p \rightarrow \omega\Delta^{++}$ untersucht und die Veröffentlichung der endgültigen Ergebnisse vorbereitet. Es zeigte sich, daß diese Reaktion zu gleichen Teilen über natürlichen und unnatürlichen Paritätsaustausch verläuft. Qualitativ läßt sich der differentielle Wirkungsquerschnitt $d\sigma/dt$ und die Spindichtematrix des ω durch ρ^- und B-Austausch beschreiben (8,9).

Eine Untersuchung der Strukturen im (4π)⁺-Massenspektrum wurde begonnen (9,10).

*$\bar{p}p$ -Wechselwirkungen bei
12 GeV/c
Hamburg-Padua-Pisa-
Kollaboration*

Es wurden etwa 100 000 Bilder ausgewertet, die mit der 2-Meter-Wasserstoffblasenkammer des CERN an einem hochfrequenz-separierten Antiprotonenstrahl bei 12 GeV/c aufgenommen worden waren. Die kinematische Analyse und die physikalische Interpretation von etwa 10 000 4-prong Ereignissen wurden im Laufe des Jahres abgeschlossen.

Die Ergebnisse einer systematischen Untersuchung von 1098 Ereignissen der Reaktion $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^+\pi^-$ sind veröffentlicht worden (11); über dieses Experiment wurde ferner eine Dissertation (12) fertiggestellt.

Der Wirkungsquerschnitt der Reaktion $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^+\pi^-$ wurde zu 2.35 ± 0.25 mb ermittelt. Neben einer starken Erzeugung des Δ^{++} (1236)-Isobars und seines Antiteilchens wurden Anzeichen für die Produktion des ρ^0 -Mesons gefunden ($35 - 120$ μb). Der differentielle Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Delta}^{++}\Delta^{++}$ wurde als Funktion von t (t = Quadrat des Viererimpulsübertrags) aus einer Maximum-Likelihood-Anpassung bestimmt, die den peripheren Charakter der Wechselwirkung berücksichtigt. Aus der angepaßten $d\sigma/dt$ -Verteilung ergab sich in guter Näherung eine t-Abhängigkeit des Matrixelementes der Form $1/(t-m_\pi^2)^2$. Für den Wirkungsquerschnitt der Doppelisobar-Erzeugung wurde $\sigma(\bar{\Delta}^{++}\Delta^{++}) = 0.64 \pm 0.07$ mb gefunden.

Bild 3: Die DESY-Streamerkammer

Der $\Delta^{++} \Delta^{++}$ -Wirkungsquerschnitt wurde nach dem gleichen Verfahren für zwei \bar{p} -Experimente bei 3.6 und 5.7 GeV/c neu berechnet; der Fit ergab 2.4 ± 0.2 mb bzw. 1.45 ± 0.2 mb. Die Abhängigkeit des $\Delta^{++} \Delta^{++}$ -Wirkungsquerschnitts vom Primärimpuls konnte gut durch ein Ein-Pion-Austauschmodell mit 'off-shell'-Korrekturen (Benecke-Dürr-Formfaktoren) beschrieben werden, bei dem nur die P33 Partialwelle an beiden Vertices des Doppelisobar-Graphen berücksichtigt wurde.

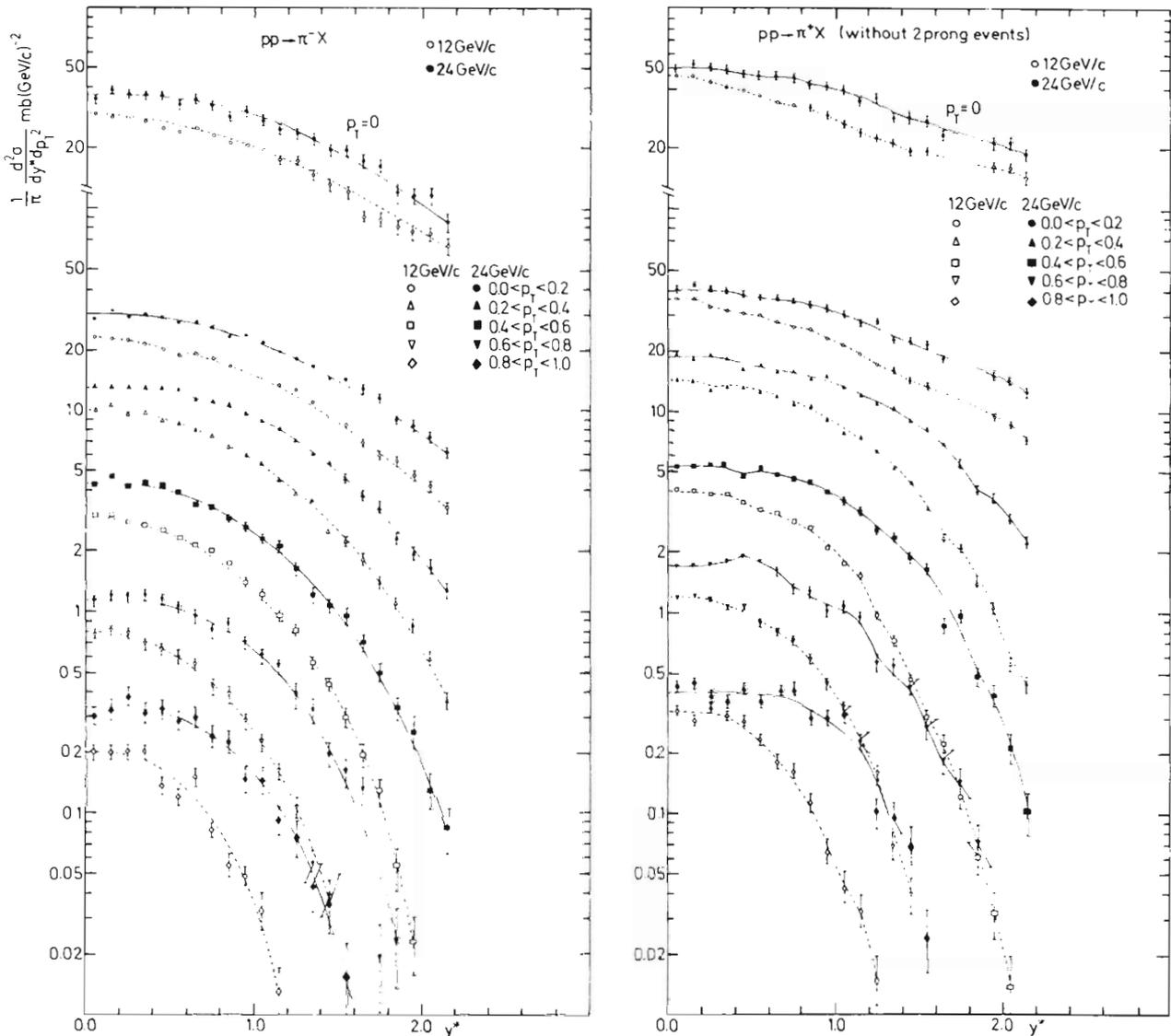
Von den vorhandenen 250 000 Bildern bei 12 GeV/c und 214 000 Bildern bei 24 GeV/c, die mit der 2-Meter-Wasserstoffblasenkammer des CERN aufgenommen wurden, sind jeweils knapp 50% gemustert, gemessen und kinematisch analysiert worden. Die Messungen erfolgten auf zwei automatischen Filmmeßanlagen (HPD), die auch vollständige Ionisationsinformationen lieferten. Alle Ereignisse innerhalb eines bestimmten Musterungsbereiches wurden ausgewertet. Erwähnenswert ist die durch den HPD und eine sorgfältige Bestimmung der Titelparameter für die geometrische Rekonstruktion erreichte Meßgenauigkeit ($\sim 30 \mu$ in der Kammer), die auch noch bei 24 GeV/c eine gute Trennung der Reaktionshypothesen ermöglichte.

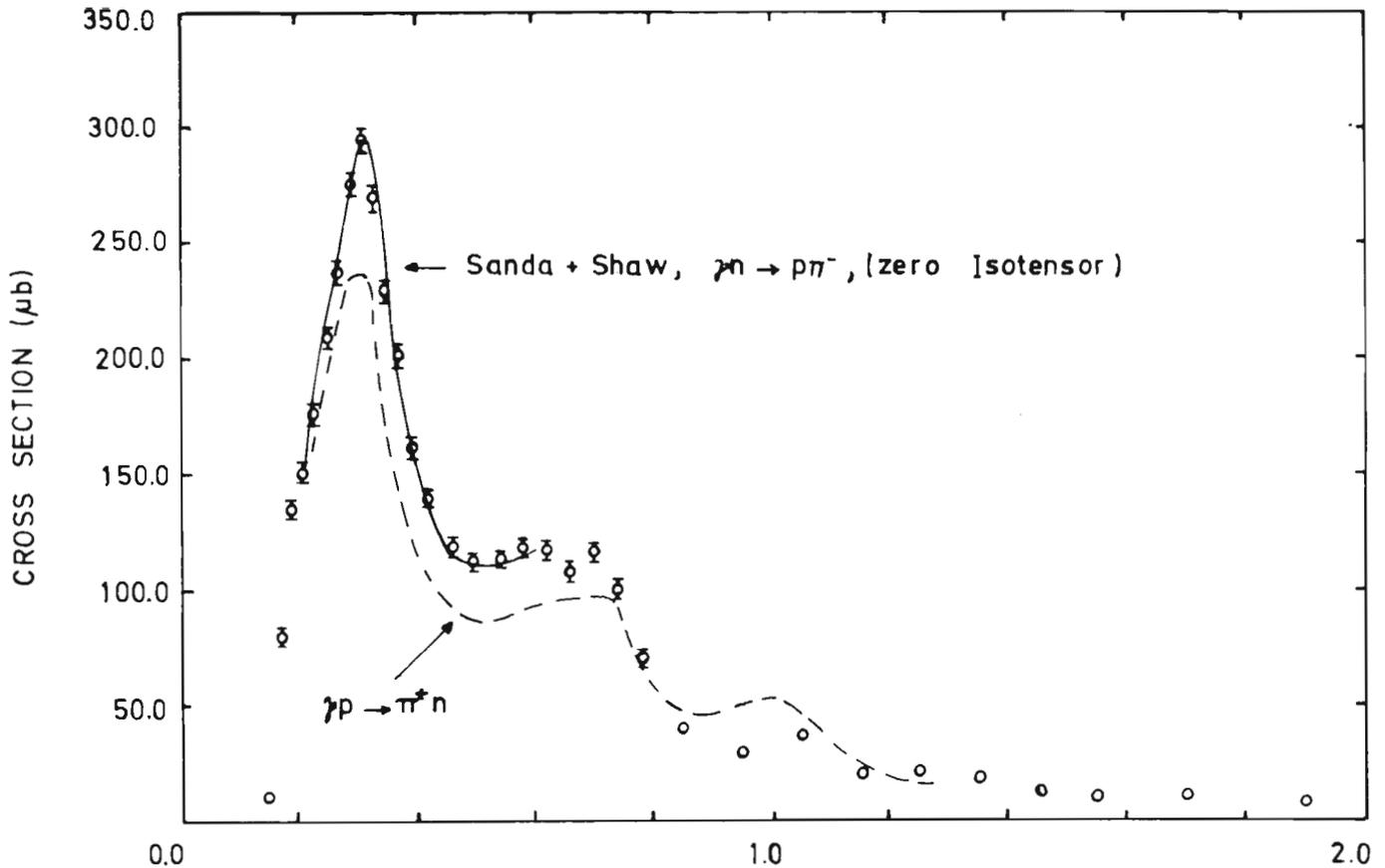
Die physikalischen Untersuchungen galten sowohl exklusiven Reaktionen - wie $pp \rightarrow pn\pi^+$ und $\rightarrow pp\pi^+\pi^- (\pi^0)$ - als auch den inklusiven Ein-Teilchenspektren von π^-, π^+, p, K_S^0 und Λ . Die in den exklusiven Reaktionen beobachtete Resonanzproduktion konnte mit Hilfe von Austauschmodellen im Mittel gut beschrieben werden. Bemerkenswert dabei ist die Erzeugung von ρ^0 (bei 12 (24) GeV/c: 200 ± 40 (130 ± 30) μ b) und f (bei 12 (23) GeV/c: 40 ± 15 (75 ± 15) μ b) im Endzustand $pp\pi^+\pi^-$.

Das Skalenverhalten inklusiver π^- - und π^+ -Verteilungen wurde näher untersucht. Es wurden deutliche Anzeichen für die Existenz von Pionisierung und Fragmentation gefunden.

*pp-Wechselwirkungen bei 12 und 24 GeV/c
Bonn-Hamburg-München-Kollaboration*

Bild 7: Inklusive π^- und π^+ -Spektren für verschiedene Bereiche des transversalen Impulses bei 12 und 24 GeV/c





*Photoproduktion
am Deuteron
Aachen-Bonn-Hamburg-
Heidelberg-München-
Kollaboration*

Das Experiment zur Photoproduktion am Deuteron wurde 1968 bei DESY mit der 85-cm-Blasenkammer durchgeführt. Es wurden 3 Millionen Bilder aufgenommen, auf denen 90 000 Photoproduktionsereignisse gefunden und zusammen mit 60 000 Elektronenpaaren vermessen wurden. Etwa die Hälfte der Bilder wurde mit energiemarkierten Photonen (Tagging-Zähler) aufgenommen.

1) Aus den Daten der Reaktion $\gamma d \rightarrow \pi^- p p$ wurden totale und differentielle Wirkungsquerschnitte für $\gamma n \rightarrow \pi^- p$ mit Hilfe der Chew-Extrapolation und durch Entfaltung der gemessenen Wirkungsquerschnitte am Deuteron unter Benutzung der Impulsapproximation und Closure neu bestimmt (16).

Der Vergleich mit der ladungsgespiegelten Reaktion am Proton im Bereich des $\Delta(1236)$ liefert Aussagen über einen möglichen Isotensorbeitrag zum elektromagnetischen Strom. Der Vergleich mit der inversen Reaktion $\pi^- p \rightarrow \gamma n$ liefert Aussagen über Zeitumkehrverletzung in der elektromagnetischen Wechselwirkung. Es wurde keine Evidenz für einen Isotensoranteil gefunden, dagegen deutet der Vergleich mit den gegenwärtigen Messungen zur inversen Reaktion auf T-Verletzung.

2) Zur kohärenten und inkohärenten Erzeugung von Vektormesonen am Deuteron wurden mit der doppelten Ereigniszahl weitere Untersuchungen durchgeführt (17, 18). Die totalen und differentielle ρ^0 -Wirkungsquerschnitte in der Reaktion $\gamma d \rightarrow \rho^0 d$ wurden neu bestimmt und im Rahmen der Impulsapproximation mit der Reaktion $\gamma p \rightarrow \rho^0 p$ verglichen.

Aus den Daten der Reaktion $\gamma d \rightarrow \pi^- \pi^0 p p$ wurde der Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $\gamma n \rightarrow \rho^0 p$ neu bestimmt. Der Vergleich der kohärenten ρ^0 -Erzeugung und der ρ^- -Erzeugung mit der Reaktion $\gamma p \rightarrow \rho^0 p$ liefert Aussagen über die Isospinstruktur der Amplitude für Photoproduktion von ρ -Mesonen am Nukleon. Die Ergebnisse sind konsistent mit nur kleinem Isovektorbeitrag zur ρ^0 -Erzeugung im t-Kanal.

3) Mit Hilfe der Energiemarkierung der Photonen wurden partielle Wirkungsquerschnitte für Mehrfachpionerzeugung am Deuteron als Funktion der Energie bestimmt und mit γp -Reaktionen sowie π -Nukleon-Reaktionen, die zu gleichen Endzuständen führen, verglichen (19,20). Die Ergebnisse zeigen im allgemeinen ähnliches Verhalten von Photon- und Pion-induzierten Reaktionen; eine Ausnahme bildet jedoch die Reaktion $\gamma d \rightarrow p n \pi^+ \pi^-$.

Bild 8: Vergleich der totalen Wirkungsquerschnittes für die Reaktionen $\gamma n \rightarrow p\pi^-$ und $\gamma p \rightarrow p\pi^-$

4) Wirkungsquerschnitte für Photoproduktion Seltsamer Teilchen am Neutron in verschiedenen Endzuständen wurden bestimmt. Der Vergleich mit den ladungsgespiegelten Reaktionen am Proton, soweit sie vorliegen, ergab keine signifikanten Unterschiede (21).

5) Weitere Untersuchungen galten der Photoerzeugung des $\Delta(1236)$ in den Reaktionen $\gamma n \rightarrow \Delta^0\pi^0$, $\gamma n \rightarrow \Delta^+\pi^-$ und $\gamma n \rightarrow \Delta^-\pi^+$, der Photoerzeugung des ω in der Reaktion $\gamma d \rightarrow d\omega$, sowie der Resonanzproduktion in verschiedenen Mehrfachpionenzuständen (22).

Über die Ergebnisse 1) bis 4) wurde auf dem 'International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, New York (1971)' berichtet. Vorläufige Ergebnisse zu 5) wurden auf der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Hamburg, 1971, vorgetragen.

Die Reaktionen $\gamma p \rightarrow \pi^-\Delta^{++}(1236)$ und $\gamma p \rightarrow \pi^+\Delta^0(1236)$ wurden, unter Benutzung von Daten aus der 85-cm-Wasserstoffblasenkammer bei DESY, neu untersucht (23,24). Insbesondere wurden die Spin- und Helizitätsdichtematrizen des $\Delta^{++}(1236)$ bestimmt; ferner wurde der differentielle Wirkungsquerschnitt unter Berücksichtigung zusätzlicher Prozesse wie p-Erzeugung neu bestimmt. Sodann wurde die Reaktion $\gamma p \rightarrow \pi\Delta$ im Niederenergiegebiet ($E_\gamma \lesssim 1$ GeV) im Detail analysiert, um die Beiträge der Bornsterme und der s-Kanal-Resonanzen zu bestimmen. Insbesondere wurde gefunden, daß eine sehr stark ansteigende Amplitude mit $J^P = \frac{3}{2}$ in Schwellennähe dominiert; dies ist quantitativ mit den Vorhersagen aus PCAC und Stromalgebra verträglich. Die Ansicht anderer Autoren, daß der starke Anstieg des Wirkungsquerschnitts dieser Reaktion unmittelbar über der Schwelle von der Anregung der P11 (1450)-Resonanz herrühre, konnte damit widerlegt werden. Als einzige s-Kanal-Resonanz, die signifikante Beiträge in diesem Energiebereich liefert, wurde D13(1520) gefunden. Der Wirkungsquerschnitt und die Dichtematrix für die Reaktion $\gamma p \rightarrow \pi\Delta$ kann für $E_\gamma \lesssim 1$ GeV durch den elektrischen Bornterm plus D13(1520) plus ein geringer Beitrag von P11(1450) beschrieben werden. Bei Energien $E_\gamma \gtrsim 2$ GeV liefert, bei nicht zu hohen Impulsüberträgen, das (absorptiv korrigierte) Borntermmodell allein eine gute Beschreibung der Daten. Im Zwischengebiet wurden starke Anzeichen für weitere Resonanzen bei 1680 und 1950 GeV/c gefunden, doch reichte hier die Genauigkeit der Daten für eine quantitative Analyse nicht aus.

Die Reaktion $\gamma p \rightarrow \pi\Delta$ im Energiegebiet 0.4 - 4 GeV

Die Auswertung der Daten mit energiemarkierten Photonen zwischen 1.7 und 6.3 GeV wurde in Zusammenarbeit mit der TH Aachen, dem MPI in München und den Universitäten von Heidelberg und Hamburg fortgesetzt (27,28). Etwa 80% der Bilder sind ausgemessen. Vorläufige Daten über $\gamma p \rightarrow p\pi^+\pi^-$ im ganzen Energiebereich, sowie über inklusive Spektren $\gamma p \rightarrow \pi^- + \dots$ wurden auf der Konferenz in Cornell (August 1971) mitgeteilt (25,26).

Ein Experiment zur wesentlich verbesserten Messung der totalen Wirkungsquerschnitte an H_2 , D_2 , C, Cu, Au wurde neu aufgebaut. Verbesserte Energieauflösung im energiemarkierten Strahl für Energien unter 1 GeV, bessere Abtrennung der elektromagnetischen Reaktion sowie der vollständige Nachweis von neutralen π -Mesonen durch Schauerzähler soll eine erhöhte Genauigkeit für die totalen Wirkungsquerschnitte ergeben. Mit Testmessungen wurde im Dezember 1971 begonnen.

Totaler Wirkungsquerschnitt, neues Experiment

Die endgültigen Ergebnisse für die A-Abhängigkeit des totalen Photoproduktionswirkungsquerschnittes wurden publiziert (29, 30). Sie stimmen im Rahmen der Genauigkeit des Experiments mit den Vorhersagen des Vektor-Dominanz-Modells (VDM) überein.

Ausbau der automatischen Filmmessanlage (HPD)

Das gemeinsam von der Universität Bonn und DESY entwickelte automatische System für Blaskammerbildervermessung (HPD-System) stand für einen regelmäßigen Meßbetrieb zur Verfügung. Es wurden ca. 155 000 Ereignisse eines Experimentes zur Proton-Proton-Wechselwirkung in der CERN 2-Meter-Wasserstoffblasenkammer vermessen (davon ca. 71 000 bei 12 GeV/c und ca. 84 000 bei 24 GeV/c Einschußimpuls). Weiterhin wurden ca. 10 500 Ereignisse eines γ -Experimentes in der DESY-Streamerammer vermessen.

Die Weiterentwicklung des Meßsystems, das auf dem 'Full Guidance' Prinzip beruht (Durchmusterung und manuelles Vormessen der Ereignisse vor der Vermessung am HPD), wurde abgeschlossen. Durch Programmverbesserungen konnte die Meßgeschwindigkeit im 2. Halbjahr um ca. 30% gegenüber dem 1. Halbjahr vergrößert werden. Ca. 93% der Ereignisse wurden durch die nachfolgenden Auswerteprogramme beim ersten Durchlauf richtig interpretiert.

An der Weiterentwicklung eines Spurerkennungsprogramms 'Minimum Guidance' (Reduktion der Vormeßarbeit) wurde gearbeitet. Ein Test mit diesem System wurde erfolgreich durchgeführt.

Die Elektronikgruppe hat am HPD-Vormeßsystem für die Sichtgeräte-Anlage ein Betriebssystem und ein Überwachungsprogramm in Betrieb genommen, womit eine Steigerung der Vormeßleistung um ca. 75% erreicht wurde. An den SEN-Datenpulten wurde die Störsicherheit erhöht. Ferner beteiligte sich die Gruppe an der CERN-Gemeinschaftsentwicklung von Vormeßtischen für die Große Europäische Blaskammer BEBC. Modernisierungsarbeiten wurden an Elektronik und Mechanik der Scan- und Vormeßanlagen (insgesamt 9 Einheiten) ausgeführt.

Streamerammer- Entwicklung

Der im Vorjahr begonnene Aufbau der Streamerammer in Halle I am Strahl 8d wurde im ersten Halbjahr abgeschlossen. Der neue Magnet wurde installiert und erfolgreich in Betrieb genommen. Anschließend wurde das Feld vermessen.

Bei der Streamerammer-Anordnung konnten verschiedene Verbesserungen des Experimentierbetriebs erreicht werden:

- 1) Es wurde eine einfache Methode zur Messung und Regulierung der Gedächtniszeit entwickelt. Die Gedächtniszeit bzw. die Zeitauflösung in der Streamerammer ist durch die Lebensdauer der freien Elektronen, die von den durchgehenden Teilchen erzeugt werden, bestimmt. Sie kann durch Beimischen von etwa 10^{-7} Anteilen SF_6 über große Bereiche variiert werden. Das Gerät besteht aus einer Ionisationskammer, der Meß- und Regelektronik und einem speziellen Dosierventil. Die Gedächtniszeit kann mit einer Genauigkeit von einigen Prozent gemessen und geregelt werden.
- 2) Die Spuren können im Gegensatz zu früher nicht mehr direkt beobachtet werden. Um eine Beobachtung zu ermöglichen, wurde die Empfindlichkeit einer Fernsehkamera (FA 32) durch Kombination mit einem fiberoptisch an die Vidikonröhre gekoppelten Bildverstärker wesentlich erhöht. Dadurch ist eine ständige Beobachtung des Elektronenstrahls, der Ereignisse und der Spurqualität auf dem Monitor möglich.
- 3) Um die Zerstörung empfindlicher Teile der Anlage infolge von Störungen im Versorgungssystem und am Target zu vermeiden, wurde die Sicherheitsüberwachung durch mehrere Meßstellen erweitert. Beim Erreichen bestimmter vorgegebener Grenzwerte werden die betroffenen Teile der Apparatur abgeschaltet und solange blockiert bis der Fehler beseitigt ist.
- 4) Die Teilchenstrahlintensität und somit die Ereignisrate ist durch das Auftreten sogenannter δ -Elektronen begrenzt. Eine Erhöhung der Elektronenzahl pro Zeiteinheit auf das Zehnfache konnte durch den Einbau eines δ -Elektronen-Fängers erreicht werden. Dieser Fänger besteht aus dünnen Plexiglasleisten, die im Kammerbereich rechts und links vom Strahl angebracht sind. Darin werden die meist niederenergetischen Elektronen (einige hundert keV) gestoppt und die Leuchterscheinungen verhindert.

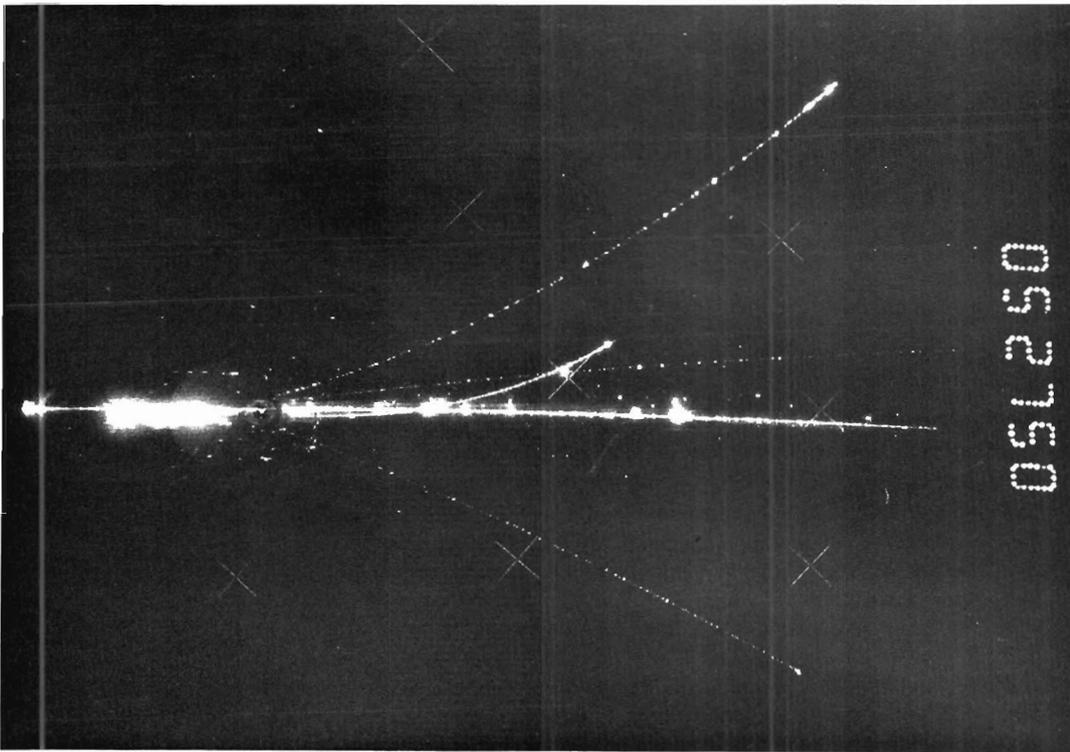


Bild 9: Beispiel einer Photographie aus der DESY - Streamerkammer. In der Mitte verläuft der Elektronenstrahl, darüber ist die Bahn des Trigger-Elektrons zu erkennen. Die beiden langen Spuren rühren von π -Mesonen her, während die kurze, kräftige Spur ein Proton darstellt

- 5) Die Untersuchungen zur Speicherung von Teilchenspuren in der Streamerkammer wurden weitergeführt. Dabei wurden verschiedene Methoden der Doppelpulstechnik und der Einfluß der Elektronendiffusion auf die Meßgenauigkeit beim Speicherbetrieb in einem Magnetfeld genauer untersucht. Infolge der Lorentzkraft wird die Diffusion der Elektronen in der Ebene senkrecht zum Magnetfeld fast vollständig unterdrückt, d.h. weder die Speicherung noch die zeitliche Verzögerung zwischen Teilchendurchgang und HV-Puls im Normalbetrieb bewirken eine merkliche Beeinträchtigung der Meßgenauigkeit.

Dem Experimentevorschlag Nr. 100 folgend wurde ein Detektor für inelastisch gestreute Elektronen, bestehend aus Triggerzählern, einem Cerenkovzähler und einem Schauerzähler eingebaut. Mit dieser Anordnung wurden einige Bilder von tiefinelastischer Elektronenstreuung aufgenommen. Die Zahl der brauchbaren Trigger war jedoch zu gering, deshalb wurde eine neue Triggeranordnung entworfen und installiert, die einen größeren Raumwinkel erfaßt und bessere Diskrimination gegen den Untergrund sicherstellt.

Tiefinelastische Elektronenstreuung in der Streamerkammer

Der Elektronenstrahl für dieses Experiment erhält durch starke Kollimation am Eingang des Transportsystems die geforderten Eigenschaften bezüglich Emittanz und Intensität (einige (mm x mrad), $\sim 10^5 - 10^7$ e⁻/sec).

2.2 Inelastische Elektron-Proton-Streuung (F21)

Elektroproduktion im Bereich der $\Delta(1236)$ -Resonanz

Die Auswertung der in Zusammenarbeit mit dem Collège de France genommenen Daten zur π^0 -Elektroproduktion im Bereich der $\Delta(1236)$ -Resonanz wurde abgeschlossen. Sowohl bei $q^2 = 0.6$ als auch bei $q^2 = 1.0 \text{ GeV}^2$ zeigte sich wie in der Photoproduktion M_{1+} als stark dominierend. Daneben sind jedoch andere resonante und nichtresonante Beiträge vorhanden, die sowohl von transversalen (M_{1-} , E_{0+} , E_{1+}) als auch von longitudinalen (S_{0+} , S_{1+}) Photonen angeregt werden. Der aus M_{1+} berechnete γNN^* -Übergangsformfaktor stimmt gut mit dem aus Einarmmessungen gewonnenen überein.

Tiefinelastische Elektroproduktion

In der tiefinelastischen Elektroproduktion ist von besonderem Interesse, welche Teilchen bevorzugt in Richtung des virtuellen Photons erzeugt werden. Hierzu wurden bereits 1969 erste Messungen durchgeführt, in denen die Impulsverteilung von Protonen und π^+ -Mesonen in Richtung des virtuellen Photons bei festen Parametern des virtuellen Photons ($q^2 = 1.15 \text{ GeV}^2$, $|\vec{q}| \approx 4 \text{ GeV}$) gemessen wurde. Die Messungen wurden bezüglich ihrer Statistik verbessert und auf π^- und K-Mesonen ausgedehnt. Dazu mußte das Hadronspektrometer mit einem weiteren Cerenkovzähler zur Trennung von positiven K⁻-Mesonen und Protonen ausgerüstet werden. Die Auswertung dieser Messungen ist noch nicht abgeschlossen.

Während im tiefinelastischen Bereich das Verhältnis des longitudinalen zum transversalen Wirkungsquerschnitts $R = \sigma_L/\sigma_T$ schon verhältnismäßig gut bekannt war, gab es im Bereich der Resonanzen trotz der vielen Einarmmessungen, die schon gemacht wurden, oberhalb der 1. Resonanz praktisch keine Information über R . Deshalb wurden alle existierenden Messungen zu Anpassungen verwendet, um Aussagen über R zu gewinnen. Es wurden alle Messungen in $|\vec{q}|$ angepaßt für jedes Intervall ΔW der invarianten Masse W von der Schwelle bis zu $W = 2 \text{ GeV}$, und zwar einmal mit dem Polarisationsparameter $\epsilon \geq 0.9$ und außerdem mit $\epsilon \leq 0.6$. Berechnet man aus diesen Anpassungen den Wirkungsquerschnitt für die beiden Fälle, so kann σ_L und σ_T durch Vergleich bei gleichem q^2 und W gemäß

$$\frac{1}{\Gamma} \frac{d^2\sigma}{d\Omega dE} = \sigma_T(q^2, W) + \epsilon \cdot \sigma_L(q^2, W)$$

bestimmt werden. Bild 10 zeigt einen Vergleich dieser Wirkungsquerschnittsspektren bei verschiedenen Werten von q^2 . Aus der Tatsache, daß jeweils die beiden Spektren für $\epsilon \geq 0.9$ und $\epsilon \leq 0.6$ innerhalb der Fehler übereinstimmen, kann geschlossen werden, daß σ_L klein ist bzw. innerhalb dieser Fehler mit Null verträglich ist.

In der tiefinelastischen Elektroproduktion zeigen die Strukturfunktionen νW_2 und W_1 Skalenverhalten für nicht zu kleine q^2 ($q^2 > 1$), d.h. sie sind nicht von den beiden Variablen q^2 und W , sondern nur von den Kombinationen $\omega = 2M\nu/q^2 = 1 + W^2 M^2/q^2$ abhängig. Die Tatsache, daß dieses Skalenverhalten erst bei relativ kleinen q^2 gebrochen wird, hatte Rittenberg und Rubinstein veranlaßt, eine andere Variable $\omega_W = (2M\nu + M_W^2)/(q^2 + a^2)$ einzuführen, um das Skalenverhalten bei kleinen q^2 zu untersuchen und insbesondere $q^2 = 0$ einzuschließen. Die Erweiterung im Zähler von ω_W war bereits von Gilman eingeführt worden, um eine Mittelung über den Resonanzbereich einzubeziehen.

In Zusammenarbeit mit Rittenberg und Rubinstein wurde durch umfangreiche Anpassungen die Hypothese des universellen Skalenverhaltens in ω_W getestet. Dabei konnte die Hypothese bestätigt werden.

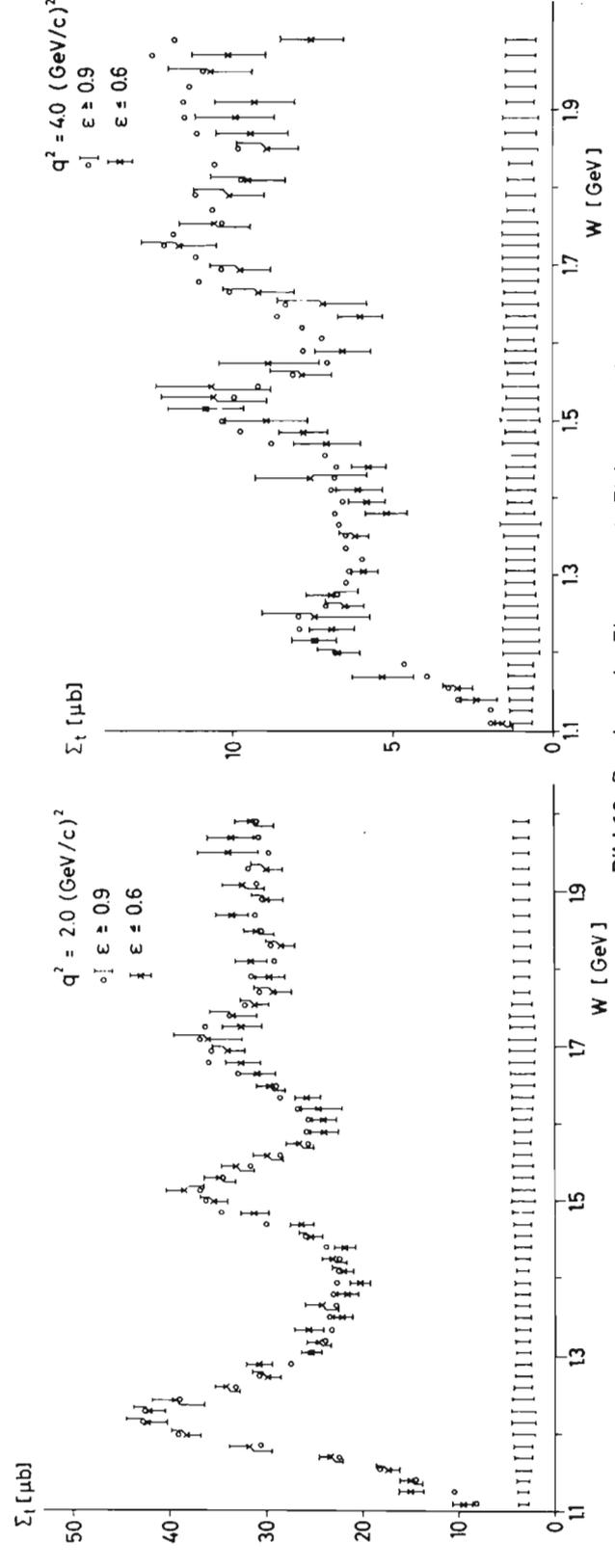
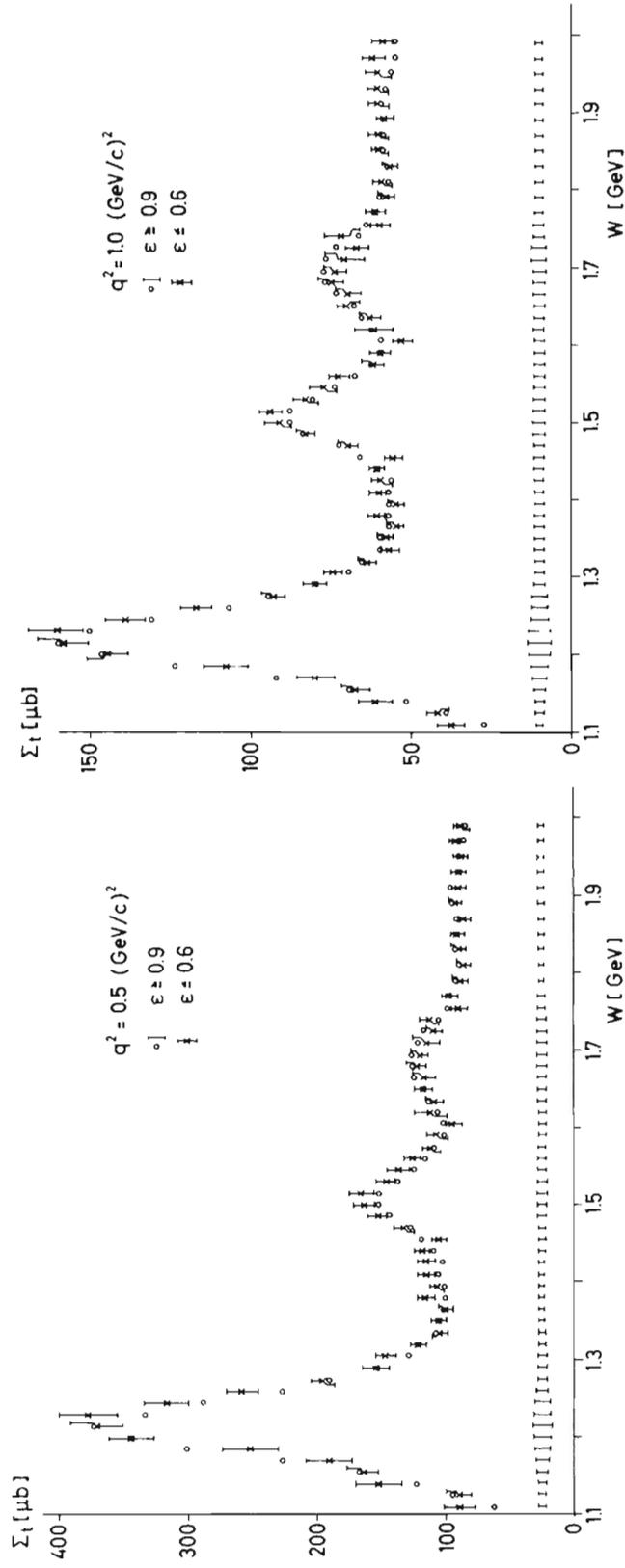
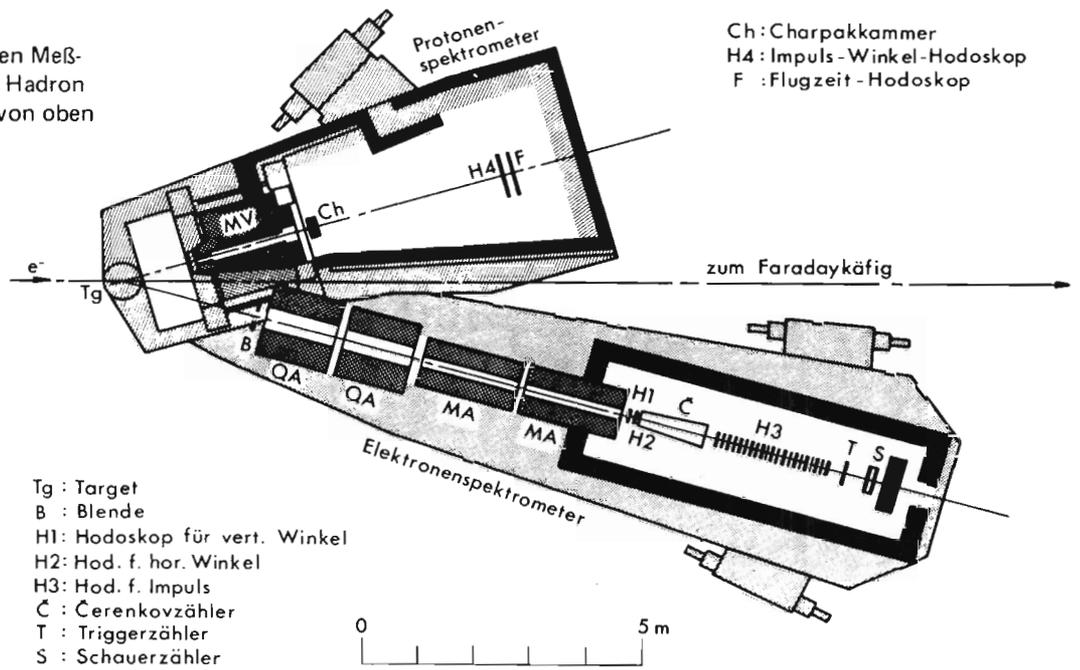


Bild 10: Resultate der Fits an totale Elektroproduktionsquerschnitte im Bereich der Resonanzen für $\epsilon > 0.9$ und $\epsilon < 0.6$. Die Spektren wurden aus den Fits für verschiedene q^2 berechnet.

Bild 11: Prinzipskizze der neuen Meßanordnung zum Nachweis von Hadron und Elektron in Koinzidenz von oben gesehen.



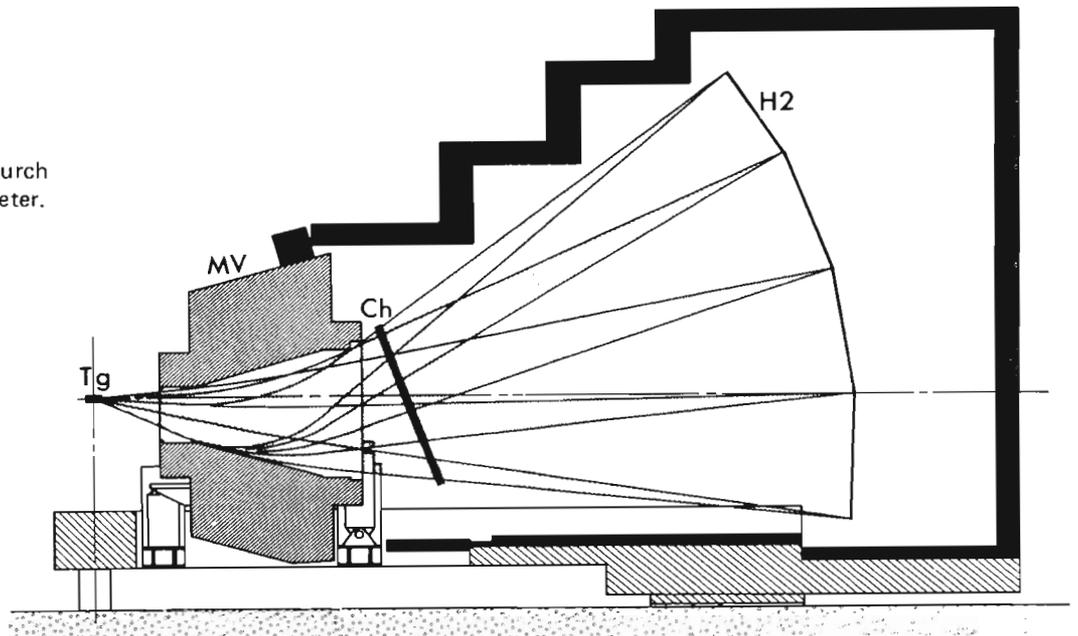
Hadronen-Meßarm

Der Aufbau eines neuen Meßarms zum Nachweis von Hadronen in Koinzidenz zum Elektron konnte weitgehend fertiggestellt werden. Bild 11 zeigt eine Prinzipskizze dieses Arms in der Sicht von oben zusammen mit dem e-Spektrometer, Bild 12 zeigt eine Seitenansicht des Spektrometers. Der neue Arm besteht aus schwenkbarer Lafette, vertikal ablenkendem Magnet MW, einem Satz von drei Charpakkammern Ch, einem Gray-Code-Szintillationszählerhodoskop H4 und einem Flugzeithodoskop F. CH und H4 dienen zur Bestimmung der vertikalen Komponente, CH und F durch Laufzeitmessung in F zur Bestimmung der horizontalen Komponente der Teilchentrajektorie. F dient außerdem zur Flugzeitmessung relativ zum Elektron. Das Spektrometer ist schwenkbar bei veränderlicher Stellung des Magneten zwischen 13° und 70° relativ zum Primärstrahl. Kammern und Hodoskope sind von einem Abschirmhaus aus 20-30 cm Eisen umgeben. Die Akzeptanz des Spektrometers beträgt bei kürzestem Abstand zwischen Target und Magnet MV (515 mm) ca. 50 mst. Die maximale Feldstärke des Magneten beträgt 19.2 kG (bei 1500 A), die magnetische Länge ist 1343 mm.

Charpak-Kammern

Für die Charpakkammern und die mit ihnen zu verwendenden Verstärker wurden umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt. Es wurden dann drei Kammern in einer Größe von 38 x 140 cm mit Drähten in Richtung der kürzeren Dimension (horizontal liegend) gebaut, wobei bei zwei Kammern die Drahrichtung um + bzw. - 5° gedreht ist. Der Drahtabstand beträgt 2 mm, insgesamt sind ca. 2100 Drähte eingebaut. Die Ausrüstung mit Verstärkern konnte Ende des Jahres abgeschlossen werden. Mit radioaktiven Präparaten wurden Ansprechwahrscheinlichkeiten von besser als 99.8% erreicht. Versuche mit Teilchenstrahlen haben begonnen. Ein gewisses Problem besteht noch darin, eine stabile Gaszusammensetzung zu finden, die auch über längere Zeit die Eigenschaften der Kammern konstant läßt.

Bild 12: Vertikaler Schnitt durch das neue Hadron-Spektrometer.



2.3 Messung von Nukleon-Formfaktoren (F22)

Die quasielastische Elektron-Deuteron-Streuung $e + d \rightarrow e + n + p$ wurde untersucht, um die elektromagnetischen Formfaktoren des Neutrons zu bestimmen, deren Kenntnis noch sehr unvollständig ist. Besonders interessiert der Verlauf des elektrischen Formfaktors. Bei Impulsüberträgen von $q^2 = 1.0$ und 1.5 (GeV/c)^2 und Elektronenstreuwinkeln von 12° und 86° wurden die gestreuten Elektronen und die Rückstoßnukleonen in Koinzidenz nachgewiesen. Die für diese Messungen benutzte Apparatur ist in Bild 13 dargestellt.

Neutron-Formfaktoren

Bei diesem Experiment wurden die Verhältnisse der dreifachdifferentiellen Wirkungsquerschnitte

$$R = \frac{d^3\sigma/d\Omega_e dE' d\Omega_n}{d^3\sigma/d\Omega_e dE' d\Omega_p}$$

bestimmt. (E' ist die Energie, Ω_e der Raumwinkel des gestreuten Elektrons, Ω_n bzw. Ω_p sind die Raumwinkel, in denen das Neutron bzw. das Proton nachgewiesen werden).

Durand (A1) hat gezeigt, daß dieses Verhältnis gleich dem Verhältnis der Wirkungsquerschnitte für die freie elastische Elektron-Neutron- zu Elektron-Proton-Streuung ist, falls man nur diejenigen Elektronen betrachtet, die in die Nähe des quasielastischen Maximums gestreut werden und nur die Rückstoßnukleonen berücksichtigt, die in die Richtung des Impulsübertrages \vec{q} fliegen. Es ist also gleich dem Verhältnis der Rosenbluth-Querschnitte

$$R = \frac{(G_M^n)^2 \left\{ \frac{(G_E^n/G_M^n)^2 + \tau}{1 + \tau} + 2\tau \operatorname{tg}^2 \frac{\vartheta}{2} \right\}}{(G_M^p)^2 \left\{ \frac{(G_E^p/G_M^p)^2 + \tau}{1 + \tau} + 2\tau \operatorname{tg}^2 \frac{\vartheta}{2} \right\}}$$

Aus den Verhältnissen bei gleichen Impulsüberträgen q^2 und verschiedenen Streuwinkeln Θ lassen sich die Formfaktoren des Neutrons bestimmen, wobei für die Formfaktoren des Protons die experimentell gut bekannten Werte eingesetzt werden. Die so für das Neutron bestimmten Formfaktoren sind in der Tabelle angegeben. Bild 14 zeigt die experimentellen Werte der Neutronformfaktoren in Abhängigkeit vom Impulsübertrag: Zur Bestimmung wurden alle Experimente

Tabelle

Messungen		Ergebnisse				
$q^2 \text{ (GeV/c)}^2$	$\Theta \text{ (degr.)}$	R	$\frac{\mu_p G_E^p}{G_M^p}^2$	$\frac{G_M^p}{\mu_p G_D}$	$G_E^n^2$	$\frac{G_M^n}{\mu_n G_D}$
1.00	$\frac{12}{86}$	$0.344 \pm 0.014) \times (1 + 0.035)$ $0.392 \pm 0.016)$	0.95 ± 0.10	1.025 ± 0.02	$+ 0.0045$ ± 0.0045	0.975 ± 0.055
1.53	$\frac{12}{86}$	$0.435 \pm 0.017) \times (1 \pm 0.04)$ $0.4\epsilon 7 \pm 0.020)$	0.83 ± 0.13	1.040 ± 0.02	$+ 0.0021$ ± 0.0025	1.055 ± 0.055

In der Tabelle sind die gemessenen Werte für R und die daraus resultierenden Formfaktoren des Neutrons angegeben. Der Fehler von R ist in einen unkorrelierten Fehler und in einen Normalisations-Fehler aufgeteilt. Die Werte, die für die Proton-Formfaktoren benutzt wurden, sind in den Spalten 4 und 5 angegeben. G_D ist definiert als $G_D = (1.0 + q^2/0.71)^{-2}$

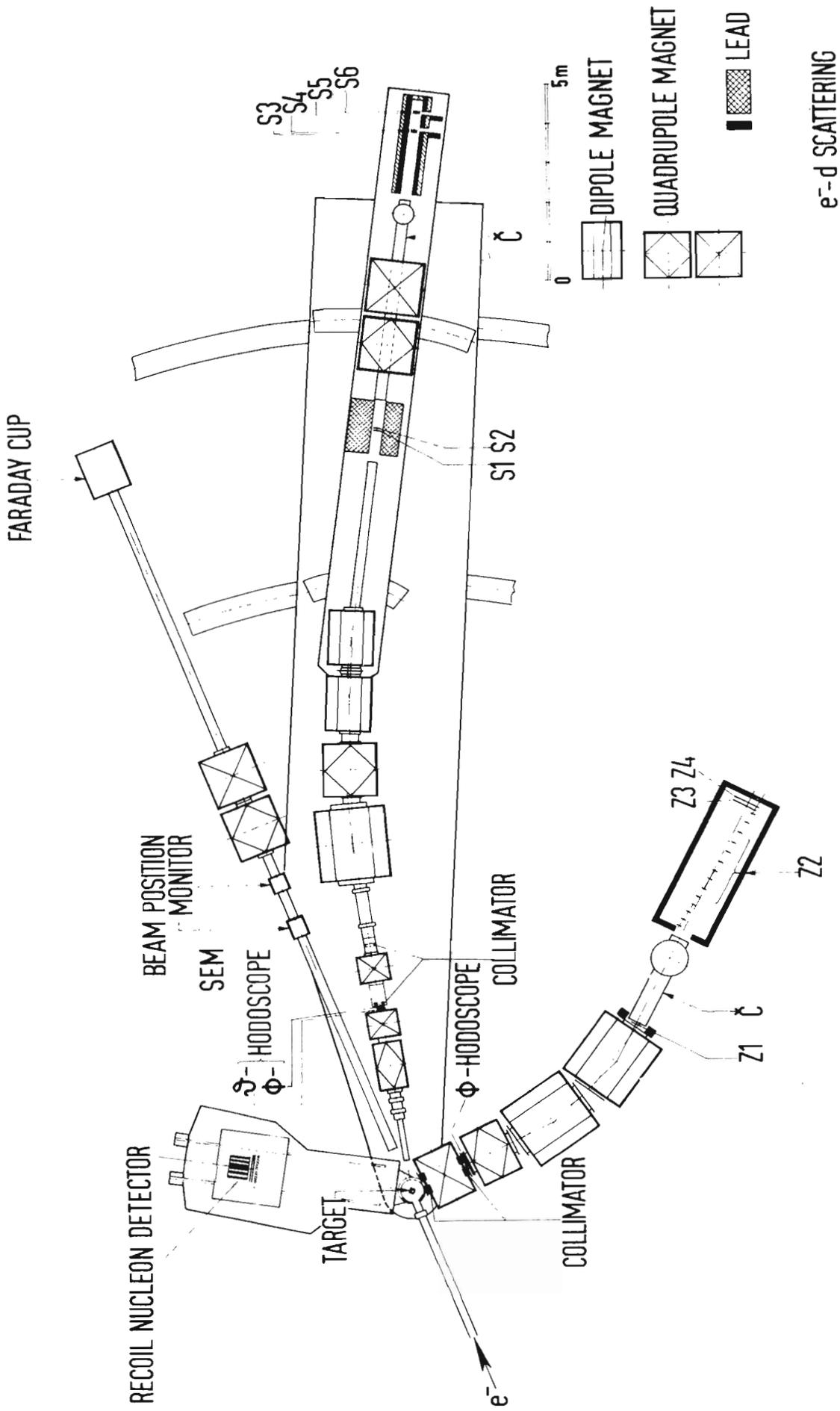


Bild 13: Aufbau der experimentellen Apparatur zur Messung der Formfaktoren von Nukleonen (Zwei Spektrometer zum Nachweis der Elektronen bei kleinen bzw. großen Streuwinkeln und ein Zähler zum Nachweis der Rückstoßnukleonen.)

e^- -d SCATTERING

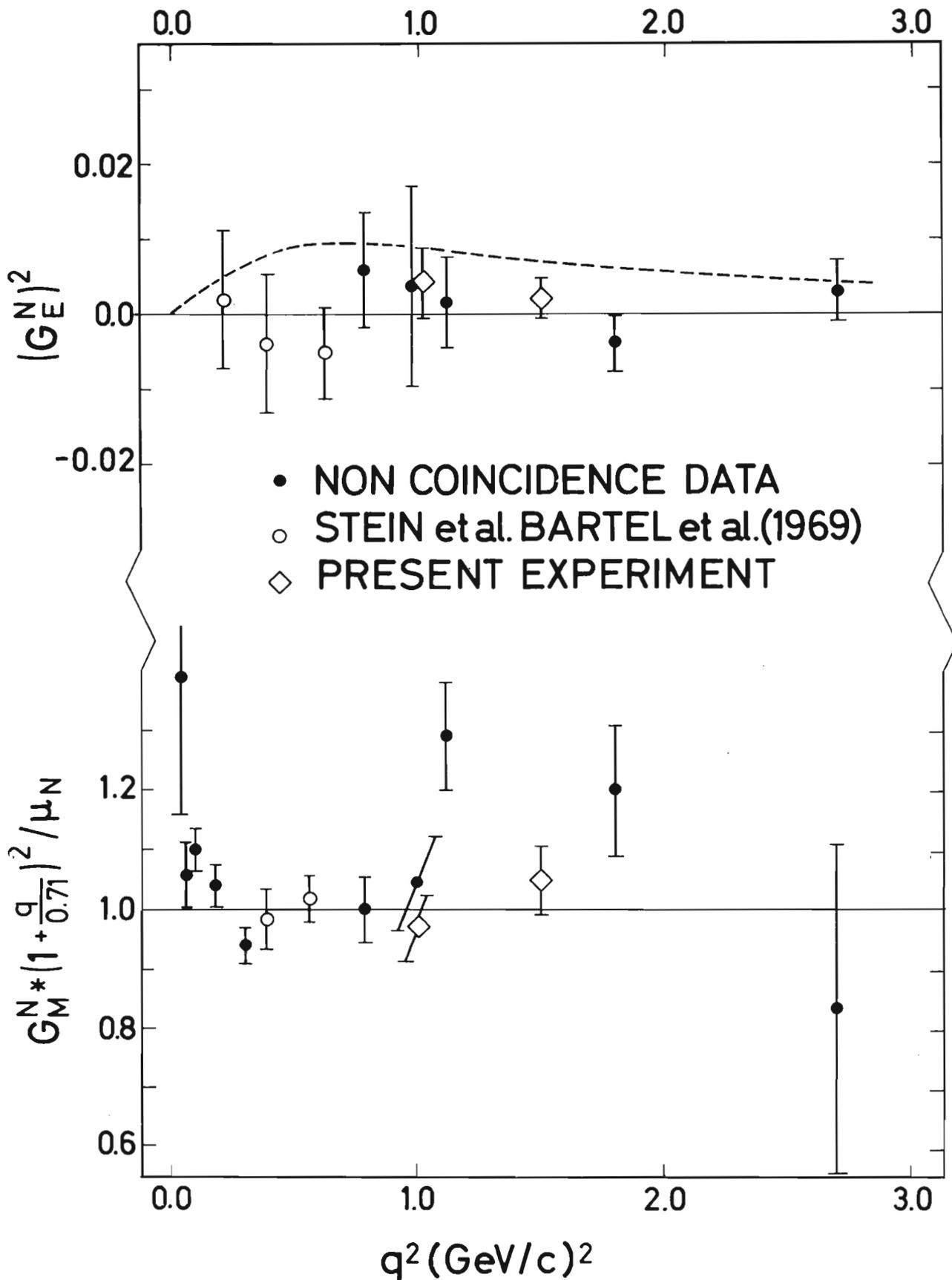


Bild 14: Verlauf der elektromagnetischen Formfaktoren des Neutrons in Abhängigkeit vom Impulsübertrag q^2 . Zur Bestimmung der Werte wurden nur Experimente zur quasielastischen Elektron-Deuteron-Streuung herangezogen.

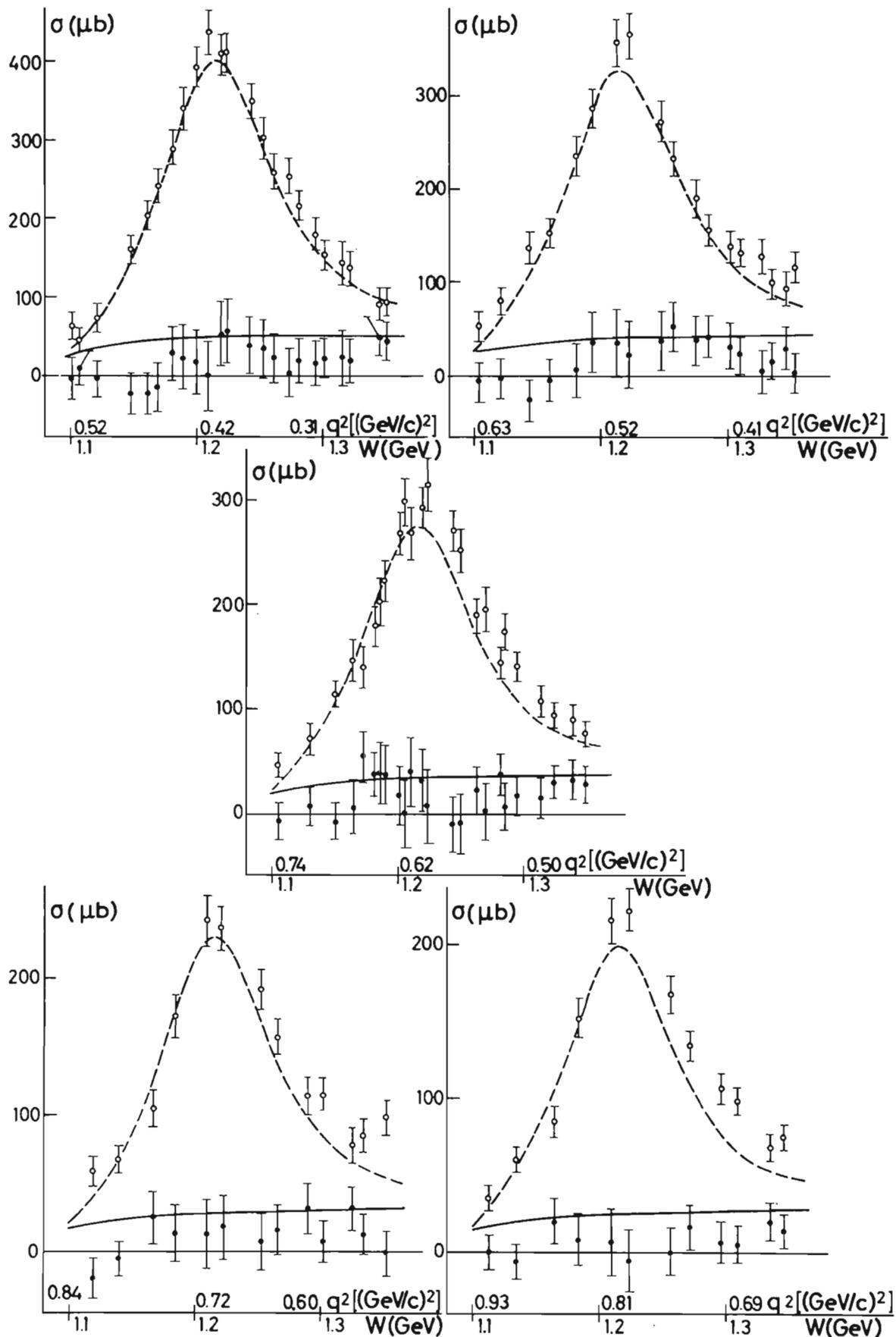


Bild 15: Der Transversale (offene Punkte) und der Longitudinale (geschlossene Punkte) Wirkungsquerschnitt σ_t bzw. σ_l als Funktion von q^2 (Impulsübertrag) und der invarianten Masse W . Eingezeichnet sind theoretische Vorhersagen nach einem Modell von Gutbrod und Simon^{A4)}

zur quasielastischen Elektron-Deuteron-Streuung benutzt. Gestrichelt eingezeichnet ist für den elektrischen Formfaktor der funktionelle Zusammenhang $G_E^n = \tau G_M^n$. Diese Beziehung ist konsistent mit der Tatsache, daß der elektrische Formfaktor bei $q^2 = 0$ einen von Null verschiedenen Anstieg hat, wie es durch die Streuung thermischer Neutronen an in Atomen gebundenen Elektronen ermittelt wurde.

Der Prozeß $e + p \rightarrow e + W$ wurde für einen Bereich der invarianten Masse W von $1.10 \leq W \leq 1.35$ (GeV) und für Impulsüberträge (in der ersten Nukleon- π -Meson-Resonanz) $q^2 = 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.78$ (GeV/c)² untersucht, indem das unter 86° gestreute Elektron nachgewiesen wurde. Der Wirkungsquerschnitt für diesen Prozeß kann in folgender Form geschrieben werden:

$$d^2\sigma/d\Omega dE = \Gamma_t (\sigma_t + \epsilon\sigma_l),$$

wobei Γ_t ein kinematischer Faktor ist, ϵ der Polarisationsparameter, der bei gegebenem q^2 und gegebener invarianter Masse nur vom Streuwinkel abhängt. σ_t ist der Wirkungsquerschnitt für transversale Photonen, σ_l der für longitudinale Photonen. Ziel des Experimentes war, σ_t und σ_l in Abhängigkeit von q^2 und W zu trennen. Hierzu braucht man Messungen unter wenigstens zwei verschiedenen Streuwinkeln. 1968 sind bereits Messungen für obigen q^2 - und W -Bereich für Streuwinkel von $\Theta = 10^\circ; 13.3^\circ$ und 35° durchgeführt worden. Diese Messungen sind in (A2) und (A3) veröffentlicht. Die Groß- und Kleinwinkelmessungen wurden kombiniert und die Trennung der beiden Wirkungsquerschnitte durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigt Bild 15. Die offenen Punkte geben die gemessenen Werte für σ_t und die geschlossenen Punkte die für σ_l an. Eingezeichnet sind außerdem Vorhersagen nach einem theoretischen Modell von Gutbrod und Simon (A4). Bild 16 zeigt das Verhalten des longitudinalen Wirkungsquerschnittes σ_l in der Nähe der Resonanz als Funktion von q^2 . Die ausgefüllten Punkte sind die Ergebnisse dieses Experimentes, die gestrichelten Werte wurden durch Kombination der früher durchgeführten Messungen (A2, A3) mit Messungen anderer Gruppen (A5, A6) ermittelt.

Untersuchungen zur π -Produktion an der Schwelle wurden bei Impulsüberträgen von 0.2 und 0.4 (GeV/c)² und invarianten Massen W von $1.080 < W < 1.150$ (GeV) und einem Streuwinkel $\Theta = 8.5^\circ$ durchgeführt. Die gestreuten Elektronen wurden in einem magnetischen Spektrometer und die Rückstoßnukleonen in dem vorhandenen Nukleonenzähler in Koinzidenz nachgewiesen. Ziel des Experimentes ist es, Vorhersagen aus der Theorie der Stromalgebra zu testen. Das Experiment befindet sich noch in der Durchführung und in der Auswertung.

Transversale und Longitudinale Wirkungsquerschnitte in der $e p$ -Streuung

Pi-Produktion an der Schwelle

- A1) L.Durand, Phys.Rev. 115, (1959), 1020; 123(1961), 1393
- A2) W.Bartel et al., Phys.Letters 27 (1968), 660
- A3) W.Bartel et al., Phys.Letters 28 (1968), 148
- A4) F.Gutbrod and D.Simon, Nuovo Cimento 51A (1967), 602
- A5) H.L.Lynch et al., Phys.Rev. 164 (1967), 1635
- A6) F.W.Brasse et al., Nuovo Cimento 55A (1968), 679

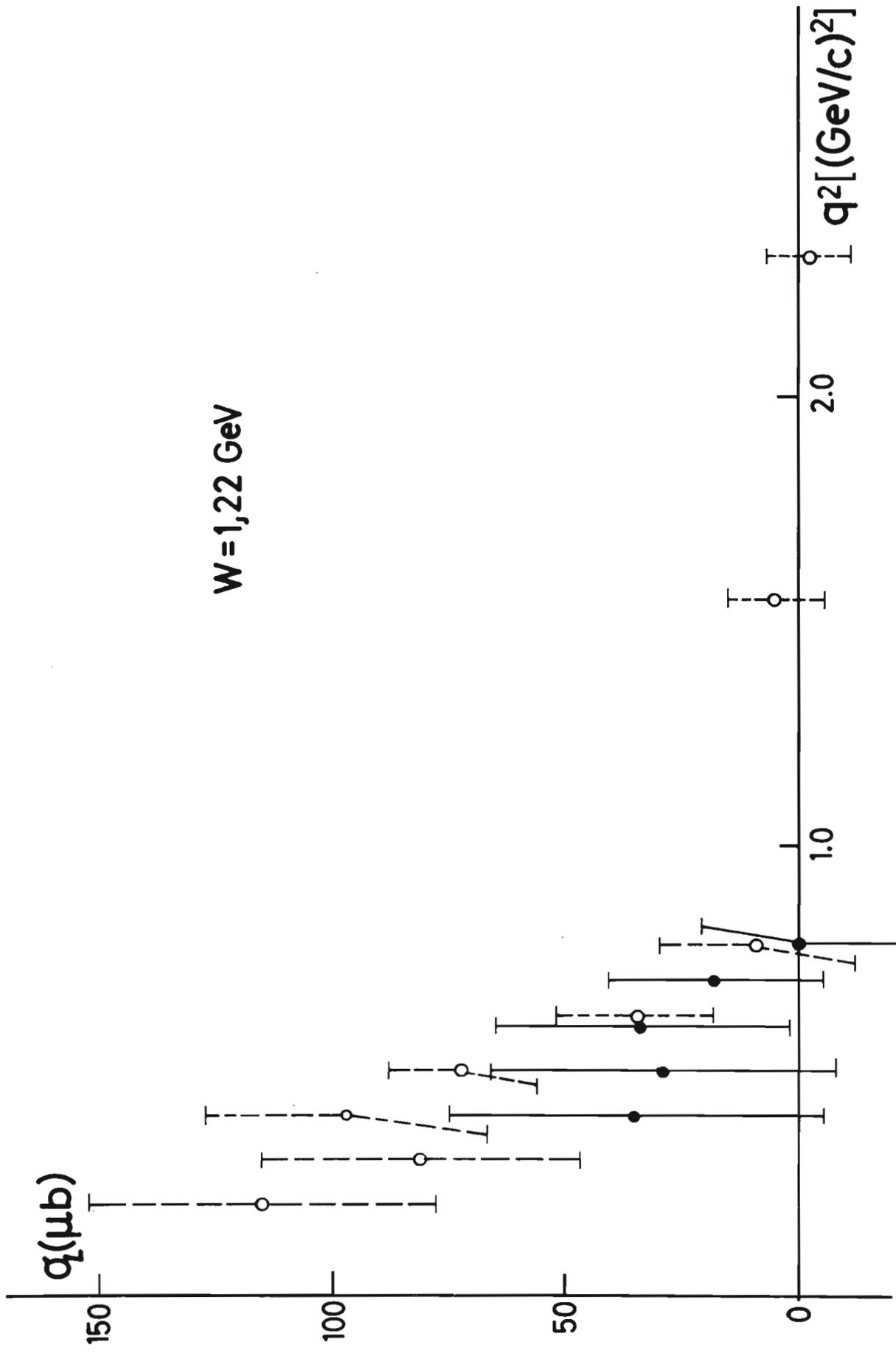


Bild 16: Verlauf der longitudinalen Wirkungsquerschnittes in dem Bereich der ersten Nukleon- π -Meson-Resonanz als Funktion des Impulsübertrages. Die ausgefüllten Punkte sind die Ergebnisse dieses Experimentes, die gestrichelten Werte wurden durch Kombination der früher durchgeführten Messungen (A2, A3) mit Messungen anderer (A5, A6) ermittelt.



2.4 Elektron-Nukleon-Streuung mit Drahtfunkenkammern (F23)

Absorption virtueller Photonen an Nukleonen

Durch den Nachweis der Elektronen, die an Protonen und Deuteronen gestreut werden, ist es möglich, den totalen Absorptionswirkungsquerschnitt virtueller Photonen am Proton und Neutron zu bestimmen. Bild 17 zeigt, daß sowohl am Proton als auch am Deuteron die Anregung von Nukleonenresonanzen beobachtet werden kann. Aus dem Vergleich der Wirkungsquerschnitte für die Anregung der Δ (1236)-Resonanz am Proton und Neutron konnte eine obere Grenze von 7% für den Isosensoranteil der Übergangsamplitude abgeleitet werden.

Mit Hilfe von Summenregeln ist es möglich, die Wirkungsquerschnitte im Resonanzgebiet mit denen im Kontinuumsgebiet zu verknüpfen. Bild 18 zeigt für festen Elektronenstreuwinkel einen Vergleich der Strukturfunktionen νW_2 , die aus Meßwerten im Resonanzgebiet abgeleitet wurden, mit der Skalenfunktion aus den tiefinelastischen Meßdaten (A1). Innerhalb der Fehlergrenzen stimmen die Flächen unter den beiden Meßkurven gut überein. Die detaillierte Auswertung der Summenregel erlaubte es weiterhin, eine Skalenvariable zu gewinnen (A2), die eine Erweiterung des Skalenbereichs der tiefinelastischen Meßdaten zu sehr kleinen Viererimpulsüberträgen erlaubt.

Ein Experiment, in dem die inelastische Elektronenstreuung im Kontinuumsgebiet bei kleinen Viererimpulsüberträgen untersucht werden soll, wird vorbereitet. Erste Testmessungen hierzu wurden durchgeführt.

Inelastische Elektronenstreuung an leichten Kernen

Als Kollaboration der Universitäten Freiburg und Karlsruhe sowie des Deutschen Elektronensynchrotrons wurden Experimente zur inelastischen Streuung von Elektronen an Li^6 und C^{12} durchgeführt. Bild 19 zeigt ein gemessenes Spektrum der an C^{12} gestreuten Elektronen und seine Separation in Beiträge der quasielastischen Elektron-Nukleon Streuung, der Anregung der Δ (1236)- und der N^* (1520)-Resonanz. Bei der Analyse der gemessenen Elektronenspektren erwies es sich sowohl bei Li^6 als auch bei C^{12} als notwendig, zur Beschreibung des Kernaufbaus eine Wellenfunktion zu verwenden, in der kurzreichweitige Korrelationen berücksichtigt sind.

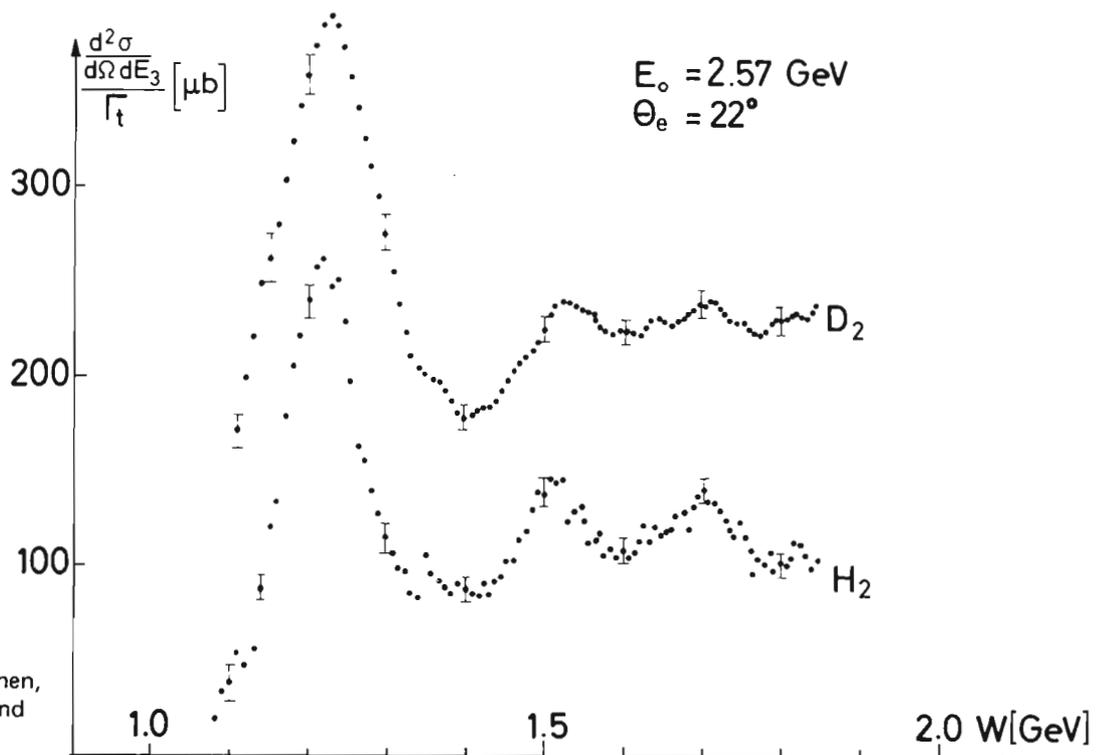


Bild 17: Spektrum der Elektronen, die inelastisch an Wasserstoff und Deuterium gestreut wurden.

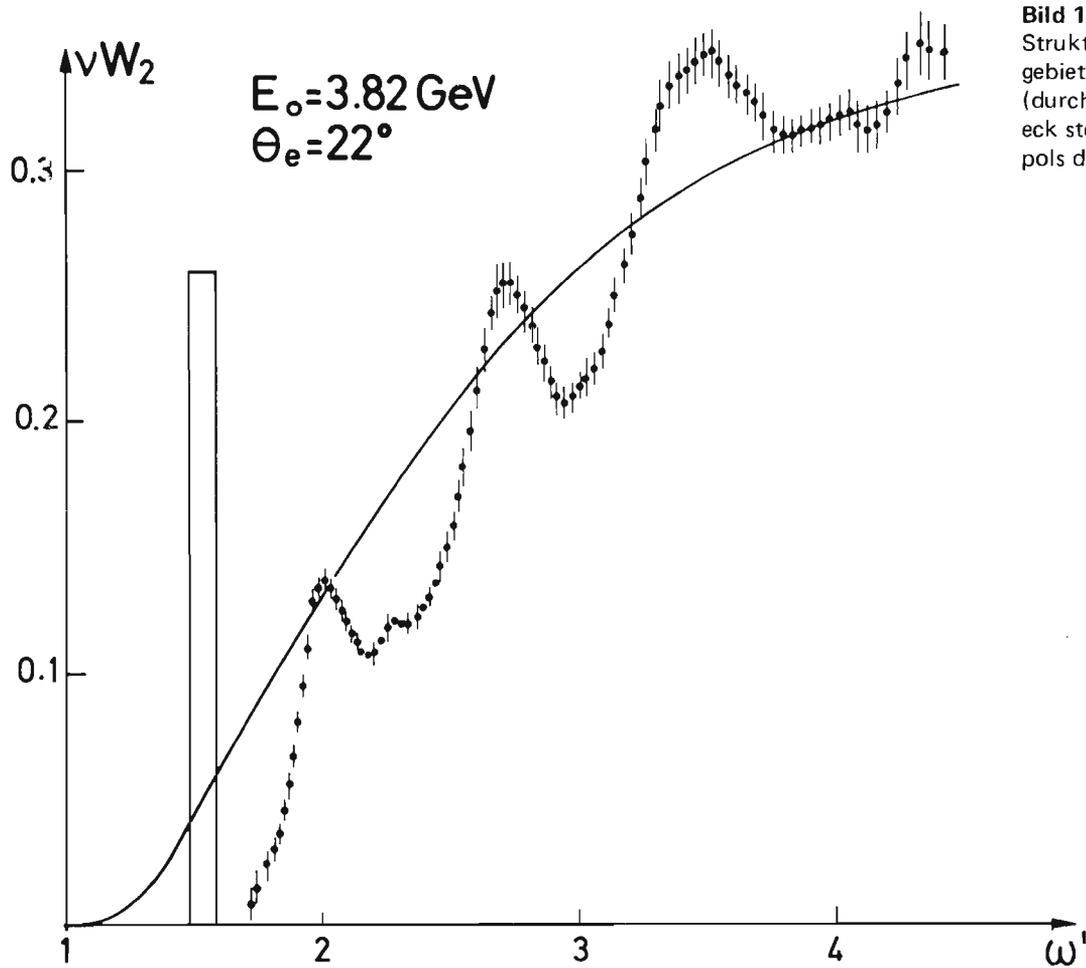


Bild 18: Vergleich der inelastischen Strukturfunktion νW_2 im Resonanzgebiet mit der tief inelastischen (durchgezogene Linie). Das Rechteck stellt den Beitrag des Nukleonpols dar.

Mit Hilfe einer (dE/dX-E)-Szintillationszähleranordnung war es möglich, Rückstoßprotonen und Rückstoßdeuteronen zu identifizieren und ihre Energien zu bestimmen. Bild 20 zeigt die Meßresultate für die Rückstoßdeuteronen der Reaktion (e, ed) an Li^6 , die gut mit theoretischen Voraussagen übereinstimmen. Die Koinzidenzwirkungsquerschnitte der (e, ep) Reaktionen an Li^6 und C^{12} können ebenfalls am besten mit Hilfe einer Wellenfunktion beschrieben werden, die kurzreichweitige Korrelationen in Betracht zieht.

A1) G.Müller et al., SLAC-PUB-815 (1971)

A2) V.Rittenberg, H.R.Rubinstein, Phys.Lett. 35B, 50 (1971)

SPEKTRUM DER GESTREUTEN ELEKTRONEN

$\frac{d^2\sigma}{dE_3 d\Omega_e} \left[\frac{\mu\text{b}}{\text{GeV}\cdot\text{sr}} \right]$
 ^{12}C
 $E_0 = 2.0 \text{ GeV}$
 $\vartheta_e = 15^\circ$

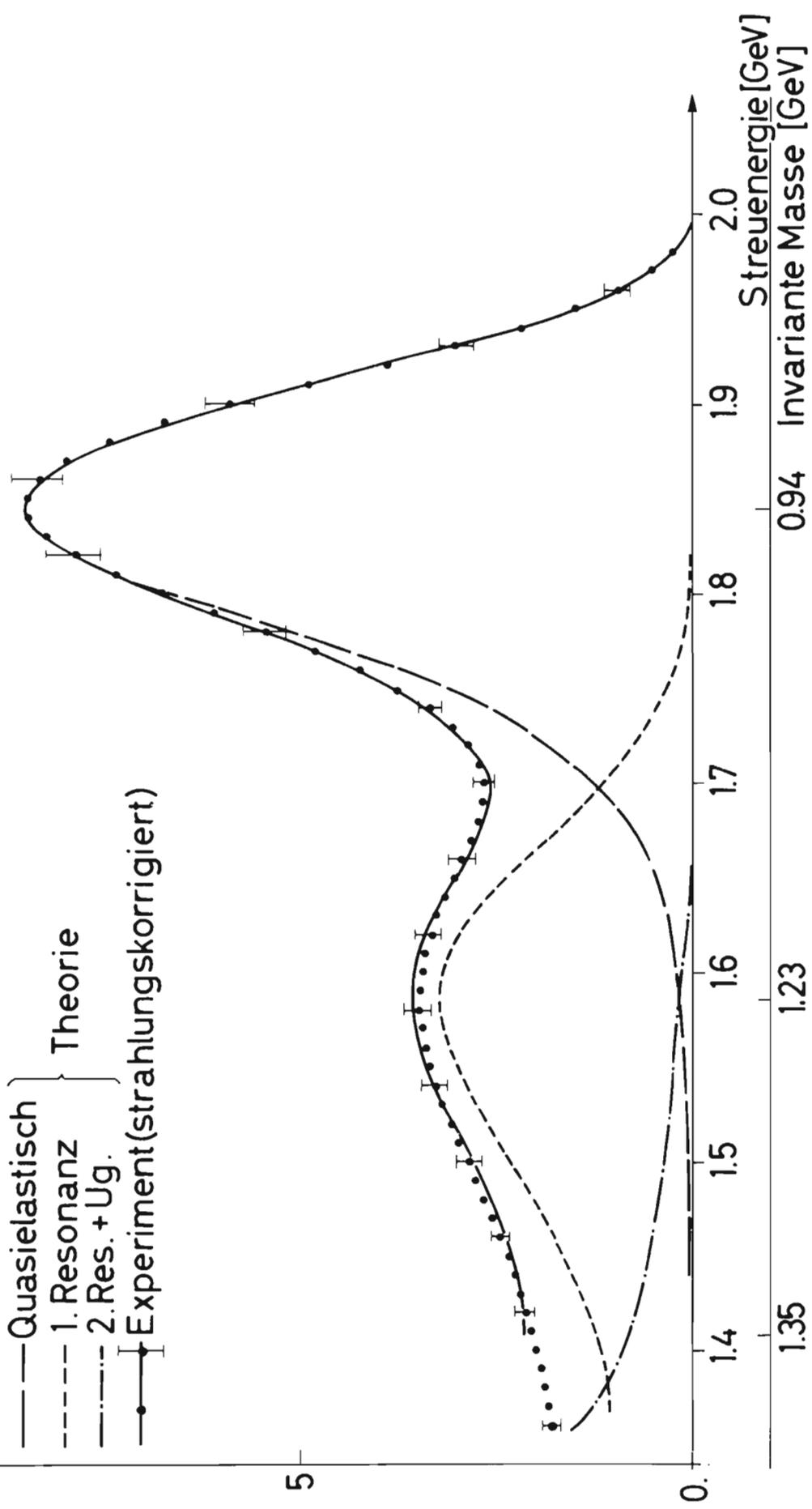


Bild 19: Elektronenspektrum für die Streuung an ^{12}C im Gebiet des quasielastischen Maximums und der $\Delta(1236)$ -Resonanz.

${}^6\text{Li}$ DEUTERONEN $10,5 \text{ fm}^{-2}$

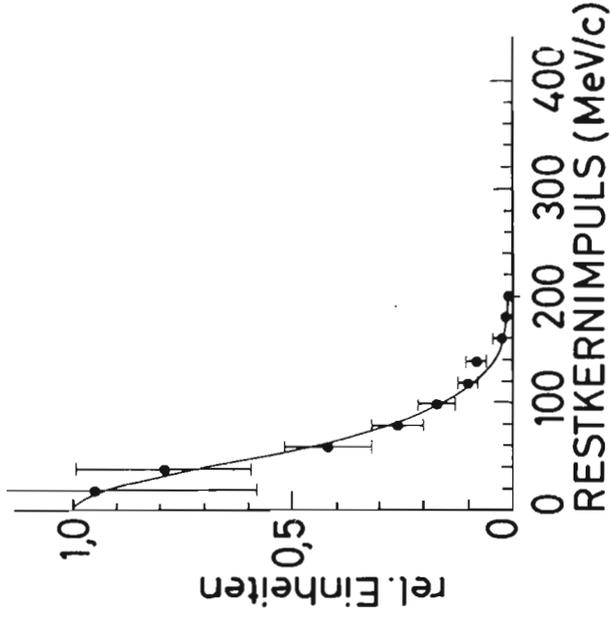
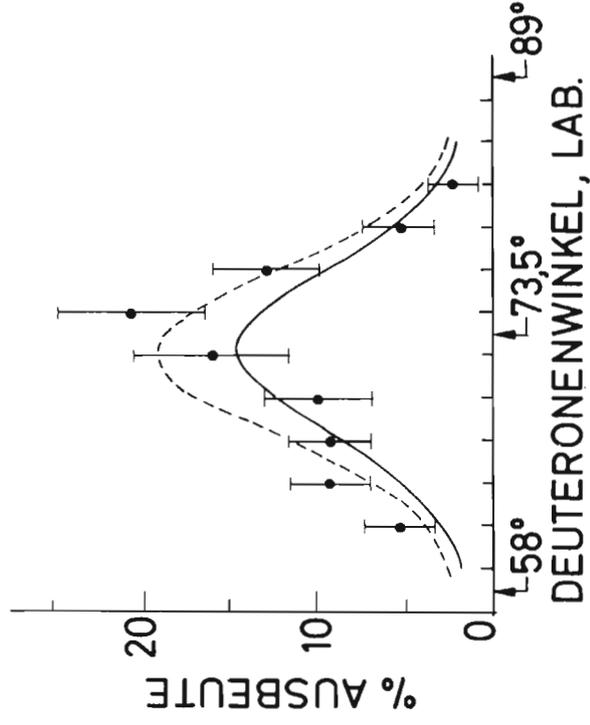
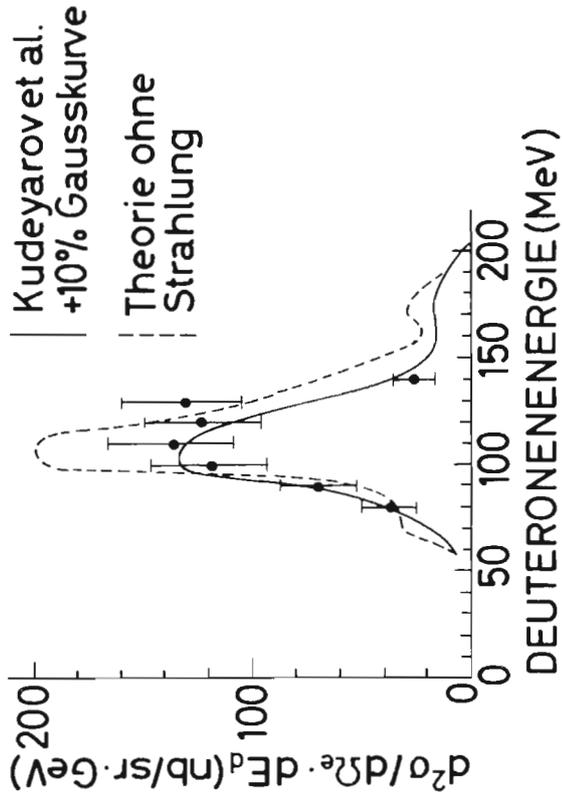
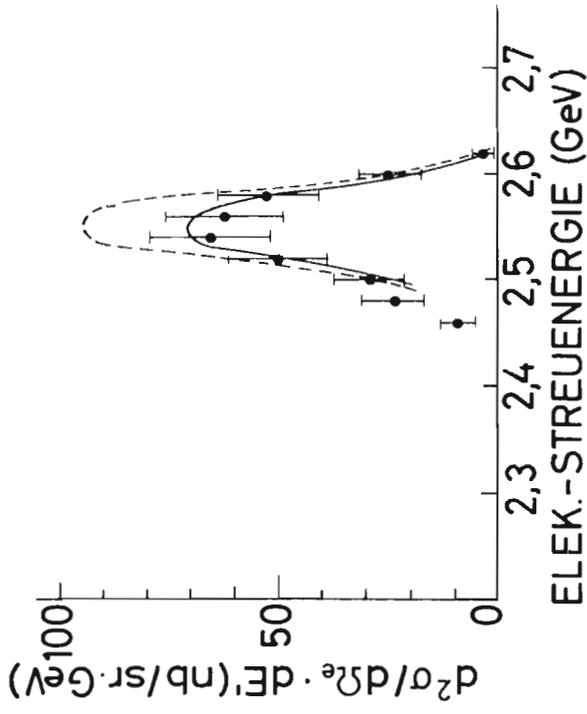


Bild 20: Wirkungsquerschnitte für den Prozeß (e, ed) an Li^6 . Dargestellt ist das Spektrum der gestreuten Elektronen, das Energiespektrum und die Winkelverteilung der erzeugten Deuteronen sowie das Impulsspektrum der Restkerne.

2.5 Paarerzeugungs-Experimente (F31 u. F36)

*Phase der virtuellen
Comptonstreuung,
F31*

Im Anschluß an die Messungen der Photoerzeugungsphase des ρ - und ϕ -Mesons relativ zur Phase der Bethe-Heitler-Paarerzeugung, die in den Vorjahren durchgeführt wurde, ist 1971 mit einem Programm zur Messung der Phase der virtuellen Comptonstreuung in der Reaktion $\gamma + p \rightarrow p + \gamma' \rightarrow p + e^+ + e^-$ begonnen worden. Wie im Fall der Vektormesonen wird auch hier die Interferenz des Endzustandes, d.h. des gestreuten (virtuellen) γ -Quants, $\gamma' \rightarrow e^+e^-$, mit elektromagnetisch erzeugten (e^+e^-)-Paaren zur Messung ausgenutzt. Die invariante Masse des virtuellen Photons soll von $M \approx 20$ MeV bis zur Masse des ρ -Mesons variiert werden. Durch Extrapolation nach $M = 0$ kann eine unabhängige Messung des Realteils der reellen Compton-Streuamplitude gewonnen werden (A1).

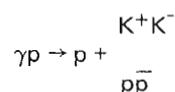
Um Einsicht in die zu erwartenden Zählraten und Untergrundverhältnisse zu bekommen, wurden mit dem bisherigen F31-Paarspektrometer bei Streuwinkeln von 2.0° und 4.2° Testmessungen durchgeführt. Es zeigte sich, daß bei 2° das Verhältnis zwischen Signal und Rauschen sehr klein ist. Das Rauschen wird hauptsächlich durch bei kleinen Winkeln erzeugten (e^+e^-)-Paaren und π^0 -Mesonen hervorgerufen. Eine Messung mit vertretbarem Aufwand ist dabei nicht möglich. Bei 4.2° erscheint das Experiment dagegen trotz geringen Wirkungsquerschnittes für den Compton-Prozeß durchführbar.

Daher wurde ein verändertes Doppelarmspektrometer (größere Akzeptanz, kleinere Beiträge von π^0 -Erzeugung) neu aufgebaut, mit dem zunächst ein Meßpunkt bei 4.2° gewonnen werden soll.

A1) M.Damashek, F.J.Gilman, P.R. DL, 1319 (1970)

*Vorbereitung von Expe-
rimenten zur Antiteilchen-
Paarerzeugung, F36*

Das im Jahre 1970 vorgeschlagene Experiment, die Reaktionen



mit Hilfe eines energiemarkierten Photonenstrahls zu untersuchen, befindet sich im Stadium der Vorbereitung.

Die experimentelle Apparatur besteht im Wesentlichen aus einem großen Funkenkammer-Spektrometer mit einem Analysiermagnet. Der targetnahe Bereich soll mit Proportionalkammern, der targetferne Bereich soll mit Drahtfunkenkammern erfaßt werden.

Im Jahre 1971 wurden neun 1 m^2 große Drahtfunkenkammern mit der zugehörigen Ausleseelektronik für die magnetischen Speicherkerne hergestellt.

Die Ansprechwahrscheinlichkeit und die digitale Ausleseelektronik wurden mit radioaktiven Quellen und kosmischer Strahlung getestet.

Die experimentelle Kontrolle und die Dateneinlese wird durch einen on-line-Rechner vom Typ PDP-8 übernommen. Die Assembler- und Fortranprogramme für die on-line und off-line Steuerung bzw. Analyse des Experiments wurden fertiggestellt und getestet.

Für den targetnahen Bereich wurden zunächst zwei Proportionalkammern von $30 \times 30 \text{ cm}^2$ und $60 \times 60 \text{ cm}^2$ gebaut. In jeder Kammer sind zwei getrennte Systeme mit jeweils drei Drahtebenen (2 Hochspannungsebenen, 1 Signaldrahtebene) untergebracht, sodaß die horizontale und vertikale Koordinate des Teilchens gemessen werden kann. Während des Jahres 1971 wurden Versuchsreihen unternommen, um eine möglichst weitgehende Unterdrückung der Nachpulse zu erreichen und das zeitliche und räumliche Auflösungsvermögen zu studieren.

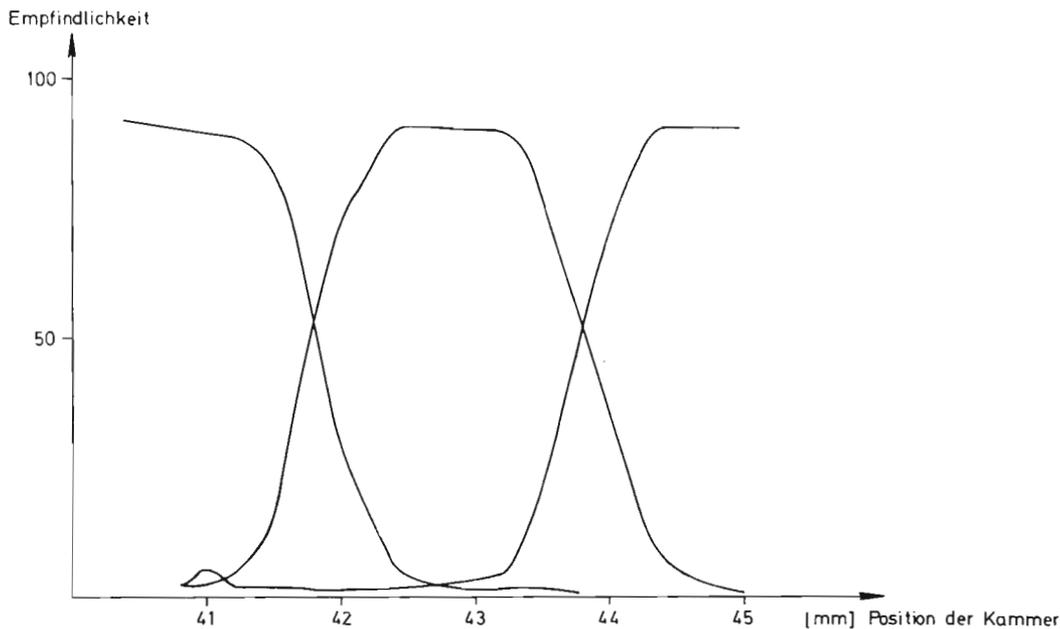


Bild 21: Ansprechwahrscheinlichkeiten einzelner Drähte als Funktion der Position der Kammer.

Als Füllgas wurde eine Argon-CO₂-Mischung verwendet, wobei sich ein Mischungsverhältnis von 2:1 als optimal herausstellte. Bei dieser Mischung lag die Spannungsgrenze für den Nachweis minimal ionisierender Teilchen bei 4 kV und es konnte bei 4.5 kV und einer Strobe-Breite von 50 nsec eine hundertprozentige Nachweiswahrscheinlichkeit mit einer Plateaubreite von 25 nsec der zeitlichen Auflösungskurve erreicht werden. Etwa 5-10% der prompten Pulse waren mit teilweise 50-100 nsec später kommenden Nachpulsen gekoppelt.

In Bild 21 ist die Nachweiswahrscheinlichkeit benachbarter Drähte als Funktion der Position eines auf 1 mm Halbwertsbreite definierten Elektronenstrahls gezeigt. Das wesentliche Ergebnis dieses Versuchs ist, daß bei Durchgang eines Teilchens im allgemeinen nur der Draht anspricht, der der Teilchenspür am nächsten liegt. Auch bei Teilchendurchgang in der Mitte zwischen zwei Drähten gibt es nur etwa 20% Doppelsignale, sodaß man als Ortsauflösung der Kammer den Drahtabstand annehmen kann.

Komplizierter liegen die Verhältnisse bei schrägem Teilchendurchgang. Hier können nacheinander mehrere benachbarte Drähte ansprechen, wobei der Zeitunterschied durch die Driftzeit der Elektronenlawine zwischen dem Schnittpunkt der Teilchenbahn mit den vom jeweiligen Signaldraht ausgehenden Feldlinien, und dem Signaldraht hervorgerufen wird. Bild 22a zeigt die zeitliche Auflösungskurve bei senkrechtem Einfall, Bild 22b bei schrägem Einfall. Man sieht deutlich den Anstieg des Anteils der verzögerten Impulse von den Nachbardrähten.

Mit dem Blick auf Einsatz von Proportionalkammern wurde die targetnahe Zone des Experiments neu konzipiert (Bild 23). Um das Target ist außerdem ein aus 24 Elementen bestehendes Szintillationszählerhodoskop angeordnet. Hiermit wird es möglich sein, unter großen Winkeln ausgehende Teilchen (z.B. Rückstoßprotonen) hinsichtlich ihres Azimutwinkels zu registrieren, um so eine Abtrennung der elastischen Ereignisse $\gamma + p \rightarrow \phi(\rho) + p$ von Ereignissen, bei denen noch zusätzlich π -Mesonen auftreten, zu erreichen.

Alle übrigen Komponenten des Experiments (Magnet, Wasserstofftarget, Szintillationszähler, Cerenkovzähler) sind noch im Bau bzw. in der Konstruktion, sodaß weitergehende Tests noch nicht möglich waren.

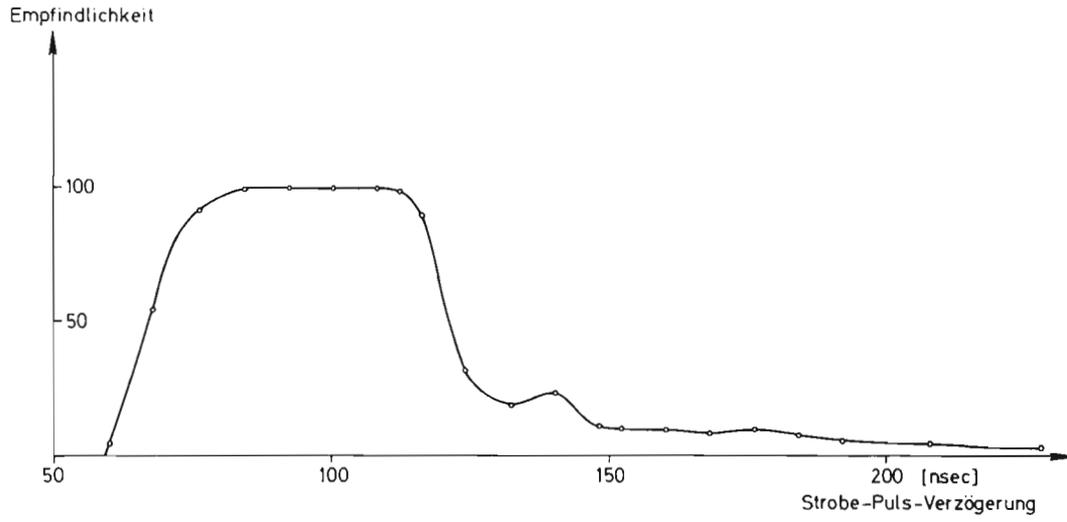


Bild 22a: Ansprechwahrscheinlichkeit der Kammern bei einem Strobe-Puls von 50 nsec und senkrechtem Teilchendurchgang.

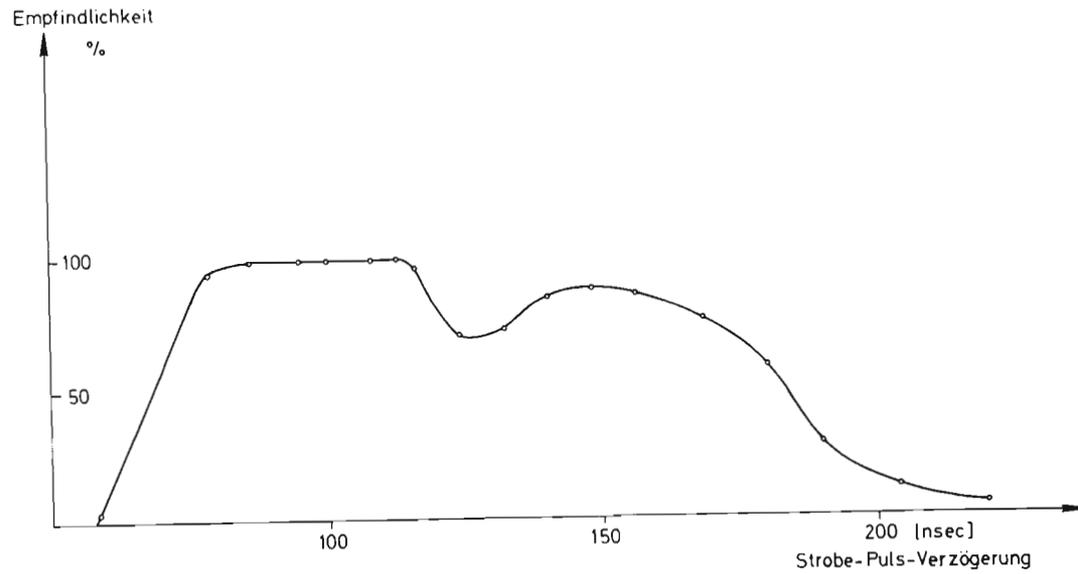


Bild 22b: Ansprechwahrscheinlichkeit bei einem Teilchendurchgang unter 15° zur senkrechten Richtung.

Front Layout

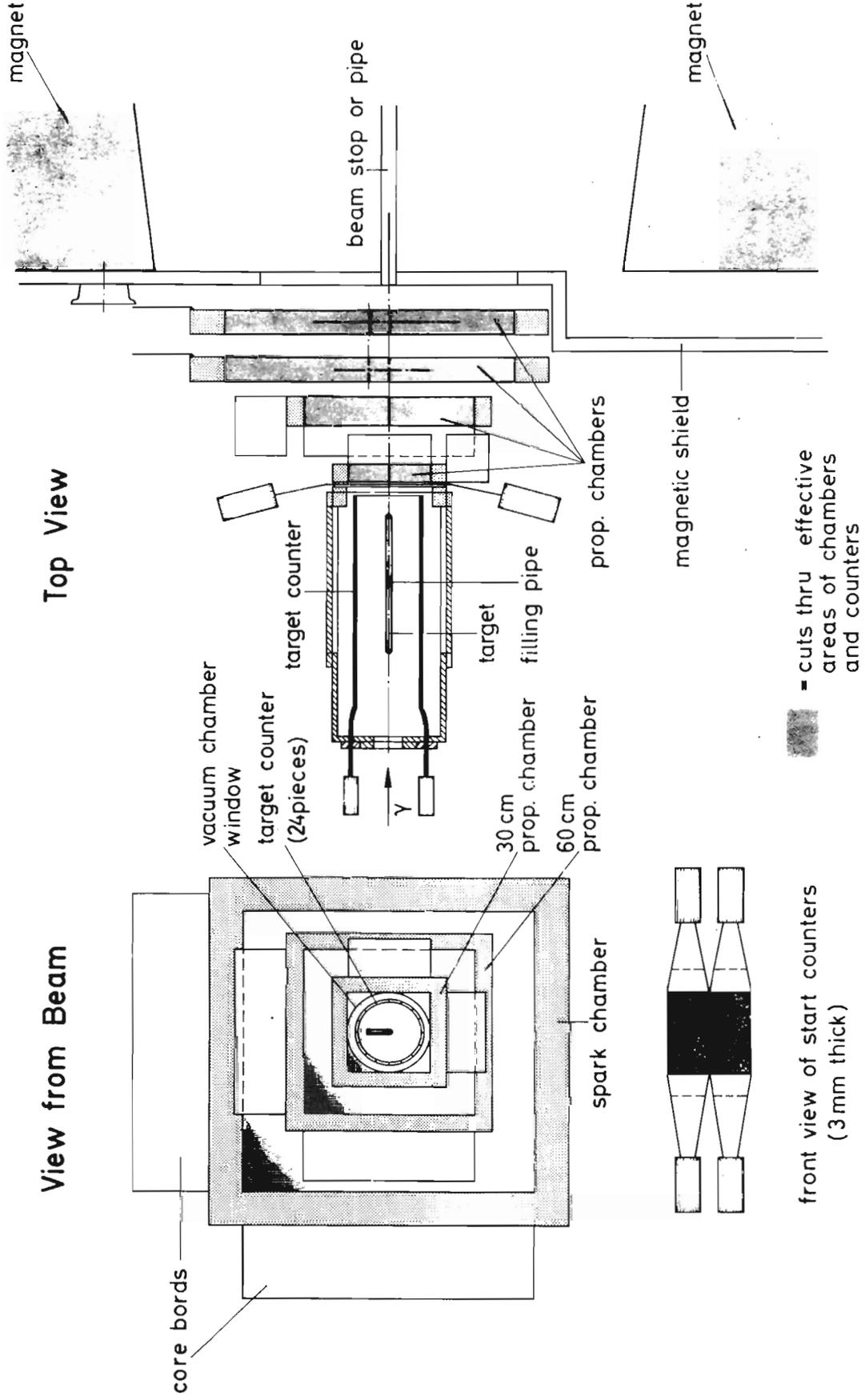


Bild 23: Anordnung von Zählern und Proportionalkammern in Targetnähe.

2.6 Elektroerzeugung von Mesonen (F32)

Die Gruppe F32 untersucht die Erzeugung von Mesonen in Stoßprozessen zwischen hochenergetischen Elektronen und Protonen. Dabei werden sowohl das gestreute Elektron als auch ein oder zwei Mesonen bzw. das Rückstoßproton in zwei Spektrometern gemessen. Diese Spektrometer können gleichzeitig Teilchen in sehr großen Bereichen des Raumwinkels und der Teilchenimpulse erfassen. Durch Ablenkung der Teilchen in einem Magnetfeld und Nachweis ihrer Spuren in optischen Funkenkammern werden Impuls und Winkel bestimmt, in nachfolgenden Cerenkov- und Schauerzählern ihre Massen analysiert. Jedes einzelne Ereignis wird fotografisch registriert; die Bildinformation wird automatisch digitalisiert und auf der IBM -Rechenanlage ausgewertet. Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bestimmter betrachteter Reaktionen. Daraus kann man Information über die elektromagnetische Struktur von Mesonen und Nukleonen gewinnen.

Schwerpunkte unserer Arbeit im Berichtsjahr waren

- (1) die Auswertung der aufgenommenen Daten und
- (2) die Vorbereitung weiterer Experimente.

Aus der vorliegenden Datenmenge von 300.000 Ereignissen des Typs

$$e + p \rightarrow e' + \pi \text{ bzw. } p' + \text{unbeobachtete Teilchen}$$

wurden detaillierte Wirkungsquerschnitte für folgende Reaktionen ermittelt:

- | | |
|--|--|
| a) $e + p \rightarrow \underline{e'} + \underline{\pi^+} + n$ | (Einfach- π^+ -Erzeugung in Richtung des Elektronstoßes) |
| b) $e + p \rightarrow \underline{e'} + \underline{\pi^+} + \Delta^{\circ}(1236)$ | (π^+ -Erzeugung bei gleichzeitiger Anregung der 1. Nukleonresonanz) |
| c) $e + p \rightarrow \underline{e'} + \underline{p'} + \pi^{\circ}$ | (π° -Erzeugung in der zur Stoßrichtung des Elektrons entgegengesetzten Richtung) |
| d) $e + p \rightarrow \underline{e'} + \underline{p'} + \rho^{\circ}, \omega$ | (Vektormeson-Erzeugung in der zur Stoßrichtung des Elektrons entgegengesetzten Richtung) |
| e) $e + p \rightarrow \underline{e'} + \rho^{\circ} + p'$ | (ρ° -Meson-Erzeugung in Richtung des Elektronstoßes) |
| $\mapsto \underline{\pi^+} + \underline{\pi^-}$ | |

(gemessen wurden jeweils die unterstrichenen Teilchen)

Es hat sich gezeigt, daß beim Stoß von Elektron und Proton die Emissionswahrscheinlichkeit eines π^+ -Mesons (Reaktion a) entlang der Stoßrichtung mit der Härte des Stoßes, d.h. mit dem Impulsübertrag q^2 anfänglich anwächst und erst bei großen Stoßhärten wieder abnimmt. Dieses besondere Verhalten (siehe Bild 25) kann man erklären, wenn man die Reaktion als das Herausschlagen eines Pions aus der das Nukleon umgebenden Pionwolke auffaßt. Aus der Abhängigkeit der Pion-Emission von der Stoßhärte kann man den elektrischen Formfaktor des Pions, eine Größe, die die räumliche Verteilung der elektrischen Ladung dieses Teilchens beschreibt, ermitteln (siehe Bild 26).

Die Untersuchung der Elektroerzeugung von Mesonen entgegengesetzt zur Stoßrichtung des Elektrons (Reaktion c und d) dient dazu, Information über hochenergetische angeregte Zustände des Nukleons zu gewinnen.

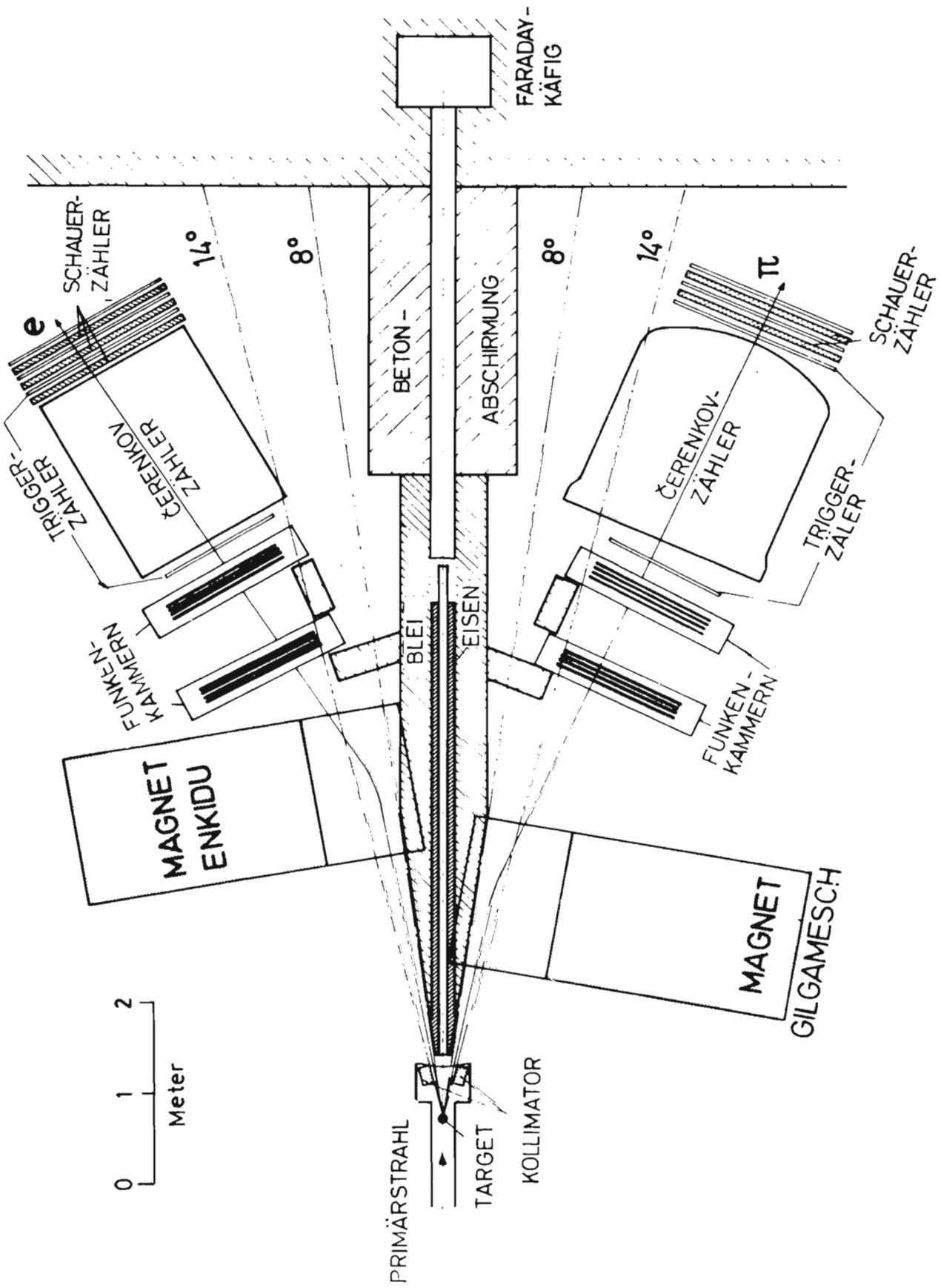
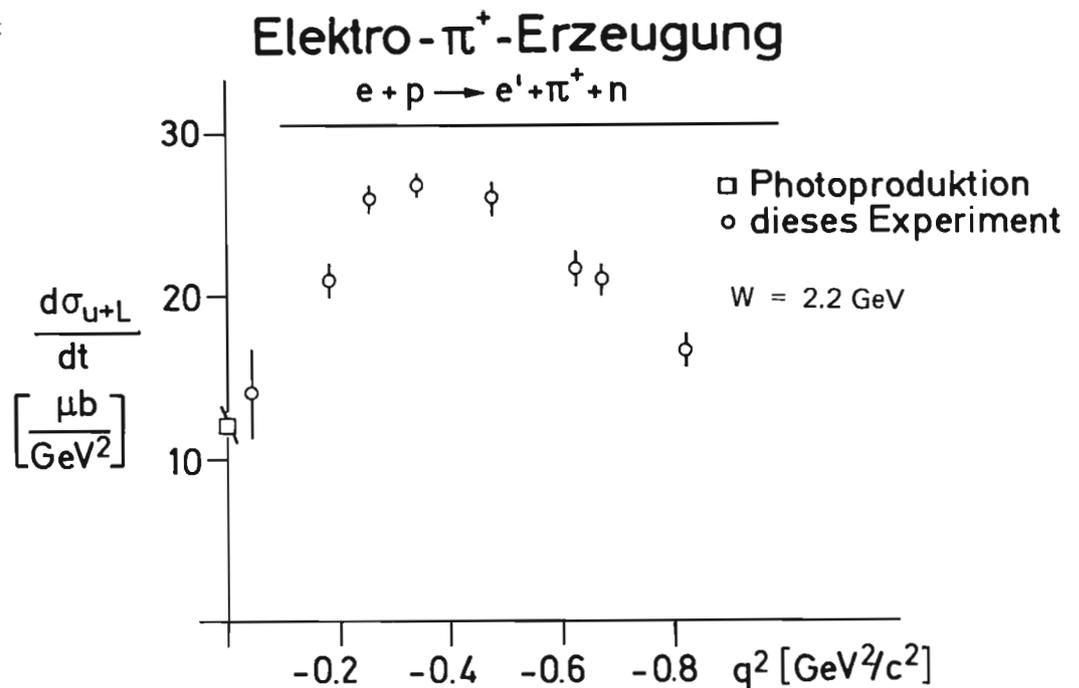


Bild 24: Die experimentelle Apparatur der Gruppe F32.

Bild 25: Der Wirkungsquerschnitt für die Elektroproduktion von π^- -Mesonen in Abhängigkeit vom Quadrat des Impulsübertrages



Die Erzeugung von ρ^0 -Mesonen beim Elektron-Proton-Stoß (Reaktion e) ist ein Prozeß, bei dem das Proton während des Reaktionsablaufs nahezu ungestört bleiben sollte. Das Energiequant, das das stoßende Elektron abgibt, kann sich direkt in das emittierte ρ^0 -Meson verwandeln. Unsere Messung dieser Reaktion hat einen überraschend flachen Abfall der ρ^0 -Erzeugung mit wachsender Stoßhärtigkeit gezeigt (Bild 27). Aus dem Verhalten dieser Emissionswahrscheinlichkeit läßt sich die Umwandlung der elektromagnetischen Energie in Materieteilchen untersuchen.

Parallel zur Auswertung der aufgenommenen Daten wurden Planung und Vorbereitung weiterer Experimente begonnen:

Um die π^- -Erzeugung unter gleichzeitiger Anregung der 1. Nukleonresonanz, $e + p \rightarrow e' + \pi^- + \Delta^{++}(1236)$, untersuchen zu können, wurde die für den Nachweis zweier negativer Teilchen in den beiden Spektrometerarmen nötige Magnetfeldkonfiguration der Experimentiermagnete vermessen.

Im Hinblick auf die geplante Messung der Erzeugung von K-Mesonen bei inelastischen Elektron-Protonstößen $e + p \rightarrow e' + K^+ + (\Lambda, \Sigma)$ wurden Testmessungen durchgeführt und danach mit der Konstruktion zweier großflächiger Szintillationszählerhodoskope für Laufzeitmessungen begonnen.

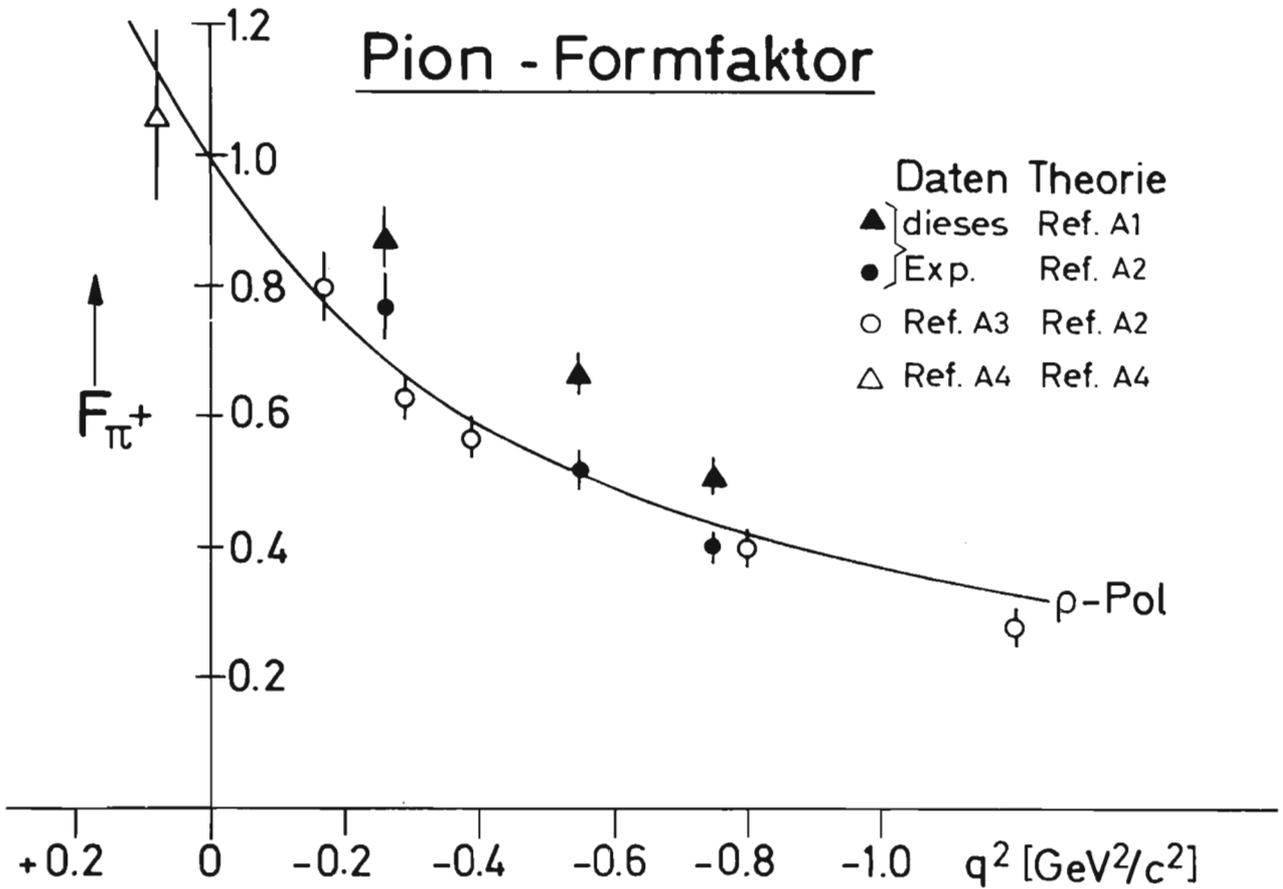
Durch eine elektronische Umrüstung der Anlage für die automatische Digitalisierung der Funkenkammeraufnahmen wurde die für die Ausmessung eines Ereignisses benötigte Zeit von 6 sec/Bild auf 1 sec/Bild reduziert. Damit kann jede Aufnahme eines Ereignisses genauso schnell ausgewertet werden, wie sie im Experiment aufgenommen wurde.

- A1) W.Schmidt, DESY 71/22 (1971)
- A2) F.A.Berends, Phys.Rev.D1, 2590 (1970)
- A3) L.N.Brown et al., Phys.Rev.Lett. 26, 991 (1971)
- A4) S.F.Berezhnev et al., Dubna Preprint PI-6197 (1971)
- A5) H.Alvensleben et al., Phys.Rev.Lett.23, 1058 (1969)
- A6) Aachen-Berlin-Bonn-Hamburg-Heidelberg-München Collaboration, Phys.Rev. 175, 1669 (1968)
- A7) F.W.Brasse et al., DESY 71/2 (1971)
- A8) H.Fraas, D.Schildknecht, Nucl.Phys. B14, 543 (1969)

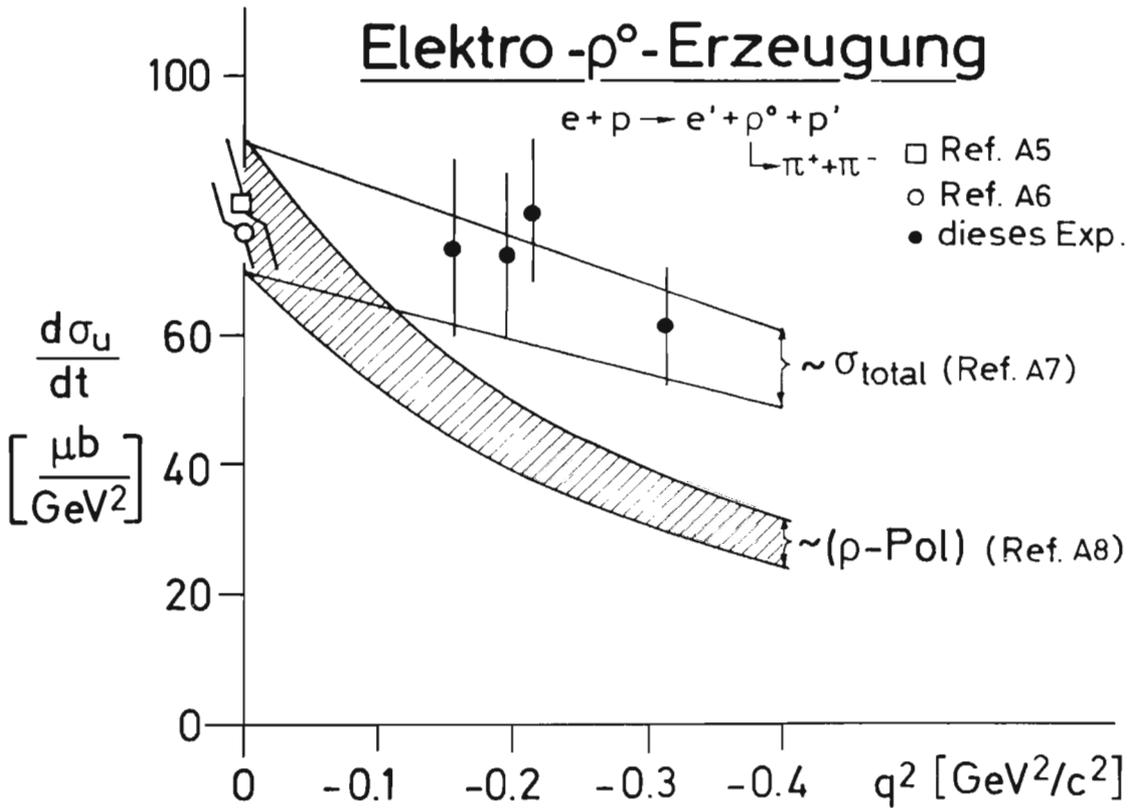
Bild 26: Der Formfaktor des π^- -Mesons in Abhängigkeit vom Quadrat des Impulsübertrages

Bild 27: Der Wirkungsquerschnitt für die Elektroproduktion von ρ^0 -Mesonen in Abhängigkeit vom Quadrat des Impulsübertrages

Pion - Formfaktor



Elektro - ρ^0 -Erzeugung



2.7 Photoerzeugung von neutralen Mesonen (F34)

Inkohärente π^0 -Photoproduktion an Deuterium

Die Gruppe F34 aus Angehörigen des I. Physikalischen Instituts der RWTH Aachen, des Physikalischen Instituts der Universität Bonn und des DESY führte im Berichtsjahr ein Experiment zur Bestimmung des Verhältnisses

$$R = \frac{\gamma d \rightarrow \pi^0 n}{\gamma d \rightarrow \pi^0 p} \frac{n_{sp}}{p_{sp}}$$

über die inkohärente π^0 -Photoproduktion an Deuterium durch. Die Messungen erfolgten bei einer mittleren Energie $K = 4$ GeV, simultan für 13 verschiedene Werte des invarianten Viererimpulsübertrags t im Bereich $0.2 \leq |t| \leq 1.2$. In erster Näherung läßt sich mit diesem Verhältnis und dem bekannten Wirkungsquerschnitt für die π^0 -Produktion an freien Protonen der Wirkungsquerschnitt für die Produktion an freien Neutronen bestimmen

$$d\sigma/dt (\gamma n \rightarrow \pi^0 n) = R \cdot d\sigma/dt (\gamma p \rightarrow \pi^0 p)$$

Mit dem gleichen Aufbau wurde die frühere Messung (A1) der Reaktion

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

wiederholt. Diese Messung diente einmal als Test des Versuchsaufbaus, aber vor allem der Bestimmung des Verhältnisses

$$\tilde{R} = \frac{\gamma d \rightarrow \pi^0 p}{\gamma p \rightarrow \pi^0 p} \frac{n_{sp}}{p_{sp}}$$

mit einem möglichst geringen systematischen Fehler.

Das Ergebnis $\tilde{R} \approx 1$ stützt unsere Annahme über das Verhältnis der π^0 -Produktion an freien Protonen und der an freien Neutronen.

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Target, das mit Wasserstoff oder Deuterium gefüllt wird, einem vorhandenen Aufbau von 14 Cerenkovzählern (A2) zum Nachweis der π^0 -Mesonen aus den 13 verschiedenen t -Bereichen und einem Zweig zum Nachweis der Rückstoßteilchen (Proton bzw. Neutron). Der durch das Rückstoßteleskop erfaßte Winkelbereich reicht zum Nachweis der Rückstoßteilchen aus den 13 t -Bereichen aus.

Die Protonen wurden in zwei Szintillationszählerhodoskopen nachgewiesen. Dahinter befindet sich ein Szintillationszählerblock zum Nachweis der Neutronen. Zum Beginn des Berichtsjahres wurde die Nachweiswahrscheinlichkeit dieses Zählers für Neutronen über die Reaktion

$$\gamma p \rightarrow \pi^+ + n$$

unter Benutzung des Spektrometers von F35 zum Nachweis der π^+ -Mesonen bestimmt.

Die Messungen des Verhältnisses R wurden bis Mitte des Jahres durchgeführt, die endgültige Auswertung der Messungen wurde bis Ende 1971 nahezu abgeschlossen. Vorläufige Ergebnisse wurden zur Cornell Conference eingereicht.

π^0 -Photoproduktion an polarisierten Protonen

Als zweites Experiment wurde die Untersuchung der π^0 -Photoproduktion an polarisierten Protonen

$$\gamma p \uparrow \rightarrow \pi^0 p$$

begonnen. Der Gesamtaufbau besteht wie bei Deuteriumexperiment aus dem Target, den 14 Cerenkovzählern zum Nachweis der π^0 -Mesonen und einem Zweig aus Szintillationszählerhodoskopen zum Nachweis der Protonen.

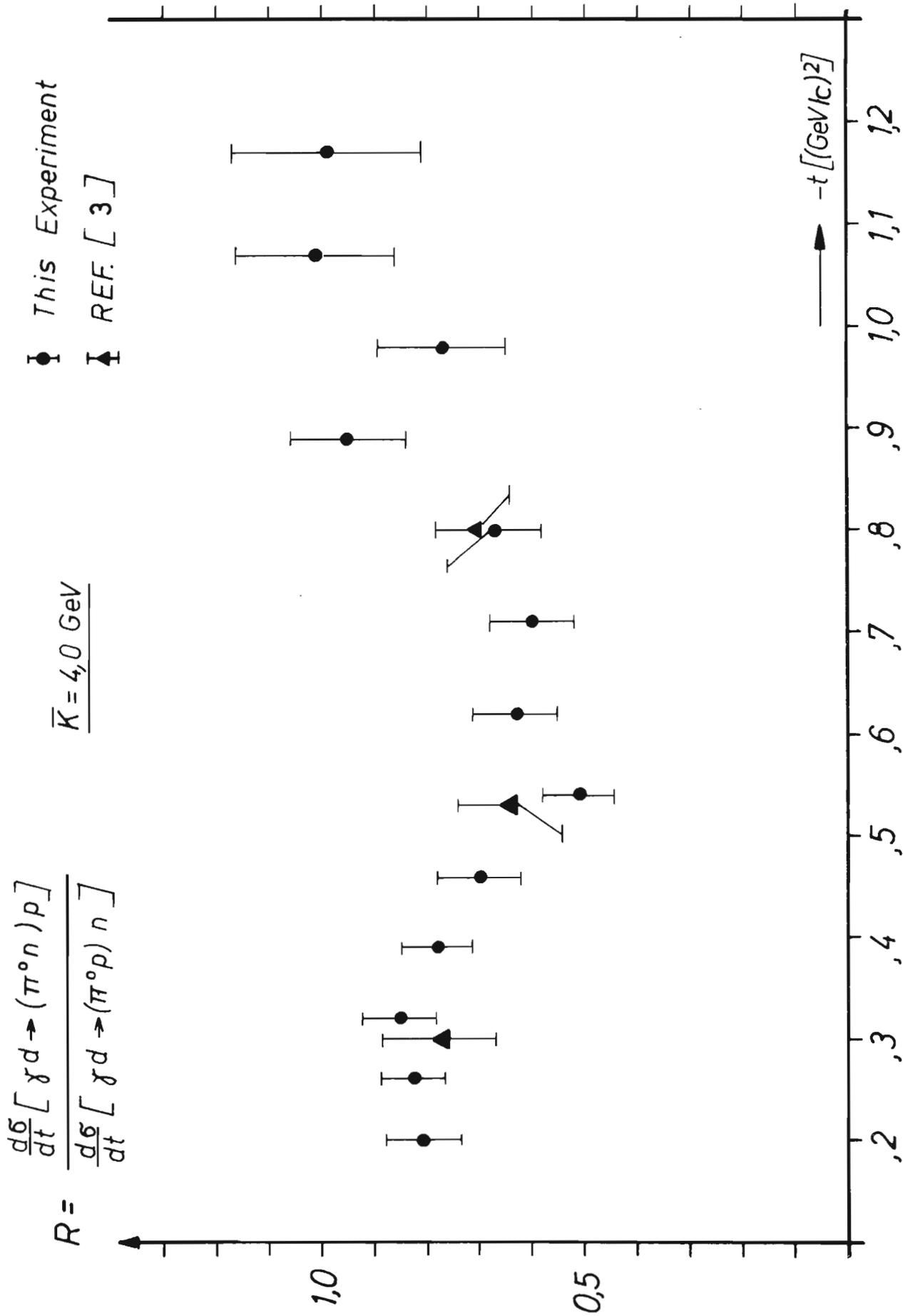


Bild 28: Das Verhältnis der Wirkungsquerschnitte für Photoproduktion von π^0 -Mesonen an Deuterium.

Auch der erfaßte kinematische Bereich ist mit dem des oben diskutierten Experiments identisch:

Mittlere Photonenergie $\bar{k} = 4 \text{ GeV}$,
13 simultan gemessene t-Werte für $0.2 \leq |t| \leq 1.2$.

Das Target besteht aus Butanolperlen ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$), die in einem Heliumbad von 1° Kelvin schwimmen. In einem Magnetfeld von 25 kGauss lassen sich die freien Protonen durch Einstrahlung von hochfrequenter elektrischer Energie bei 70 GHz polarisieren. Der erreichte Polarisationsgrad beträgt etwa 38%.

Testmessungen seit Beginn des Berichtjahres dienten einerseits der Untersuchung des Verhaltens des Targets unter Strahlbelastung (Zerstörung der Polarisation) und andererseits der Untersuchung der Untergrundverhältnisse im Rückstoßzweig.

Diese Messungen zeigten unerwartet hohe Untergrundraten. Durch intensive Abschirmversuche, einen Umbau des Rückstoßzweiges und einen Ausbau des elektronischen Nachweises, der mit geringem Aufwand die gleichzeitige Bestimmung der zeitlichen Lage von maximal 8 Pulsen aus 45 Zählern erlaubt, gelang es, dieses Problem zu lösen, sodaß mit Messungen begonnen werden kann.

Das Target selbst wurde umgebaut und verbessert. Dadurch konnte insbesondere eine optimale Auslegung des Targets für das Experiment erreicht und durch eine automatische Messung der Polarisation die Handhabung erleichtert werden.

Weiterhin wurden früher begonnene Messreihen fortgesetzt, in denen die Polarisation der freien Protonen in Alkoholen bei 50 k Gauss und 1° Kelvin untersucht wurde.

A1) M.Braunschweig et al., Nucl.Phys. B 20, 191 (1970)

A2) W.Braunschweig et al., Phys. Lett. 33 B, 236 (1970)

A3) G.G.Bolon et al., Phys. Lett. 14, 1971 (1964)

2.8 Comptonstreuung an Protonen (F33 u. F35)

Die im Vorjahr gewonnenen Daten zur Compton-Streuung am Proton mit unpolarisierten und polarisierten Photonen wurden abschließend ausgewertet und die Ergebnisse veröffentlicht. Die gemessenen differentiellen Wirkungsquerschnitte sind in Bild 29 dargestellt. Sie werden verglichen mit der aus dem Diffraktions-Modell nahegelegten Form

$$d\sigma/dt = (A \cdot \exp(B \cdot t)).$$

Die ausgezogenen Geraden in Bild 29 sind die Anpassung dieser Funktion an die Daten im Bereich $0.06 \leq |t| \leq 0.40 \text{ (GeV/c)}^2$. Die Steigung B zeigt im untersuchten Energiebereich $2.2 \leq E_\gamma \leq 7.0 \text{ GeV}$ keine signifikante Variation und beträgt im Mittel: $B = 5.7 \pm 0.4 \text{ (GeV/c)}^{-2}$. Dieses Ergebnis ist auch in Übereinstimmung mit Messungen am SLAC (A1) bis zu 16 GeV.

Ein wichtiges Ergebnis liefert die Extrapolation nach $t = 0$. Ein Vergleich der aus den Messungen resultierenden Wirkungsquerschnitte $d\sigma/dt (t = 0)$ mit der Vorhersage des optischen Modells zeigt, daß eine rein imaginäre Vorwärts-Streuamplitude nicht ausreicht, um die Daten zu interpretieren. Dagegen ergibt sich Übereinstimmung, wenn man den aus dem totalen hadronischen Wirkungsquerschnitt $\sigma_{\text{tot}}(\gamma, p)$ vermöge der Vorwärts-Dispersions-Relation berechneten Realteil (A2) hinzunimmt.

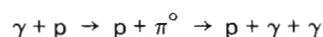
Ein Vergleich der gemessenen differentiellen Wirkungsquerschnitte mit der Vorhersage des Vektor-Dominanz-Modells zeigt eine deutliche Diskrepanz, wenn man nur ρ^0, ω, ϕ berücksichtigt und die am Speicherring gemessenen Kopplungskonstanten verwendet.

Die mit polarisierten Photonen gemessenen Daten lieferten einerseits Wirkungsquerschnitte für die Comptonstreuung unpolarisierter Photonen im Energiebereich $2.2 \leq E_\gamma \leq 6.2 \text{ GeV}$, andererseits konnte damit die Asymmetrie für $3.2 \leq E_\gamma \leq 3.7 \text{ GeV}$ ermittelt werden.

Die Meßpunkte für $\Sigma(t)$ sind in Bild 30 aufgetragen und mit Modellen verglichen (SIM = Spin independent Model, SCHC = s-Channel Helicity conservation). Die Daten werden am besten durch das Modell der s-Kanal-Helizitäts-Erhaltung beschrieben.

In den Compton-Experimenten der Kollaboration F33 und F35 wurden die Vorwärtsquerschnitte $d\sigma/dt (t = 0)$ des differentiellen Wirkungsquerschnittes aus der Extrapolation nach $t = 0$ gewonnen, mit einem Fehler von 10%. Dieser Fehler erlaubt es nicht, aus dem optischen Theorem eine Aussage über die kleinen Terme $(\text{Re } f_1)^2$ und $(f_2)^2$ zu gewinnen (s. A1).

Mit dem Ziel, den Vorwärtsquerschnitt bei $E_\gamma = 6 \text{ GeV}$ auf 4% genau zu bestimmen, wurde die Messung der Compton-Streuung unter sehr kleinen Winkeln vorgeschlagen. Unter Verzicht auf den Nachweis des Rückstoßprotons gestattet die Meßapparatur eine sehr genaue Messung des gestreuten Photons: In der Energie auf $\pm 1\%$, im Winkel auf etwa 1 mrad genau. Die Meßanordnung zeigt Bild 31 in zwei Schnitten. Auf ein 20 cm langes Wasserstofftarget folgt ein Reinigungsmagnet (MA), dann ein Paarspektrometer (2M30), dessen Konverter (Konv) die Akzeptanz für den t-Bereich bestimmt. Die Elektronenpaare werden mit Teleskopen (F1, F11) aus Drahtfunkenkammern in ihrer Richtung festgelegt, ihre Energie außerdem in Schauerzählern (sch) gemessen. Ein Ereignis ist durch zwei koinzidente Signale oberhalb 0.8 GeV in den Schauerzählern gekennzeichnet. Von dem so erhaltenen Spektrum ist der Beitrag der konkurrierenden Reaktion



abzuziehen. Dieser Beitrag verschwindet aber an der Kante des Spektrums. Messungen wurden sowohl am Proton wie auch am Deuteron durchgeführt. Die letzten Daten wurden im Januar 1972 genommen.

Comptonstreuung am Proton mit polarisierten Photonen

Differentieller Wirkungsquerschnitt für Comptonstreuung in Vorwärtsrichtung

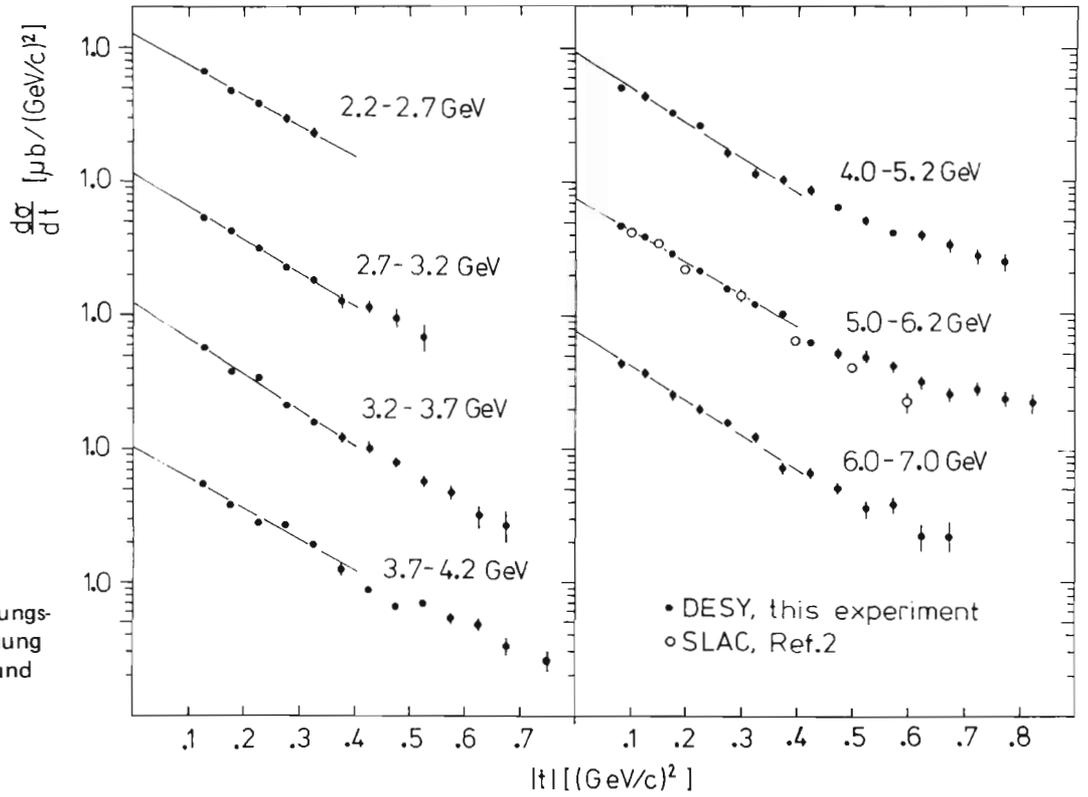


Bild 29: Die differentiellen Wirkungsquerschnitte für Compton-Streuung am Proton mit unpolarisierten und polarisierten Protonen.

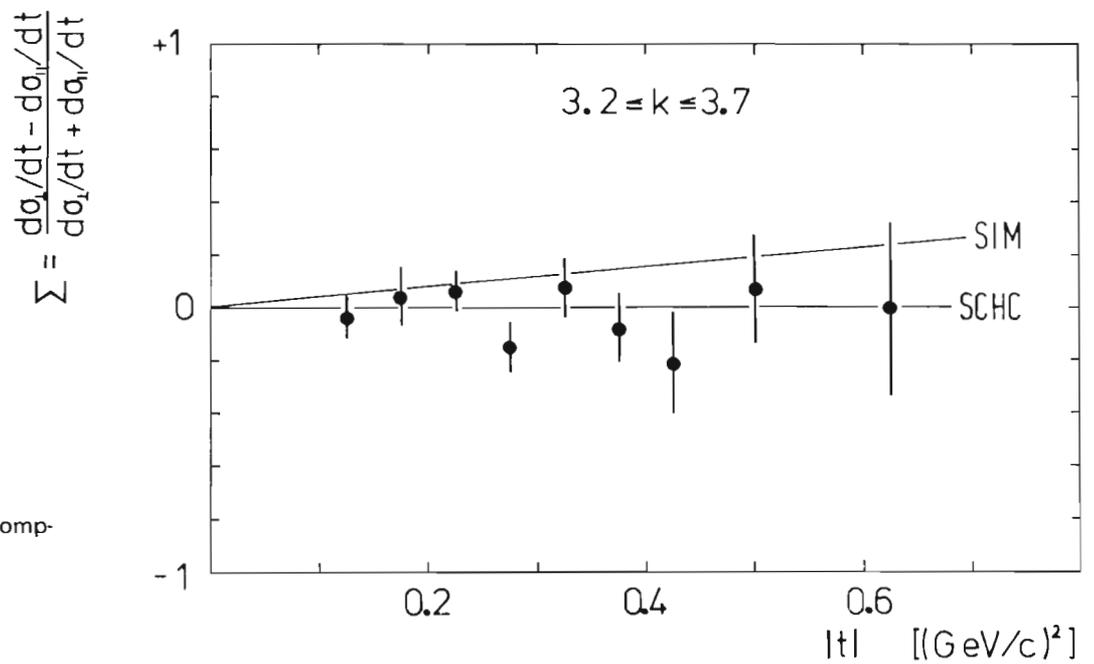


Bild 30: Die Asymmetrie der Compton-Streuung an Protonen.

Der differentielle Wirkungsquerschnitt am Deuteron kann mit einigen Vereinfachungen dargestellt werden durch

$$d\sigma/dt(t) = \pi/k^2 (|f_1^p|^2 + |f_1^n|^2 + 2F(t) \cdot \text{Re}(f_1^{n*} f_1^p)),$$

wo $F(t)$ der Formfaktor des Deuterons ist. Er bewirkt, daß bei $-t \approx 0.04 \equiv t_0$ ein Übergang von kohärenter ($-t < t_0$) zu inkohärenter Streuung ($-t > t_0$) stattfindet. Damit wird klar, daß man für $-t > t_0$ die Summe von Proton- und Neutron-Beiträgen mißt, und damit, wieder durch Extrapolation nach $t = 0$, durch Differenzbildung die Vorwärtsamplitude A_n des Neutrons gewinnt.

Wenn man noch die isoskalare (a_0) und isovektorielle Amplitude (a_1) des Nukleons einführt:

$$a_0 = 1/2 (f_1^p + f_1^n), \quad a_1 = 1/2 (f_1^p - f_1^n),$$

so lassen sich aus den Verhältnissen der Proton- und Deuteron-Daten (D/p) im Bereich $-t < t_0$ auch Aussagen gewinnen über die Isovektor-Amplitude und deren Phasenwinkel (A_2),

$$|a_1|^2 / |a_0 + a_1|^2 = 2 D/p (-t > t_0) - D/p (-t < t_0)$$

$$\text{Re}(a_0^* a_1) = 2 - D/P (-t > t_0)$$

Die Auswertung dieses Experimentes ist noch nicht abgeschlossen.

Eine genaue Kalibrierung der Paar-Ausbeute des Paarspektrometers ergab eine 20%ige Diskrepanz zur Eichkonstante des Quantameters. Es konnte später gezeigt werden, daß die Konstante durch ein Gasleck abgesunken war.

Als Diplom-Arbeit wurde ein Monte-Carlo-Programm für die Schauer-Entwicklung in leichten Elementen geschrieben und in ein Rahmenprogramm eingebaut, das gestattet, eine beliebige Folge von Elementen in variabler geometrischer Anordnung zu verarbeiten. Mit diesem Programm wurde die Rückwärtsstreuung von Schauerteilchen aus den Bleiglas-Cerenkov-Zählern des Compton-Experiments studiert und mit experimentellen Daten verglichen.

In einer weiteren Diplom-Arbeit wurde die Rückstoß-Polarisation von Protonen aus den Compton-Daten durch Analyse der Streuung an Kohlenstoff-Absorbern des Reichweite-Teleskops untersucht. Es zeigt sich, daß die Protonen aus der Untergrund-Reaktion $\gamma + p \rightarrow p + \pi^0 \rightarrow p + \gamma + \gamma$ senkrecht zur Reaktionsebene polarisiert sind, während die Protonen der Comptonstreuung $\gamma + p \rightarrow p + \gamma$ nicht polarisiert sind. Die Auswertung ist noch nicht abgeschlossen.

Zur Verarbeitung der simultan mit den Compton-Daten am Paarspektrometer gewonnenen Daten der inkohärenten und kohärenten Spektren wurde ein schnelles Anpassungs-Programm entwickelt.

Ende des Berichtsjahres begannen in Zusammenarbeit mit F39 vorbereitende Arbeiten zum Speicherring-Projekt PLUTO. In diesem Rahmen wurde eine zylindrische Proportional-Kammer mit drei Ebenen entwickelt und gebaut. Die Drähte sind mit den Winkeln $\alpha, 0, -\alpha$ windschief zur Achse gespannt und gestatten damit die Messung von drei unabhängigen Koordinaten. Die Auflösung beträgt im Azimut ± 2 mm, längs der Achse ± 16 mm. Bild 32 zeigt ein Photo der Kammer, die wegen der geneigten Drähte hyperbolische Form hat. Die ersten Funktions-Tests waren erfolgreich.

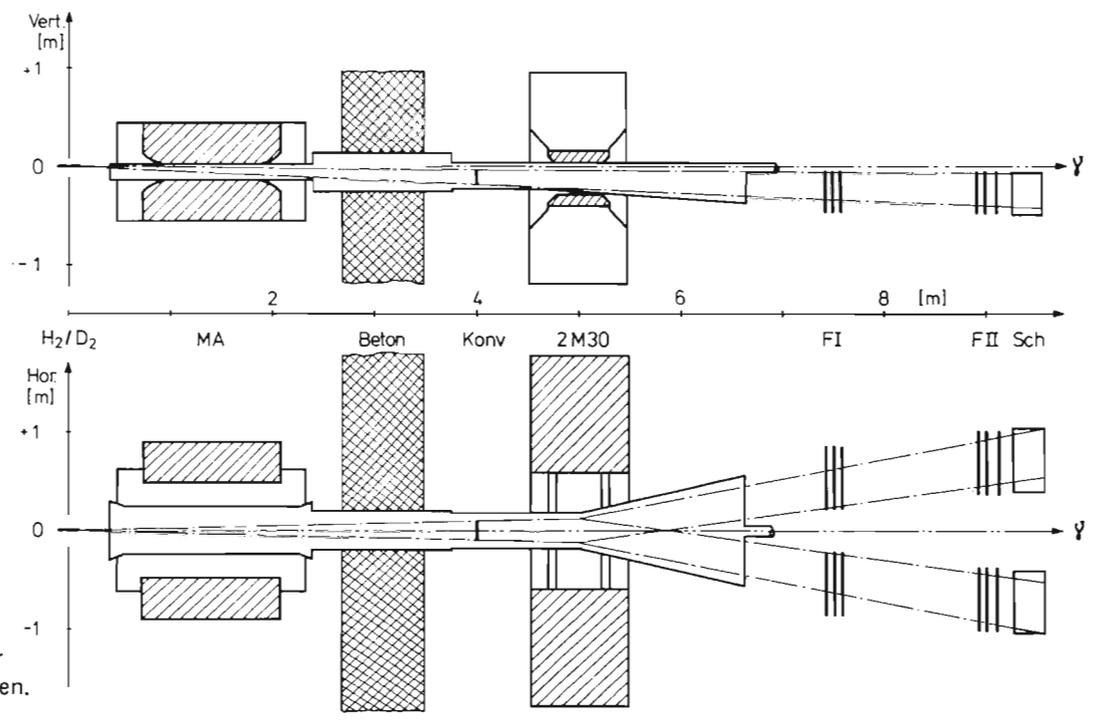


Bild 31: Die Meßanordnung zur Compton-Streuung an Nukleonen.



Bild 32: Zylindrische Proportional-Kammer

2.9 Delbrückstreuung (F39)

Im Berichtsjahr wurde ein Experiment zur Messung der Delbrück-Streuung durchgeführt und ausgewertet.

Delbrückstreuung und Photonen-Spaltung

Die Delbrück-Streuung ist die elastische Streuung eines Photons im Coulombfeld der Atomkerne, vermittelt durch ein virtuelles Elektron-Positron-Paar im Zwischenzustand (s. Bild 33). Als Schattenstreuung zur elektromagnetischen Paarerzeugung dominiert sie in Vorwärtsrichtung, bei hohen Energien und schweren Kernen über alle anderen Streumechanismen.

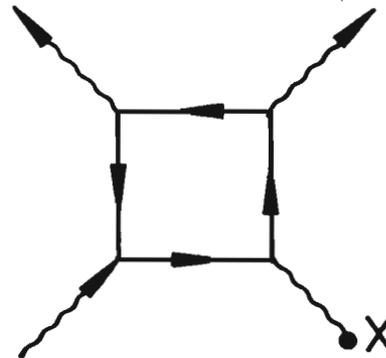
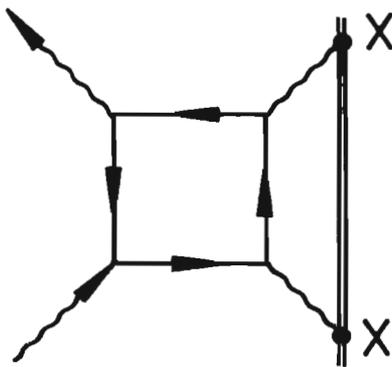


Bild 33a: Feynman-Diagramm für Delbrück-Streuung

Bild 33b: Feynman-Diagramm für Photonen-Spaltung

Der Prozeß ist von mindestens 6. Ordnung in der elektromagnetischen Kopplung und kann als Testfall dienen für die Zuverlässigkeit störungstheoretischer Rechnungen bei hohen Ordnungen. Obwohl der Prozeß schon vor 40 Jahren von Delbrück vorhergesagt wurde, ist erst kürzlich eine korrekte störungstheoretische Behandlung des Problems veröffentlicht worden (A1). Bisherige Messungen bei niedrigen Energien (A2) hatten die Existenz des Delbrück-Effektes gezeigt, litten aber aus verschiedenen Gründen an systematischen Fehlern. Es erschien deshalb wünschenswert, eine Messung bei hohen Energien zu versuchen.

Die Schwierigkeit der Messung bei hohen Energien besteht darin, unter sehr kleinen Winkeln zum Primärstrahl gestreute Photonen noch sicher nachzuweisen. Bei den von uns verwendeten Photonen-Energien von 1 bis 7 GeV lagen die relevanten Streuwinkel zwischen 1 und 3 mrad. Der experimentelle Aufbau ist in Bild 34 skizziert. Der kollimierte und gereinigte Bremsstrahl des Synchrotrons durchsetzt ein Streutarget aus schwerem Material, z.B. Gold oder Uran. Die unter kleinen Winkeln gestreuten Photonen werden in dem ringförmigen Konverter eines Paarspektrometers in Elektron-Positron-Paare umgewandelt und anschließend nach Energie und Streuwinkel analysiert. Zur Spurenerkennung im Paarspektrometer dient ein System von Chrapakkammern mit insgesamt 10^3 Drähten.

Die im Vorjahr entwickelten Proportional-Drahtkammern haben sich dabei über mehrere Monate hinweg als ein zuverlässiges Meßsystem bewährt. Die Ansprechwahrscheinlichkeit der Kammern für minimal ionisierende Teilchen war besser als 99,5% bei einer Zeitauflösung von 120 nsec.

Die Ergebnisse des Experiments lassen sich in drei Punkten zusammenfassen:

- 1) Der differentielle Wirkungsquerschnitt für Delbrück-Streuung erwies sich um einen Faktor 3 bis 5 kleiner als in Born'scher Näherung von der Theorie vorhergesagt (s. Bild 35).

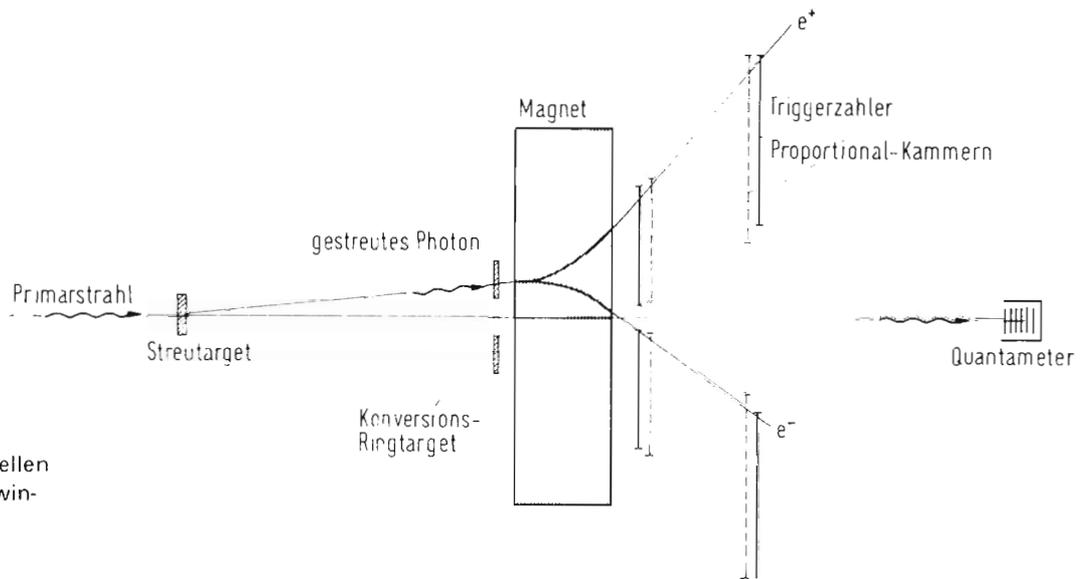


Bild 34: Prinzip des experimentellen Aufbaus zur Messung der Kleinwinkelstreuung von Photonen.

- 2) Die Abhängigkeit des Wirkungsquerschnittes von der Kernladungszahl Z war schwächer als die theoretisch postulierte Proportionalität zu Z^4 .
- 3) Die experimentellen Daten zeigen einen starken Beitrag inelastischer Photonenstreuung, den wir auf Grund seiner beobachteten Z^2 -Abhängigkeit dem Prozeß der sog. Photonen-Spaltung zuschreiben. Es ist dies die Aufspaltung eines Photons in zwei Photonen im Coulombfeld des Atomkerns (s.Bild 36). Diese Reaktion wird von der Quantenelektrodynamik vorhergesagt (A3), wurde aber bisher experimentell noch nicht beobachtet.

Inzwischen sind die experimentellen Befunde 1) und 2) durch eine verfeinerte theoretische Behandlung des Problems, nämlich die Berücksichtigung der Coulombkorrektur bestätigt worden (A3). Die Auswertung des Experiments in Bezug auf die Photonen-Spaltung ist noch im Gange.

Für den Einsatz am Speicherring wurden zylindrische Proportionalkammern mit Durchmessern bis 1.4 m gebaut. Dabei hat sich eine Konstruktion mit gebogenem Aluminiumblech als Hochspannungselektrode und zur Drahtalterung besonders bewährt. Die Eigenschaften der Kammern entsprechen denen ebener Kammern. Die bessere mechanische Stabilität der Zylinderbleche trägt zur Vereinfachung des Aufbaues bei.

Entwicklung von Proportionalkammern für Speicherring-Experimente

Bei der Entstehung einer Elektronen-Lawine in einer Proportionalkammer wird auf die Hochspannungsebenen ein positives Signal influenziert. Werden die Hochspannungsebenen z.B. in Streifen unterteilt, so können diese Signale abgenommen und in Analogie zu denen der Signaldrähte zur Ortsbestimmung eines Teilchendurchganges benützt werden. Auf diese Weise kann eine Kammer beide Koordinaten eines Teilchendurchganges liefern. Das Prinzip wurde an einer ebenen Kammer mit 1 cm breiten Streifen in der Hochspannungsebene auf seine Anwendbarkeit untersucht. Die Signale auf den Streifen waren nur etwa ein Viertel so groß wie die auf den Signaldrähten. Trotzdem konnte ähnliche Zeitauflösung und Ansprechwahrscheinlichkeit wie bei den Drähten erreicht werden. Die Ortsauflösung war mit $\pm .4$ cm besser als die Streifenbreite. Das ist eine Folge der Gruppenbildung bei Ansprechen mehrerer benachbarter Streifen pro Teilchendurchgang: In diesen Fällen wird das arithmetische Mittel der entsprechenden Streifenkoordinaten als Teilchenkoordinate genommen. Das Ansprechen von mehr als einem Streifen pro Teilchendurchgang trat in mehr als 50% der Fälle auf.

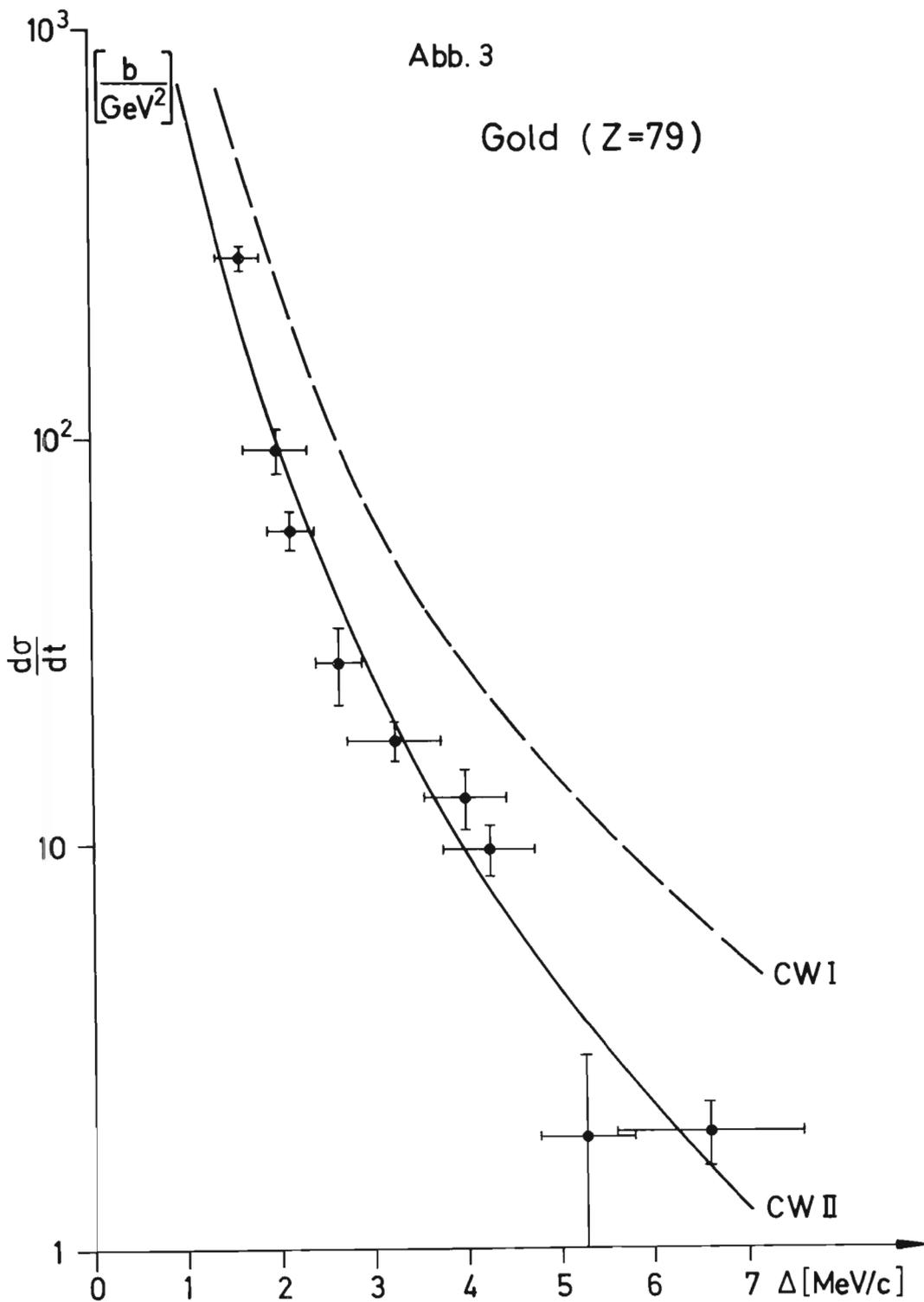


Bild 35: Differentieller Wirkungsquerschnitt für Delbrück-Streuung, Meßergebnisse und Theorie.
 CW I Rechnung in Born'scher Näherung A1)
 CW II Rechnung mit Coulom-korrektur A3)

Es wurden Rechnungen zur Identifizierung von Pseudo-2-Teilchen-Reaktionen für den PLUTO-Detektor durchgeführt. Dabei hat sich herausgestellt, daß man trotz mäßiger Impulsauflösung eine Reihe von Prozessen klar trennen kann.

Die Benützung von Charkakkammersignalen zur Erzeugung eines selektiven Triggers in Detektoranordnungen wurde in Frascati am ADONE-Speicherring erprobt. Die mittelschnellen logischen Schaltungen sind aus integrierten Schaltkreisen aufgebaut. Das Prinzip der Anordnung ist aus Bild 36 ersichtlich. Ein System von 48 'Richtungs-Teleskopen', die aus den Röhren von 4 ebenen Charkap-Kammern gebildet werden, ist seit September 1971 am Strahl im Einsatz. Die wichtigsten Ergebnisse beziehen sich auf die Kriterien, die zur Rejektion von Untergrund führen. Die tests werden fortgesetzt.

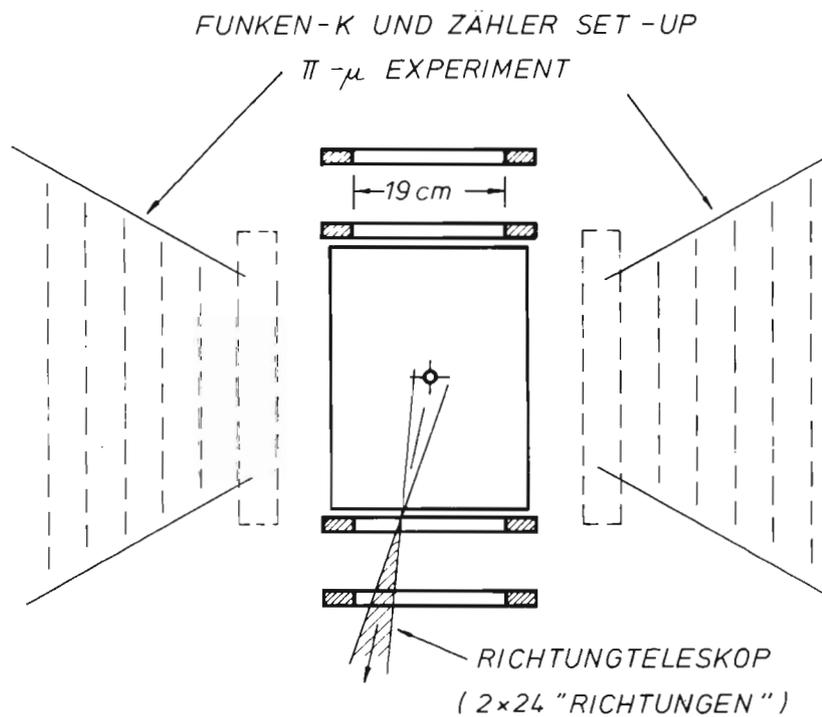
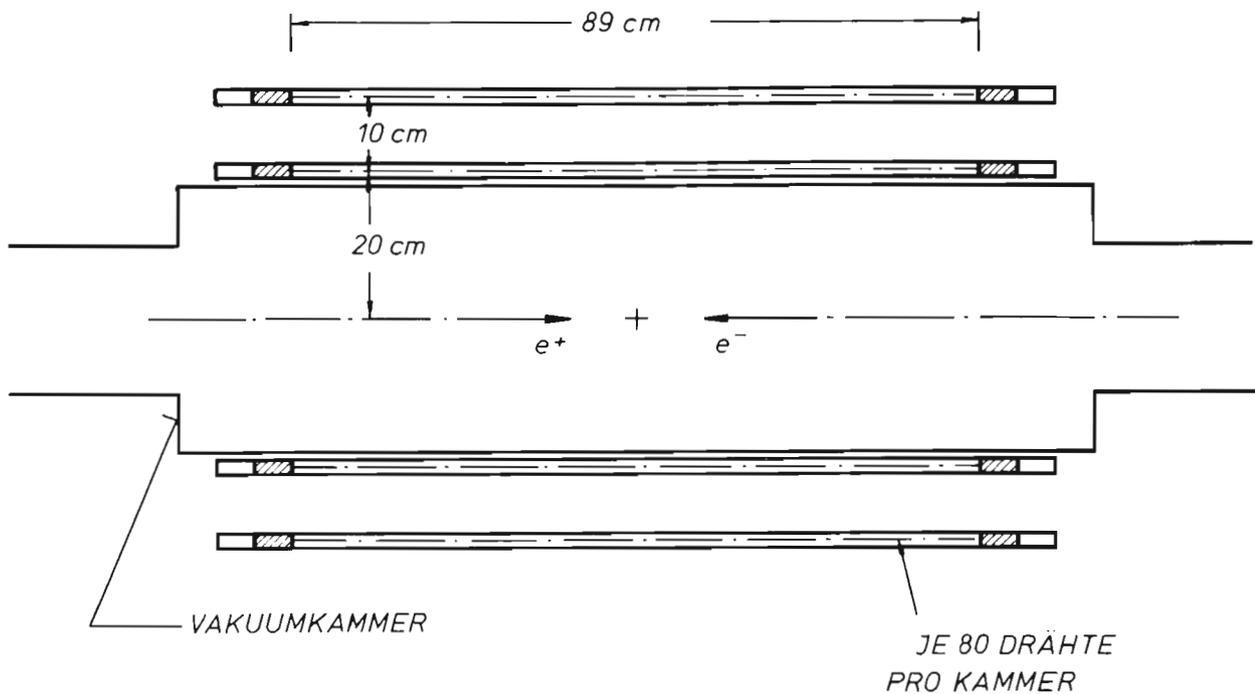


Bild 36: Aufbau von Charpak-Kammern am Speicherring ADONE

- A1) H.Cheng und T.T.Wu, Phys.Rev.182, 1873 (1969)
- A2) H.E.Jackson und K.J.Wetzel, Phys.Rev.Letters 22, 1008 (1969)
Dort sind auch die früheren Arbeiten zitiert.
- A3) H.Cheng und T.T.Wu, DESY 71/69 (1971)
- A4) E.J.Williams, Kgl.Danske Videnskab. Selskab.Mat.Fys.
Med.13, No.4 (1935)
- A5) E.Lohrmann, DESY-Int.Rep. F39-71/1 (1971)



- EO = Elektronenbahn
- CO = Chopper
- M1-3 = Spiegel
- B1-2 = Strahlverschluß
- X-DIFF = Röntgenstrahlbeugung
- UHV S = UHV-Probenkammer
- S = Probenkammer
- FM = Fokussierspiegel
- R1-3 = Rowland - Spektrograph
- PG = DESY - Spektrograph
- X-MONO = Röntgenstrahl - Monochromator
- S M-VAP = Metallampfen
- W1-4 = Wadsworth - Monochromator

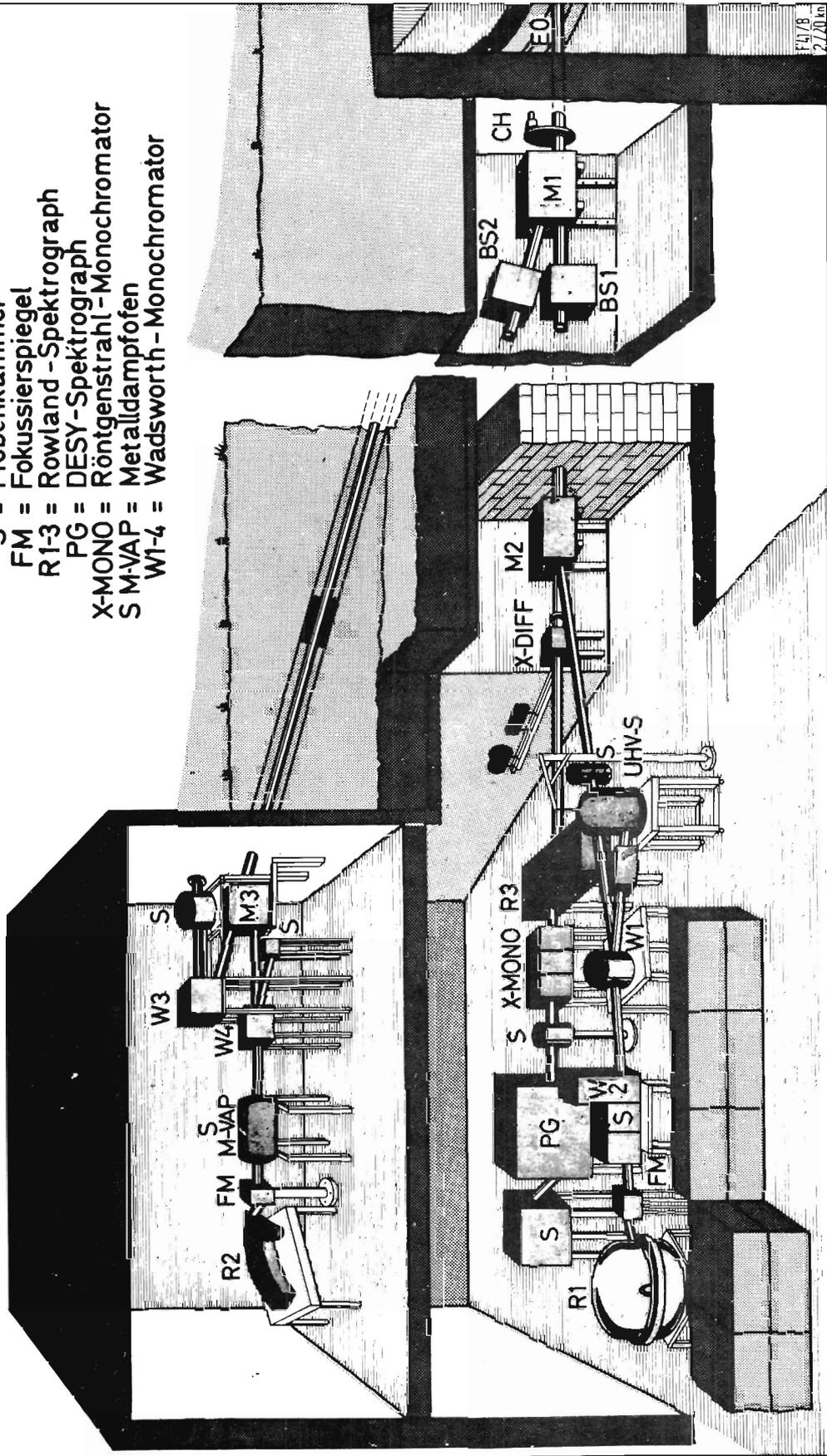


Bild 37: Der Aufbau des Laboratoriums für Untersuchungen mit der Synchrotronstrahlung.

2.10 Experimente mit der Synchrotronstrahlung (F41)

Das Kontinuum der Synchrotronstrahlung im Photonenenergiebereich 5 bis 10.000 eV wird für Untersuchungen auf dem Gebiet der Atomphysik, Molekülphysik, Festkörperphysik und Molekularbiologie benutzt. Die Synchrotronstrahlung ist anderen Quellen in diesem Spektralbereich auf Grund der höheren Intensität, der Polarisierung und des kontinuierlichen Spektrums überlegen. Viele Experimente werden durch die Synchrotronstrahlung erst möglich gemacht.

An den Arbeiten waren Mitglieder folgender Institute beteiligt:

- DESY und II. Institut für Experimentalphysik der Universität Hamburg (a)
- 2 Gruppen der Sektion Physik der Universität München (b und c)
- Institut für Physikalische Chemie der Universität Freiburg (d)
- Max-Planck-Institut für Medizinische Forschung, Heidelberg (e)

Bei F41a und F41b arbeiteten an bestimmten Experimenten außerdem Gäste der Universitäten Sendai (Japan), Helsinki (Finnland) und Bonn mit.

Im unteren Stockwerk des Labors wurde ein weiterer gespiegelter Strahl eingerichtet, sodaß jetzt die Experimente wie in Bild 37 gezeigt, angeordnet sind. Es kann an zwei der drei Strahlen gleichzeitig gemessen werden. Außerdem wurde mit dem Bau eines Labors für Synchrotronstrahlungsexperimente am Speicherring DORIS begonnen.

Die Untersuchung der Anregung der äußeren Elektronenschale der Metallionen in Alkalihalogeniden wurde mit dem Studium der Übergänge von Cs^+ -5p-Niveau fortgesetzt. Dazu wurden die Reflexionsspektren von aufgedampften Cs-Halogenid-Schichten in situ im Bereich zwischen 12.5 und 26 eV bei Temperaturen bis herab zu 29° K unter 15° Einfallswinkel gemessen. Bild zeigt die Ergebnisse für Raumtemperatur und 29° K beim Einsatz der Cs^+ -5p-Anregung, die bei etwa 13 eV jeweils mit einer starken Exzitonlinie A_1 beginnt. Bei tiefen Temperaturen lassen sich im Fall der einfach kubischen Kristalle CsCl, CsBr und CsI zahlreiche neue Strukturen auflösen, z.B. (A_1 , B_1) und der zugehörige Spin-Bahn Partner (A_2 , B_2). Die Spektren wurden an Hand von Bandstrukturberechnungen diskutiert, wobei die Hauptmaxima Exzitonen zugeordnet wurden, die an kritische Punkte gekoppelt sind. In komplementärer Betrachtungsweise wurden die Lagen der Maxima mit den Übergangsenergien ($5p^6 \rightarrow 5p^5 ns, nd$) des freien Cs^+ -Ions verglichen. Der Vergleich legte nahe, die Exzitonen als stark auf das Cs^+ -Ion lokalisierte Zustände zu interpretieren. Das Profil des B_1 -Exzitons bei CsF und der A_1 -Exzitonen bei den anderen Cs-Halogeniden ist zu höheren Energien hin deutlich asymmetrisch, was als Anregung eines Exziton-Phonon-Komplexes gedeutet werden kann.

Alkalihalogenide (b)

Messungen der Ausbeute und Energieverteilung von Photoelektronen aus dem Valenzband und dem Cs^+ -5p, sowie Rb^+ -4p-Niveau der entsprechenden Alkalihalogenide dienen dazu, die Lage von Energieniveaus zu bestimmen und die Elektron-Elektron-Streuung zu untersuchen.

Die Photoabsorption von MgF_2 , MgCl_2 und MgBr_2 wurde im Energiebereich zwischen 50 eV und 150 eV untersucht. Am Einsatz der Mg^{++} -2p-Übergänge bei 52 eV treten scharfe Exzitonlinien auf, die den Übergängen $^1\text{S}_0 \rightarrow ^1\text{P}_1$ und $^1\text{S}_0 \rightarrow ^3\text{P}_1$ im freien Mg^{++} entsprechen. Auf Grund der Intensitätsverhältnisse der Spin-Bahn Partner wurden mit Hilfe der von Onodera und Toyozawa entwickelten Theorie die Austauschenergie und die Spin-Bahnaufspaltung berechnet. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß diese Anregungen stark am Mg^{++} -Ion lokalisiert sind. Zu höheren Energien schließen sich Strukturen an, die als Interbandübergänge zu im wesentlichen d-symmetrischen Endzuständen interpretiert werden. Ein Vergleich der Spektren mit den entsprechenden Na^+ -2p-Spektren der Natriumhalogenide zeigt große Ähnlichkeiten. Das gleiche gilt für die Br^+ -3d-Absorption in MgBr_2 und RbBr .

Erdalkalihalogenide (a)

Organische Moleküle und Molekülkristalle (b)

Die im Vorjahr begonnenen Untersuchungen der Valenzelektronenanregungen in einfachen organischen Molekülen und Molekülkristallen im Bereich von 5 bis 45 eV sind weitergeführt und vertieft worden. So gelang es beispielsweise, die Feinstruktur im Absorptionsspektrum von dampfförmigem Benzol im VUV-Bereich verschiedenen Rydbergserien zuzuordnen. Bild zeigt einen Ausschnitt zwischen 6 und 15 eV sowie die mit Hilfe von Daten aus Photoelektronenspektren und auf Grund von Symmetriebetrachtungen für die einzelnen Molekülorbitale gewonnene Zuordnung der Serien zu verschiedenen Ionisationspotentialen des Moleküls. Die Interpretation der ebenfalls sehr komplexen Absorptionsspektren der aromatischen Kohlenwasserstoffe Naphthalin und Anthrazen, die auch untersucht wurden, ist wegen der größeren Zahl der beteiligten Valenzelektronen noch schwieriger, zumal bei der derzeitigen Auflösung von 1 Å auf detaillierte Informationen aus der Schwingungsstruktur der Spektren verzichtet werden muß.

Ein Vergleich der Spektren der Gasphase mit den optischen Eigenschaften des Festkörpers ist für Molekülkristalle, die in erster Näherung als ein geordnetes Gas mit bekannter räumlicher Anordnung der Moleküle betrachtet werden können, besonders aufschlußreich. Unter Ausnutzung der Polarisation der Synchrotronstrahlung kann man aus Reflexionsmessungen an solchen Einkristallen bei jeweils verschiedener Lage des elektrischen Vektors zu den Kristallachsen Aufschluß erhalten über die Polarisationsrichtungen verschiedener Banden des Molekülspektrums. Bild zeigt Reflexionsspektren von zwei verschiedenen Kristallflächen eines Anthrazeneinkristalls, aus denen man solche Informationen gewinnen kann. Darüberhinaus ermöglichen diese Untersuchungen auch Aussagen über die Verschiebung und Aufspaltung (Dawydow-splitting) von Molekülanregungen auf Grund der intermolekularen Wechselwirkung im Kristall.

Anorganische Moleküle und Molekülkristalle (a/b)

Aus den früher im Bereich der Valenzbandanregungen gemessenen Reflexionsspektren von festen Edelgasen wurde mittels Kramers-Kronig-Analyse der Imaginärteil der komplexen Dielektrizitätskonstanten der Absorptionskoeffizient und die Energieverlustfunktion bestimmt. Mit diesen Größen lassen sich sowohl die Exzitonenserien beim Einsatz der Absorption als auch die Kontinuumsübergänge bei höheren Energien besser mit theoretischen Vorstellungen vergleichen.

Eine entsprechende Analyse wurde auch mit den Reflexionsspektren der festen atmosphärischen Gase N_2 , O_2 und CO_2 im Bereich von 10 - 40 eV vorgenommen, wo man im gasförmigen Zustand die wichtigsten Anregungen der Valenzorbitale findet. Bei den festen atmosphärischen Gasen beobachtet man eine Reihe breiter Absorptionsbänder, denen sich im allgemeinen nicht direkt Anregungen im Gas zuordnen lassen. Der Einfluß der intermolekularen Potentiale ist im Festkörper offensichtlich so groß, daß Valenzanregungen energetisch stark verschoben werden, Rydbergserien nicht beobachtet werden und Schwingungsprogressionen nur in seltenen Fällen (N_2) aufgelöst werden können.

Als Ergänzung zu früheren Untersuchungen an reinen Edelgasen wurden im Bereich von 40 eV bis 160 eV (Xe-4d-Bereich) die Absorptionsspektren von festem und gasförmigem XeF_2 und XeF_4 gemessen. Die dabei beobachteten Feinstrukturlinien lassen sich als Übergänge in unbesetzte Valenzorbitale des Grundzustandes und in Rydbergzustände deuten. Auf ähnliche Weise lassen sich Spektren der 4d-Übergänge von festem und gasförmigem Jod verstehen.

Die Spektren von gasförmigem und festem SF_6 zeigen im Energiebereich zwischen 170 und 300 eV (S-2p-Anregung) keinen Unterschied, während sie im Valenzbereich (bis 30 eV) merklich verschieden sind. Diese experimentellen Ergebnisse stützen das theoretische Konzept einer von den F-Ionen hervorgerufenen Potentialbarriere um das zentrale S-Atom. Wegen dieser Schwelle sind die inneren Übergänge von S-2p so lokalisiert, daß sie durch die Änderung des äußeren Potentials beim Einbau in den Festkörper nicht gestört werden.

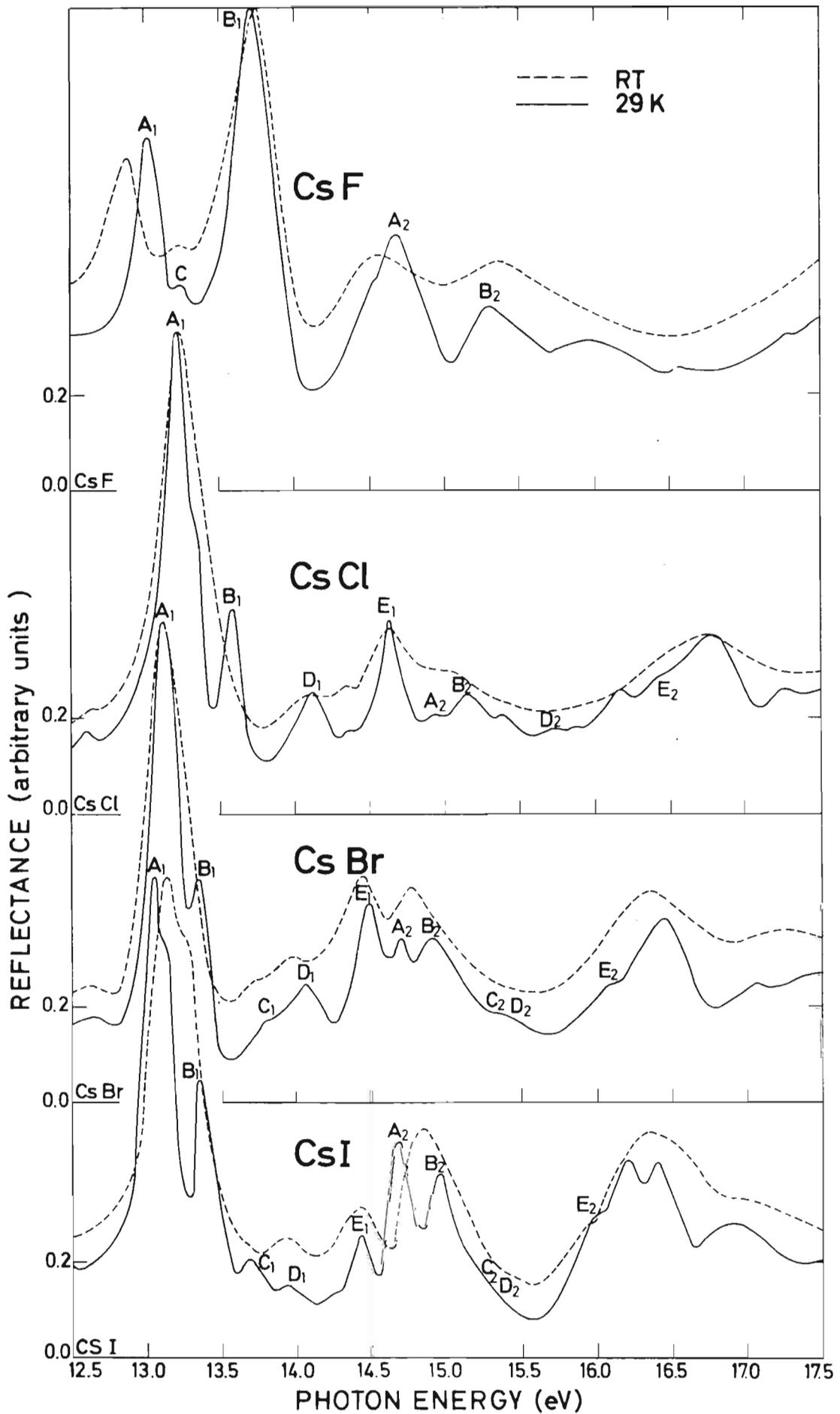


Bild 38: Reflexionsspektren der Cäsium-Halogenide bei Zimmertemperatur (RT) und 29° K.

BENZENE

C₆H₆

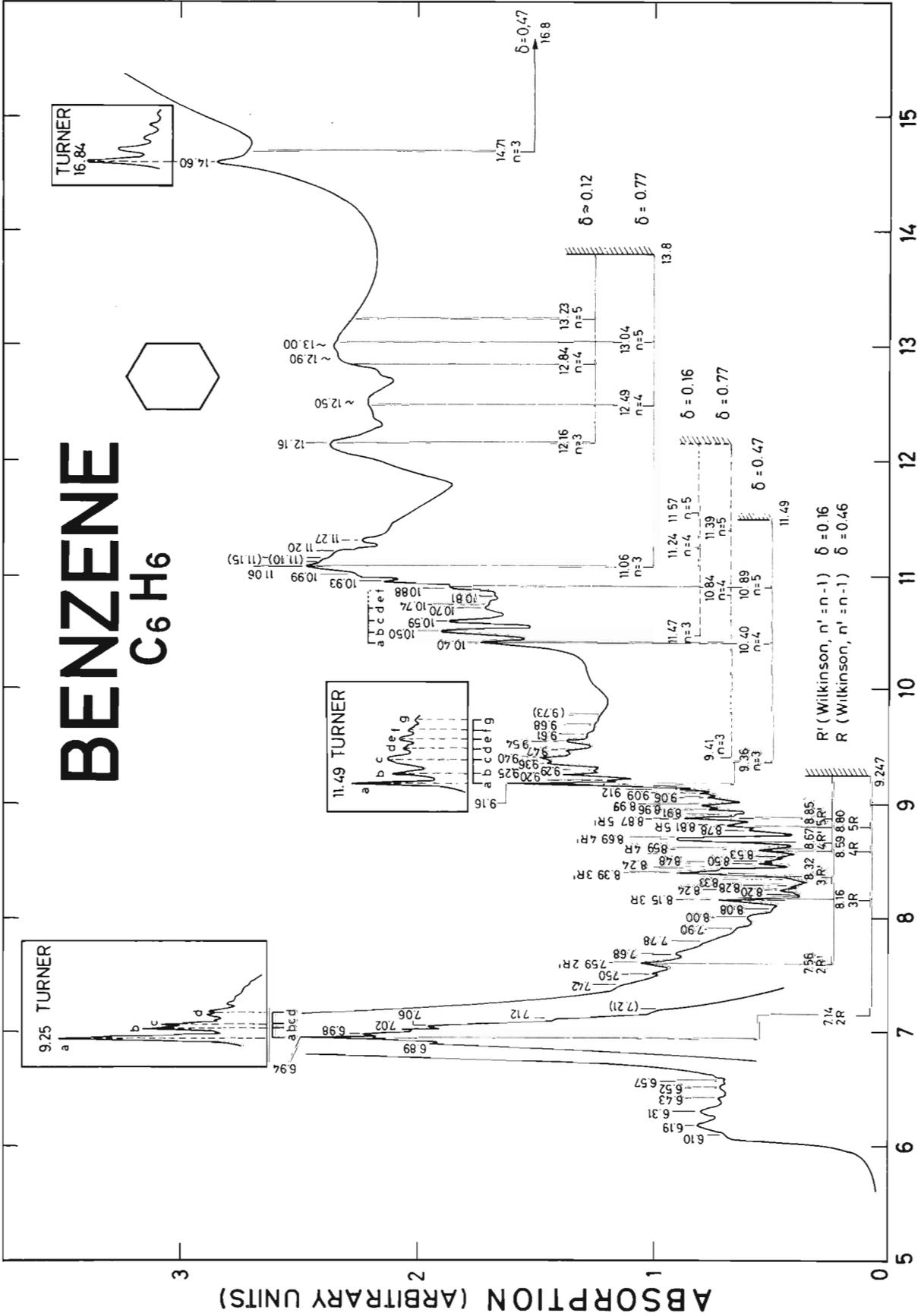
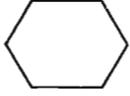


Bild 39: Absorptionsspektrum von dampfförmigem Benzo

Linien ist nur teilweise möglich, da sich mehrere miteinander wechselwirkende gegen die Zustände $^3P_{0,1,2}$ und 1P_1 des NaII konvergierende Serien überlagern. Oberhalb dieser Seriengrenzen finden wir starke Kontinuumsabsorption, die in Übereinstimmung mit Rechnungen ein Maximum bei 60 eV erreicht. Dieser Kontinuumsabsorption sind im Energiebereich zwischen 39 eV und 49 eV Strukturen überlagert, die auf der gleichzeitigen Anregung des 3s- und eines 2p-Elektrons beruhen. Eine genaue Interpretation ist nur bei Berücksichtigung der Konfigurationswechselwirkung zwischen den vielen sich überlagernden Serien und der Wechselwirkung mit dem Kontinuum möglich. Zwischen 40 eV und 42 eV finden wir eine ausgeprägte Serie von Fensterlinien. Anregungen der 2s-Elektronen des Na sind für die starken asymmetrischen Absorptionsmaxima bei 66 eV verantwortlich. Die im metallischen Na gefundenen und als Simultananregungen eines 2p-Elektrons und eines bzw. mehrerer Plasmaronen gedeutete Maxima bei 48,5 eV, 65,5 eV und 90 eV sind im Absorptionsspektrum des atomaren Na nicht vorhanden, was zunächst nur bedeutet, daß es sich um reine Festkörperlinien handelt.

Die bereits früher begonnenen Untersuchungen an Übergangsmetallen wurden durch die Bestimmung des Absorptionskoeffizienten von Osmium und Iridium im Bereich der 5p- und 4f-Übergänge vervollständigt. Die Spektren lassen gut die systematischen Zusammenhänge mit den bereits untersuchten Nachbar-elementen Ta, W, Re und Pt, Au erkennen. Versuche, durch Tempern großkristalline Folien dieser Elemente zu erhalten, um eventuell strukturabhängige Veränderungen zu beobachten, gelangen nicht.

Metalle (a)

Außerdem wurden Messungen an Legierungen begonnen. Cu/Ni-Legierungen wurden im Hinblick auf die Gültigkeit des 'rigid-band-models' untersucht. Nach diesem Modell sollte das d-Band des Ni bei $Cu_{0,5}/Ni_{0,5}$ gerade gefüllt sein und somit die Kante am Einsatz der 3p Übergänge von Ni stark reduziert sein. Das gemessene Spektrum ist aber praktisch eine stöchiometrische Überlagerung des Cu und Ni Spektrums. Dies paßt gut zu komplementären Messungen der UV-Photoemission, Röntgen-Photoemission und Röntgenfluoreszenzemission.

Erste Untersuchungen an Al/Au-Legierungen wurden mit einem neu entwickelten Strahlteiler für den ortsfesten Photonenstrahl des Gleitspiegelmonochromators (25-300 eV Photonenenergie) durchgeführt. Dieses Gerät, das im wesentlichen aus einem rotierenden Spiegel und zwei offenen Photomultipliern besteht, erlaubt es, die Transmission zweier Folien differentiell zu vergleichen. Geringe Transmissionsunterschiede können mit einer relativen Genauigkeit von 10^{-3} gemessen werden.

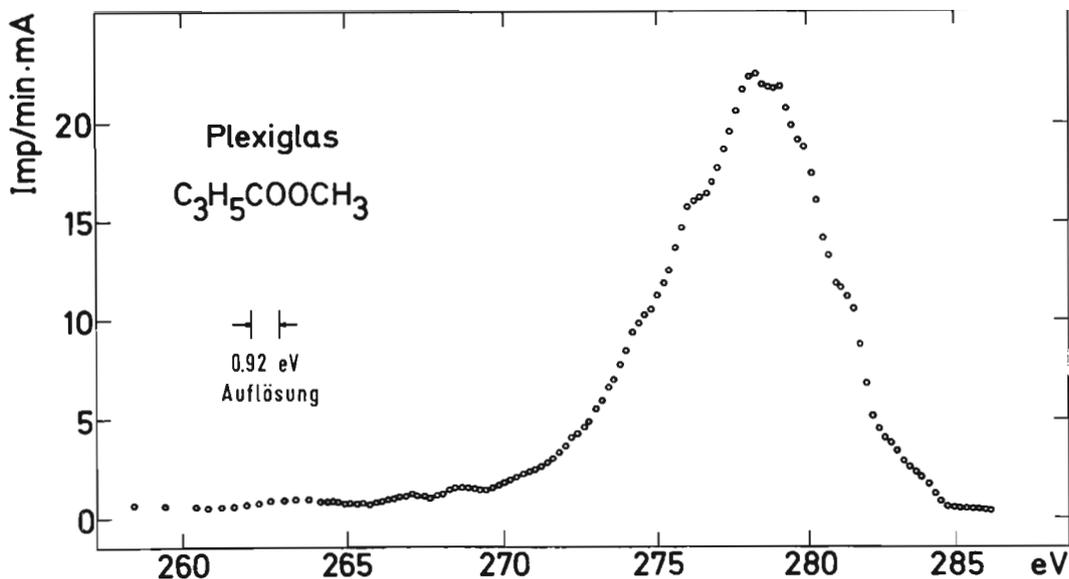
Das Absorptionsspektrum von kristallinem und amorphem Tellur wurde im Bereich der 4d-Übergänge untersucht. Der spektrale Verlauf des Absorptionskoeffizienten oberhalb des Einsatzes läßt sich im Rahmen eines Modells freier Atome verstehen. Der Übergang von der kristallinen zur amorphen Modifikation führt in diesem Bereich zu keiner Änderung der Spektren. Am Einsatz der Übergänge sind deutlich Festkörpereinflüsse zu sehen. Allerdings zeigt der Vergleich mit der berechneten Zustandsdichte, daß Elektron-Elektron-Wechselwirkung und vor allem die Wechselwirkung mit dem 4d-Loch nicht zu vernachlässigen sind. Die 4d Anregungen des Te wurden auch in Se_x/Te_{1-x} Legierungen untersucht. Bei diesen Messungen wurde die Energieverschiebung der Absorptionsmaxima am Einsatz der Te 4d- und der Se 3d-Übergänge in Abhängigkeit von der Konzentration bestimmt. Außerdem wurden die Reflexionsmessungen im Gebiet 3 bis 30 eV an Se- und Te-Einkristallen ausgewertet und die anisotropen optischen Konstanten bestimmt.

Halbleiter (a/b)

Die Untersuchungen der in Fluoreszenz mit der Synchrotronstrahlung angeregten Emissionsbanden von Elementen mit niedriger Ordnungszahl wurden weitergeführt. Besonders günstig erwies sich dabei der Einbau von verbesserten Justiervorrichtungen für die Probe und den Detektor, mit denen sich der Streuuntergrund auf praktisch vernachlässigbare Werte senken ließ. Im Gegensatz

Fluoreszenzuntersuchungen im ultraweichen Röntgengebiet (c)

Bild 40: K-Emissionsbande von Kohlenstoff in Plexiglas.



Massenspektrometrie (d)

Der im Vorjahr begonnene Aufbau eines Monochromators und eines Systems zur Massenanalyse photoionisierter und -disionisierter Moleküle wurde abgeschlossen. Die erwartete Intensität, Auflösung und Empfindlichkeit des Gesamtaufbaus wurde mit N₂ und O₂ getestet und erreicht. Dabei wurde auch die zu diesem Zwecke zusammengestellte digitale Steuer- und Ausleseeinheit in Betrieb genommen. Es zeigte sich, daß die Synchrotronstrahlung als kontinuierliche Lichtquelle vor allem im Bereich zwischen 500 und 1000 Å verbesserte Ergebnisse bringt, da in diesem Wellenlängenbereich sämtliche bei der Photodissoziation kleiner organischer Moleküle (C₂H₄ und substituierte Derivate) möglichen Bruchstücke erzeugt werden können.

Edelgasgemische (a)

Die Messungen an festen Edelgasgemischen wurden im Berichtszeitraum fortgesetzt. Vor allem wurde die Feinstruktur der Absorptionsspektren am Einsatz der Anregungen aus dem Xe-4d, Kr-3d, Ar-2p und Ne-2s-Schalen in festen Edelgasgemischen untersucht. Das Zumischen anderer Gase führt zu Energieverschiebungen der Absorptionsmaxima. Ist die Ordnungszahl des zugemischten Gases größer als die des untersuchten Edelgases, so verschieben sich alle Maxima zu niedriger Energie. Ist die Ordnungszahl des zugemischten Gases kleiner als die des untersuchten Edelgases, so verschieben sich alle Maxima zu höherer Energie.

Die Verschiebung der einzelnen Maxima ist annähernd proportional zur Konzentration. Am Einsatz der untersuchten Übergänge ist die Verschiebung klein, mit wachsendem Abstand der betrachteten Maxima vom Einsatz wächst die Verschiebung. Der Energieabstand, der in den Spektren der festen Edelgase auftretenden Exzitonlinien von den entsprechenden Absorptionslinien der freien Atome hängt nur von den umgebenden Atomen, nicht aber vom angeregten Atom selbst ab.

Die Ergebnisse dieser Messungen erleichtern es, Spin-Bahn Partner und Doppelanregungen zu identifizieren. Viele der Ergebnisse dieser Messungen an festen Edelgasmischungen lassen sich mit Hilfe von berechneten Energiebändern und Zustandsdichten der reinen festen Edelgase erklären.

Metaldämpfe (a)

Mit Hilfe eines nach dem heat-pipe Prinzip arbeitenden Ofens gelang es, die Photoabsorption von atomarem Natrium im Bereich der Na-2p-Absorption zu untersuchen. Bild zeigt das Ergebnis der Messungen im Energiebereich zwischen 30 eV und 160 eV. Der Einsatz der Übergänge aus dem Na-2p-Niveau ist an dem starken Dublett bei 31 eV zu erkennen, das den Übergängen 2p⁶3s²2S_{3/2}1,1/2 entspricht. Im Energiebereich bis zu 39 eV wurde eine Vielzahl von Absorptionslinien gefunden, die auf Übergänge von 2p⁶3s nach 2p⁶3sns,nd zurückzuführen sind. Die Identifizierung der einzelnen

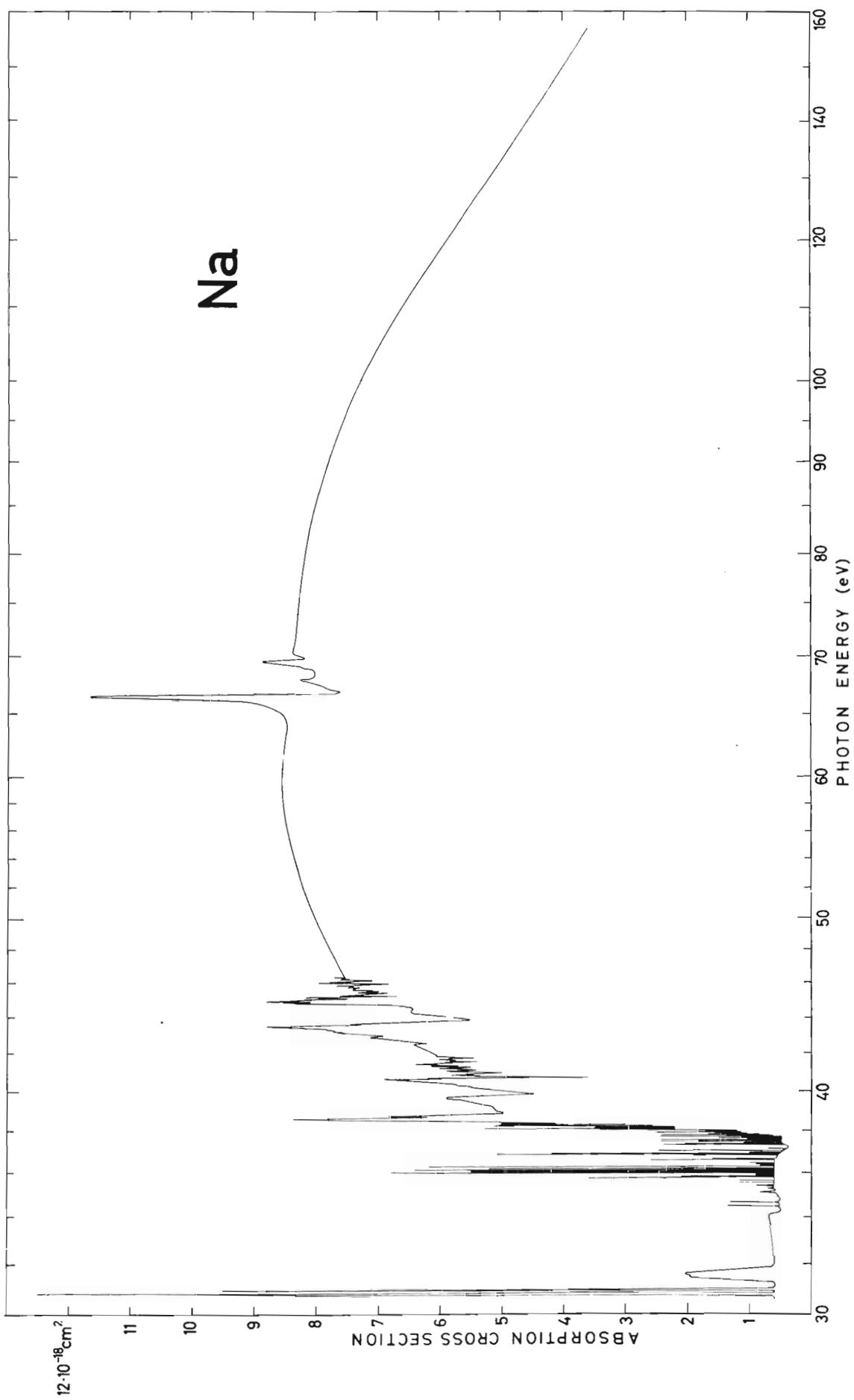
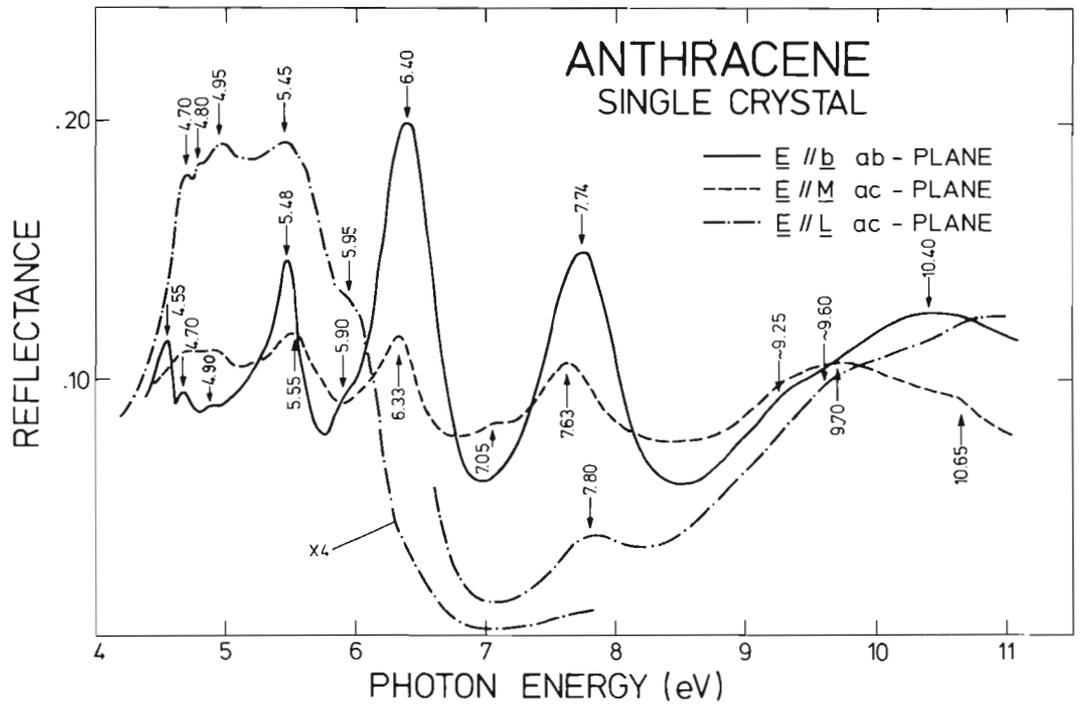


Bild 41: Absorptionsspektrum von dampfförmigem Natrium

Bild 42: Anisotropie der Reflexion an festem Anthrazen



zu früheren Messungen können jetzt die Spektren in kurzen Meßzeiten mit guter Zählstatistik erhalten werden, wodurch sich auch kleinere Unterschiede in der Bandenstruktur eines Elements, das in verschiedenen Bindungszuständen vorliegt, nachweisen lassen. Bild zeigt als Beispiel das K-Emissionsspektrum von Kohlenstoff in Plexiglas, das sich deutlich von den K-Spektren sowohl des Graphits als auch des Diamants unterscheidet.

Röntgenbeugung an biologischen Objekten (e)

Am Synchrotron wurden zur Vorbereitung von Strukturuntersuchungen an biologischen Objekten erste Untersuchungen der Eigenschaften eines Röntgenmonochromators mit einem gebogenen Quarzeinkristall durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß eine Fokalgröße von $0,2 \times 0,2 \text{ mm}^2$ mit einer Gesamtphotonenzahl von 10^{10} Photonen/sec bei $1,5 \text{ \AA}$ zu erreichen ist. Mit einer Kamera wurden Beugungsaufnahmen eines 2 mm langen Streifens des Flugmuskels des Riesenwasserkäfers *Lethoceros maximus* aufgenommen. Der Vergleich mit Aufnahmen, die mit einer Feinrohr mit rotierender Anode hergestellt wurden, lassen darauf schließen, daß die Synchrotronstrahlung um einen Faktor 50 intensiver ist als die charakteristische Strahlung konventioneller Röntgenröhren. Diese Experimente werden in Zukunft von der European Molecular Biology Conference (EMBO) in einem im Aufbau befindlichen Synchrotronstrahlungslabor am DESY fortgesetzt werden.

2.11 Elektronik (F51, F54 u. F56)

An prototypischen Funkenkammern war im Vorjahr gezeigt worden, daß Funkenkammern mit magnetfeldunabhängiger) Kondensatorauslesung zuverlässig zum Arbeiten gebracht werden können. Anfang des Jahres konkretisierten sich die Pläne für eine vorläufige Ausstattung des supraleitenden Detektor-Magneten 'PLUTO' mit Funkenkammern. Von der Gruppe F39 wurde ein Satz von 4 Kammern bestellt, die einzeln $38 \times 106 \text{ cm}^2$ groß sind und jeweils $1/12$ der Zylinderfläche um den Wechselwirkungspunkt bedecken. Zusammen mit 3 Kammern aus einer älteren Baureihe ergibt sich ein '5-Ebenen-Teleskop', das in dem hohen Feld von 2,2 Tesla die Analyse des Myonen-Anteils der kosmischen Strahlung im Energiebereich von etwa 1 bis 100 GeV gestattet.

*Drahtfunkenkammern
F51*

Parallel zu den Arbeiten an diesem Projekt liefen Vorversuche zum Bau von Funkenkammern mit möglichst geringer Massenbelegung. Da wegen der 'blinden' Zonen die Rahmen der Kammern möglichst schmal gemacht werden müssen, wurde versucht, mit Styropor-Platten als tragenden Konstruktionsteilen zu arbeiten. Die Versuche sind noch nicht abgeschlossen.

Ebenfalls laufen noch Arbeiten an einer Funkenkammer, die mit Drähten im 0,5-mm-Raster versehen wurden. Möglicherweise wird bei dieser Bauweise allein durch die Vielfachstreuung ein wesentliches Unterschreiten des bei guten 1-mm-Kammern üblichen Ortsauflösungsfehlers von $\pm 0,3 \text{ mm}$ verhindert.

Die Arbeiten an den Verstärkern für Proportionalkammern sind gekennzeichnet durch den Übergang von mittleren zu großem Stückzahlen. Während die Version 10 einer 5-Kanal-Platine mit dem nach DESY-Spezifikation gefertigten Baustein V196 nur für 3×100 Kanäle gebaut wurde, ist die verbesserte Version 11 mit rund 1000 Kanälen erstellt worden. Um eine so große Zahl von Verstärkern im Dauerbetrieb bezüglich der Zeitauflösung und der Schwelle stabil zu halten, war eine Reihe von Maßnahmen notwendig, deren wichtigste die Einführung von Testelektroden war. Über sie wird kapazitiv ein Prüfsignal für jeweils etwa 30 Verstärker eingekoppelt und sukzessive über den in Frage kommenden Zeitbereich geschoben. Diese Prüfungen sind durch benutzerfreundliche Programme weitgehend automatisiert, sodaß im Falle von Schwierigkeiten im Betrieb in kurzer Zeit ein genauer Statusreport über alle Verstärker und ihre Auslese bis hin zum Kernspeicher des Kleinrechners angefertigt werden kann.

Die für die Strahlenschutz-Messungen notwendige Registrier-Anlage wurde um einen Kernspeicher erweitert, der seine Ergebnisse täglich über Fernleitung in einen Auswerte-Rechner und (oder) einen Lochstreifenstanzer übergibt. Alle hierzu gehörigen Geräte konnten bis zum Jahresende voll in Gang gesetzt werden.

Begonnen wurde mit Entwurfsarbeiten für die Strahlungsüberwachungsanlage für den Speicherring.

F 56 hat im Jahre 1971 mehrere Geräte entwickelt, die einerseits der Instrumentierung der Proportionalkammern in verschiedenen Experimenten dienen, andererseits als spezielle Nanosekundengeräte wesentliche Einheiten der schnellen Experiment-Logik darstellen.

*Spezielle Elektronik
F56*

Die im vorigen Jahr bereits begonnene Entwicklung einer Schaltkarte für 16 Verstärker-Logik-Kombinationen mit integrierten Bausteinen wurde wesentlich verbessert und zur Serienreife gebracht. Mit diesen Karten (vergl. Bild) wurden verschiedene Kammer-systeme der Gruppen F21 und F35 mit insgesamt 5632 angeschlossenen Drähten ausgerüstet.

Um die in den Speicherelementen der Schaltkarten stehenden Informationen, ob gleichzeitig mit dem Strobesignal vom Experiment ein Draht ein Signal erhalten hat oder nicht, auszulesen und in den Rechner (PDP-8) zu transportieren, wurde ein Multiplex-Verfahren entwickelt, dessen

Prinzip bereits früher beschrieben wurde (Int. DESY-Bericht F56-70/10). Nach diesem Verfahren wird der Inhalt der Speicher abgefragt, die Adressen derjenigen Flip-Flops, die eine Signalinformation erhalten haben, gebildet und über twisted-pair-Leitungen an den Rechner übertragen. Der ganze Vorgang dauert weniger als 100 μ sec für bis zu $2^{12} = 4096$ Speicher. Zwei dieser Anlagen befinden sich im Einsatz, eine dritte ist im Bau.

Damit innerhalb einer Kammer festgestellt werden kann, wieviel Drähte während eines Events gleichzeitig angesprochen haben, wurden Addiereinheiten entwickelt, die innerhalb von 100 nsec bis zu 64 Drähte prüfen und die Zahl der entsprechenden Drähte analog addieren. Ähnliche Entwicklungen für sehr schnelle digitale Addition wurden begonnen.

Für die schnelle Experiment-Logik wurden im vergangenen Jahr neben einigen speziellen Einzelgeräten vor allem zwei Gerätetypen, die zur Serienreife und Fertigung gelangten, die AND-OR-UNIT und der Time-Digital-Converter (TDC).

In der AND-OR-Unit werden 12 von den Detektoren kommende Nanosekundensignale mit einem von der Masterkoinzidenz kommenden Strobosignal, das die Messung eines Events bedeutet, zur Koinzidenz gebracht (Auflösung etwa 3 nsec mit MECL-III-Bausteinen). Die koinzidenten Signale werden in Flip-Flops gespeichert, von wo sie nach einem Ausleseverfahren dem Rechner übermittelt werden. Zusätzlich zur AND-Funktion werden alle gespeicherten Daten über ein 12-fach-OR geordnet und über Koax-Buchsen wieder in die schnelle Experiment-Logik eingespeist. Die Schaltung enthält vielfältige Ausgangsfunktionen.

Der Time-Digital-Converter TDC verwandelt die Zeitdifferenz zwischen einem Start- und einem Stoppsignal durch Laden eines Kondensators durch eine konstante Stromquelle in eine Amplitude um, die nach dem Verfahren einer linearen Rampe digitalisiert wird. Die Eingänge enthalten zusätzliche Koinzidenzfunktionen (Auflösung etwa 3 nsec). Die Schaltung kann in Zeitbereichen zwischen 0 und 200 psec/Kanal bzw. zwischen 0 und 1 nsec/Kanal arbeiten, wobei in 128 Kanäle digitalisiert wird. Die Konversionszeiten betragen etwa 6 bzw. 20 μ sec für den letzten Kanal. Die differentielle Nichtlinearität wurde zu ± 5 psec gemessen. Mehrere Geräte wurden hergestellt.

Als Sonderentwicklung wurde eine Fernwahl für Targets durchgeführt. Durch einen digital angesteuerten Servomotor können von einem Kontrollzentrum bis zu 12 verschiedene Targets in den Strahl gebracht werden. Nach Erreichen der Position erfolgt Rückmeldung an die Experimentsteuerung.

Elektronik-Service F54

Die Reparatur und die Wartung der elektronischen Meßgeräte bilden den umfangreichsten und wichtigsten Teil der Arbeiten. Im Jahre 1971 wurden etwa 1000 Geräte überholt und instand gesetzt. Es wird großer Wert auf schnelle und reibungslose Abwicklung der Reparaturarbeiten gelegt, um die Ausfallzeiten der Geräte möglichst gering zu halten.

Der Geräte-Pool verfügt inzwischen über ca. 600 Geräte, von denen ständig etwa die Hälfte in den Betrieb ausgeliehen sind. Das Verleihprogramm umfaßt standardmäßige Laborelektronik, experimentelle Elektronik und Sondergeräte.

Das Geräte-Prüffeld hat die von einer Reparatur außer Hause zurückkehrenden Geräte auf einwandfreie Funktion zu prüfen. Darüberhinaus gehört das Testen und Beurteilen neuer Meßgeräte, die für einen Einsatz bei DESY interessant sein könnten, zu den Prüffeldaufgaben.

Die zentrale Bedarfssammelstelle ist neu eingerichtet worden, um Gerätebeschaffung zu koordinieren. Bei der Auswahl sollen Gerätebestand, Betriebserfahrungen und Testergebnisse Berücksichtigung finden. Einen Überblick über den Gerätebestand bei DESY vermittelt eine Klassifizierungsliste in der die Geräte beschrieben und über EDV sortiert sind.

2.12 Bibliothek und Dokumentation (L u. F1)

Die Entwicklung von Bibliothek und Dokumentation im Berichtsjahr ist aus den nachfolgenden Tabellen zu ersehen:

Bibliothek

1. Bücher, Zeitschriften und Berichte

	Zugang		Bestand	
	1970	1971	Ende 1970	Ende 1971
Monographien	820	483	5925	6418
gebundene Zeitschriftenbände	521	583	4704	5287
laufend gehaltene Zeitschriften	15	3	262	265
Berichte und Preprints	3771	4157	ca. 15000	ca.15000

2. Bibliotheksbenutzung

	1970	1971
Leserzahl	ca. 900	ca. 900
Entleihvorgänge	ca. 250/Woche	ca. 350/Woche
Entleihvorgänge im auswärtigen Leihverkehr	250	329

23 Übersetzungen größeren Umfangs aus dem Russischen oder Französischen mit insgesamt 198 Maschinenseiten wurden in der Reihe der DESY-Übersetzungen (R3-Üb-133 - R3-Üb-155) herausgegeben. Aus den gleichen Sprachen wurden außerdem 17 weitere Arbeiten mit insgesamt 154 Maschinenseiten übersetzt. Es wurden drei Veranstaltungskalender herausgegeben.

Es wurden 25 Hefte des HIGH ENERGY PHYSICS INDEX herausgegeben, daneben der Jahresindex 1970. 9987 Arbeiten wurden dokumentarisch erfaßt.

Es wurde ein SDI-Dienst (SDI = Selective Dissemination of Information) unter Benutzung eines direct-file Retrievalprogramms aufgebaut. Die Teilnehmer hatten alle zwei Wochen einen Maschinenausdruck der sie besonders interessierenden neu eingegangenen Titel. Ende 1971 gab es 170 Teilnehmer, von denen die Hälfte DESY-Angehörige waren. Die Zahl der Teilnehmer wächst weiter an. Insgesamt wurden im Berichtsjahr etwa 250 retrospektive Retrievalanfragen beantwortet (Literaturrecherchen). Während solche Anfragen im allgemeinen durch maschinell ausgedruckte Listen erledigt werden, ist es seit Ende des Berichtsjahres auch möglich, über PDP-8-Rechner 'online'-Retrieval zu machen.

SDI-Dienst

Eine Studie über Information und Dokumentation in der Physik wurde abgeschlossen. Der zusammenfassende Bericht für die Deutsche Physikalische Gesellschaft kann bei deren Geschäftsstelle angefordert werden (31).

*Dokumentation
F1*

Für die Daten-Compilation der Photoproduktion oberhalb 1.2 GeV wurden die Neuerscheinungen weiterhin ausgewertet. Der neueste Stand dieser Compilation kann auf Magnetband angefordert werden.

In Zusammenarbeit mit dem Lawrence Radiation Laboratory und dem CERN wurden die Daten über Massen, Breiten, Quantenzahlen und Zerfälle aller Elementarteilchen und Resonanzen kompiliert und kritisch untersucht (32).

3. Theoretische Physik (T)

Die Gruppe für Theoretische Physik beim DESY untersucht die verschiedenen Vorstellungen zur Struktur der Elementarteilchen und ihrer Wechselwirkungen.

Die theoretische Bearbeitung des relativistischen Quarkmodells zur Struktur der Mesonen machte weitere Fortschritte. Neben einem Bethe-Salpeter-Gleichungsmodell für starke Bindung von skalaren Quarks (192) wurde eine Arbeit über ein ähnliches Modell mit Fermi-Quarks abgeschlossen. Es stehen jetzt relativistische B.S.-Amplituden für alle Mesonen zur Verfügung, mit denen die verschiedenen Eigenschaften der Mesonen modellmäßig berechnet werden können. Daneben wurden auch allgemeinere Vorstellungen zur starken Quarkbindung und zur 'Quark-Loop'-Dynamik diskutiert sowie das Quarkmodell auf Elektroproduktionsprozesse phänomenologisch angewandt (204).

Die Struktur der Hadronen wurde auch im Rahmen von mehr konventionellen Vorstellungen untersucht. So werden die magnetischen Momente und Formfaktoren der Nukleonen im Rahmen einer Bethe-Salpeter Theorie untersucht. Der Beitrag eines 'Nukleon Loops' zur Kraft im π - π -Kanal wurde diskutiert (202). Im Methodischen ergeben sich interessante Beziehungen zwischen diesen Arbeiten und den Rechnungen zum relativistischen Quarkmodell. ; Die Elektroproduktion von Nukleonresonanzen wurde mit einem feldtheoretischen Modell in statischer Approximation beschrieben (179).

Bei der Untersuchung der Reaktionsmechanismen spielte das Vektor mesondominanzmodell der elektromagnetischen Wechselwirkung weiter eine wichtige Rolle (T 71/5, T 71/8). Besonders die neuen experimentellen Daten von DESY zur Elektroproduktion befruchteten die Diskussion dieses Modells (175, 176, 206). Daneben wurden auch mehr phänomenologische Analysen der Pion-Elektroproduktion (208) und verschiedene Rechnungen im Rahmen des peripheren Modells durchgeführt (201, 177, 178). Die 1971 allgemein interessierenden inklusiven Reaktionen wurden eingehend diskutiert (180, T 71/6).

Fragen der Stromalgebra und schwachen Wechselwirkung wurden unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet (205, T 71/3, T 71/4).

Feldtheoretische Untersuchungen zu den Grundfragen der Elementarteilchenphysik bildeten schon immer einen wesentlichen Schwerpunkt. Das Verhalten von Feynmanamplituden bei großen Impulsen wurde weiter untersucht. Dabei wurden insbesondere durch Kombination des Verfahrens der infinitesimalen Operationen auf Feynmanamplituden mit dem der Entwicklung von Produkten von Feldoperatoren bei kleinen Abständen (Wilson-Entwicklungen) neue Resultate gewonnen (181).

Untersuchungen über Streuprozesse bei sehr hohen Energien wurden fortgeführt. Die Grundlagen des Stoßbildes (171, 174) (impact picture) wurden anhand verschiedener Modelle [Feldtheorie mit Φ^3 Kopplung (193, 194) Potentialstreuung bei großen Energien und bei großer Kopplungskonstante (170, 176), geladenes Vektormeson im statischen elektromagnetischen Feld, 197] illustriert und vertieft; die Nichtanwendbarkeit der elementaren Stoßparametermethode (Eikonalnäherung) in diesen Fällen wurde gezeigt. Abgewandt wurde das Stoßbild bei Rechnung zur hochenergetischen Delbrückstreuung (198).

Bei Betrachtung eines geladenen Vektormesons mit anomalem magnetischem Moment (199) und mit elektrischem Dipolmoment im Coulombfeld (200) zeigte es sich, daß in einem Problem mit nichtrenormierbarer Störungsentwicklung eine (im naiven Entwicklungsparameter nichtanalytische) Lösung existiert, sofern dieser Parameter eine untere Grenze übersteigt.

Der bei DESY im Bau befindliche Speicherring hat großes Interesse an den theoretischen Aspekten der durch den Speicherring ermöglichten Experimente bewirkt. Von den verschiedensten the-

oretischen Standpunkten (Stromalgebra, Vektordominanzmodell, Stoßbild etc.) ausgehend, wurde versucht, experimentelle Problemstellungen und theoretische Voraussagen zu begründen .

Im Berichtsjahr hat sich die Zusammenarbeit der theoretischen Gruppe beim DESY mit Wissenschaftlern an Universitätsinstituten besonders erfreulich entwickelt. Neben der traditionellen Zusammenarbeit mit dem II. Institut für theoretische Physik, Hamburg, findet nun auch ein ständiger Austausch mit einzelnen Theoretikern an verschiedenen Universitäten statt. Die Zahl der gemeinsamen Arbeiten mit auswärtigen Wissenschaftlern zeigt eine steigende Tendenz.



Speicherring- und Beschleuniger-Entwicklung

Bild 47: Luftaufnahme des DESY-Geländes.
Im Vordergrund der Speicherring und die zugehörige Experimentierhalle.

4.1 Speicherring-Entwicklung

Der Bau eines 3 GeV Elektronen-Positronen-Doppelspeicherrings (DORIS) ist die wichtigste Maßnahme des derzeitigen DESY-Ausbauprogramms. Das Ziel ist die Speicherung eines Elektronenstrahles und eines Positronenstrahles, die auf einer 300 m langen geschlossenen Bahn gegenseitig umlaufen. Die beiden Strahlen werden in getrennten, übereinander liegenden Magnet- und Vakuumsystemen geführt, damit sie unabhängig voneinander gemessen und eingestellt werden können und sich gegenseitig möglichst wenig beeinflussen. Der Doppelring bietet außerdem den Vorteil, daß darin wahlweise auch zwei Elektronenstrahlen gespeichert werden können. An zwei auf dem Umfang einander gegenüberliegenden Stellen, den Wechselwirkungspunkten, durchkreuzen sich die Ringe vertikal unter kleinem Winkel. Dort treffen die gespeicherten Strahlen nahezu frontal aufeinander und treten miteinander in Wechselwirkung. Die dabei gestreuten oder neu erzeugten Teilchen sollen in magnetischen Detektoren großen Raumwinkels analysiert werden. Um eine hohe Ereignisrate pro Wirkungsquerschnitt, d.h. eine hohe Luminosität zu erzielen, werden die umlaufenden Strahlen am Wechselwirkungspunkt auf einen sehr kleinen Querschnitt ($0.4 \times 0.04 \text{ mm}^2$) fokussiert. Die maximal möglichen Elektronen- und Positronenströme betragen $2 \times 6 \text{ Amp}$. bei einer Energie von 1.8 GeV; dem entspricht eine Luminosität von $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$.

Die Ablenkung und Fokussierung der gespeicherten Strahlen erfolgt in separierter Funktion durch Dipol- und Quadrupolmagnete. Um eine Strahllebensdauer von einigen Stunden zu erreichen, ist eine Ultrahochvakuumkammer mit einem Betriebsdruck von weniger als 10^{-8} Torr erforderlich. Ein $2 \times 0.75 \text{ MW}$ - Hochfrequenzsystem führt den Elektronenstrahlen die Leistung zu, die sie in Form von Synchrotronstrahlung laufend abstrahlen. Die Steuerung des komplexen Gesamtsystems erfolgt durch einen Prozeßrechner. Der Speicherring wird gefüllt über Strahlführungskanäle vom Synchrotron, wahlweise aber auch direkt vom Linearbeschleuniger II.

Theoretische Untersuchungen

Die theoretischen Untersuchungen umfaßten hauptsächlich drei Problemkreise:

- (1) Raumladungseffekt zwischen zwei kollidierenden Teilchenstrahlen
- (2) Wechselwirkung des Strahls mit den Vakuumkammern, den HF-Resonatoren und Absaugplatten
- (3) Die Entstehung und Absaugung von Ionen
Dazu kommen Überlegungen, die sich auf bereits bearbeitete Gebiete beziehen, wie z.B. Wandverluste und kohärente Strahlschwingungen

(1)
Bei der Untersuchung des noch weitgehend unverstandenen Problems des Raumladungseffekts konnte gezeigt werden, daß bei einer bestimmten Strahlintensität und für einen bestimmten Bereich der Q-Werte die Closed-Orbits der beiden Strahlen instabil werden und keine vollständige Durchdringung der Strahlen mehr möglich ist (1). Die hieraus folgende Grenze stimmt ziemlich genau mit den für den ACO-Speicherring gemessenen Grenzströmen überein. Die entsprechende Grenze für den DESY-Speicherring kann durch geeignete Wahl der Q-Werte über die bisher angenommene Grenze gelegt werden ($\Delta Q = 0.025$).

In den weiteren Untersuchungen wurde die Änderung der optischen Struktur eines Speicherrings durch den Raumladungseffekt berechnet (Q-Werte, Amplitudenfunktionen, Dispersion und Momentum-Compaction-Faktor) (2).

(2)
Zum Problemkreis der Wechselwirkung des Strahls mit dem Vakuumsystem wurde vor allem untersucht, wie durch Ionen-Absaugplatten im Ring kohärente Betatron- und Synchrotron-schwingungen zusätzlich gedämpft werden können. Ausgehend von stark vereinfachten Modellen wurde gezeigt, daß durch horizontale bzw. vertikale Plattenpaare an Stellen verschwindender Dispersion vertikale bzw. horizontale kohärente Betatronschwingungen mit Dämpfungszeiten

bis zu $100\mu\text{sec}$ gedämpft werden können. Unsymmetrische Plattenpaare an Stellen horizontaler bzw. vertikaler Dispersion führen zu einer zusätzlichen Dämpfung der Synchrotronschwingung, aber gleichzeitig zu einer Entdämpfung der Betatronschwingung. Unter diesen Voraussetzungen konnte eine Verteilung der Plattenpaare im Ring ausgearbeitet werden, die ein optimales Dämpfungsverhalten erwarten läßt. Problematisch bleibt allerdings der Einfluß der ohmschen Verluste in den Platten und eine technisch unvermeidliche Fehlanpassung der Platten bei hohen Frequenzen.

Zur weiteren Stabilisierung transversaler kohärenter Schwingungen wird zur Zeit ein 'Fast Feedback' erwogen. Der grundsätzliche Mechanismus eines Feedback-Systems in einer stark fokussierenden Maschine wurde theoretisch untersucht (3). Überlegungen zum Beamloading und zur Frage unterschiedlicher Teilchenzahl in den Bunchen wurden begonnen.

(3)

Zum Verständnis der Ionenabsaugung wurde das Gleichgewicht zwischen Ionenproduktion und Ionenabsaugung behandelt und der Mechanismus der Ionenabsaugung durch elektrische Felder für einen 'gebunchten' Strahl untersucht (4). Mißt man den Einfluß der Ionen auf den Strahl durch die verursachte Q-Verschiebung, so ergab sich, daß bei einem Strahlstrom von 3 Amp. und dem entsprechend hohen Restgasdruck (H_2 : 10^{-8} Torr, CO : 2×10^{-9} Torr) unter ungünstigen Betriebsbedingungen, selbst bei einem Plattenfüllgrad von 60% noch eine Q-Verschiebung von 0.2 toleriert werden muß. Die erforderliche Feldstärke für Ionenabsaugung beträgt $1 \text{ kV/cm} \times \text{Amp.}$ bei einer horizontalen Strahlausdehnung von 2 mm.

Von den Magnetaufträgen über 26 Doppelablenkmagnete DM und 56 Doppelquadrupole DQ wurden im Frühjahr die Prototypen ausgeliefert und magnetisch vermessen. Auf Grund dieser Messungen wurden noch offene Parameter in der endgültigen Polkontur für die Serienfertigung festgelegt. Die Auslieferung dieser Magnettypen wird bis Ende 1972 abgeschlossen sein.

Magnete

Der Auftrag über die 12 großen Quadrupole WQ für die Umgebung der Wechselwirkungspunkte wurde mit der Lieferfirma konstruktiv abgewickelt. Die Fertigung der Eisenkörper und der Spulen hat begonnen. Die Auslieferung dieser Typen erfolgt bis zum Herbst 1972.

Die restlichen Magnettypen des Speicherringes wurden ausschreibungsreif konstruiert und bestellt. Der Auftrag umfaßt folgende Magnete:

4 vertikale Doppelablenkmagnete, 4 Doppel-Hauptsepta, 4 Doppel-Vorsepta, 2 Injektionsmagnete, 8 Doppel-Sextupole (2 Typen), 2 Einzel-Sextupole, 2 Einzel-Oktupole. Die Auslieferung dieser Magnete erstreckt sich bis Sommer 1973.

Es müssen jetzt lediglich noch Steuerspulen (2 Typen) und ein HF-Quadrupol konstruiert und bestellt werden.

Im Magnetmeßlabor wurden die Prototypen für den Ablenkmagneten DM und den Doppelquadrupol DQ und die Modellmagnete für Sextupol und Oktupol vermessen. Auf Grund dieser Messungen wurde die endgültige Ausführung der Serienmagnete festgelegt. Daneben wurde ein Quadrupolmagnet für das MPI Heidelberg ausführlich untersucht und eine Anzahl von Strahlführungsmagneten gemessen. Die Ausmessung des vertikal ablenkenden Spektromettermagneten MV wurde gemeinsam mit den Gruppen F21 und F58 in der Experimentierhalle mit der transportablen Meßbank durchgeführt, die zur Steuerung und Datensammlung an einen Prozessor (PDP 8) angeschlossen war.

Für die Serienvermessung der DM-Ablenkmagnete des Speicherringes wurde eine Vorrichtung mit 4 m langer fahrbarer Meßspule entwickelt, die das Feld entlang der Sollbahn integriert und mit einem Bezugsmagneten vergleicht. Die bei vorläufigen Messungen an 2 DM-Magneten erreichte relative Meßgenauigkeit für das Feldintegral ist besser als 5×10^{-5} . Kleine Meßspulen, die zusätzlich auf dem Spulenwagen montiert sind, messen das integrierte Feld für verschiedene Bahnradien und gestatten es, den Quadrupol-, Sextupol- und Oktupolanteil zu ermitteln.

Hochfrequenz-System und Injektion

Mit dem Aufbau des Prototypsenders in Halle III (500 MHz/250 kW) wurde im April begonnen; die Abnahme dieser Senderanlage erfolgte im September. Da auch die Prototyp-Hohlleiteranlage, ein Sechstel des Hohlleiterauftrages, im September installiert und abgenommen war, konnte zu diesem Zeitpunkt mit den Messungen an der HF-Anlage (Bild 48) begonnen werden. Insbesondere sollen jetzt die Stabilität der Anlage mit geschlossenen externen Regelschleifen und die maximal mögliche Regelgeschwindigkeit untersucht und mit den Berechnungen verglichen werden. Um prüfen zu können, ob die Regelschleifen mit Strahlstrom in den HF-Resonatoren den abgeleiteten Stabilitätsbedingungen genügen, ist ein Strahlsimulator zur Nachbildung von Synchrotronschwingungen und zur Absorption der Strahlleistung gebaut worden.

Für die bei DESY entwickelten HF-Systemsteuerungen ist die Planung fast abgeschlossen. Ein Teil der benötigten Steuer- und Regelgeräte wurde als Prototyp erprobt; die Fertigung einiger Geräte ist bereits angelaufen.

Die wichtigsten Messungen am Prototyp-Resonator wurden mit der Senderanlage in Halle III durchgeführt, sodaß der Auftrag zur Fertigung der Beschleunigungsstrecken im Dezember erteilt werden konnte. Bei den Leistungsmessungen am Prototyp (Bild 49) zeigte sich, daß die entwickelten Abstimmeelemente mechanische Resonanzen aufweisen, die durch Schwankungen im Kühlwassersystem angeregt werden können. Eine geänderte Konstruktion muß noch erprobt werden.

Für die Einspeisung der HF-Leistung in die Beschleunigungsstrecken werden koaxiale ultrahochvakuumdichte Koppelfenster benötigt. Verschiedene Tests ergaben, daß die von der Industrie bezogenen Fenster nicht für die erforderliche Durchgangsleistung von 64 kW geeignet waren, sondern bereits bei einer HF-Belastung von 30 kW brachen. Es wurde daraufhin mit einer Eigenentwicklung begonnen. Das erste bei DESY hergestellte vakuumdichte Fenster (Bild 50) wurde im Oktober mit einer Durchgangsleistung von 80 kW geprüft und zeigte dabei keine ungewöhnliche Erwärmung.

Die Konstruktionsarbeiten an den Septum- und Kickermagneten für das Injektionssystem wurden abgeschlossen und die Fertigungszeichnungen erstellt. Der Prototyp des Pulserzeugungsgerätes für die Septummagnete ist aufgebaut und wird erprobt. Mit den Vorversuchen für die Serienschaltung von zwei Kickermagneten wurde begonnen.



Bild 48: Der Prototyp eines Klystron-Senders und der Hohlleiteranlage für den Speicherring.

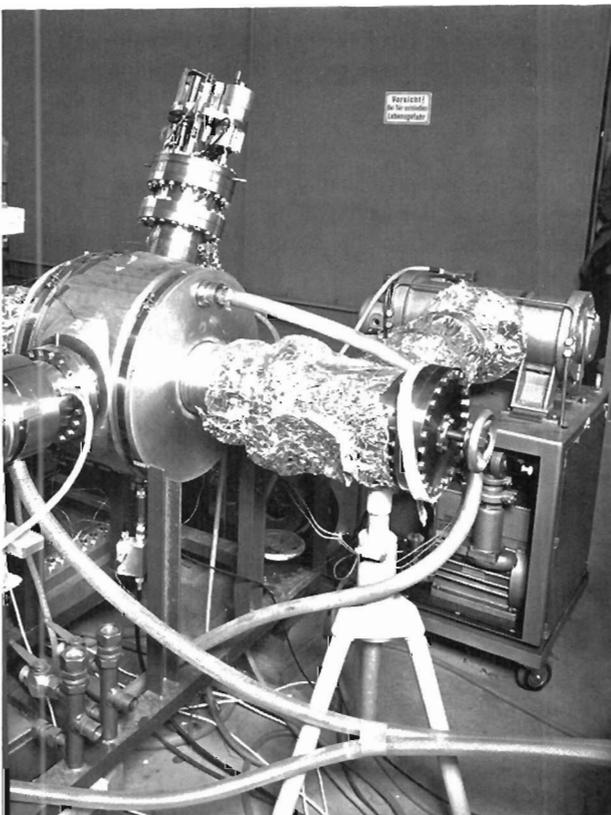


Bild 49: Der Prototyp einer Beschleunigungsstrecke auf dem Teststand .

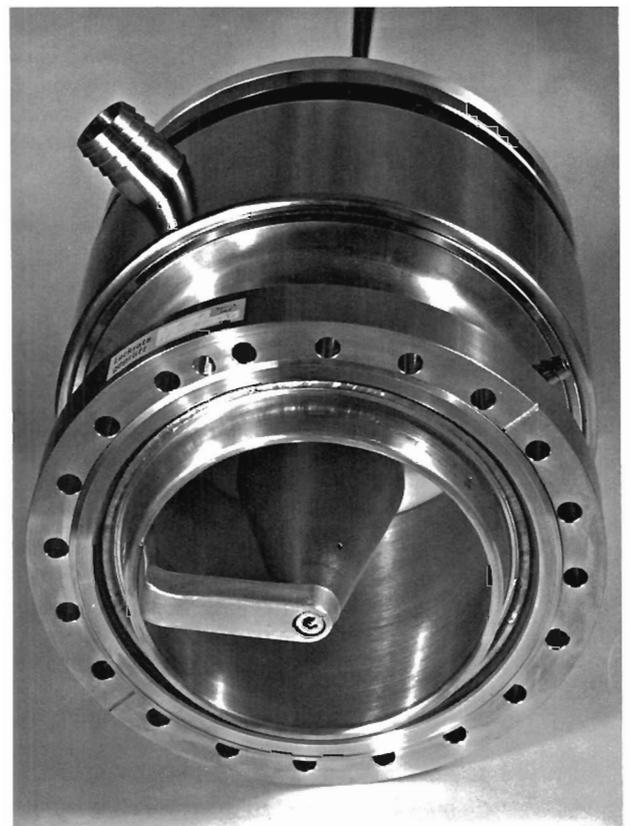


Bild 50: Koaxiales Hochfrequenzfenster zur Leistungseinkopplung in die Beschleunigungsstrecken.

Das Konzept des Vakuumsystems wurde noch einmal unter dem Gesichtspunkt überarbeitet, die Zahl der Flanschverbindungen möglichst herabzusetzen. Die Detailkonstruktionen konnten bis zum Jahresende entsprechend geändert werden; insbesondere wurden geschweißte Durchführungen für die Synchrotronstrahlungsabsorber eingeführt.

Vergeben wurden die Aufträge für Flansche, Federungskörper, Quadrupolkammern, Ionengetterpumpen und Turbomolekularpumpen. Die Turbomolekularpumpen wurden bereits ausgeliefert.

Durch Versuche mit einer 'Prototypenperiode' wurde im 1:1 Versuch nachgewiesen, daß die bei der Dimensionierung des Vakuumsystems zugrunde gelegte Verteilung von Getterzerstäuberpumpen ausreicht, um die geforderte Druckverteilung im System ohne Strahl zu erreichen.

Für den Start und Betrieb von Ionenzerstäuberpumpen ergab sich, daß kleine Netzgeräte mit 200 mA für eine Pumpe mit einem Saugvermögen von $400 \text{ l} \times \text{sec}^{-1}$ ausreichen. Damit lassen sich die Ionenzerstäuberpumpen auch noch bei 10^{-4} Torr starten. Es wurde gezeigt, daß die Lecksuche in den großen UHV-Systemen über eine Entfernung von 10 m mit einem eingebauten Massenspektrometer mit einer Zeitverzögerung von einigen Sekunden erfolgen kann. Zur kohlenwasserstofffreien Suche von Groblecks wurde ein Ultraschallverfahren mit einer unteren Meßgrenze von $1 \text{ Torr l sec}^{-1}$ erprobt.

Die maximale Ausheiztemperatur für das Vakuumsystem des Speicherringes wurde auf 300°C festgelegt. CERN-ISR-Erfahrungen und folgende Laborversuche und Beobachtungen zeigen die Notwendigkeit dieser hohen Ausheiztemperatur:

1. Durch Wechselwirkung der Synchrotronstrahlung mit der Absorber- und Vakuumkammer-Oberfläche wird selektiv H_2 , CO und CO_2 desorbiert. Die Lebensdauer des Strahls wird hauptsächlich vom CO - und CO_2 -Anteil beeinflusst. Ausheiztemperaturen im Bereich von 150°C genügen zwar zur Entfernung von absorbierten H_2O -Schichten; die CO - und CO_2 -Schichten werden aber erst bei Temperaturen oberhalb 250° in erheblichen Mengen abgebaut.
2. Zum Regenerieren von 'gesättigten' Ionenzerstäuberpumpen ist eine Ausheiztemperatur von 300° erforderlich. Da die verteilten Ionenzerstäuberpumpen in den DM-Kammern eingebaut sind, müssen diese Kammern auf 300°C ausgeheizt werden.

Die technische Auslegung der Versorgung des Ausheizsystems wurde abgeschlossen. Es ist möglich, die Ausheiztemperatur stufenweise im Bereich von 200°C bis 300°C zu wählen. Die Versuche für die Beheizung aller Magnetkammern bei sehr beengten Platzverhältnissen wurden weitgehend durchgeführt.

Das Konzept der Synchrotronstrahlungsabsorber wurde festgelegt. 90% der Strahlungsabsorber können aus dem gleichen Kupferprofil mit aufgelöteten Kühlwasserrohren hergestellt werden. Die maximal auftretenden Absorberrtemperaturen bei voller Belastung liegen unterhalb 150°C .

Die Reflexion der Synchrotronstrahlung bei kleinen Glanzwinkeln am Absorber kann den Betrieb des Speicherringes ungünstig beeinflussen. Bild 51 zeigt die Abhängigkeit des Reflexionskoeffizienten der über das Spektrum integrierten Synchrotronstrahlungsleistung vom Glanzwinkel und der Elektronenenergie des Speicherringes für einen Kupferabsorber. Bei einer 10%igen Leistungsreflexion (2 GeV, 100 mrad) könnte die thermische Belastung der Vakuumkammer und der verteilten Ionenzerstäuberpumpen auf das 10-fache der zulässigen Belastbarkeit ansteigen. Diesem Wert entspricht eine Reflexion von ca. 40% der auftreffenden Photonen, die zu unerwünschten sekundären Prozessen (Photodesorption, Photoelektronen auf den Ionenabsaugelektroden) führt. Mit Hilfe einer Zahnstruktur und zusätzlicher Sandstrahlbehandlung der Absorberoberfläche kann die Reflexion um mehr als eine Größenordnung reduziert werden. Bild 52 zeigt das Absorberprofil mit der vorgeschlagenen Zahnstruktur.

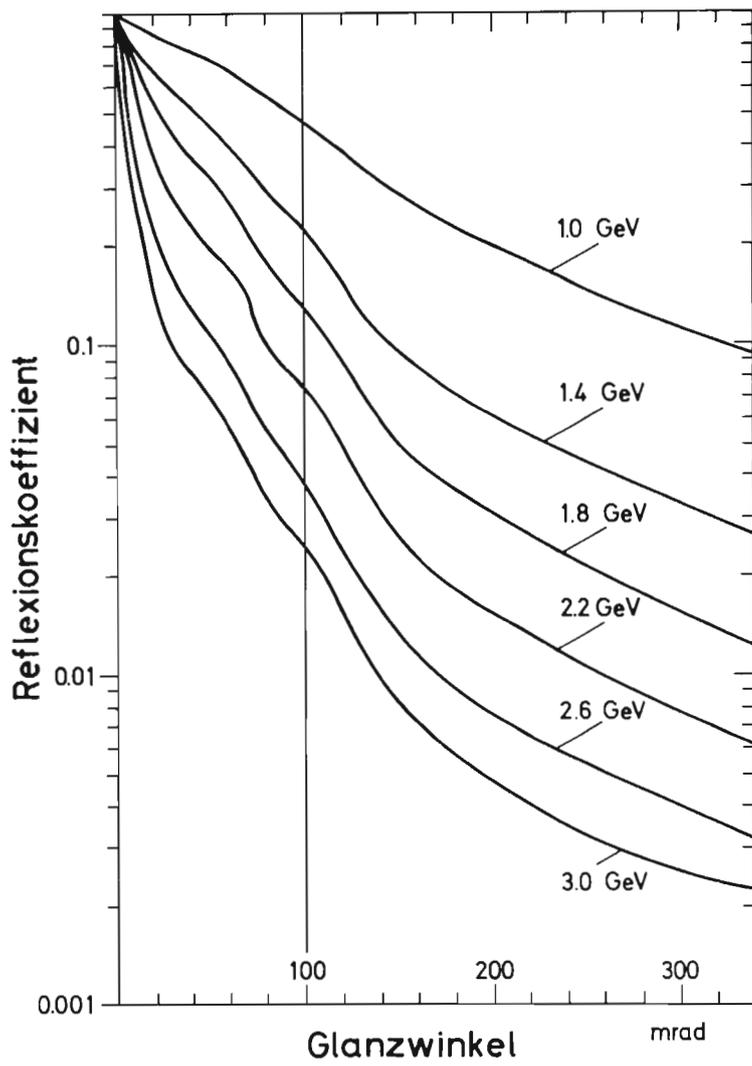
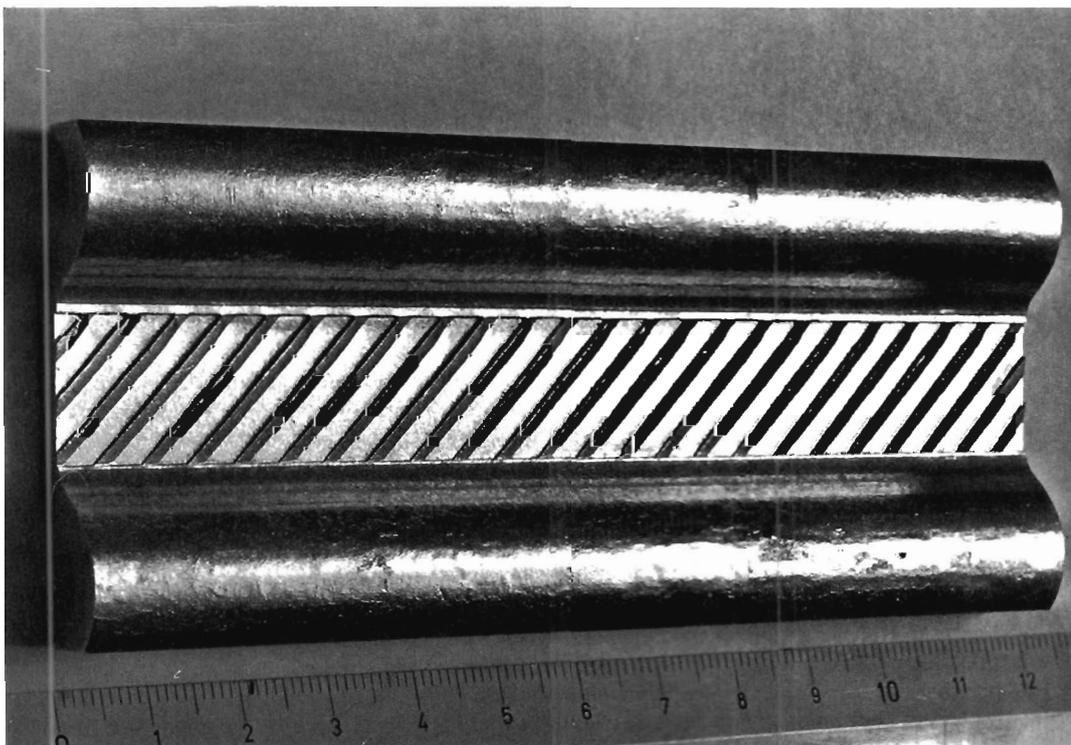


Bild 51: Abhängigkeit des Leistungsreflexionskoeffizienten der Synchrotronstrahlung auf Kupfer vom Glanzwinkel und der Elektronenenergie.

Bild 52: Strahlungsabsorberprofil mit Zahnstruktur.



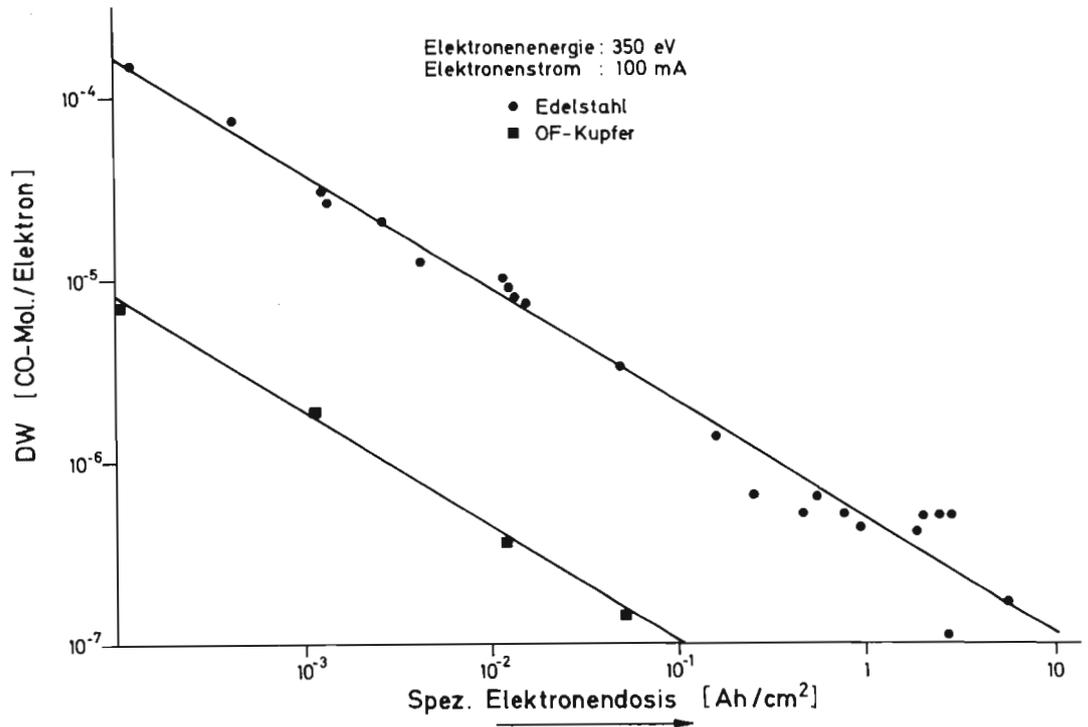


Bild 53: Abhängigkeit der Desorptionswirkung von der Elektronendosis für Edelstahl.

Die Messungen der Elektronenstoßdesorption an Edelstahl und verschiedenen kommerziellen Kupfersorten zeigten, daß es nicht notwendig ist, vakuumgeschmolzenes Kupfer als Absorbiermaterial zu verwenden. Bild 53 zeigt die am Edelstahl und Kupfer bei Zimmertemperatur gemessene Abhängigkeit der Elektronenstoßdesorption von der spezifischen Elektronendosis. Der Design-Wert des Vakuumsystems von 1×10^{-6} CO-Molekülen pro Photoelektron wird bei Edelstahl nach einem Elektronenbeschuß mit ca. 3×10^{-1} Ah/cm² erreicht. Um diese spezifische Elektronendosis zu erhalten, müßte man den Speicherring bei gekühlten Absorbieren 180 Stunden lang mit einem umlaufenden Strom von 100 mA bei 2 GeV 'waschen'. Betreibt man jedoch, wie beabsichtigt, während des 'Waschens' die Absorber ohne Kühlung, so erhöht sich deren Temperatur auf ca. 200°C, und die erforderliche Zeit verringert sich um den Faktor 25, d.h. auf 7 Stunden. Der Einfluß einer bei Lufteinbruch in das SR-Vakuumsystem während des Ausheizens entstehenden Kupferoxydation auf die Photodesorption wurde ausführlich untersucht: Durch Oxydation steigt die Desorptionsrate etwa um den Faktor 1000 an. Es ist aber möglich, mit Hilfe einer H₂-Behandlung bei 10 Torr und 300°C das gebildete Kupferoxyd soweit zu reduzieren, daß die ursprünglichen Desorptionsraten wieder erreicht werden.

Zur Dimensionierung der verteilten Ionenzerstäuberpumpen wurden anhand von theoretischen Überlegungen und experimentellen Ergebnissen Formeln zur Berechnung des Saugvermögens in Abhängigkeit von den Pumpenparametern (Zellengeometrie, Magnetfeld, Betriebsspannung) entwickelt und zur Berechnung eines Prototyps verwendet, der am Jahresende testbereit war. Das Pumpenelement besteht aus einem System von in zwei Ebenen übereinander angeordneten Zellen mit einem Durchmesser von 10 mm, die aus gewellten Edelstahlstreifen geschweißt werden. Die Zahl der Zellen pro DM-Kammer (etwa 3 m) beträgt etwa 2000; das berechnete Saugvermögen bei 1×10^{-9} Torr bleibt bei Magnetfeldern größer als 4 kG (Elektronenenergie ≥ 1.5 GeV) konstant und beträgt 1100 l/sec.

In den fortlaufenden Untersuchungen zur Speicherringoptik wurden die Teilchenbahnen von Reaktionsteilchen aus dem Wechselwirkungspunkt in die Magnetstruktur als Grundlage für die Aufstellung der Luminositätsmonitore berechnet (5).

Außerdem wurde die genaue Strahlgeometrie der beiden Speicherringe festgelegt (6).

Da der Speicherring sehr empfindlich gegen Störfelder ist, wurde ein Korrektursystem aus Positionsmonitoren und Korrekturspulen entworfen, das eine automatische, rechnergesteuerte Korrektur des Closed-Orbits im Speicherring ermöglicht (7).

Betrachtungen über nichtlineare Strahloptik (8) und optische Resonanzen führten zu einer endgültigen Festlegung der Sextupol- und Oktupolstruktur.

Mit Hilfe des Programms MARE (9) wurden in Genf die endgültigen Magnetprofile für Ablenkmagnete, Quadrupole und Sextupole berechnet (10). Außerdem wurden Berechnungen durchgeführt für eine Reusenspule als magnetischer Detektor zur Teilchenanalyse am Wechselwirkungspunkt (11, 12).

Bei einem längeren Aufenthalt eines Mitarbeiters bei CEA wurden praktische Erfahrungen beim Betrieb eines Speicherringes gesammelt und hierbei Dämpfungsmechanismen gegen die Head-Tail-Instabilität studiert (13,14).

Die Entwicklung des Loop-Monitors zur Strahlpositionsmessung ist abgeschlossen, sodaß die Serienfertigung in Auftrag gegeben werden kann.

Das Konzept für die Elektronik der Positionsmonitore konnte endgültig festgelegt und ein Firmenauftrag vergeben werden.

Der Strommonitor ist in allen seinen Einzelheiten fertig entwickelt und der Prototyp am Synchrotron getestet worden.

Das Konzept der Bunchlängenmessung mittels einer Kerr-Zelle, die durch einen Laser-Puls geöffnet wird (15), hat sich bewährt; mit dem eine zeitliche Auflösung von 10 psec erreicht werden kann. (Bild 54). Die gesamte Anlage ist im Labor aufgebaut und soll 1972 am Synchrotron getestet werden.

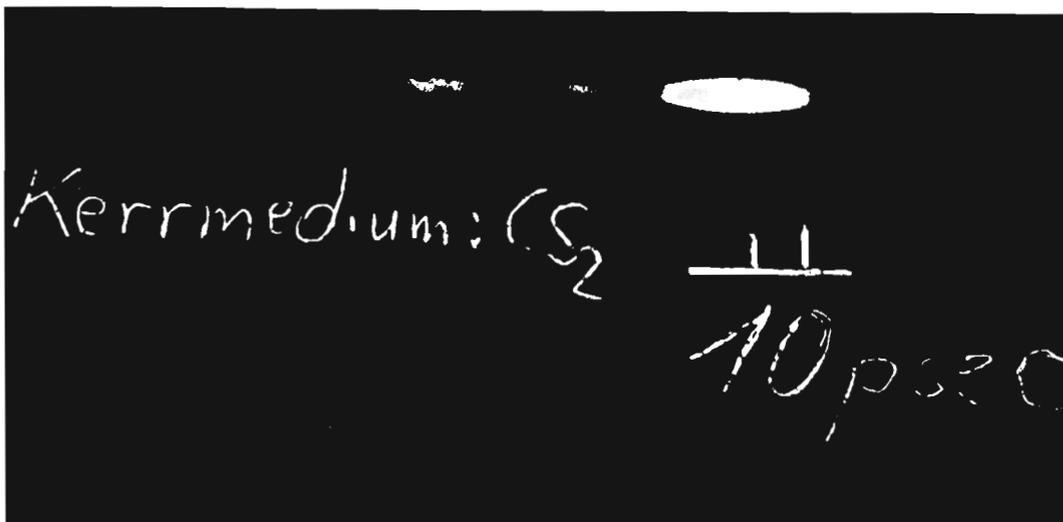


Bild 54: Aufnahme eines etwa 20 psec langen Laserlichtpulses, begleitet von schwachen Pulsen, die von Mehrfachreflexion beim Durchgang durch eine dünne Glasplatte herrühren.

Speicherring-Steuerung

Für das Plattensystem zur Messung der Betatron- und Synchrotronschwingungen wurden die Vorversuche abgeschlossen, sodaß mit dem Aufbau des Prototyps begonnen werden kann.

Ein Konzept zur Luminositätsmessung über die Beobachtung von Einzelbremsprozessen und über die Beobachtung der Elektron-Positron-Kleinwinkelstreuung wurde erarbeitet (16). Es umfaßt ein System von Teilchenzählern, die an verschiedenen Stellen in der Umgebung der Wechselwirkungszone in den Ring eingebaut sind. Mehrere Schauerzähler wurden entwickelt und am Synchrotron getestet mit dem Ziel, bei kleinen Zählervolumen ein Optimum an Energieauflösung zu erreichen.

Zu Beginn des Jahres wurde die Konfiguration des Speicherring-Steuerrechners endgültig festgelegt (17). Im Juni wurde der erste Teil der Anlage, eine PDP 15/35 für Programmierzwecke, geliefert. Der zweite Teil folgte im September. Er besteht aus zwei gekoppelten Rechnern PDP 15/35 und PDP 15/10 mit einer umfangreichen Prozeßperipherie und vier Display-Konsolen für den Speicherring-Kontrollraum. Alle Rechner wurden vorläufig im Laborgebäude aufgestellt (Bild 55).

Die Mitte des Jahres einsetzende Programmierstätigkeit umfaßte die Systemgenerierung für die spezielle Maschinenkonfiguration, die Anpassung des Betriebssystems an die bestehende Tandemanordnung und die Anfertigung der Unterprogramme für die Erstellung der Bildschirm-Inhalte, die Lichtstift-Benutzung und den Koppler an die IBM-Rechenanlage. Außerdem wurden erste Benutzerprogramme für das Vakuumsystem geschrieben und getestet.

Als erste gerätetechnische Arbeiten wurden der Koppler für die Digitalanzeigen des Speicherring-Kontrollraumes und ein Erprobungsmuster des Sollwertübertragungssystems DISSY am Rechner angeschlossen und erprobt.

Die Labortätigkeit bei H6 konzentrierte sich auf folgende Arbeiten:

Anpassung des DISSY an die verschiedenen Anwendungsfälle und konstruktive Weiterentwicklung bis zur Serienreife;

Entwicklung der Verzögerungskassetten für das Injektions-Triggersystem;

Planung und beginnende Entwicklung der Auswertungs-Elektronik für die Lage-monitorsignale;

Fertigstellung der Spannungs-Grobregelung und Feinregelung für die Septum- und Kicker-Pulser;

Weiterentwicklung der Regelung und Steuerung von HF-Resonatoren;

Entwicklung eines extrem linearen AM-Demodulators für das ZF-System der Lagemonitore;

Entwicklung eines logarithmischen Meßverstärkers für die Ionenzerstäuberpumpen im Vakuumsystem;

Die Planungsarbeiten für den Vakuum-Kontrollraum sind zu einem vorläufigen Abschluß gelangt, sodaß nun die verschiedenen Steuergeräte konzipiert und gebaut und die Getterpumpen-Netzgeräte ausgeschreiben werden können. Im Gegensatz dazu konnten für den Speicherring-Kontrollraum bisher nur sehr pauschale Entwürfe gemacht werden, da viele der zur Detailplanung erforderlichen Informationen erst noch erarbeitet werden müssen.

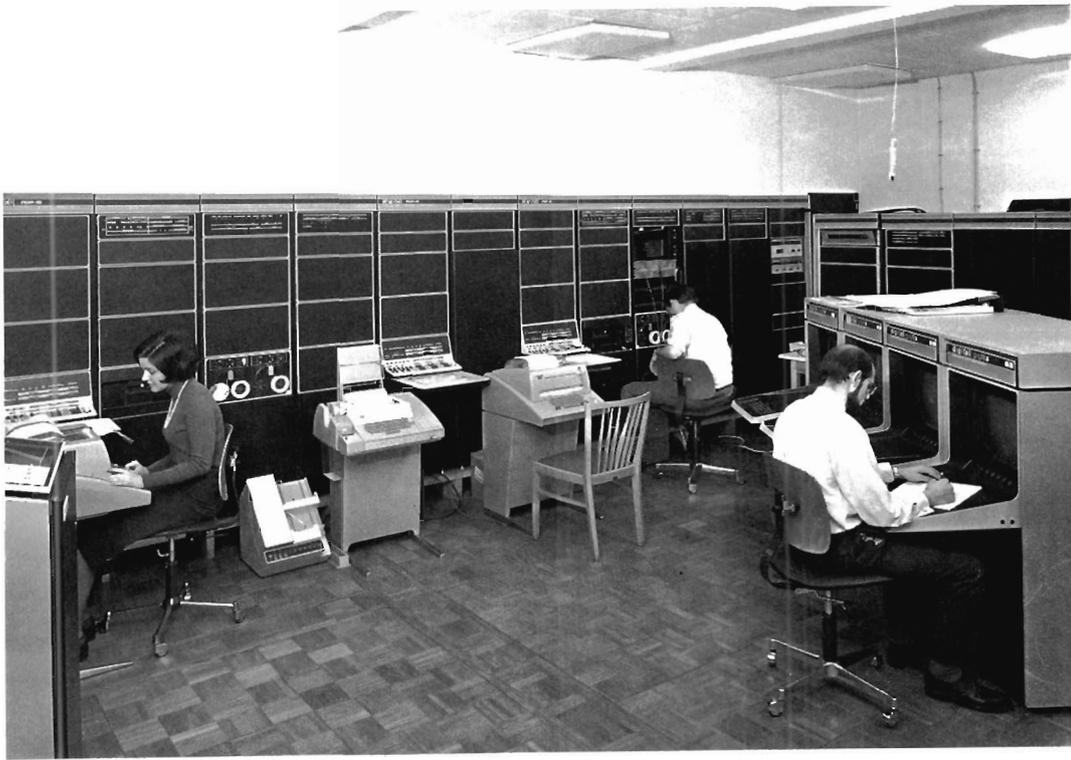


Bild 35: Die Prozeßrechneranlage für den Speicherring an ihrem vorläufigen Aufstellungsort.

Die Bautätigkeit an den Rohbauten der Speicherringanlage wurde im Berichtsjahr fortgesetzt. Das Richtfest konnte am 12. November gefeiert werden.

Bau und Mechanik

Es wurden folgende Baukörper bis Jahresende fertiggestellt:

- Kellergeschoß mit Kanälen
- Ringtunnel mit Experimentiergruben
- Experimentierhalle bis auf Nordgiebel und Sohle
- Versorgungshalle bis auf Sohle
- Senderhallen
- Strahlführungskanäle zu Synchrotron und LINAC II
- Synchrotronstrahlungsbunker II am Synchrotron
- Entwässerungsanlage, bestehend aus großvolumigem Pumpenschacht, Vorhaltebecken und Schluckbrunnen.

In diesen Gebäudeteilen wurde bereits mit dem Innenausbau begonnen. Es wurden z.B. Krane und Katzen in Ring und Hallen eingebracht, Fundamentplatten zur Aufnahme des Beschleunigers vorbereitet, Versorgungsleitungen für die Maschine und Luftführungskanäle für die Raumklimatisierung verlegt.

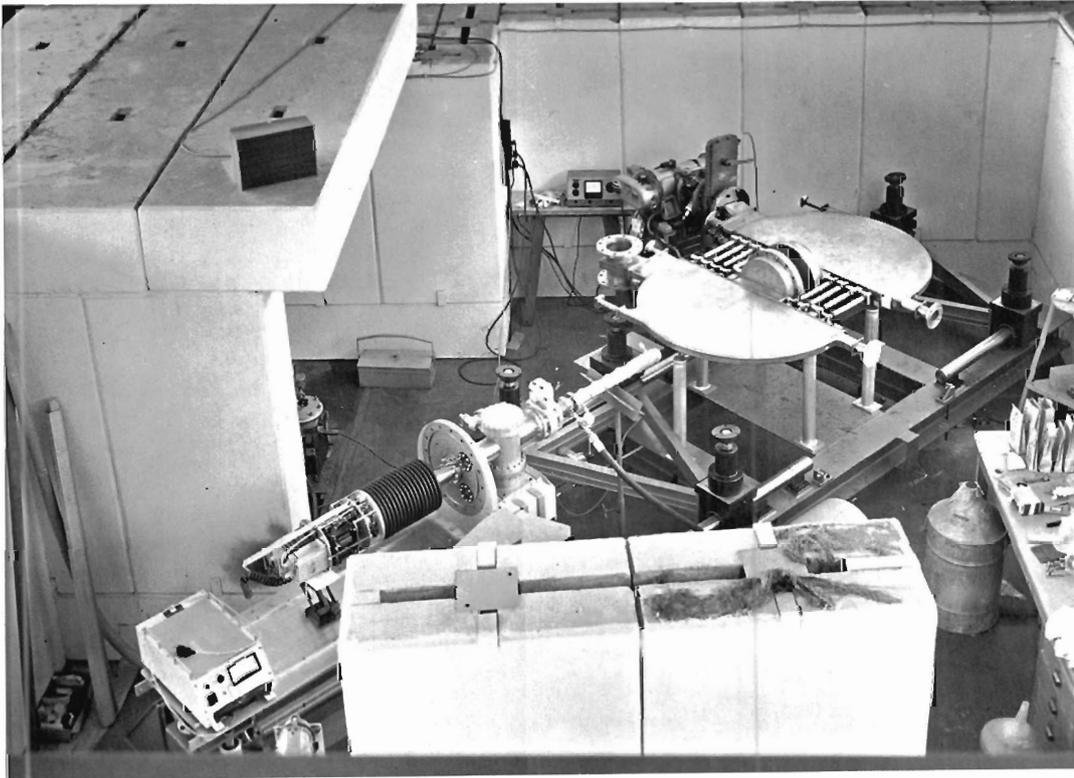
Der Rohbau des dreigeschossigen Laborgebäudes und der darauf aufgestockten drei Büroggeschosse konnte nur teilweise fertiggestellt werden.

Die zur Maschinenaufstellung benötigte mechanische Unterkonstruktion sowie ein Teil der zugehörigen Justiereinheiten wurden termingerecht ausgeliefert. Ein Träger wurde zu Kontrollzwecken im Ring aufgestellt.

Die Büroaktivität lag in Planungstätigkeiten für neu eingeführte Bauten (z.B. zwei Synchrotronstrahlungsbunker am Speicherring) Strukturierung und Detaillierung von Rohbau und Innenausbau und der Konstruktion von mechanischen Einbauten. Die Arbeit der am Speicherringbau beteiligten technischen Gruppen wurde koordiniert. Insbesondere wurde die zeichnerische Gesamtdarstellung des Doppelspeicherringes im Maßstab 1:10 so vervollkommen, daß zum Jahresende eine bereits ins Detail gehende Übersicht über den Aufbau des späteren Beschleunigers vorlag.

- 1) A. PIWINSKI
Konferenzbericht: Proceedings of the 8th
International Conference on High-Energy Accelerators
CERN 357 (1971)
- 2) A. PIWINSKI
Die Änderung der optischen Struktur eines Speicherrings
durch den Raumladungseffekt
Interner DESY-Bericht H1/71-1
- 3) R.D. KOHAUPT
Feed-back-Mechanismus bei transversalen Schwingungen
des Bunchsystems
Technische Notiz H1/1
- 4) R.D. KOHAUPT
Mechanismus der Ionenabsaugung im Elektron-Positron-
Speicherring (DORIS)
Interner DESY-Bericht H1/71-2
- 5) R. EHLERS, H. WIEDEMANN
Strahloptik bei der Messung der Luminosität
am Speicherring.
Interner DESY-Bericht H5/71-1
- 6) R. APPEL, H. WIEDEMANN
Geometrie des Speicherringes
Interner DESY-Bericht H5/71-2
- 7) G. MÜLHAUPT
Closed Orbit Korrekturen für den DESY-Speicherring
Interner DESY-Bericht H5/71-9
- 8) H. WIEDEMANN
Teilchenoptik höherer Ordnung
Interner DESY-Bericht H5/71-10
- 9) CERN 67-7
- 10) H. WIEDEMANN
Feldberechnungen für die Magnete im Speicherring
Interner DESY-Bericht H5/71-4
- 11) Vorschlag zum Bau eines 3 GeV Elektron-Positron-Speicherrings
Proposal, Sept. 1966
- 12) H. WIEDEMANN
Magnetische Eigenschaften einer Reusenspule als Detektor
am Speicherring
Interner DESY-Bericht H5/71-5
- 13) G. MÜLHAUPT
On the damping of the Head-Tail-Instability by (means of) octupoles
(Zur Dämpfung der Head-Tail-Instabilität durch Oktupole)
Interner DESY-Bericht H5/71-7
- 14) A. HOFMANN, G. MÜLHAUPT
Observation of the Head-Tail Instability at the
Cambridge Electron Accelerator
Proceedings 8th Intern.Conference on High Energy
Accelerators, CERN 1971
- 15) R. FISCHER, R. ROSSMANITH
A proposed Method of Measuring Synchrotron-Radiation
Pulses in the Picosecond Range
Interner DESY-Bericht H5/69-4
- 16) H.C. DEHNE
Bericht über die am SR DORIS vorgesehenen Luminositäts-
monitore anlässlich der Arbeitstagung über Experimente
am SR am 8.7.1971
- 17) S. PÄTZOLD
Modifizierter Vorschlag einer Prozeßrechner-
Anlage für den DESY-Speicherring
Interner DESY-Bericht H6/71-1

4.2 Beschleunigerforschung



Die Möglichkeit des Einsatzes supraleitender Beschleunigungsstrecken soll an einem Mikrotron untersucht und erprobt werden. Die verschiedenen Komponenten des Mikrotrons sind fertiggestellt worden.

Nach Aufstellen des Einschußbeschleunigers konnten die notwendigen Messungen am Einschußweg für das Mikrotron vorgenommen werden. Bei diesen Arbeiten traten immer wieder Ausfälle des Hochspannungserzeugers auf. Diese Schwierigkeiten konnten noch nicht endgültig beseitigt werden.

An einigen supraleitenden Resonatoren aus Niob-Blech wurden bei 4,2 K Gütemessungen vorgenommen. Ohne vorheriges Ausheizen bei hohen Temperaturen und ohne spezielle Oberflächenvergütung wurden Güten von etwa $3 \cdot 10^7$ erzielt. Zur Erreichung höherer Güten bei 1,3 GHz werden verschiedene Oberflächenbehandlungen erprobt.



Synchrotronbetrieb

5.1 Synchrotronbetrieb (S1)

Bedingt durch die lange Herbstmontagezeit war die für Experimente zur Verfügung stehende Zeit 1971 etwas geringer als in den Vorjahren.

	<u>1971</u>	<u>1970</u>	<u>1969</u>	<u>1968</u>	<u>1967</u>
Gesamtbetriebszeit	6384	6456	7160	6968	6816
wovon für Experimente geplant	5026	5037	5848	5745	4833
für Experimente erhalten	4431	4854	5574	5137	4367

Die Ausfallrate lag mit 10,9% merklich höher als 1970 und 1969 (4,3% und 4,8%). Dieses ist vor allem auf den Ausfall des Hochfrequenzgleichrichters am 25.8.71 zurückzuführen, wodurch allein im August 16 Schichten verloren gingen. Der ursprünglich für den 6.9.71 vorgesehene Beginn der Montagezeit wurde eben wegen dieses Gleichrichterausfalls auf den 30.8. vorverlegt. Es gelang dann jedoch, die Montagezeit nicht erst am 24.11., wie vorher geplant, sondern bereits am 19.11.71 zu beenden. Die vom 1.9. bis 6.9. ausgefallene Experimentezeit wurde dadurch ausgeglichen.

Bestimmend für die Dauer dieser Montagezeit waren vor allem zwei Vorhaben:

- der Bau des westlichen Verbindungstunnels Synchrotron-Speicherring, sowie des 2. Synchrotron-Strahlungsbunkers
- die Installation und Erprobung eines neuen 50 kV/16 A-Gleichrichters für die 500 MHz-Sender-Stromversorgung

Im Zuge der Weiterführung der Baumaßnahmen für die Verbindung der Speicherringe auf der einen Seite, und dem Synchrotron und Linac II auf der anderen Seite, wurden die Durchbrüche für Strahl 29 durch die Synchrotronaußenwand eingebracht und das anschließende Tunnelstück betoniert.

Es wurde ein zweiter Bunker für Synchrotronstrahlungs-Experimente errichtet und das Strahlrohr zum Synchrotron eingebaut.

Der 50 kV/16 A-Gleichrichter zur Versorgung der 500 MHz-Klystrons für die HF-Beschleunigung sollte in der Herbstmontagezeit wegen der Erfordernisse des Synchrotronbetriebes mit 'flat top' ursprünglich auf den doppelten Strom ausgebaut werden. Infolge des Ausfalls des alten Gleichrichters am 25.8.71 mußte dieses Vorhaben zunächst aufgegeben werden, stattdessen wurden die für die Erweiterung vorgesehenen Bauteile verwendet zum Aufbau einer 50 kV/16-A-Anlage für den normalen Synchrotronbetrieb, welche dann später ihrerseits erweitert werden kann in Verbindung mit der Einführung des 'Betriebes mit verlängertem Tastverhältnis' (flat top).

Über die beiden genannten größeren Vorhaben hinaus wurden in der Herbstmontagezeit u.a. folgende Arbeiten durchgeführt:

Reparatur von Synchrotronmagneten, Einbau weiterer Bauteile in den rechten Einschubweg vom Linac II zum Synchrotron, Einbau eines Ablenkmagneten in Verbindung mit einem neuen Strahlabsorber für den Meßraum von Linac II, Umbauten am 500 MHz-Sender, Vorbereitungen am Hochfrequenzsystem für ein '1 Cavity-Experiment' am Ende der Montagezeit. Die Energieversorgungsgruppe konnte die Arbeiten an den 200 Hz-Kreisen der Synchrotronmagnetschaltung zur Vorbereitung des 'flat top'-Betriebes erheblich weiterführen.

Für die Strahltransportsysteme zwischen den Speicherringen auf der einen Seite und dem Linac II und dem Synchrotron auf der anderen Seite wurden die optischen Rechnungen soweit abgeschlossen, daß die Aufträge für Ablenkmagnete und Quadrupollinsen vergeben werden konnten. Bei den Linsen konnte hierbei auf den bei DESY bereits eingesetzten Typ Q_L zurückgegriffen

werden. Auch die übrigen Komponenten der Strahlführung konnten fast alle bereits in Auftrag gegeben werden (Magnetgestelle, Vakuumrohre, Vakuumpumpen, Strahlmeßstationen etc.). Sondergeräte (Strahlstopper, Meßkollimatoren etc.) wurden in die Konstruktion gegeben.

Das Entwicklungs- und Bauprogramm für die schnelle Injektion (400 MeV) und Ejektion (aus dem Synchrotron in die Speicherringe bei Energien bis zu 2,2 GeV) wurde unter starker Inanspruchnahme von Konstruktionsbüro und Werkstätten weiter vorangetrieben; abgesehen von Verbesserungen an der zugehörigen Elektronik und Hochspannungstechnik wurden Erprobungen und Nachentwicklungen vor allem im Vakuumlabor des Synchrotrons durchgeführt.

Der vom CEA zu DESY überführte Versuchsaufbau für eine polarisierte Elektronenquelle wurde in erheblich verbesserter Form bei DESY wieder aufgebaut; für den Speicherring wurde die Steuerung eines Turbomolekularpumpstandes entworfen und ein kompletter Prototypumpstand aufgebaut.

Endlich wurden 6 Strahlbetrachter unter Verwendung von Al_2O_3 -Platten konstruiert und eingebaut, HF-Prototypfenster im Vakuumofen des Labors gelötet und die erste Keramik-Synchrotronvakuumkammer (Typ A) bei DESY komplett aus Einzelteilen zusammengebaut.

Beim 500 MHz-Hochfrequenzsystem wurden die Arbeiten für den Senderumbau auf 4 Klystrons abgeschlossen. Wegen der erhöhten mittleren Leistung für 'flat top'-Betrieb wurden die Beschleunigungsstrecken mit Koppelfenstern aus Berylliumoxyd statt Aluminiumoxyd ausgerüstet. Die Transformation in der Speiseleitung sowie zu den Cavities, und die gesamte Ringleitung wurden neu abgeglichen. Hierdurch konnte der Bedarf an Sendervorlaufleistung merkbar herabgesetzt werden.

Bei der langsamen Ejektion wurde nach Strahl 20 am Ende des Jahres 1971 auch Strahl 8 auf das 'separate function'-Prinzip umgestellt, d.h. Betrieb mit getrennten Funktionen für Septum, Quadrupol und Sextupol unter Ausnutzung der horizontalen $6\frac{1}{3}$ -Resonanz. Zur sog. 'beam bump-Spillkontrolle' zur Erzeugung eines Rechteckspills für γ -Strahlen wurden weitere Untersuchungen vorgenommen darüber, wie der Einfluß schneller Intensitätsschwankungen wie auch unerwünschte Ausgleichsvorgänge mit der White-Schaltung bei schnellen Feldänderungen verringert bzw. ganz vermieden werden können.

Für die Aufgabengebiete

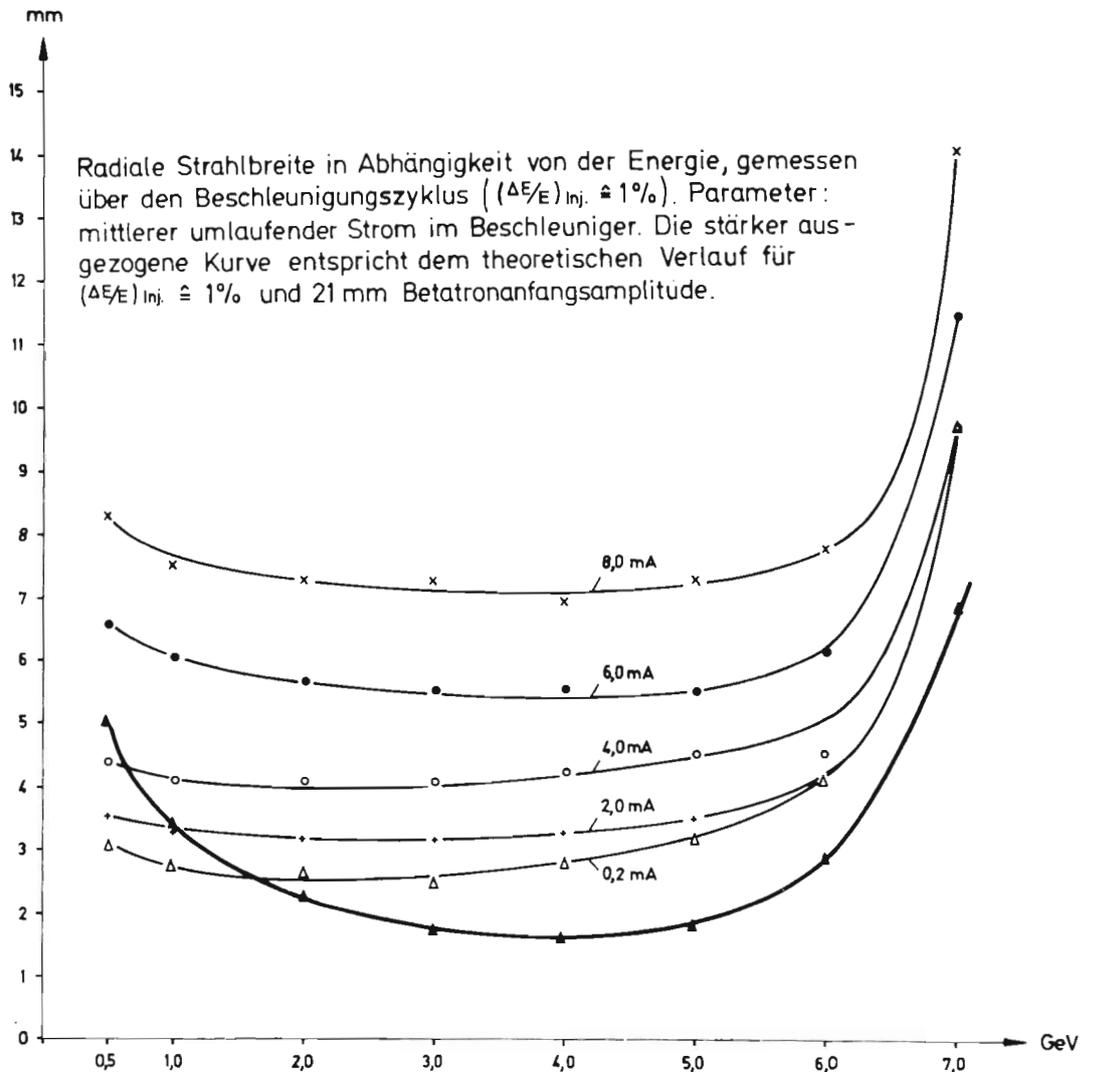
- Datenaufbereitung zur Entscheidungshilfe für den Operateur
- Datenüberwachung zwecks frühzeitigen Erkennens von Störungen und Verfolgen langsamer Veränderungen
- Einstellen von Maschinenkomponenten durch den Rechner nach Veranlassung durch den Operateur

war im Vorjahre die Beschaffung einer Prozeßrechnerkombination PDP 15/35 und PDP 15/10 für das Synchrotron beschlossen worden. Mit dem Austesten dieser Anlage wurde begonnen.

An der Entwicklung einer Dämpfungsstruktur gegen die infolge der Abgabe von Synchrotronstrahlung bei hohen Endenergien entstehenden und mit Zeit und Energie schnell wachsenden inkohärenten radialen Betatronschwingungen wurde weiter gearbeitet.

Schwierigkeiten entstanden wegen der bei DESY für eine solche Struktur erforderlichen hohen Gradienten und Felder durch Sättigungserscheinungen im Eisen. Es mußten mehrere Anordnungen für Eisen und Kupfer untersucht werden; zufriedenstellende Ergebnisse lagen bei Jahresende noch nicht vor.

Bild 57a:



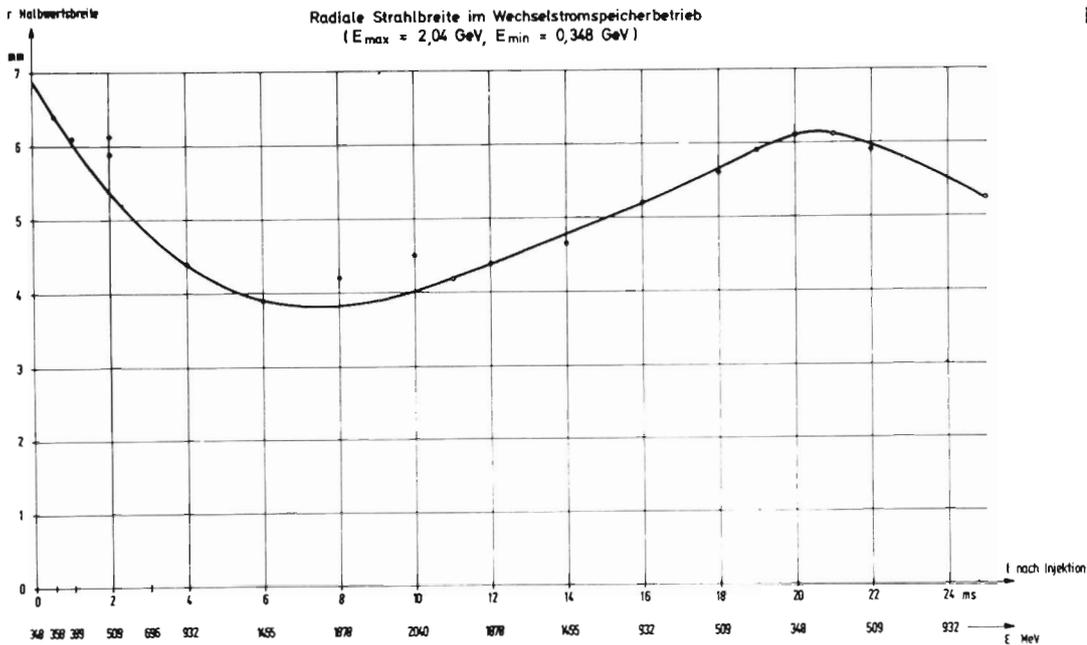
Die Studien am und über den Beschleuniger hatten 1971 zum Ziel, die Intensität zu erhöhen und die Stabilität zu verbessern. Hinter dem Wunsch nach mehr Intensität steht vor allem der Betrieb mit verbessertem Tastverhältnis ('flat top'), der weitere Experimente in die Lage versetzen wird, mehr Teilchen pro Beschleunigungszyklus zu verwenden, während der Wunsch nach verbesserter Stabilität vor allem von den Erfordernissen der langsam ejizierten Elektronenstrahl abzuleiten ist. Diese Strahlen gewannen bereits in den letzten Jahren ständig an Bedeutung. In Zukunft wird diese Bedeutung weiter steigen, da dem Betrieb mit im Synchrotron erzeugten γ -Strahlen mit weiter steigenden Intensitäten Grenzen gesetzt sind (Aktivierung, Strahlenschäden).

Die langsame Ejektion wurde in den vorangegangenen Jahren untersucht; die Probleme wurden verstanden und die Schwierigkeiten beseitigt - sofern sie unmittelbar von der Ejektion herrührten.

Im Berichtsjahr konzentrierten sich die Bemühungen vor allem auf das Studium des im Synchrotron umlaufenden Strahles, wobei z.B. folgende Fragestellungen behandelt wurden:

- wie überträgt das Synchrotron Linac-bedingte Instabilitäten auf die vom Synchrotron an die Experimente abgegebenen Strahlen?
- werden durch den Beschleunigungsvorgang im Synchrotron neue Instabilitäten erzeugt, insbesondere im Zusammenhang mit den durch Linac II zur Verfügung stehenden hohen Intensitäten (Einschuß mit bis zu 125 mA Impulsspitzenstrom)?

Ferner wurde das Problem der γ -Strahljustierung (sowie der Justierung der Maschinenlinsen und des Ejektors für die langsame Ejektion) in Abhängigkeit von Reststörungen des vertikalen closed orbit untersucht. Messungen der vertikalen Winkel, unter denen die γ -Strahlen das Synchrotron verlassen, sowie Rechnungen mithilfe eines speziellen Programmes für den vertikalen closed orbit zeigten, daß die erreichte mittlere Justiergenauigkeit von etwa $\pm 0,2$ mm nicht ausreichend ist. Die verbleibenden restlichen Winkel des closed orbit an den Orten der Targets müssen durch gezieltes Verstellen der Höhe von ein oder zwei Magneten kompensiert werden; vergl. hierzu Bild 57c.



Linac II

Nach der offiziellen Übernahme vom Hersteller am 4. Januar 1971 wurde der Linac II im ersten Halbjahr 1971 noch überwiegend für Erprobungs- und Studienzwecke betrieben, zeitweilig auch zusammen mit dem Synchrotron. Die Stabilität des Strahls konnte durch Überarbeiten des 500 MHz-Chopper-Verstärkers erhöht, der Positronenkonverter in technischer Hinsicht verbessert werden. Es wurden weiter zahlreiche Messungen am Injektionssystem durchgeführt, die der Optimierung der Strahleigenschaften dienten. Erneute Messungen der Emittanz der Elektronen unmittelbar hinter dem Linac ergaben mit $E_x, \gamma = (0,1 \pm 0,06) \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$ (normalisiert auf 400 MeV) kleinere Werte als sie früher hinter dem Spektrometer im Meßraum gemessen worden waren.

Das geplante automatische 'phasing' wurde weiter vorangetrieben. Erste Studien mit einem Platten-Ablenkensystem mit einem geschlossenen $\lambda/4$ -Kabel zeigten, daß es möglich sein sollte, den 500 MHz-Chopper-Hohlraumresonator durch ein solches System zu ersetzen und dann vielleicht die Bunchbesetzungszahl durch Überlagerung von verschiedenen HF-Spannungen an den Platten zu verändern, was besonders für den Speicherring wichtig ist. Dieser neue Chopper soll 1972 eingebaut werden. Durch die größere Einschußenergie von 360 MeV konnte der mittlere umlaufende Elektronenstrom im Synchrotron mit Linac II als Injektor um etwa einen Faktor 4 gegenüber dem Einschuß mit Linac I auf 40 bis 50 mA erhöht werden. Da einige Experimente diese höheren Strahlintensitäten erforderten, wurde Linac II ab Mitte des Jahres zunehmend als Injektor routinemäßig eingesetzt.

Ein zweiter Grund für den Betrieb mit Linac II für Experimente besteht in der Möglichkeit, Positronen zu erzeugen und zu beschleunigen. Typische Positronenintensitäten sind:

$$e^+-\text{Pulsstrom in } |\Delta E| \leq 1/2\% \text{ 1 mA in } 2\pi \cdot \text{cm} \cdot \text{mrad} \\ 0,8 \text{ mA in } 1\pi \cdot \text{cm} \cdot \text{mrad}$$

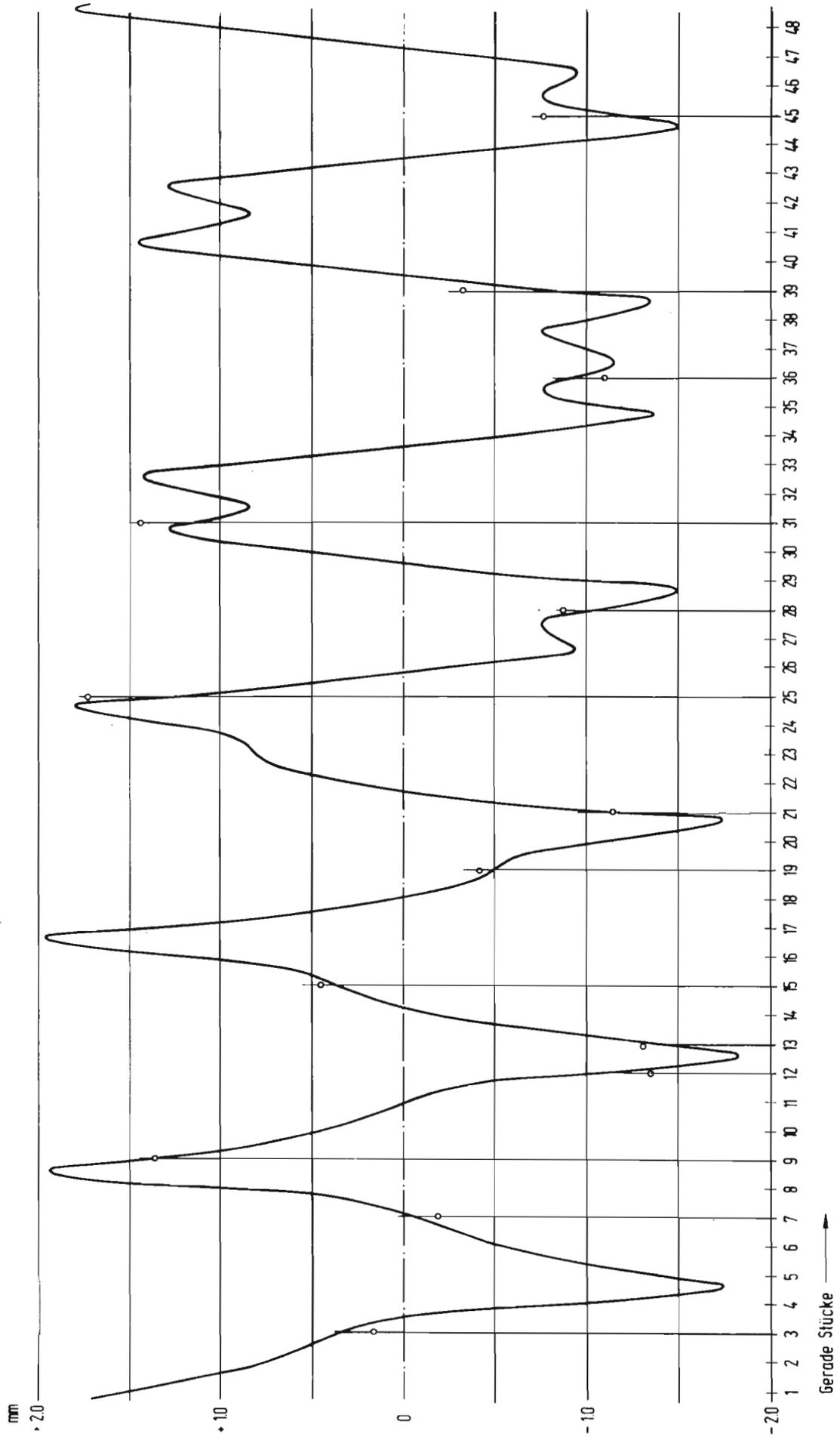
bei einer Positronenenergie von 380 MeV und einer Pulslänge von 1-2 μsec . Mittlerer umlaufender e^+ -Strom im Synchrotron: 400 μA oder $2,5 \cdot 10^9$ Positronen/Puls; etwa 80% können ausgeleitet werden.

Durch starke Fokussierung des Elektronenstrahls auf das Wolframtarget des Positronenconverters konnte der e^+ -Spitzenstrom, der eine Energieunschärfe von $|\Delta E| \leq 1/2\%$ aufweist und innerhalb einer Emittanz von $1\pi \cdot \text{cm} \cdot \text{mrad}$ liegt, auf 140 mA gesteigert werden. Das Target wurde jedoch bei dieser extremen Belastung von 24 Stunden zerstört und unbrauchbar.

N.C. Pering, W.A. Roome, P.C. Rush, B.C.J. Seely,
A. Febel, H. Schneemann, G. Stange
General Description and Performance Measurements
on the DESY Linac II Electron-Positron-Injektor
Particle Accelerator Conference, Chicago (1971)
IEEE Transactions, Vol.NS-18, No.3 (June 1971)

Bild 57c: Ausgezogene Kurve: Veränderung des vert. closed orbit im Synchrotron durch Absenken des Magneten 36 um 53,5/100mm, gerechnete Werte.
 (Der closed orbit vor dem Absenken entspricht der Nulllinie)

Meßpunkte: Mit den induktiven Lagestationen gemessene Veränderung des vert. closed orbit infolge des Absenkens von Magnet 36.



5.2 Aufbau der Experimente - Hallendienst (S2)

In der Halle 1 wurde am γ -Strahl 10 das Zweiarmspektrometer der Gruppe F31 mehrmals unter verschiedenen Winkeln zum Primärstrahl neu aufgebaut. Das Experimentiergebiet des e^- -Strahl 8c wurde für die Durchführung von Eichmessungen umgebaut.

Am e^- -Strahl 8d, der innerhalb der Halle in zwei Richtungen aufgespalten ist, ist der Aufbau des Streamerkammer-Experimentes zur Messung des totalen Wirkungsquerschnitts der Elektroproduktion abgeschlossen und in der zweiten Strahlrichtung das Experiment der Gruppe F1 neu aufgebaut worden.

In der Halle II verursachte der Neuaufbau des Compton-Experimentes für die Gruppe F33 größere Umbauten am γ -Strahl 24. Bei dieser Gelegenheit wurde das Paarspektrometer vor dem Quantameterhaus aufgestellt. Nach Anbau einer neuen Vakuumkammer kann das Paarspektrometer jetzt in einem Druckbereich von ca. 5×10^{-4} Torr betrieben werden. Im Quantameterhaus wurde zusätzlich ein Kalorimeter der Gruppe F35 eingebaut, das wahlweise in den Strahl gefahren werden kann.

In der Halle IIa wurde der Aufbau der kleinen Lafette mit MV-Magnet und Eisenabschirmung abgeschlossen. Zum Schutz des Faradaykäfigs gegen thermische Überlastung ist ein fahrbarer, mit Wasser gekühlter Kupferklotz als Beam-Stop unmittelbar vor dem Faradaykäfig aufgebaut worden.

Im Ringbereich wurden zum Schutz gegen thermische Belastung nach Inbetriebnahme des Linac II vor die Beamshutter der e^- -Strahlen 8a und Strahl 20 je ein wassergekühlter Beamshutter aus Kupfer aufgestellt. Die γ -Strahlen 10, 22, 24 erhielten zur Strahlbegrenzung wassergekühlte Vakuumkollimatoren.

Weiterhin sind Quantametermessungen durchgeführt worden. Die Messungen wurden durch externe Konversion des e^- -Strahls auf Eichung im γ -Strahl ausgedehnt. Die Abweichungen der gefundenen Eichkonstanten gegenüber früheren Messungen waren kleiner als 3%.

Es wurde ein Quantameter mit spezieller Geometrie gebaut, welches Intensitätsmessungen noch bei einem Abstand der Strahlachse von einer der Gehäuse-Seitenflächen von 4 cm mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ ermöglicht, wobei die Strahlausdehnung noch $2 \times 2 \text{ cm}^2$ betragen kann.

Ein weiteres Quantameter wurde gebaut, dessen Meßbereich nach geringerer Intensität hin verschoben ist. Die ersten Eichmessungen ergaben mit einer CO_2 -Füllung eine Konstante, die um den Faktor 20 kleiner war, als bei den üblichen Quantametern. Das Gerät soll beim Streamerkammer-Experimentes der Gruppe F1 eingesetzt werden.

Gemeinsam mit der Gruppe F58 wurden erfolgreich Untersuchungen durchgeführt, kommerzielle Farbfernsehgeräte als Display zu verwenden.

6.1 Rechenzentrum (R1)

Ab Januar 1971 wird auch die IBM 360/65 mit maximal ausgebautem schnellen Kernspeicher (1024K bytes) betrieben, so daß auf jeder Anlage neben den on-line-Programmen zwei Initiatoren für die Stapelverarbeitung ständig gestartet sind, d.h. es können vier Jobs im Multiprogramming parallel verarbeitet werden.

Ebenfalls seit Januar 1971 werden beide Maschinen mit OS-MVT Rel. 19.6 betrieben.

Im Oktober wurden zwei Hilfskonsolen IBM 2260 an der 360/65 installiert, die hauptsächlich als Bandkonsolen eingesetzt werden und darüber hinaus den Operateuren erlauben, beide Anlagen von einem zentralen Platz aus zu überwachen. Seit November 1971 laufen Überlegungen und Versuche, mit Hilfe des Programmsystems ASP die Rechner zu koppeln, um eine bessere Betriebsmittelausnutzung zu erreichen.

	verbrauchte CPU-Zeit	mittlere CPU-Zeit/Job
1969	4229 h	2,3'
1970	6350 h	2,7'
1971	7996 h	3,0'

(die CPU-Zeit ist normiert auf /75-Stunden·1/65-Stunde = 2/3 /75-Std.)

Man sieht die Tendenz zu länger laufenden Jobs. Die CPU-Auslastung der Anlagen liegt im Jahresmittel bei 55% der Gesamtzeit.



Bild 58: Die Hybride-Rechenanlage HRS 860

Die gegen Ende 1970 von der Firma AEG-Telefunken installierte Hybride Rechenanlage HRS 860 besteht aus einem Analogrechner RA 770, der über ein hybrides Koppelwerk mit dem Digitalrechner TR86 verbunden ist. An Peripheriegeräten stehen Fernschreiber, Sichtgerät, Trommelspeicher, Kartenleser, Schnelldrucker, XY-Schreiber und 6-Kanal-Oscillograph zur Verfügung.

Die Programmierarbeiten wurden zunächst durch die unzureichende hybride Grundsoftware und das Fehlen von Systembeschreibungen erschwert. Seit der Installation eines komfortablen FORTRAN-Compilers im September 1971 ist die Programmierung und Bedienung der Anlage für andere Gruppen bei DESY möglich geworden. Die Anlage läuft seitdem im open-shop Betrieb.

Folgende umfangreichere Arbeiten wurden durchgeführt und liegen als HRS-860-Bericht bzw. als interner DESY-Bericht vor:

- HYTRAN, ein in Assembler geschriebenes hybrides Strahlführungsprogramm zur Berechnung von Teilchenbahnen und Enveloppen (Borchardt R1);
Diese vorläufige Version wurde von den Gruppen H5, S2, F1, F31 und F35 mit Erfolg verwendet.
- Simulation und Regelung eines Beschleunigungsresonators
(Lehnart, Stadtmüller, Dyroff - H5 -)
- Two Methods for Calculating D.C. Thyristor Power Supply Regulator Parameters.
(Levy, Interner Bericht, DESY k1-71/1)
- Simulation eines Hochlaufversuchs für ein Gleichrichtersystem.
(Levy -K1-)
- Determination of the allowed Slope for switching a Power Supply Unit.
(Levy - K1 -)
- Hybrid-Simulation of a Thyristor D.C.Power Supply and Spectrum Analysing.
(Levy - K1 -): noch nicht abgeschlossen.

Von November 1970 bis zum Februar 1971 wurde ein Kursus 'Einführung in das Analogrechnen' mit Praktikum für 12 Teilnehmer durchgeführt.

6.2 Automatische Filmauswertung (R2)

Die fünf von Hand gesteuerten und von einem Kleinrechner kontrollierten Meßtische wurden zur Auswertung von Streamerkammerbildern und zur Vermessung von Ereignissen der Proton-Proton-Experimente bei 12 und 24 GeV eingesetzt. Es wurden insgesamt in 53.561 Ereignissen 174.566 Spuren vermessen.

Der HPD der Bonn-Hamburg-Kollaboration stand für die Vermessung von Bildern des pp-Experiments (12 und 24 GeV/c) aus der 2m - Blaskammer von CERN zur Verfügung. In dieser Zeit konnten für dieses Experiment mit dem Full-Guidance-HPD-Online-System (FUGOS) 156543 Ereignisse ausgewertet werden. Bild 59 zeigt die Zahl der gemessenen Ereignisse pro 14 Tage Meßzeit. Neben dem Routinemeßbetrieb wurden folgende Entwicklungen am HPD durchgeführt:

1. Weitere Verbesserungen des Produktionsmeßsystems FUGOS, um die Meßgeschwindigkeit und die Meßgüte zu erhöhen.
2. Weiterentwicklung eines Minimum-Guidance-HPD-Online-Systems (MIGOS) für Testmessungen von Streamer und Blaskammerbildern.
3. Untersuchungen zur Digitisierbarkeit der erwarteten Bilder der großen europäischen Blaskammer (BEBC).

Die besondere Bedeutung der Meßsysteme FUGOS und MIGOS liegt in einem direkten zweiten Nachmeßmodus für die fehlerhaften Ereignisse auf Grund der Geometrierechnung vor einer Weiterverarbeitung in den nachfolgenden Auswerteschritten. Da etwa 50% der gesamten Meßzeit auf den Nachmeßmodus entfällt, in dem ein Operateur in ständiger Wechselwirkung mit dem Programmsystem versucht, fehlerhafte Ereignisse zu korrigieren, wurde der interaktive Dialogverkehr einer gründlichen Analyse unterzogen. Die daraus resultierenden Programmverbesserungen konnten die Meßleistung in diesem Modus von 22 Ereignissen pro Stunde auf 31 Ereignisse pro Stunde erhöhen. Diese Angaben stellen Halbjahresmittelwerte dar. Die Meßleistung im Automatikmodus (ohne Operateureingriff) betrug gemittelt über das ganze Jahr 103 Ereignisse pro Stunde. Bild 60 zeigt die Spurreidualverteilungen, getrennt für ein- und auslaufende Spuren, für drei 12 GeV/c pp-Experimente.

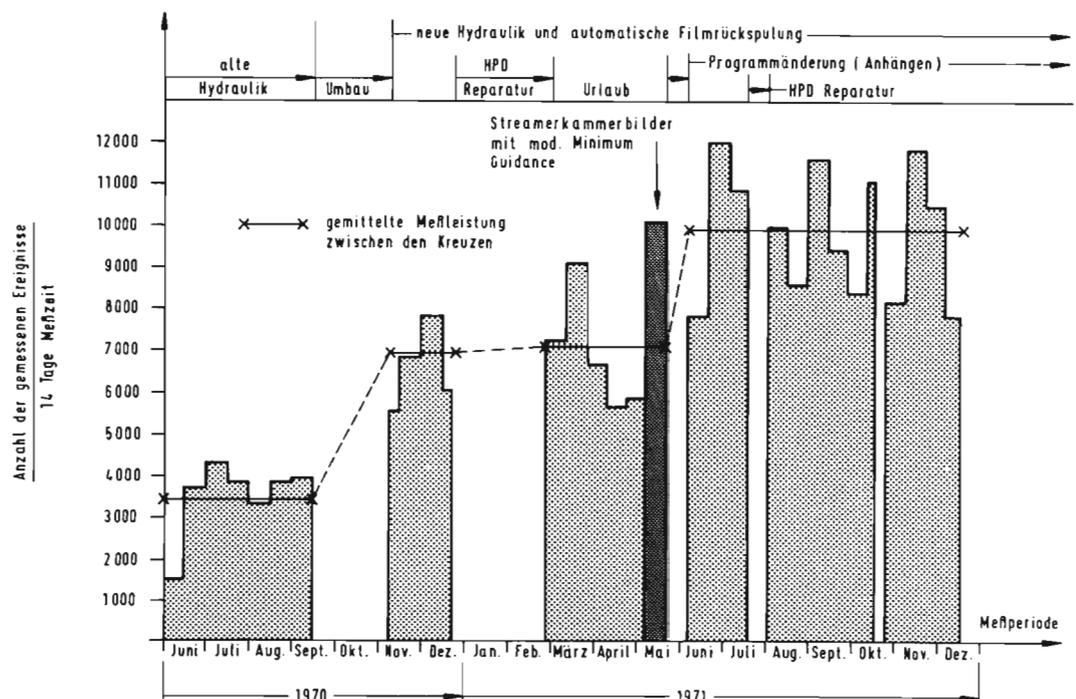


Bild 59: Meßleistung der HPD-Anlage

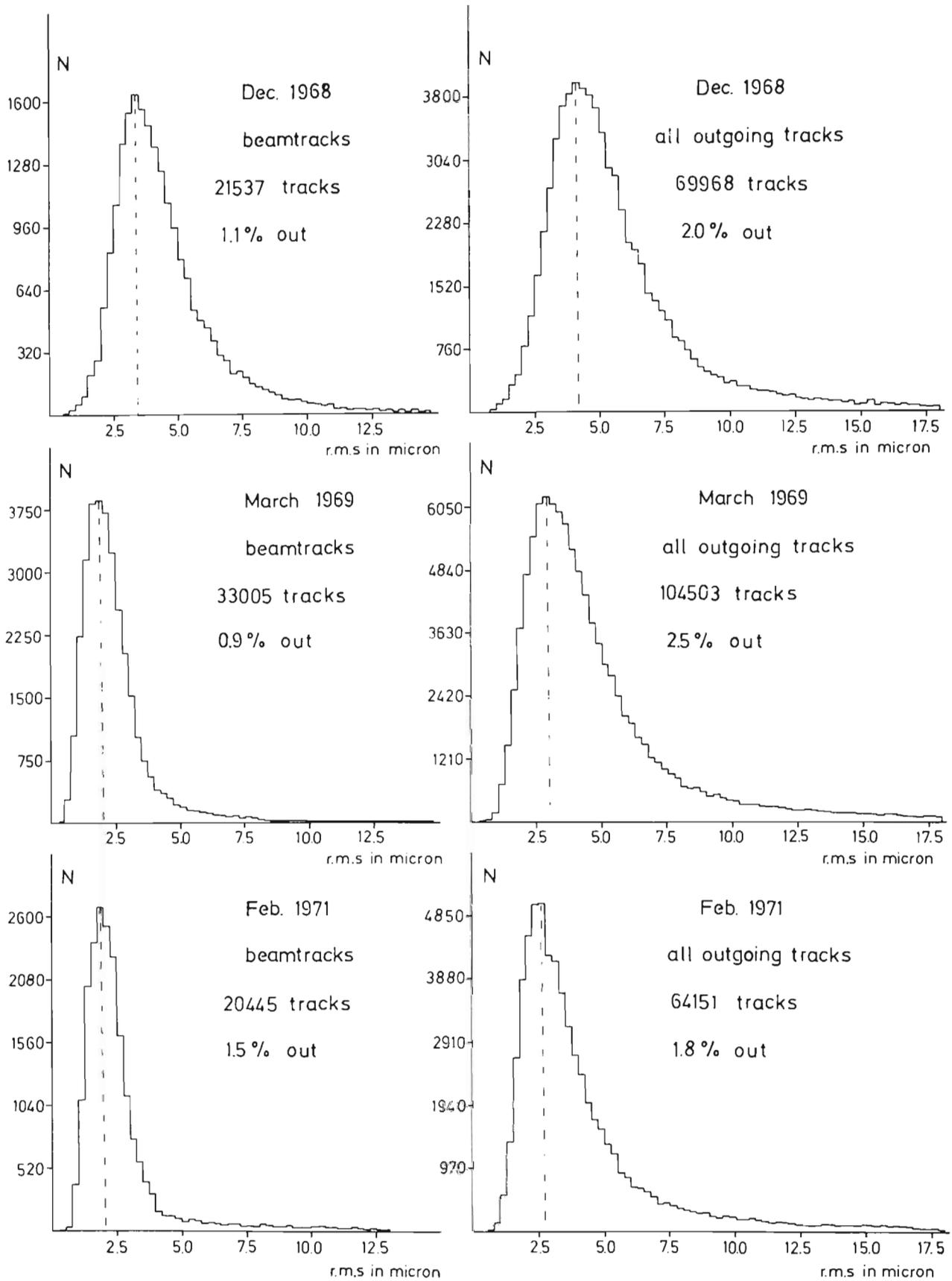


Bild 60: Verteilung der Residuals nach dem THRESH-Helix-Fit

Die Entwicklung am MIGOS-System konzentrierte sich im wesentlichen auf den Ausbau des interaktiven Dialogverkehrs, um gezielte Untersuchungen für die Anwendung des Minimum-Guidance-Systems machen zu können.

In Zusammenarbeit mit F1 wurden für ein Streamerkammerexperiment mit einer speziellen Version des Minimum-Guidance-Programms 10650 e^+e^- - Paare gemessen, wobei auf ein Vermessen der Wechselwirkungspunkte verzichtet werden konnte. Es wurden 65-75% der Paare auf den Bildern erfolgreich gefiltert; davon passierten über 53% das Geometrieprogramm fehlerfrei. Für Vergleichsuntersuchungen am FUGOS und MIGOS wurde ein Blasenkammerfilm (660 Ereignisse, 12 GeV/c pp) in beiden Systemen gemessen. Das Geometrieprogramm (1. Durchlauf) ergab für die Ereignisse folgende Nachmeßraten: FUGOS 13% und MIGOS 25%.

Es wurden Untersuchungen begonnen mit dem Ziel, die Möglichkeiten des HPD bei seinem eventuellen Einsatz zur Vermessung von Bildern der Großen Europäischen Blasenkammer (BEBC) abzuschätzen. Die vorläufigen Ergebnisse dieser Untersuchungen sprechen dafür, daß der HPD BEBC-Bilder vermessen kann.

Die Planung und Entwicklung des 'Plotterprojekts' wurde fortgeführt. Bild 61 zeigt schematisch das Blockbild des gesamten Systems. Der gegenwärtige Ausbau ist gestrichelt eingezeichnet.

Nach erfolgreichem Test im Vorjahr wurde das Plotter-2701-Interface in Betrieb genommen und damit die graphische Darstellung auf dem elektrostatischen Plotter möglich. Neben der weiteren hardware-Entwicklung ('display controller', 'data line', Terminals) wurde im Berichtsjahr mit der software-Entwicklung begonnen. Es stehen folgende Programme zur Verfügung:

1. Zwei Programme zur Prüfung der Funktion von Plotter, Interface und 'data line',
2. Ein Programm, das es gestattet, SYSOUT-Datensätze auf dem Plotter zu drucken ('universal software character set', speziell für IBM-Texteditierprogramm TEXT 360).
3. Der Prototyp des interaktiven Programmsystems:
Das Programm dient außer zur Untersuchung von Verfahren für den späteren Ausbau auch zu einer begrenzten Produktion graphischer Outputs. Spezielle Fähigkeiten:
 - a) Darstellung zweidimensionaler Verteilungen physikalischer Daten,
 - b) Darstellung beliebiger zweidimensionaler, aus Punkten, Vektoren und Zeichenketten aufgebauter Bilder,
 - c) Darstellung der Projektion von (on-line im Raum drehbaren) dreidimensionalen Gebilde, die aus Punkten und Vektoren aufgebaut sind.

- 1) H. Butenschön
HYBRID
DESY DV-Bericht 71/2
- 2) P.-K. Schilling
Einführung in PL/1 (Teil 2)
Interner Bericht R1 - 71/5

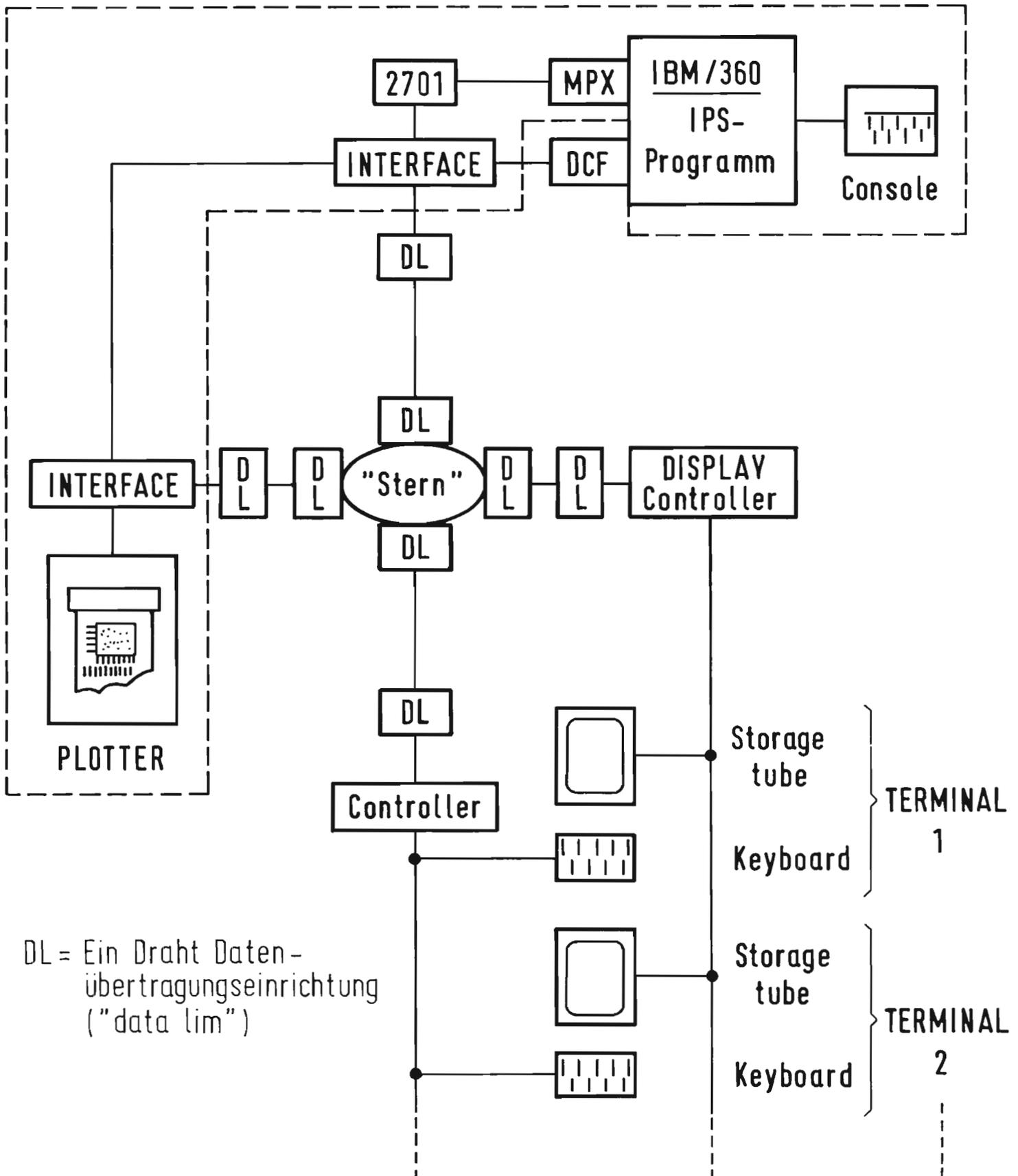


Bild 61: Das Blockbild des 'Plotter-Projekts'

6.3 Datenerfassung in der Medizin DESY/Universitätskrankenhaus Eppendorf

DESY und das Universitätskrankenhaus Eppendorf UKE vereinbarten eine Zusammenarbeit in der Datenverarbeitung. Ziel dieser gemeinsamen Arbeiten ist es, Erfahrungen, die bei DESY in der on-line-Datenerfassung und -auswertung gemacht wurden, in der Medizin nützlich anzuwenden und im Zuge einer Weiterentwicklung neue Lösungsmethoden für Datenverarbeitungsprobleme in der Medizin zu finden. Zwei Projekte wurden in Angriff genommen:

- 1.) Automatische Datenerfassung und Datenrückgewinnung
im Klinisch-Chemischen Labor
(2. Med. Klinik)
- 2.) Auswertung nuklearmedizinischer Daten
(Abt. für Nuklearmedizin, Radiologische Klinik).

Das Projekt 1 mit dem Namen LABMAT ist unseres Wissens das erste System seiner Art in Deutschland, das unter Benutzung eines Computerverbundes voll in Echtzeit arbeitet. Bei Projekt 2 wurde eine erste Version in Betrieb genommen.

Ein PDP-8/I-Rechner wurde installiert, an den fünf Analysenautomaten angeschlossen sind, die im wesentlichen für hämatologische und chemische Messungen verwendet werden (z.B. Konzentration der weißen Blutkörperchen oder Ca-Gehalt des Blutserums). Der Rechner seinerseits ist mit dem DESY-Rechenzentrum über eine Telefonleitung verbunden. Das System (s. Bild 62) erfüllt in Echtzeit folgende Aufgaben:

- 1) Erfassung der Patientendaten
- 2) Überwachen des Meßvorganges und Errechnen der Ergebnisse durch Analyse von Kurven
- 3) Speicherung der Ergebnisse
- 4) Bereitstellung der Ergebnisse für Routine und wissenschaftliche Auswertung.

Neben einer erheblichen Einsparung an Arbeitsaufwand werden Rechen- und Übertragungsfehler stark reduziert. Die Genauigkeit der Messungen wird erhöht. Eine aussagefähige wissenschaftliche Analyse der Messungen wird durch das System überhaupt erst ermöglicht. Das System unterscheidet sich im Hardwarekonzept von anderen Systemen durch die Benutzung eines Großcomputersystems on-line zu einem Kleinrechner (mehrere Kleinrechner sind möglich), eine Konfiguration, die Vorteile der leichten Ausbaubarkeit, Flexibilität und hoher Verfügbarkeit vereint; Von der Funktion her ist das System dadurch gekennzeichnet, daß es ein on-line Auskunftssystem enthält, das es erlaubt, die erfaßten Daten im Labor nach allen erhobenen Parametern zu analysieren. Bild 63 zeigt als Beispiel eine im Labor erstellte Verteilung des Hämoglobingehaltes im Blut für ein unselektiertes Patientenkollektiv.

Das System läuft in der in Bild 62 gezeigten Konfiguration und wird den gemachten Erfahrungen entsprechend weiterhin ergänzt.

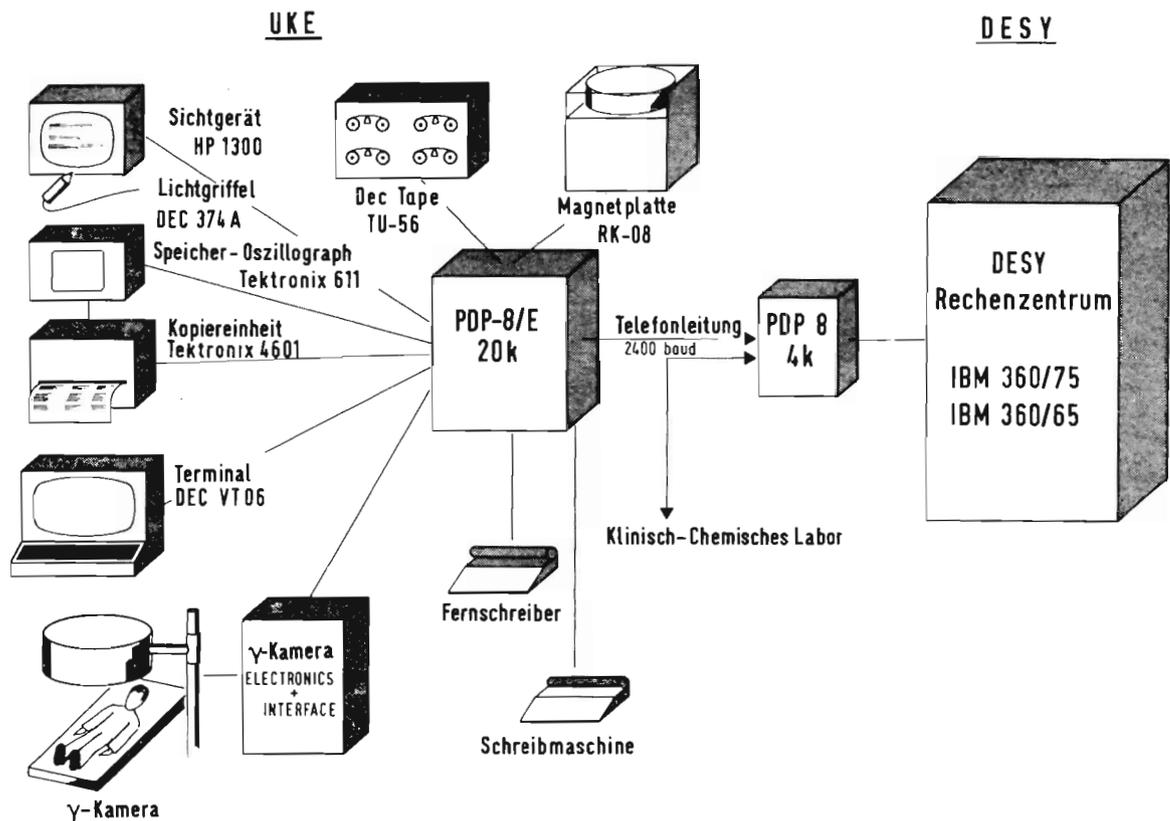


Bild 64: Die Konfiguration zur Auswertung nuklearmedizinischer Daten

In der nuklearmedizinischen Diagnostik werden krankhafte Veränderungen von Organen mittels folgender Methode untersucht: Es wird dem zu untersuchenden Organ eine radioaktiv markierte Verbindung zugeführt, die von diesem normalerweise eingebaut, gespeichert oder abgebaut wird. Bei Funktionsstörungen kommt es zu Abweichungen vom Normalverhalten. Örtliche Verteilung und zeitlicher Verlauf dieser Vorgänge lassen sich durch Registrierung der Strahlung verfolgen.

Ein sehr nützlicher Detektor ist die γ -Kamera. Sie besteht aus einem Einkristall von etwa 30 cm Durchmesser. Das in ihm von der γ -Strahlung erzeugte Licht wird von mehreren Photomultipliern registriert. Auf analogelektronischem Weg wird aus den Impulshöhenunterschieden in den Photomultipliern der Teilchenort mit einer Auflösung von ca. 1 cm bestimmt.

Mit herkömmlichen Erfassungsmethoden (Registrierung der Intensitätsverteilung auf einem Polaroidbild) wird jedoch nur ein Bruchteil der in den Daten enthaltenen Information dem Arzt zugänglich gemacht. Die Erfassung der Daten mit einem Computer ermöglicht jedoch eine Nutzung der Information durch:

- 1) Automatische Korrektur der gerätespezifischen Fehler
- 2) Erfassung des zeitlichen Verlaufs
- 3) Objektivierete Darstellung der Strahlungs-Verteilung und Wechselwirkung des Arztes mit dem zu beurteilenden Bild
- 4) Bildverbesserung mit Hilfe von digitalen Filtern.

Zum Ende des Jahres war die hardware des Systems, mit Ausnahme der Verbindung zum Großrechner, vollständig. Bei der software waren die Programme, die sich auf die Organisation des Systems beziehen, erstellt.

Diesem Teil wurde besonders viel Sorgfalt gewidmet, um auch dem nicht vorgebildeten Benutzer eine einfache Handhabung zu ermöglichen. Mit der Erstellung des Programmsystems zur interaktiven Bildauswertung wurde begonnen. Ein Beispiel für die bis jetzt vorhandenen Möglichkeiten zeigt Bild 65 .

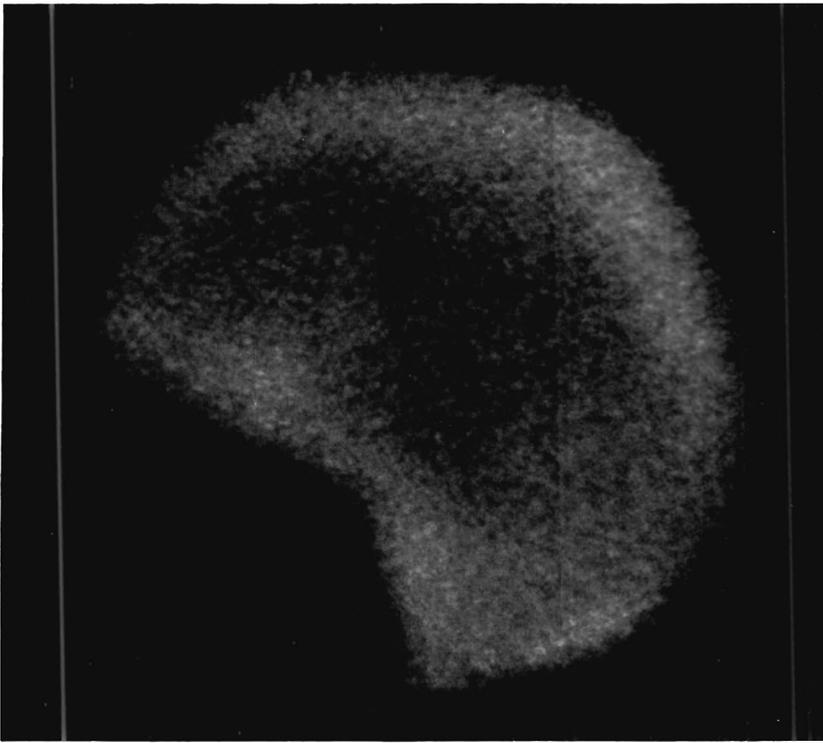
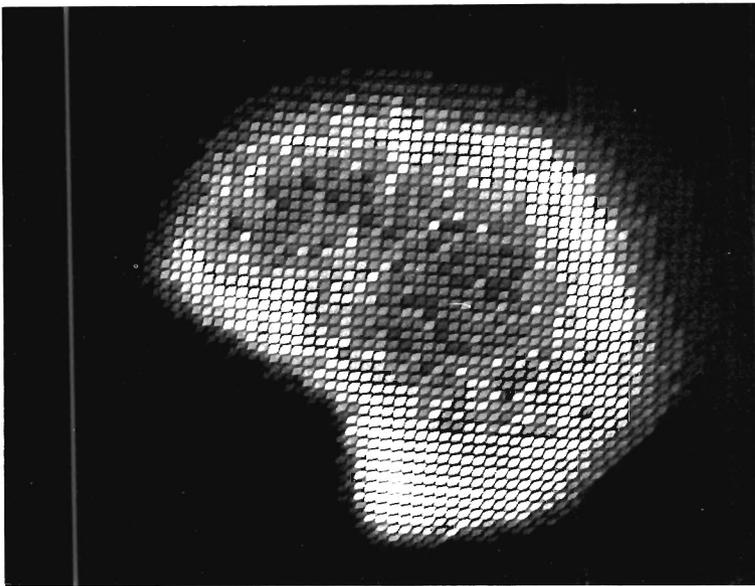


Bild 65: Szintigramm eines Schädels mit anomaler Veränderung

a) konventionelle Darstellung
(400 000 Ereignisse)



b) Darstellung auf dem Computer-
Bildschirm
(150 000 Ereignisse)



c) Ausschnitt mit voller möglicher
Auflösung, geglättet, korrigiert
und kontrastverstärkt

7.1 Blaskammerbetrieb und Supraleitung (B1)

Die Gruppe B1 befaßte sich im Berichtsjahr vor allem mit Arbeiten auf dem Gebiet supraleitender Magnete. Darüberhinaus wurden Entwicklungs- und Wartungsarbeiten an der Blaskammer, sowie technische Unterstützung des Streamerkammerexperimentes auf den Gebieten Magnet und Kameras geleistet. Mittels des Wasserstoffverflüssigers der Blaskammer erfolgte die Versorgung der experimentellen Gruppen bei DESY mit flüssigem Wasserstoff. Die Arbeiten gliedern sich im einzelnen wie folgt:

In den beiden vorangegangenen Jahren wurde der supraleitende Magnet 'Pluto' spezifiziert und bei der Industrie gebaut. Dieser Magnet, bestehend aus einem supraleitenden Solenoid von 1,40 m freiem Durchmesser und 1,05 m Länge, einem die Spule umschließenden Eisenjoch, einer Helium-Kälteanlage, einer Stromversorgung und den erforderlichen Überwachungs- und Steuereinrichtungen wurde in der ersten Hälfte des Jahres installiert und in der zweiten Hälfte einem umfangreichen Testprogramm unterzogen. Die maximale magnetische Induktion im Mittelpunkt beträgt 2,2 Tesla (22.000 Gauß). Das Maximalfeld kann in der für einen Magneten dieser Größe ungewöhnlich kurzen Zeit von 10 Minuten erregt werden. Nach Abschluß des Testprogramms wird der Magnet zunächst in Halle I für Experimente zur Verfügung stehen. Nach Fertigstellung der Speicherringe wird 'Pluto' als Analysiermagnet einer Detektoranordnung für Reaktionen an einem der beiden Wechselwirkungspunkte der Speicherringe dienen. Zur Vermessung des Magnetfeldes des 'Pluto' wurde eine halbautomatische Meßmaschine entwickelt und gefertigt, die eine Ortsbestimmung mit einer Genauigkeit von 0,1 mm gestattet.

In einem neu eingerichteten Helium-Labor wurden eine Reihe von Versuchen auf verschiedenen Gebieten der angewandten Supraleitung durchgeführt.

Als erstes Ergebnis dieser Versuche konnte die Möglichkeit aufgezeigt werden, supraleitende Spulen statt durch ein bisher allgemein übliches Heliumbad durch Wärmeleitung zu kühlen. Eine relativ große Spule von 18 cm Durchmesser und einer Länge von 20 cm konnte so unter ausschließlicher Verwendung eines an einer Stirnseite angeflanschten heliumgekühlten Kupferringes bis zu einem Feld von 2,66 Tesla bei einer mittleren Stromdichte von $3,5 \times 10^4$ A/cm² betrieben werden (Bild 67).

Des weiteren wurden Supraleiter verschiedener Art untersucht. Hierbei konnten gleichzeitig wertvolle Erfahrungen über Wickel- und Vergußtechniken gesammelt werden. Diese Erfahrungen dienen als Grundlage eigener Spulen- und Magnetentwicklungen.

Eine Kombination der oben erwähnten 20-cm-Spule mit einem gekauften Solenoid ergab, diesmal im Heliumbad, eine maximale Induktion von 4,2 Tesla. Mittels eines isolierten Sondenrohres wurde dieses Feld für Anwendungszwecke bei Zimmertemperatur zugänglich gemacht. Als Beispiel zur Anwendung dieser Magnetkombination seien die Untersuchungen einer Arbeitsgruppe des Physiologischen Instituts der Universität Hamburg über den Einfluß starker Magnetfelder auf den Kontraktionsmechanismus tierischer Muskeln erwähnt.

Umfangreiche rechnerische, experimentelle und konstruktive Arbeiten wurden für die Entwicklung einer supraleitenden Abschirmspule für den Magneten 'Pluto' durchgeführt. Diese Spule von ca. 1,3 m Länge und einem freien Durchmesser von 25 cm soll später in den großen Magneten eingebaut werden. Sie dient dazu, das Feld in der Umgebung der Achse soweit zu reduzieren, daß die Elektronenstrahlen der Speicherringe, welche das Magnetfeld nahezu parallel zur Achse passieren, nicht gestört werden. Die Anforderungen an das Magnetfeld in der Umgebung der Achse bis zu einem Radius von 4 cm sind

$$B_z < \pm 5 \times 10^{-3} \text{ Tesla}$$

$$B_r < \pm 2 \times 10^{-3} \text{ Tesla}$$

und

$$\sqrt{B_r(z) d_z} < 10^{-3} \text{ Tesla} \times \text{m}$$

Bild 66: Der supraleitende Magnet PLUTO

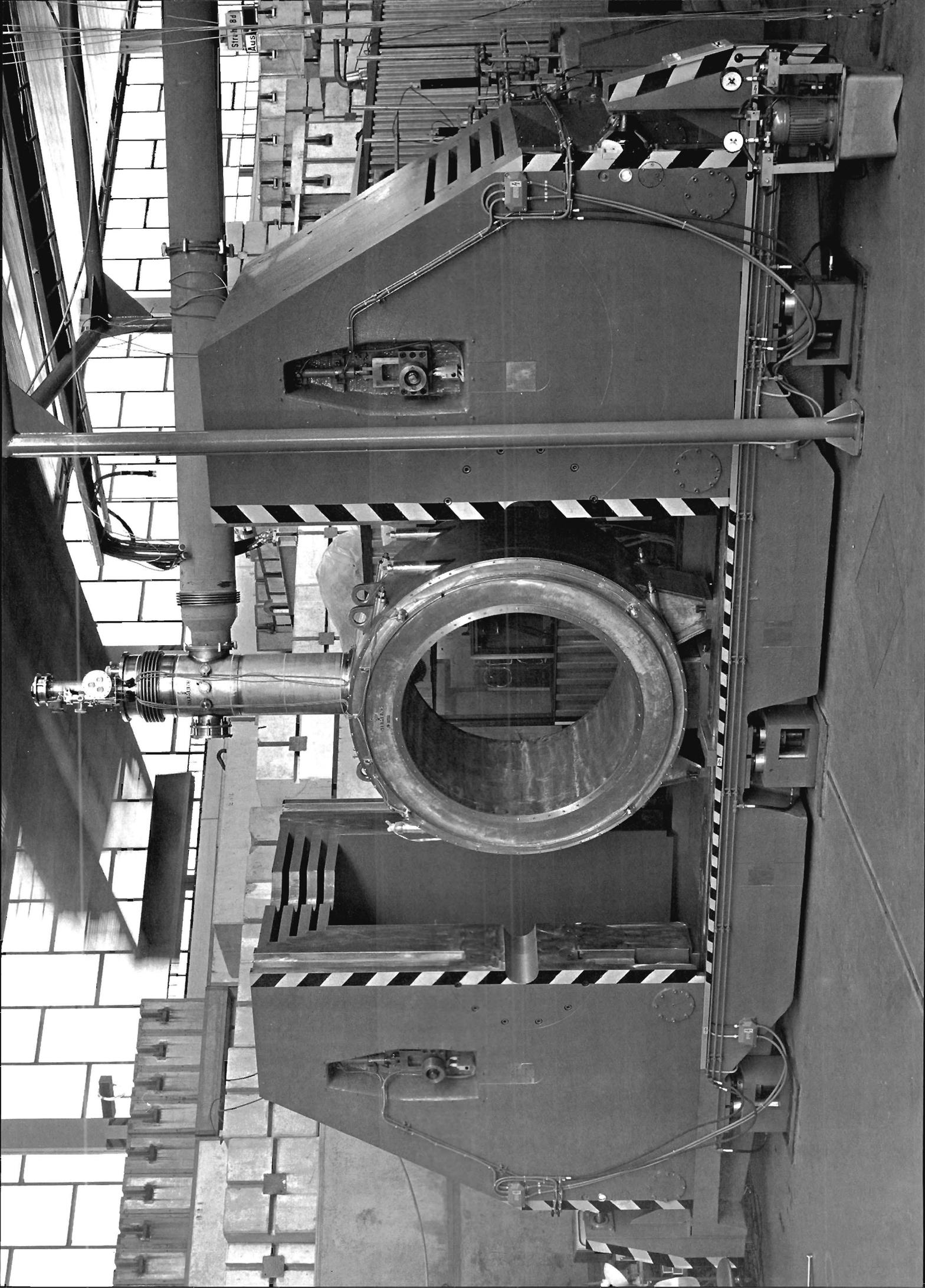




Bild 67: Supraleitende Spule
mit einem maximalen Feld
von 2.66 Tesla und Kühlung
durch Wärmeleitung

Wegen der Inhomogenität des zu kompensierenden Feldes können diese Bedingungen nur mittels einer Spule mit in Achsrichtung variabler Stromverteilung erfüllt werden. Die hierzu erforderlichen Rechnungen wurden durchgeführt.

Ferner mußte eine Konstruktion gewählt werden, bei der möglichst wenig Materie vorhanden ist, da jedes den Kollisionspunkt verlassende Teilchen vor seinem Eintritt in das Magnetfeld die Abschirmspule passieren muß, wo es in seinen kinematischen Eigenschaften verfälscht werden kann. Dies bedeutet eine vergossene Spule hoher Stromdichte, zu deren Entwicklung die oben genannten Laborversuche die Grundlagen bildeten. Die Spule soll 1973 in Betrieb genommen werden.

Nach Beendigung des ersten Teiles des K_2^0 -Experimentes Ende 1970 wurden neben den normalerweise notwendigen Routinearbeiten einige Modifikationen im Vakuumsystem sowie am Sicherheits-Belüftungssystem durchgeführt. Die Entwicklung einer elektro-optischen Steuerung für die Kameras wurde abgeschlossen. Eine Kamera wurde probeweise auf dieses System umgerüstet und soll bei nächster Gelegenheit einem Dauertest unterzogen werden.

In Zusammenarbeit mit CERN wurden weiter zurückliegende Messungen über Blasenbewegungen während der Expansion der DESY-Blasenkammer ausgewertet (A2).

Für den endgültigen Aufbau des Streamerkammerexperimentes wurde ein konventioneller Magnet beschafft, welcher eine nahezu identische Duplikation des Blasenkammermagneten darstellt. Die Hauptdaten sind:

Gewicht	ca. 90 t
Maximale Leistung	ca. 3 MW
Maximale Induktion	ca. 1,8 Tesla
Nutzbares Volumen	ca. 66 x 58 x 110 cm ³

Von B1 wurden die Überwachung der Fertigung sowie Montage und Erprobung durchgeführt.

Der Wasserstoffverflüssiger der Blasenkammer wurde mehrfach zur Deckung des Bedarfes anderer Experimentiergruppen bei DESY in Betrieb genommen. Insgesamt wurden im Berichtsjahr 9.890 Liter flüssigen Wasserstoffs erzeugt.

Als Ergänzung der bestehenden Verflüssigeranlage wurde eine separate Station zum Abfüllen von flüssigem Wasserstoff auf Transportkannen sowie zur automatischen Rückgewinnung des von den Speicherbehältern abdampfenden Gases installiert.

- A1) W.Eschrict, H.-J.Fiebig, G.Horlitz, U.Knopf, G.Knust, K.-D.Nowakowski, O.Peters, W.Stahlschmidt, S.Wolff
'Indirect Cooling of Superconducting Nb-Ti Intrinsically Stabilized Magnet Coils'
DESY 71/57, October 1971
- A2) G.Harigel, G.Horlitz, S.Wolff
'On the Movement of Bubbles in a Medium-Sized Bubble Chamber'
DESY 72/16, March 1972

7.2 Kältetechnik (B2)

Im Jahre 1971 wurde, wie in den vergangenen Jahren, erhebliche Gas- und Flüssigkeitsmengen beschafft und an die verschiedenen DESY-Gruppen verteilt

N ₂ - flüssig:	562 998 Liter aus eigener Produktion	(-6, 5%)
"	189 300 " Fremdbezug	(- 41%)
<hr/>		
insgesamt:	752 298 Liter	(- 19%)
<hr/>		
N ₂ - Gas:	5 770 Nm ³ Hochdruckgas	(- 2%)
"	24 013 " Niederdruckgas	(+ 27%)
<hr/>		
insgesamt:	29 783 Nm ³	(+ 20%)
<hr/>		
H ₂ - flüssig:	7 114 Liter	(- 9%)
<hr/>		
H ₂ - Gas:	19 980 Nm ³	(- 36%)
<hr/>		
He-flüssig:	3 765 Liter	(- 51%)
<hr/>		
He-Gas:	4 561 Nm ³	(+ 53%)
<hr/>		

(Von dieser Helium-Menge stammen knapp 30% aus der Rückgewinnungsanlage. In Klammern die prozentualen Änderungen gegenüber dem Jahre 1970.)

Zu diesen aufgeführten Hauptgasen kommen noch die vielen verschiedenen Gase für Funkenkammern hinzu, die sowohl mengenmäßig als auch wertmäßig inzwischen einen erheblichen Anteil ausmachen. Die eigenen Anlagen zur Erzeugung von flüssigem Stickstoff sind voll ausgelastet. 1971 hat kein Blasenkommer-run stattgefunden, was sich in den Zahlen für gasförmigen Wasserstoffverbrauch niedergeschlagen hat. Der Bedarf an flüssigem Helium ist im Jahre 1971 erheblich abgesunken und hat wieder den Stand von 1967 erreicht. Der Bedarf an gasförmigem Helium zeigt jedoch eine steigende Tendenz, da der supraleitende Magnet Pluto gasförmiges Helium für seinen Betrieb benötigt.

Für die Gruppe F21 K wurde eine flüssig-Stickstoff-Versorgung ihres Experimentieraufbaus gebaut und installiert. Für die Gruppe F36 wurde erstmalig ein 10-Watt-Miniatur-Refrigerator beschafft, getestet und für die Gruppe bereit gestellt. Desweiteren wurde ein Miniatur-Refrigerator mit 6-Watt-Leistung bei einer minimalen Betriebstemperatur von 4⁰K angeschafft. Außerordentlich vielseitig war die Anforderung an die eigentlichen Targetzellen, und es wurde eine Vielzahl von Targetzellen mit schwierigen, geometrischen Formen gebaut, z.B. für die Streamerkammer.

G. Keßler, M. R. Rudman

'Einfaches Verfahren für die optische Tieftemperatur-Mikroskopie'

'Praktische Metallographie', Bad.8, No.1, Seite 40-43 (1971)

8.1 Stromversorgung (K)

Für die Stromversorgung der Synchrotronmagnete wurden bis zum Jahreschluß alle Komponenten der Zusatzstromkreise zur Erzielung eines langen Teilchenpulses ('flat top') installiert. Dabei handelt es sich um Drosselspulen, Kondensatoren, Hoch- und Niederspannungsverkabelung, 200 Hz-Stromquelle, Steuerungs- und Schutzeinrichtungen und Kompensationskapazitäten mit Regleinrichtungen. Die Drosselspulen wurden im Herstellerwerk umfangreichen Tests unterzogen, welche ihre Funktion im Betrieb weitgehend nachahmen, und danach vom Hersteller justiert.

Der Hochfrequenz-Sender des Beschleunigers erhielt ein neues Netzgerät von 55 kV und 32 A eigener Planung und selbst entwickelter Regelelektronik. Es arbeitet mit Thyristoren als Stellglied und wurde in der Herbst-Montagezeit bis zur halben Stromstärke in Betrieb genommen. Der Vollausbau, der für den flat top-Betrieb bei 7,5 GeV erforderlich ist, soll in der Montageperiode 1972 erfolgen. Ein ähnliches Netzgerät (45 kV, 17 A) für den ersten HF-Sender des Speicherrings wurde vom Lieferanten in Betrieb genommen und in umfangreichen Testläufen erprobt.

Für die laufende Prüfung der Magnete des Speicherrings wurden 2 Stromversorgungsgeräte in Betrieb genommen. Sie gelten auch als Prototypgeräte für die Gleichstromquellen des Speicherrings und besitzen einige moderne Komponenten, die erst in der letzten Zeit bekanntgeworden sind, wie hochgenaue Gleichstromwandler zur Istwert-Erfassung und vollelektronische 16 bit D/A-Konverter zur SollwertEinstellung. Hohe Anforderungen wurden an die Linearität über den ganzen Einstellbereich und an die Langzeitkonstanz gestellt. Die Einhaltung dieser Toleranzen sowie die Fähigkeit, einem stetig ansteigenden oder abfallenden Sollwert mit nur sehr geringen Abweichungen zu folgen, garantieren den Gleichlauf vieler unabhängiger Stromkreise des Speicherrings sowohl im stationären Zustand als auch beim 'Energiefahren'.

Ein großer Teil der Kapazität für Ingenieurarbeiten wurde für den Speicherring verwendet. Im einzelnen handelte es sich um Projektierungsarbeiten für folgende Objekte, die zur Auftragsvergabe führten: Netztransformatoren, Schaltanlagen für die Vakuum-Ausheizung, Stromquellen für die Hauptmagnete mit einer abgegebenen Leistung von insgesamt etwa 8 MW, Pumpen, Wärmeaustauscher, Ionenaustauscher, Kühltürme, Kaltwasserkompressoren, Klimaanlage für den Ringtunnel, die Senderhallen und die Kontrollräume. Die Konstruktion der Wasser-Rückkühlanlagen im Versorgungshaus wurde abgeschlossen, und der größte Teil der Rohrleitungsanlagen im Ringtunnel wurde verlegt. Konstruktionsarbeiten für die Kühlung der HF-Beschleunigungsstrecken wurden begonnen.

8.2 Technische Dienste (W)

Ein großer Teil der Kapazität des Konstruktionsbüros entfiel auf Studien für die Speicherringdetektoren. Der Schwerpunkt für das Speicherringprojekt lag bei der konstruktiven Bearbeitung der Kammern und Rohrkomponenten für das Vakuumsystem. Außerdem wurden bereits einige Konstruktionsarbeiten für das Strahlführungssystem zwischen Synchrotron und Speicherring durchgeführt.

Zu den größeren extern abgewickelten Aufträgen gehören:

- die Unterbauten und Justiereinheiten für die DM- und DQ-Magnete des Speicherrings
- justierbare Stützen für die Strahlführungsmagnete in den Verbindungskanälen zwischen Synchrotron und Speicherring
- ein Ejektionsmagnet und 25 Strahlage-Meßstationen für das Synchrotron
- Versuche und Bearbeitung von Niob durch Funkenerosion zur Fertigung eines supraleitenden Hohlraumresonators

Von der Hauptwerkstatt wurden insgesamt 1481 Aufträge bearbeitet; davon kamen 325 Aufträge aus der Arbeitsvorbereitung, 1156 Aufträge wurden von der Werkstattleitung direkt angenommen.

Die Schweisserei, Plasma-Schweisserei und die Lichtleiterfertigung erhielten neue Räume. Ein weiterer Montageaum wurde für gröbere Schlosser- und Sandstrahlarbeiten bereitgestellt.

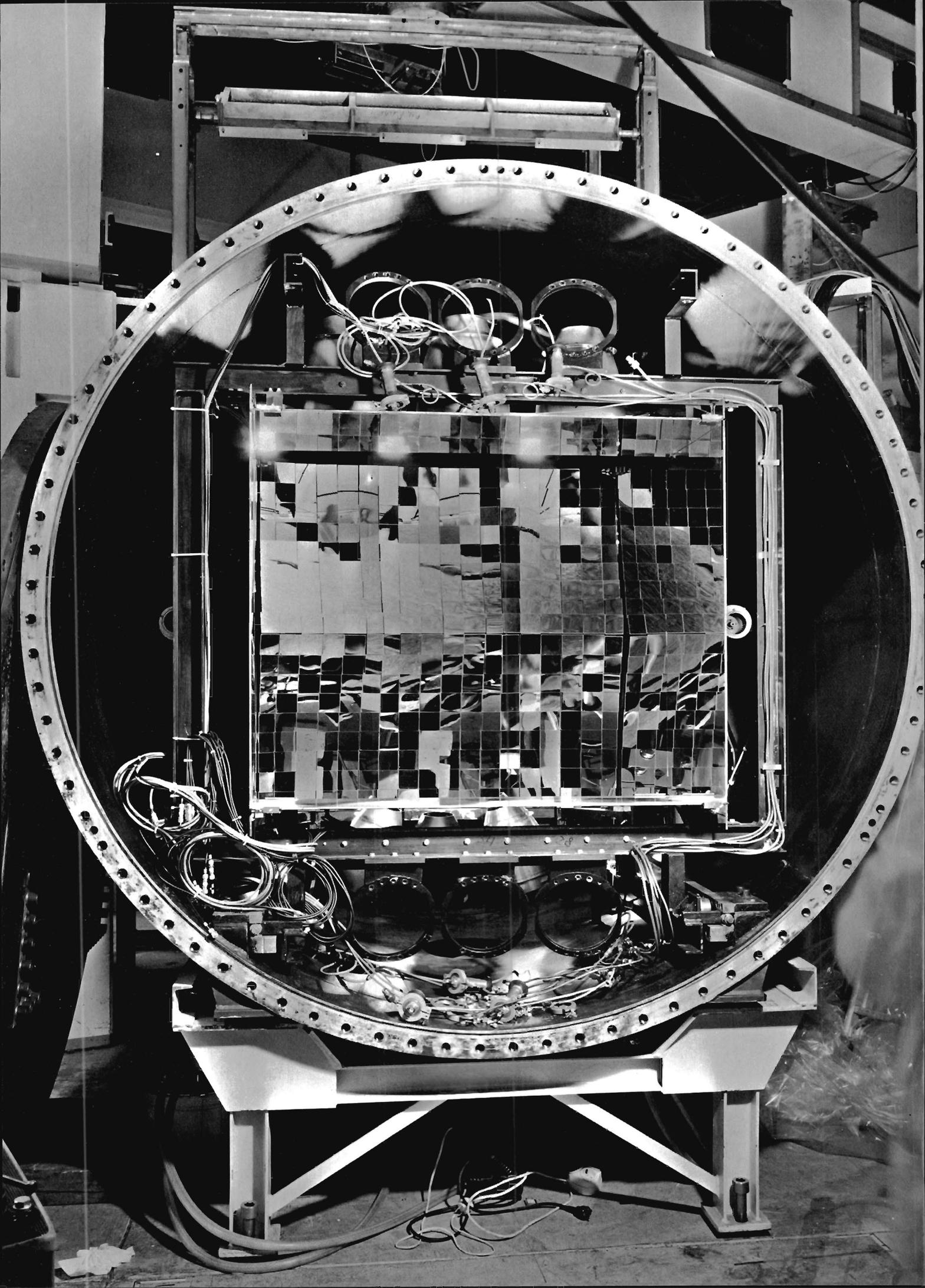
Von der Elektronikfertigung wurden 566 Aufträge abgewickelt. 60 Bedarfsanforderungen und Daueraufträge betrafen die Anfertigung von gedruckten Schaltungen.

Im Fotolabor hat sich der Reproduktionsbetrieb weiter ausgedehnt. Um den Anforderungen zu genügen wurde eine Repro-Anlage gekauft, mit der Vorlagen bis DIN A0 in guter Qualität und Maßgenauigkeit verkleinert oder vergrößert werden können.

In der Tischlerei wurden verschiedene Modellarbeiten für Forschungs- und Entwicklungsgruppen ausgeführt. Das Modell eines Orange-Spektrometers ist im Maßstab 1:10 gebaut worden. Für die Speicherringentwicklung ist ein Magnetmodell im Maßstab 1:1 ausgeführt worden.

Für den Speicherring mit dem Hochhaus und den Nebenräumen ist ein neues Hauptversorgungskabel verlegt worden, das maximal 500 Teilnehmer aufnehmen kann. Im Hauptkontrollraum des Synchrotrons sind Kabelarbeiten für den Anschluß des Prozeßrechners durchgeführt worden. Im Zusammenhang mit diesem neuen Rechner wurden verschiedene Verkabelungen zu Komponenten im Ring, LINAC I und in der Sendehalle notwendig.

Bild 68: Das Innere eines Cerenkovzählers





Literaturverzeichnis

Visuelle Methoden

Blasen- und Streamerkammer-Experimente (F1 und F52)

Durham-Genua-Hamburg-Mailand-Saclay-Kollaboration:

- 1) Analysis of the Reaction $\pi^+p \rightarrow \rho^0\Delta^{++}$ at 11.7 GeV/c Incident Momentum
Part I: Experimental Investigation
Nuovo Cimento 5A, 433 (1971) und
DESY-Bericht 71/8
- 2) Analysis of the Reaction $\pi^+p \rightarrow \rho^0\Delta^{++}$ at 11.7 GeV/c Incident Momentum
Part II: Interpretation in Terms of Regge Pole Exchanges
Nuovo Cimento 5A, 457 (1971)
- 3) Die Reaktionen $\pi^+p \rightarrow \rho^0\Delta^{++}$ und $\pi^+p \rightarrow f\Delta^{++}$ bei 11.7 GeV/c Strahlimpuls
Dissertation H. Nagel, Hamburg (1971)
Interner Bericht DESY F1-71/8
- 4) Pole Extrapolation in the Reaction $\pi^+p \rightarrow \rho^0\Delta^{++}$ at 11.7 GeV/c
Beitrag zur Intern.Conference on Elementary Particles at Amsterdam (1971)
- 5) Longitudinal Phase Space Analysis of the Reaction $\pi^+p \rightarrow \pi^+p\pi^+\pi^-$ at 11.7 GeV/c and Comparison of the Reactions $\pi^\pm p \rightarrow (3\pi)^\pm p$ at the same Energy
Beitrag zur Intern.Conference on Elementary Particles at Amsterdam (1971)
- 6) Study of the Charged Three-Pion System in the Mass Region of 1400-1900 MeV, and the JP Quantum Numbers of the A_3 (1640)
Beitrag zur Intern.Conference on Elementary Particles at Amsterdam (1971)
DESY-Bericht 71/54 und
Nuclear Physics B63, B49 (1972)
- 7) Bestimmung von Spin und Parität des $\pi(1640)$
Diplomarbeit H. Neumann, Hamburg (1971) und
Interner Bericht DESY F1-71/1
- 8) Study of the Reaction $\pi^+p \rightarrow \Delta^+\omega$ at 11.7 GeV/c
Beitrag zur Intern.Conference on Elementary Particles at Amsterdam (1971)
- 9) Die Reaktionen $\pi^+p \rightarrow \eta\Delta^{++}$, $\pi^+p \rightarrow \omega\Delta^{++}$ und $\pi^+p \rightarrow B^+p$ bei 11.7 GeV/c Eingangsimpuls
Diplomarbeit W.D. Schlatter, Hamburg (1971) und
Interner Bericht DESY F1-71/3

- 10) Observation of (4π) Enhancements below 2 GeV in the Reaction $\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\pi^0 p$ at 11.7 GeV/c
Beitrag zur Intern.Conference on Elementary Particles at Amsterdam (1971)

Hamburg-Padua-Pisa-Kollaboration:

- 11) The Reaction $\bar{p}p \rightarrow \bar{p}p\pi^-\pi^+$ at 12 GeV/c
Nuovo Cimento 5A, 19 (1971) und
DESY-Bericht 71/4
 - 12) Zweifach-Pion-Erzeugung ohne Annihilation in Anti-proton-Proton-Wechselwirkungen bei 12 GeV/c
Dissertation G. Drews, Hamburg (1971) und
Interner Bericht DESY F1-71/7
- Bonn-Hamburg-München-Kollaboration:
- 13) Exchange Model Analysis of the Reaction $pp \rightarrow pn\pi^+$ and $pp \rightarrow p\Delta^{++}\pi^-$ at 12 GeV/c
Beitrag zur Intern.Conference on Elementary Particles at Amsterdam (1971)
 - 14) Produktionsmechanismen in der Reaktion $pp \rightarrow pp\pi^+\pi^-$ bei 12 GeV/c Laborimpuls
Diplomarbeit J. Lowsky, Hamburg (1971)
 - 15) pp-Wechselwirkungen mit zwei geladenen Sekundärteilchen bei einem Strahlimpuls von 12 GeV/c
Diplomarbeit W. Isenbeck, Hamburg (1971)

Aachen-Bonn-Hamburg-Heidelberg-München (M.P.I.)-Kollaboration:

- 16) Measurement of the Reaction $\gamma d \rightarrow \pi^-pp$ and Determination of Cross Sections for the Reaction $\gamma n \rightarrow \pi^-p$ at Photon Energies between 0.2 and 2 GeV
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 17) Photoproduction of ρ^0 and ρ^- on Deuterons at Energies between 1 and 5 GeV
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 18) Kohärente Photoproduktion von ρ^0 -Mesonen in einer Deuterium-Blasen-kammer bei Photonenenergien von 0.9 bis 5.3 GeV
Diplomarbeit D. Gall, Hamburg (1971)

- 19) Partial Cross Sections for Multipion Photoproduction off Deuterons at Energies up to 5 GeV
MPI-PAE/EXP.EL.17 (1971)
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
Nuclear Physics, im Druck
- 20) Partielle Wirkungsquerschnitte für Photoproduktion von Pionen am Deuteron bei Photonenergien zwischen 0.7 und 5.1 GeV
Diplomarbeit R. Riebensahm, Hamburg (1971)
- 21) Photoproduction of Strange Particles from Neutrons at Energies up to 5.5 GeV
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 22) Resonanzproduktion in den Reaktionskanälen $\gamma d \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^-$ und $\gamma d \rightarrow pp\pi^+\pi^-\pi^0$ bei Photonenergien von 1.1 bis 5.3 GeV
Diplomarbeit V. Schulz, Hamburg (1971)
- 23) Multiple Pion Production in the s-Channel Resonance Region
D. Lüke, P. Söding; Springer Tracts in Modern Physics 59, 39 (1971)
- 24) Photoproduktion von $\Delta(1236)$ in der Reaktion $\gamma p \rightarrow \pi^+\pi^-p$ bei Photonenergien bis 5.8 GeV
Dissertation D. Lüke, Hamburg (1971)

Aachen-Hamburg-Heidelberg-München-Kollaboration:
- 25) Measurement of the Reaction $\gamma p \rightarrow p\pi^+\pi^-$ with Tagged Photons of 3-6 GeV in a Streamer Chamber at DESY
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 26) The inclusive Reaction $\gamma p \rightarrow \pi^- + \text{anything}$ in the Energy Range from 3 GeV to 6.3 GeV
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 27) Photoerzeugung von ρ^0 - und B-Mesonen an Wasserstoff in einer Streamerkammer bei Photonenergien zwischen 4.1 und 6.3 GeV
Diplomarbeit E. Rabe, Hamburg (1971) und
Interner Bericht DESY F1-71/2
- 28) Messung von Photoerzeugungs-Wirkungsquerschnitten mit einer Streamerkammer
Diplomarbeit J. Knobloch, Hamburg (1971) und
Interner Bericht DESY F1-71/5
- 29) Total Photoproduction Cross Section of Hadrons on Nuclei
V. HEYNEN, H. MEYER, B. NAROSKA, D. NOTZ
DESY-Bericht 71/5
- 30) Total Photoproduction Cross Section of Hadrons on Nuclei
V. HEYNEN, H. MEYER, B. NAROSKA, D. NOTZ
Physics Letters 34 B, 651-654 (1971)
- 31) G. KNIES
Photoproduction on Deuterons
Trieste 1970, Proceedings of the Topical Seminar on Interactions of Elementary Particles with Nuclei, Trieste 1971, 231-238
- 32) N. BARASH-SCHMIDT, A. BARBARO-GALTIERI, C. BRICMAN, T. LASINSKI, A. RITTENBERG, M. ROOS, A.H. ROSENFELD, P. SÖDING, T.G. TRIPPE, C.G. WOHL
Review of Particle Properties
Rev.Mod. Physics 43, Part II (1971)
- 33) P. SÖDING
Photoproduction of Vector Mesons, Experimental Topical Seminar on Electromagnetic Interactions ICTP, Trieste, 21-26 June (1971)
- 34) G. WOLF
Photoproduction II: Compton Scattering, Vector Meson Production and Other Photon Induced Reactions
DESY-Bericht 71/50
- 35) G. WOLF
On Inelastic Diffractive ρ Photoproduction and Compton Scattering
Nucl.Phys. B26, 317 (1971)
- 36) H. SPITZER
Cross Sections for Reaction $\gamma p \rightarrow p\pi^+\pi^-$ between 0.3 and 5.8 GeV
Interner Bericht DESY F1-4/71
- 37) V. BLOBEL
MLFIT - A Program to find Maxima of Likelihood Functions
DESY-Bericht 18/71
- 38) P. JOOS
Information und Dokumentation in der Physik
Studie für die Deutsche Physikalische Gesellschaft, April (1971)

Inelastische Elektron-Proton-Streuung (F21)

- 39) D. SCHILDKNECHT, H.J. WILLUTZKI, G. WOLF
Experimente am e^+e^- Speicherring
DESY-Bericht 71/28
- 40) SLAC-Berkeley-Tufts Collaboration
Bubble Chamber Study of Photoproduction by 2.8 and 4.7 GeV Polarized Photons
SLAC-PUB-941 (1971) und
Phys. Rev. D5, 545 (1972)
- 41) G. BUSCHHORN, D. DASSKOWSKI, G. HORLITZ, H. HULTSCHIG, P. JOOS, G. KNUST, G. ROGNER, K. STEFFEN, B. WIJK, G. WOLF, S. WOLFF, H. WÜMPELMANN
Vorschlag für eine Experimentieranordnung an den DESY-Speicherringen
Interner Bericht DESY F1-71/1
- 42) SLAC-Berkeley-Tufts Collaboration
Bubble Chamber Study of ω -Meson Production with polarized Photons at 9.3 GeV
SLAC-PUB-980 (1971)
- 43) V. ECKARDT
Particle Track Storage in Streamer Chambers
Lettere al Nuovo Cimento, Ser.2 Vol.1, 997 (1971)
- 44) V. ECKARDT
Die Speicherung von Teilchenspuren in einer Streamerkammer
Dissertation, Hamburg (1971)
- 45) V. ECKARDT
Die Speicherung von Teilchenspuren in der Streamerkammer
Vortrag, Frühjahrstagung der DPG, Sektion Hochenergiephys., Hamburg (Febr. 1971)
- 46) W. ALBRECHT, F.W. BRASSE, H. DORNER, W. FEHRENBACH, W. FLAUGER, K.H. FRANK, J. GAYLER, V. KORBEL, J. MAY, P.D. ZIMMERMAN, E. GANSSAUGE, A. COURAU, A. DIACZEK, J.C. DUMAS, G. TRISTRAM, J. VALENTIN, C. AUBRET, E. CHAZELAS
Electroproduction of $\Delta(1236)$ in the π^0 Channel at a four Momentum Transfer of 25 fm^{-2}
Nucl. Phys. B27, 615 (1971)
- 47) F.W. BRASSE, W. FEHRENBACH, W. FLAUGER, K.H. FRANK, J. GAYLER, V. KORBEL, J. MAY, P.D. ZIMMERMAN, E. GANSSAUGE
Fits to Electroproduction Data in the Resonance Region and Consequences for σ_R/σ_T
DESY-Bericht 2/71
- 48) F.W. BRASSE, W. FEHRENBACH, W. FLAUGER, K.H. FRANK, J. GAYLER, V. KORBEL, J. MAY, P.D. ZIMMERMAN, E. GANSSAUGE
Preliminary Results on Coincidence Measurements for Electroproduction in the Deep Inelastic Region
DESY-Bericht 19/71
- 49) F.W. BRASSE, E. CHAZELAS, W. FEHRENBACH, K.H. FRANK, E. GANSSAUGE, J. GAYLER, V. KORBEL, J. MAY, M. MERKWITZ, V. RITTENBERG, H.R. RUBINSTEIN
Analysis of Photo and Electroproduction DATA against ω_W
DESY-Bericht 68/71
- 50) K.H. FRANK
Neues Multipliergerät für 56 AVP
Interner Bericht DESY F21-71/1
- 51) J. GAYLER
Elektroproduktion von π^0 -Mesonen im Bereich von $\Delta(1236)$ beim Impulsübertrag $q^2 = 15 \text{ fm}^{-2}$
Interner Bericht DESY F21-71/2 und
Dissertation, Univ.Hamburg (1971)
- 52) J. MAY
Koinzidenzmessungen zur Untersuchung der Reaktion $ep \rightarrow ep\pi^0$ beim Impulsübertrag $q^2 \simeq 1 \text{ GeV}^2$ im Massenbereich zwischen 1.136 und 1.316 GeV
Interner Bericht DESY F21-71/3 und
Dissertation, Univ.Hamburg (1971)

Nukleon-Formfaktoren (F22)

- 53) H. MEHRGARDT
Untersuchungen über Proportionalkammern
Diplomarbeit, Univ.Marburg (1971)
- 54) W. KRECHLOK
Untersuchungen an Charpakkammern
Diplomarbeit, Univ.Hamburg (1971)
- 55) F.W. BRASSE
Coincidence Measurements in the Deep Inelastic Region
Invited Talk at the Study Weekend, Daresbury, June (1971)
- 56) J. GAYLER
Pion Electroproduction at the First Resonance
Invited Talk at the Study Weekend, Daresbury, June (1971)
- 57) F.W. BRASSE
Electroproduction Experiments
Invited Talk at the Conf.on Elementary Particle Physics, Lancaster, April (1971)
- 58) F.W. BRASSE, E. CHAZELAS, W. FEHRENBACH, K.H. FRANK, J. GAYLER, V. KORBEL, J. MAY, A. COURAU, G. TRISTRAM, J. VALENTIN, E. GANSSAUGE
 π^0 -Electroproduction at the First Resonance
Contribution to the Intern.Conf. on Electron and Photon Interactions at High Energies, Cornell (1971)
- 59) F.W. BRASSE
Coincidence Measurements for Electroproduction
Vortrag CERN, Nov. (1971)
- 60) W. BARTL, F.W. BÜSSER, W.R. DIX, R. FELST, D. HARMS, H. KREHBIEL, P.E. KUHLMANN, J. MCELROY, J. MEYER, G. WEBER
Inelastic Electron-Proton Scattering in the Region of the $\Delta(1236)$ Resonance
Phys.Lett.35B, No.2, 10 May (1971) und DESY-Bericht 21/71
- 61) W. BARTL, F.W. BÜSSER, W.R. DIX, R. FELST, D. HARMS, H. KREHBIEL, P.E. KUHLMANN, J. MCELROY, J. MEYER, G. WEBER
Investigation of the Reaction $ep \rightarrow epy$ below Pion Threshold
DESY-Bericht 47/71
- 62) D. HARMS
Die elektromagnetischen Protonformfaktoren bei Impulsüberträgen zwischen 0.6 und 3.0 (GeV/c)²
Interner Bericht DESY F22-2/71 und Dissertation, Univ. Hamburg (1971)
- 63) W. SCHMIDT
Electroproduction of Pions Beyond the Resonance Region and the Pion Form Factor
Interner Bericht DESY F22/71
- 64) A. BARTL, D. SCHILDKNECHT
Vector Meson Dominance and $\pi\Delta(1236)$ Electroproduction
DESY-Bericht 71/43

**Elektron-Nukleon-Streuung
mit Drahtfunkenkammern (F23)**

- 65) S. GALSTER, H. KLEIN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER, J. BLECKWENN
Elastic Electron-Deuteron Scattering and the Electric Neutron Form Factor at Four-Momentum-Transfers $5 \text{ Fermi}^{-2} < q^2 < 14 \text{ Fermi}^{-2}$
Nucl.Phys. B 23, 221 (1971) und
DESY-Bericht 7/71
- 66) J. BLECKWENN, H. KLEIN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER
Excitation of the $\Delta(1236)$ - Resonance on Bound State Neutrons
Nucl.Phys. B33, 475 (1971) und
DESY-Bericht 33/71
- 67) G. EBEL, A. MÜLLENSIEFEN, H. PILKUHN, F. STEINER, D. WEGENER, M. GOURDIN, C. MICHAEL, J.L. PETERSEN, M. ROOS, B.R. MARTIN, G. OADES, J.J. DE SWART
Compilation of Coupling Constants and Low Energy Parameters
Nucl.Phys. B33, 317 (1971)
- 68) S. GALSTER, G. HARTWIG, H. KLEIN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, W. SCHMIDT-PARZEFALL, D. WEGENER, J. BLECKWENN
Coincidence Experiment on Inelastic Electron-Proton Scattering in the Region of the $\Delta(1236)$ -Resonance at $q^2 = -0.35$ and $q^2 = -1 \text{ (GeV/c)}^2$
DESY-Bericht 44/71
- 69) F.H. HEIMLICH, E. ROESSLE, M. KÖBBERLING, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER, D. ZELLER, J.K. BIENLEIN, J. BLECKWENN, H. DINTER
Quasi-Elastic Scattering (e, ed) and (e, ep) from Li^6
DESY-Bericht 55/71
- 70) J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER, J. BLECKWENN, E. ENGELS Jr.
Inelastic Electron-Proton Scattering at $q^2 < 1 \text{ (GeV/c)}^2$ as a Test of Finite Energy Sum Rules
DESY-Bericht 61/71
- 71) J. BLECKWENN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER
Separation of Resonant and Nonresonant Contributions to Inelastic Electron-Neutron Cross Sections and Isotensor Contributions to the Electromagnetic Current in the Region of the $\Delta(1236)$ -Resonance
DESY-Bericht 63/71
- 72) J. BLECKWENN
Messungen zur Elektroproduktion der $\Delta(1236)$ -Resonanz an Proton und Neutron
Interner Bericht DESY F23-71/1 und
Dissertation, T.H. Karlsruhe
- 73) J. MORITZ
Elektron-Proton-Koinzidenzmessungen bei $q^2 = -0,35$ und $-1,0 \text{ (GeV/c)}^2$ zur Bestimmung des Wirkungsquerschnitts der π^0 - und der π^+ -Elektroproduktion im Bereich der ersten Nukleonresonanz $\Delta(1236)$
Interner Bericht DESY F23-71/1
- 74) J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER, J. BLECKWENN, E. ENGELS Jr.
Inelastic Electron Proton Scattering at Small Electron Scattering Angles
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 75) J. BLECKWENN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER
Separation of Resonant and Nonresonant Contributions to Inelastic Electron-Neutron Cross Sections and Isotensor Contributions to the Electromagnetic Current in the Region of the $\Delta(1236)$ -Resonance
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 76) J. BLECKWENN, H. KLEIN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER
Excitation of the $\Delta(1236)$ Resonance on Bound State Neutrons
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 77) S. GALSTER, G. HARTWIG, H. KLEIN, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, W. SCHMIDT-PARZEFALL, D. WEGENER, J. BLECKWENN
Coincidence Experiment on Inelastic Electron-Proton Scattering in the Region of the $\Delta(1236)$ at $q^2 = -0.35$ and $q^2 = -1 \text{ (GeV/c)}^2$
Beitrag zum International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies, Ithaca, N.Y. (1971)
- 78) F.H. HEIMLICH, E. ROESSLE, M. KÖBBERLING, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER, D. ZELLER, J.K. BIENLEIN, J. BLECKWENN, H. DINTER
Quasi-Elastic Scattering (e, ed) and (e, ep) from Li^6
Beitrag zur International Conference on High Energy Interactions and Nuclear Structure, Dubna (1971)
- 79) M. KÖBBERLING, J. MORITZ, K.H. SCHMIDT, D. WEGENER, D. ZELLER, J. BLECKWENN
Elektron-Nukleon Streuung im Gebiet der $\Delta(1236)$ -Resonanz
Frühjahrstagung der Deutschen Physikal. Gesellschaft, Hamburg (1971)

Symmetrische Paarerzeugung (F31)

- 80) H. ALVENSLEBEN, U.J. BECKER, W.K. BERTRAM, MIN CHEN, K.J. COHEN, R.T. EDWARDS, T.M. KNASEL, R. MARSHALL, D.J. QUINN, M. ROHDE, G.H. SANDERS, H. SCHUBEL, S.C.C. TING
Photoproduction of Pion Pairs with High Invariant Mass
Phys. Rev. Letters 26, 273 (1971)
- 81) H. ALVENSLEBEN, U.J. BECKER, W.K. BERTRAM, MIN CHEN, K.J. COHEN, R.T. EDWARDS, T.M. KNASEL, R. MARSHALL, D.J. QUINN, M. ROHDE, G.H. SANDERS, H. SCHUBEL, S.C.C. TING
Observation of Coherent Interference Pattern between ρ - ω Decays
Nuclear Physics B25, 333 (1971)
- 82) H. ALVENSLEBEN, U.J. BECKER, M. CHEN, K.J. COHEN, R.T. EDWARDS, T.M. KNASEL, R. MARSHALL, D.J. QUINN, M. ROHDE, G.H. SANDERS, H. SCHUBEL, S.C.C. TING
Determination of the Photoproduction Phase of ρ^0 Mesons
Nuclear Physics B25, 342 (1971)
- 83) H. ALVENSLEBEN, U.J. BECKER, W. BUSZA, MIN CHEN, K.J. COHEN, R.T. EDWARDS, P.M. MANTSCH, R. MARSHALL, T.M. NASH, M. ROHDE, H.F.W. SADROZINSKI, G.H. SANDERS, H. SCHUBEL, S.C.C. TING, S.L. WU
Determination of the Photoproduction of ϕ Mesons
Phys. Rev. Letters 27, 444 (1971) und
DESY-Bericht 26/71
- 84) H. ALVENSLEBEN, U.J. BECKER, W. BUSZA, MIN CHEN, K.J. COHEN, R.T. EDWARDS, P.M. MANTSCH, R. MARSHALL, T.M. NASH, M. ROHDE, H.F.W. SADROZINSKI, G.H. SANDERS, H. SCHUBEL, S.C.C. TING, S.L. WU
Precise Determination of ρ - ω Interference Parameters from Photoproduction of Vector Mesons off Nucleon and Nuclei
Phys. Rev. Letters 27, 888 (1971) und
DESY-Bericht 37/71
- 85) H. ALVENSLEBEN, U.J. BECKER, P. BIGGS, M. BINKLEY, W. BUSZA, M. CHEN, K.J. COHEN, E. COLEMAN, R.T. EDWARDS, P. MANTSCH, R. MARSHALL, T. NASH, D.J. QUINN, M. ROHDE, H.F.W. SADROZINSKI, G.H. SANDERS, H. SCHUBEL, S.C.C. TING, S.L. WU
Photoproduction and Forbidden Decays of ϕ -Mesons
DESY-Bericht 64/71
- 86) H. ALVENSLEBEN
Interferenzerscheinungen bei der Photoerzeugung von Elektronpaaren
Interner Bericht DESY F31-71/1

Elektroerzeugung von Mesonen (F32)

- 87) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of Single π^+ -Mesons on Hydrogen
Phys. Lett. 35B, 77 (1971)
Nucl. Phys. B30, 245 (1971)
- 88) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of Single π^+ -Mesons on Hydrogen: Determination of the Longitudinal Part of the Cross Section
Phys. Lett. 35B, 81 (1971)
- 89) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of $\pi^+\Delta^0$ (1236) on Hydrogen
DESY-Bericht 15/71
- 90) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of π^0 -Mesons on Protons in the Backward Direction
Nucl. Phys. B33, 84 (1971) und
DESY-Bericht 29/71
- 91) P. KAROW
Elektroproduktion eines positiven Pions oberhalb des Resonanzbereichs
Interner Bericht DESY F32-1/71 und
Dissertation, Univ. Hamburg (1971)
- 92) G. HOFMANN
Elektroproduktion von $\pi^+\Delta^0$ (1236) an Wasserstoff
Interner Bericht DESY F32-2/71 und
Dissertation, Univ. Hamburg (1971)
- 93) J. RATHJE
Elektroproduktion von π^0 -Mesonen an Wasserstoff in Rückwärtsrichtung
Interner Bericht DESY F32-3/71 und
Dissertation, Univ. Hamburg (1971)
- 94) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, F. JANATA, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of ρ^0 -Mesons on Protons
DESY-Bericht 56/71
- 95) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, G. PFEIFFER, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Backward Production of Vector Mesons in Inelastic Electron Scattering
DESY-Bericht 58/71

- 96) P. KAROW, C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, D. SCHMIDT, G. SPECHT, J. RATHJE
Elektroproduktion von π -Mesonen in Vorwärtsrichtung
Frühjahrstagung der Deutschen Physikal. Gesellschaft,
Hamburg (1971)
- 97) J. RATHJE, C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Elektroproduktion von neutralen Mesonen in Rückwärtsrichtung
Frühjahrstagung der Deutschen Physikal. Gesellschaft,
Hamburg (1971)
- 98) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, D. SCHMIDT, G. SPECHT, J. RATHJE
Electroproduction of single π^+ -Mesons on Hydrogen
International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies (Cornell 1971)
- 99) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of $\pi^+\Delta^0$ (1236) on Hydrogen
International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies (Cornell 1971)
- 100) C. DRIVER, K. HEINLOTH, K. HÖHNE, G. HOFMANN, P. KAROW, J. RATHJE, D. SCHMIDT, G. SPECHT
Electroproduction of ρ^0 -Mesons on Hydrogen
International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies (Cornell 1971)
- 101) K. HEINLOTH
Electroproduction of π -Mesons on Protons above the Second Resonance
Invited Talk at the Daresbury Study Weekend no.3 und DESY-Bericht 35/71
- 102) K. HEINLOTH
Experimente der inelastischen Elektronstreuung im Bereich der Hochenergiephysik
Kolloquium, Univ. Wien (1971)
- 103) U. TIMM, K.P. MARTEN
Beobachtungen am Quantameter 3, Strahl 24
Interner Bericht DESY F33-1/71
- 104) M. KLAVONN
Fit-Programm zur Anpassung kohärenter und inkohärenter Photonenspektren an die experimentell ermittelten Spektren
Interner Bericht DESY F33-2/71
- 105) L. CRIEGEE
Photoproduction of Mesons at High Energies
Invited Lecture at the Erevan Physical School, Nov.23;Dec.14, Erevan/Armenia (1971)
- 106) D. SCHMITZ
Electromagnetic Production of Vector Mesons on Nucleons
Beitrag zur Intern.Conf.on Meson Resonances and related Electromagnetic Interactions, Bologna (1971)
- 107) W. BRAUNSCHWEIG, H. DINTER, W. ERLEWEIN, H. FRESE, K. LÜBELSMEYER, H. MEYER-WACHSMUTH, C.C. MOREHOUSE, D. SCHMITZ, A.SCHULTZ v.DRATZIG, G. WESSELS
Single Photoproduction of neutral π -Mesons on Deuterium in the Forward Direction
International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies (Cornell 1971)
- 108) G. HARTMANN, D. HUBERT, S. MANGO, C.C. MOREHOUSE, K. PLOG
Proton Polarization in Alcohols at 50 KG, 1°K
Proceedings II Ind Intern. Conf. on Polarized Targets, Berkeley (1971)
- 109) G. BUSCHHORN, L. CRIEGEE, G. FRANKE, P. HEIDE, R. KOTTHAUS, G. POELZ, U. TIMM, G. VOGEL, K. WEGENER, H. WERNER, W. ZIMMERMANN
Proton Compton Scattering between 2.2 and 7 GeV
Phys.Lett. 37B, 207 (1971),
DESY-Bericht 51/71 und
International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies (Cornell 1971)
- 110) G. BUSCHHORN, L. CRIEGEE, G. FRANKE, P. HEIDE, R. KOTTHAUS, G. POELZ, U. TIMM, G. VOGEL, K. WEGENER, H. WERNER, W. ZIMMERMANN
Compton Scattering of 3.5 Polarized Photons on Protons
Phys.Lett. 37B, 211 (1971),
DESY-Bericht 52/71 und
International Symposium on Electron and Photon Interactions at High Energies (Cornell 1971)

Antiteilchen-Paarerzeugung (F36)

- 111) H.J. BEHREND, F.W. BRASSE
First Studies for an Experiment at CERN II -
Inelastic Scattering of μ -Mesons on Nucleons
Preprint
- 112) H.J. BEHREND, F.W. BRASSE
A Muon Beam for CERN II
Preprint

Experimente mit der Synchrotronstrahlung (F41)

- 113) M. SCHLEDERMANN, M. SKIBOWSKI
Determination of the Ellipticity of Light and of Optical
Constants by Use of Two Reflection Polarizers
Appl.Opt. 10, 321 (1971)
- 114) E.E. KOCH, S. KUNSTREICH, A. OTTO
Measurements of Electron Energy Losses and VUV-
Reflectivity of Anthrazen Single Crystals
Optics Comm. 2, 365 (1971)
- 115) D. BLECHSCHMIDT, R. HAENSEL, E.E. KOCH,
U. NIELSEN, M. SKIBOWSKI
Fine Structure of the Extreme Ultraviolet Spectra of the
Potassium Halide Crystals at 10° K
phys.stat.sol. (b) 44, 787 (1971)
- 116) G. ROSENBAUM, K.C. HOLMES, J. WITZ
Synchrotron Radiation as a Source for X-Ray Diffraction
Nature 230, 434 (1971)
- 117) D. BLECHSCHMIDT, V. SAILE, M. SKIBOWSKI,
W. STEINMANN
Excitation of the Cs-5p Core Level in Cs-Halides
Phys.Letters 35A, 221 (1971) und
DESY-Bericht SR 2/71
- 118) R. HAENSEL, E.E. KOCH, N. KOSUCH, U. NIELSEN,
M. SKIBOWSKI
Vacuum Ultraviolet Reflectivity of Solid Nitrogen and
Oxygen
Chem.Phys.Letters 9, 548 (1971)
- 119) E.E. KOCH, M. SKIBOWSKI
Optical Absorption of Gaseous Methane, Ethane, Propane
and Butane and Reflection of Solid Methane and Ethane
in the Vacuum Ultraviolet
Chem.Phys.Letters 9, 429 (1971) und
DESY-Bericht SR 1/71
- 120) R. KLUCKER, H. NELKOWSKI, Y.S. PARK, M. SKI-
BOWSKI, T.S. WAGNER
Optical Anisotropy of ZnO in the Ultraviolet Region
phys.stat.sol. (b) 45, 265 (1971)
- 121) K. FESER
A Parallel Plate Continuous Dynode Electron Multi-
plier with Carbon as Dynode Material
Rev.Sci.Instr. 42, 888 (1971)
- 122) W. HAYES, A.B. KUNZ, E.E. KOCH
Reflectance Spectra of Alkaline Earth Fluorides in the
Vacuum Ultraviolet
J. Phys. C, 4, L200 (1971)
- 123) C.J. PEIMANN, M. SKIBOWSKI
Dielectric Properties of the Rubidium Halide Crystals
in the Extreme Ultraviolet up to 30 eV
phys.stat.sol. 46, 655 (1971) und
DESY-Bericht SR 3/71
- 124) R. HAENSEL, G. KEITEL, N. KOSUCH, U. NIEL-
SEN, P. SCHREIBER
Optical Absorption of Solid Neon and Argon in the
Soft X-Ray Region
J.de Physique Colloque C4 32, C4-236 (1971)
- 125) K. FESER, J. MÜLLER, G. WIECH, A. FAESSLER
Fluorescence Excitation of Ultra-Soft X-Ray Emission
Spectra Using Synchrotron Radiation
J.de Physique Colloque C4, 32, C4-331 (1971)
- 126) C. KUNZ
Optical Absorption of Metals in the X-UV Range
J.de Physique Colloque C4, 32, C4-180 (1971)
- 127) H. DIETRICH, C. KUNZ
A Grazing Incidence Vacuum Ultra-Violet Mono-
chromator with Fixed Exit Slit
DESY-Bericht SR-4/71

- 128) C. KUNZ
Soft X-Ray Absorption Spectroscopy of Metals and Alloys
Conference on Band Structure Spectroscopy of Metals and Alloys
DESY-Bericht SR-8/71
- 129) P. BAMMES, R. KLUCKER, E.E. KOCH, T. TUOMI
Anisotropy of the Dielectric Constants of Trigonal Selenium and Tellurium between 3 and 30 eV
DESY-Bericht SR-6/71
- 130) E.E. KOCH, A. OTTO
Optical Absorption of Benzene Vapour for Photon Energies from 6 eV to 35 eV
DESY-Bericht SR-7/71
- 131) E.E. KOCH, A. OTTO
Optical Anisotropy of Anthracene Single Crystals for Photon Energies from 4.5 to 11.5 eV
erweiterte Fassung von DESY-Bericht SR-9/71
- 132) P. RABE, B. SONNTAG, T. SAGAWA, R. HAENSEL
The Optical Absorption of MgF_2 , $MgCl_2$ and $MgBr_2$ in the Vicinity of the Mg L-Shell Transitions
DESY-Bericht SR-10/71
- 133) R. HAENSEL, B. SONNTAG
Investigation of Inner Shell Excitations in Solids by Synchrotron Radiation
Proc. of the Int. Symp. Oct. 6-8, 71 (Wildbad) und
DESY-Bericht SR-5/71
- 134) R. KLUCKER, E.E. KOCH, T. TUOMI
Anisotropy of the Dielectric Constant of Trigonal Selenium and Tellurium between 3 eV and 30 eV
Interner Bericht DESY F41-1/71
- 135) D. BLECHSCHMIDT
Photoemission der Kaliumhalogenide im Vakuum-Ultraviolett
Interner Bericht DESY F41-2/71
- 136) K. FESER
Fluoreszenzanregung von Emissionsbanden im Bereich der ultraweichen Röntgenstrahlen mit der Synchrotronstrahlung unter Verwendung eines Konkavgitterspektrometers für absolute Wellenlängen- und Intensitätsmessungen
Interner Bericht DESY F41-3/71
- 137) R. KLUCKER
Optische Anisotropie von Graphit im Bereich 3-40 eV
Dissertation, Univ. München (1971)
- 138) N. KOSUCH
Feste Edelgase
Untersuchung der Absorptionsfeinstruktur am Einsatz von elektronischen Anregungen aus den Xe-4d, Kr-3d, Ar-2p und Ne-2s Schalen mit Hilfe der Absorptionsspektren fester Edelgasgemische
Diplomarbeit, Univ. Hamburg (1971)
- 139) D. BEAGLEHOLE, C. KUNZ
Optical Properties of Dilute Cu/Ni Alloys
Verhandl. DPG 9, 656, Münster (1971)
- 140) D. BLECHSCHMIDT, M. SKIBOWSKI, W. STEINMANN
Photoemission studies of the decay of core excitons in alkali halides
Third Int. Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 141) M. CARDONA, P.Y. YU, E.E. KOCH, M. SKIBOWSKI, W. GUDAT, B. SONNTAG
Optische Eigenschaften von III-V-Verbindungen im Vakuum-Ultraviolett
Verhandl. DPG 9, 713, Münster (1971)
- 142) W. GUDAT, C. KUNZ
Optical properties of some alloys in the vacuum ultraviolet
Third Int. Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 143) R. HAENSEL
Optical properties of solid rare gases in the extreme ultraviolet
Third Int. Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 144) R. HAENSEL, E.E. KOCH, U. NIELSEN, M. SKIBOWSKI
Reflection spectroscopy of condensed gases in the extreme ultraviolet
Third Int. Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 145) R. HAENSEL, K. RADLER, B. SONNTAG, H.W. WOLFF
Photoabsorption of atomic sodium in the XUV
Third Int. Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 146) R. HAENSEL, B. SONNTAG, P. RABE
Optische Absorption von MgF_2 , $MgCl_2$ und $MgBr_2$ im extremen Ultraviolett
Verhandl. DPG 9, 699, Münster (1971)

- 147) R. KLUCKER, M. SKIBOWSKI, W. STEINMANN
Optical anisotropy of graphite in the 3-40 eV photon energy range
Third Int.Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 148) E.E. KOCH
Optische Absorption von organischen Dämpfen im VUV mit Hilfe der Synchrotronstrahlung
Verhandl.DPG 6, 307, Berlin (1971)
- 149) E.E. KOCH, A. OTTO
Optical anisotropy of anthracene single crystals for excitation energies from 4.5 to 11.5 eV
Third Int.Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 150) E.E. KOCH, A. OTTO, M. SKIBOWSKI
Optical investigation of vapours of hydrocarbons in the VUV
Third Int.Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 151) C. KUNZ
Optische Eigenschaften von Metallen im fernen Vakuum-Ultraviolett
Verhandl.DPG 9, 655, Münster (1971)
- 152) C.J. PEIMANN, M. SKIBOWSKI
Die optischen Eigenschaften der Rubidiumhalogenide beim Einsatz der Rb^+4p -Absorption
Verhandl.DPG 9, 699, Münster (1971)
- 153) M. SCHLEDERMANN, M. SKIBOWSKI
Ellipsometry in the extreme ultraviolet
Third Int.Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 154) M. SKIBOWSKI
Experimente mit der Synchrotronstrahlung (Fortbildungsvortrag)
Verhandl.DPG 6, 7, Hamburg (1971)
- 155) T.O. TUOMI, B. SONNTAG
Investigation of the conduction band of tellurium
Third Int.Conf. on VUV Radiation Phys., Tokyo (1971)
- 156) R. HAENSEL
General Review on Synchrotron Radiation Physics Work in Hamburg and
Optical Properties of Alkali Halides and Solid Rare Gases
Seminar Göteborg, 17./18.5.1971
- 157) R. HAENSEL
Optical Properties of Alkali Halides and Solid Rare Gases
Seminar Linköping, 19.5.1971
- 158) R. HAENSEL
The Synchrotron Radiation Physics Program at DESY Users Meeting PSL Stoughton/Wisconsin (USA), 29.11.71
- 159) R. HAENSEL
Optical Properties of Solid Rare Gases in the Extreme Vacuum-Ultraviolet
Seminar Urbana/III.(USA), 3.12.71
- 160) C. KUNZ
Instrumentation of the DESY synchrotron radiation facility and optical properties of metals in the XUV
Seminar Göteborg, 17.5.71
- 161) C. KUNZ
Optical Properties of Metals
Seminar Linköping, 19.5.71
- 162) W. STEINMANN
Solid State Spectroscopy with Synchrotron Radiation
Univ. Rom, März 1971
- Funkenkammerdigitalisierung (F51)**
- 163) A. KROLZIG, V. NEDIC
Verstärker für Proportional-Kammern mit dem Baustein V196/V4
Interner Bericht DESY F51-1/71
- 164) F. HÜBLER, A. KROLZIG
Ein CAMAC-Crate-Controller mit kostengünstigem Rechner-Anschluß
Interner Bericht DESY F51-2/71

Spezielle Zählerelektronik (F56)

- 165) H.J. STUCKENBERG
Elemente der Computer-Hardware
Bd.1 - Boolesche Algebra und logischer Schaltkreis-
entwurf
Bd.2 - Arithmetische Operationen
Bd.3 - In- und externe Speicher
Bd.4 - In/Outputgeräte
Bd.5 - Kontrollfunktionen, Coder, Decoder
Bd.6 - Digital-Analog- und Analog-Digital-Wandler
Interne Berichte DESY F56-1/6 (1971)

Digitale Datenerfassung (F58)

- 166) K. DAHLMANN, K.H. HÖHNE
LABMAT - Data Acquisition and Retrieval in a Clinical Laboratory Using the DESY On-Line System
DESY-Bericht DV-3/71
- 167) K. BRUNNSTEIN, K. DAHLMANN, K.H. HÖHNE, K.F. HOLZHAUSEN, E. BARTSCH
Erfahrungen mit dem On-line-Betrieb von Auto-analysen
Technicon Symposium, Frankfurt (1971)
- 168) H. DILCHER, G. HOCHWELLER, G. LENKEIT
DESY - PDP5/PDP8/PDP81 - Datenerfassungssystem. Modifikationen an der PDP-8/1
Interner Bericht DESY F58-2/71
- 169) G. HOCHWELLER
TYPSET - Ein Programm zur Formatierung von Texten für die PDP-8
Interner Bericht DESY F58-3/71

Theoretische Physik (T)

- 170) H. CHENG, T.T. WU
High-Energy Scattering of a Fermion with Anomalous Magnetic Moment: Non-Exponentiation
Phys.Rev. D3, 2394 (1971) und
DESY-Bericht 1/71
- 171) H. CHENG, T.T. WU
Impact Picture and the Eikonal Approximation
Phys.Lett. 34B, 647 (1971) und
DESY-Bericht 6/71
- 172) H. CHENG, T.T. WU
Considerations on Measuring $\gamma + \gamma \rightarrow \pi^+ \pi^-$ with Colliding Beams
Phys.Lett. 36B, 241, (1971) und
DESY-Bericht 23/71
- 173) H. CHENG, T.T. WU
Production of Pion Pairs in Electron Colliding Beams
Nucl.Phys. B32, 461 (1971) und
DESY-Bericht 30/71
- 174) H. CHENG, T.T. WU
Diffractive Inelastic Processes at Extremely High Energies
Phys.Lett. 36B, 357 (1971) und
DESY-Bericht 36/71
- 175) H. FRAAS, D. SCHILDKNECHT
Comparison of Pion Electroproduction Data with Vector Meson Dominance Predictions
Phys.Lett. 35B, 72 (1971) und
DESY-Bericht 12/71
- 176) H. FRAAS, D. SCHILDKNECHT
Refined Vector Meson Dominance Analysis of Single Pion Electroproduction
Phys.Lett. 37B, 389 (1971) und
DESY-Bericht 59/71
- 177) N. LEVY, P. SINGER
Determination of F- ω - ω -Coupling Constants from a Veneziano Model and the F \rightarrow ω - γ Decay
Phys.Rev. D4, 2177 (1971)
- 178) N. LEVY, M. GLÜCK, S. WAGNER
 ρ -Exchange Contribution to $\gamma N \rightarrow \rho p$
Phys.Rev. D4, 874 (1971)

- 179) P.L. PRITCHETT
Classical-Field-Model Predictions for Electro-
production of Nucleon Resonances
Nucl.Phys. B33, 573 (1971) und
DESY-Bericht 38/71
- 180) D. SCHILDKNECHT, H. SATZ
Fragmentation Duality and Inclusive Photon-
Hadron Interactions
Phys.Lett. 36B, 85 (1971) und
CERN-TH 1332
- 181) K. SYMANZIK
Small-Distance-Behaviour Analysis and Wilson
Expansions
Comm.Math.Phys. 23, 49-86 (1971),
DESY-Bericht 39/71 und
Rapporteur talk at Topical Seminar on Electromag-
netic Interactions, Juni (1971); ICTP Trieste Report
IC(71/37),
Vortrag 'Seminar on Progress in Renormalization
Theory', CNRS Marseille, Juni (1971),
Vortrag Symposium 'Basic Questions in Elementary
Particle Physics', München, Juni (1971); MPI-Pro-
ceedings p.53
- 182) T.F. WALSH
Inelastic Electron-Photon Scattering
Phys.Lett. 36B, 121 (1971) und
DESY-Bericht 15/71
- 183) T.F. WALSH, B. SCHREMPP-OTTO, F. SCHREMPP
Finite-Energy Sum Rules and the Reactions $e e \rightarrow e e e$
(750), $e e \rightarrow e e f$ (1260)
Phys.Lett. 36B, 463 (1971) und
DESY-Bericht 20/71
- 184) T.T. WU, C.M. BENDER
Large-Order Behavior of Perturbation Theory
Phys.Rev.Lett. 27, 461 (1971)
- 185) P. ZERWAS, B. RENNER
Implications of Finite Energy Sum Rules in Pion-
Hyperon Scattering
Nucl.Phys. B35, 397 (1971) und
DESY-Bericht 41/71
- 186) G. KRAMER, J.L. URETSKY, T.F. WALSH
Annihilation of Electron-Positron Pairs Into Mesons
Phys.Rev. D3, 719 (1971)
- 187) G. KRAMER, H.R. QUINN
A Diffractive-Dissociation Model For High-Energy
Rho Photoproduction
Nucl.Phys. B27, 77 (1971)
- 188) D. SCHILDKNECHT, B. SCHREMPP-OTTO
Resonant Production of Vector Mesons by Polarized
Photons. Special Considerations on the ρN Decay Mode
of Δ (1950) and Δ (2420)
Nuovo Cimento A5, 103 (1971)
- 189) K. SYMANZIK
Small-Distance Behaviour in Field Theory
Springer Tracts in Modern Physics, Vol.57,
222 (1971)
- 190) H. FRAAS, D. SCHILDKNECHT
Comparison of Pion Electroproduction Data with
Vector Meson Dominance Predictions
Phys.Lett. B35, 72 (1971) und
DESY-Bericht 12/71
- 191) H. CHENG, T.T. WU
High Energy Potential Scattering II.
Phys.Rev. D3, 2397 (1971)
- 192) M. BÖHM, H. JOOS, M. KRAMMER
Relativistic Scalar Quark Model with Strong Binding
DESY-Bericht 10/71
- 193) H. CHENG, T.T. WU
High Energy Scattering in Φ^3 -Theory and the Breakdown
of Eikonal Approximation I
DESY-Bericht 13/71
- 194) H. CHENG, T.T. WU
High-Energy Scattering in Φ^3 -Theory and the Breakdown
of Eikonal Approximation II
DESY-Bericht 16/71
- 195) H. CHENG, T.T. WU
Regge Poles for Large Coupling Constants I
DESY-Bericht 17/71
- 196) H. CHENG, T.T. WU
Regge Poles for Large Coupling Constants II
DESY-Bericht 31/71
- 197) H. CHENG, T.T. WU
Scattering of a Charged Vector Meson in a Static Field
at High Energies
DESY-Bericht 32/71

- 198) H. CHENG, T.T. WU
High-Energy Delbrück Scattering from Nuclei
DESY-Bericht 69/71
- 199) H. CHENG, T.T. WU
Anomalous Magnetic Moment of the Charged Intermediate Vector Boson
DESY-Bericht 70/71
- 200) H. CHENG, T.T. WU
Coulomb Scattering of a Charged Vector Meson with Electric Dipole Moment
DESY-Bericht 71/71
- 201) H. FRAAS
Electroproduction of ω -Meson as a Test of the $\rho\omega\pi$ -Vertex
DESY-Bericht 11/71
- 202) F. GUTBROD
The Nucleon Loop as a Force in the $\pi\pi$ -Channel
DESY-Bericht 45/71
- 203) R. KÖBERLE
Three Pion Production in Electron Colliding Beams
DESY-Bericht 67/71
- 204) M. KRAMMER
Quark Model Relations for the Electroproduction of Pseudoscalar Mesons
DESY-Bericht 60/71
- 205) R.J. OAKES
Developments in Weak Interactions: Theory
DESY-Bericht 53/71
- 206) D. SCHILDKNECHT, A. BARTL
Vector Meson Dominance and $\pi\Delta$ (1236) Electroproduction
DESY-Bericht 43/71
- 207) D. SCHILDKNECHT, H.J. WILLUTZKI, G. WOLF
Experimente am $e^{\pm}e$ Speicherring
DESY-Bericht 28/71
- 208) W. SCHMIDT
Electroproduction of Pions Beyond the Resonance Region and the Pion Form Factor
DESY-Bericht 22/71
- 209) T.F. WALSH, P. ZERWAS
Scaling Behaviour in Off-Shell Photon-Photon Scattering
DESY-Bericht 66/71
- 210) B. RENNER
A Model for Vector-Vector-Tensor Meson Coupling Constants
DESY-Bericht 14/71
- 211) B. RENNER, L.P. STAUNTON
Is the ϵ (700) Meson the Goldstone Boson of Broken Scale Invariance?
DESY-Bericht 62/71
- 212) K. SYMANZIK
Lectures on Lagrangian Quantum Field Theory
Interner Bericht DESY T-1/71
- 213) G. KRAMER, P. STICHEL
Elastische Streuung bei hohen Energien
Interner Bericht DESY T-2/71
- 214) B. RENNER
Empirical Evidence for Tensor Meson Dominance
Interner Bericht DESY T-3/71
- 215) B. RENNER
Einige Grundlagen der Stromalgebra
Interner Bericht DESY T-4/71
- 216) T.F. WALSH
 ρ - ω -Mixing
Interner Bericht DESY T-5/71
- 217) S. GASIOROWICZ
Multiparticle Production Processes
Interner Bericht DESY T-6/71
- 218) G. KRAMER
Elastic Formfactors
Interner Bericht DESY T-7/71
- 219) D. SCHILDKNECHT
Vector Meson Dominance
Interner Bericht DESY T-8/71

- 220) M. BÖHM (M. KRAMMER)
Lineares Mesonspektrum in einem relativistischen Quarkmodell
Frühjahrstagung der DPG, Hamburg (Febr. 1971),
Verhandl.DPG 1, (1971)
- 221) M. KRAMMER (M. BÖHM, H. JOOS)
Some Properties of the Mesons from a Relativistic
Scalar Quark Model with Strong Binding
'Concepts in Hadron Physics' p.407 (Schladming 1971);
P.Urban (editor), Springer Verlag, Wien-N.York (1971)
- 222) D. SCHILDKNECHT
Vector Meson Dominance, Photo- and Electro-
production from Nucleons
Lectures 'International Summer Institute in Theo-
retical Physics', Hamburg, (Juli 1971)
- 223) D. SCHILDKNECHT
Vector Meson Dominance
Lectures 'International Summerschool on Elementary
Particle Physics', Basko Polje-Makarska/Yugoslavia
(September 1971)
- 224) T.T. WU
High Energy Scattering in Massive Quantum Electro-
dynamics
Lectures 'International Summer Institute in Theo-
retical Physics', Hamburg, (Juli 1971)

