

D - VI - Zentralarchiv  
(Munich!) Post. Zeit. 1959

Bericht zur Gründung  
der Stiftung  
DESY

(Deutsches Elektronen-Synchrotron)

(Ende 1959)

10074

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<u>Vorwort</u> von W. Jentschke	1 - 2
<u>Veranstaltungskalender</u>	3
<u>Tischrede</u> während des Festessens von W. Walcher	4 - 9
<u>Tagesordnung</u> für die Sitzung des Wissenschaftlichen Rates	10 - 11
<u>Bericht über den Beschleuniger:</u>	
Übersicht und bauliche Gestaltung von O. Beer	12 - 17
Charakteristische Probleme des Elektronen-Synchrotrons von H. -O. Wüster	18 - 23
Das Einschliessen des Elektronenstrahls von U. Timm	24 - 33
Der Synchrotron-Magnet von W. Hardt	34 - 42
Das Hochfrequenz-Beschleunigungssystem von G. Schaffer	43 - 52
Energieversorgung von W. Bothe	53 - 58
Steuerung und Regelung von A. Krolzig	59 - 64
<u>Experimente:</u>	
Ausrüstung von K. G. Steffen	65 - 74
Beispiele von W. Jentschke	75 - 88
<u>Satzung</u> der Stiftung "Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)"	89 - 99
<u>Zeitungsausschnitte</u>	100 - 104

Diskussionen zeigten, daß die dringend notwendige Förderung der physikalischen Forschung im Bundesgebiet wünschenswert erscheinen ließ, einen Hochenergiebeschleuniger zu bauen. Auf diesem Gebiet gab es in Deutschland fast keine experimentellen Möglichkeiten. In den USA dagegen wurden z. B. gerade in der Hochenergiephysik neue, fundamentale Erkenntnisse gesammelt. Bei einer weiteren Vernachlässigung dieses Forschungszweiges hätte daher die Möglichkeit bestanden, den Abstand der Länder mit führender physikalischer Forschung zur Bundesrepublik zu vergrößern.

Vorbereitende Seminare und viele Gespräche sollten zeigen, ob überhaupt Voraussetzungen für die Inangriffnahme eines derartigen Objektes gegeben sind und ob die Möglichkeit bestand, ein "Team" von qualifizierten Kräften zusammenzustellen.

Am 2. Mai 1957 begannen die ersten Mitarbeiter in Hamburg an Aufgaben der Planung eines Hochenergiebeschleunigers zu arbeiten und sich in dieses Gebiet einzuleben. Sie wirkten bereits mit, als noch nicht viel mehr als die Möglichkeit, überhaupt ein derartiges Objekt zu beginnen, eines Versuches wert zu sein schien.

Nach einleitenden Diskussionen und vergleichenden Kostenaufstellungen wurde im März 1958 klar, daß der Bau eines Elektronen-Synchrotrons allen Gegebenheiten am besten angepaßt sein würde und daß eine derartige Anlage eine Lücke der bestehenden oder im Bau befindlichen Forschungsanlagen ausfüllen könnte. Im selben Jahr wurden die grundsätzlichen Parameter festgelegt, und es wurde mit den experimentellen Vorbereitungen sowie mit der Planung und den Anfängen der Bauausführung begonnen.

Die Unterstützung besonders des Bundes und Hamburgs, wie Herr Walcher in seiner Ansprache erwähnte, ließ die Sicherheit, daß die Anlage auch finanziell durchgeführt werden könnte, bis zum Tage der Stiftungsgründung DESY zunehmen. Am 18. Dezember 1959 wurde hiermit einem bis dahin nicht gesicherten Unternehmen der feste Rahmen gegeben. Wir sind uns dennoch dessen bewußt, daß manche ungelöste Probleme bis zur Fertigstellung der Maschine geklärt sein müssen. Harte und intensive Arbeit wartet auf uns. Mit Hilfe von ihr soll zunächst das Synchrotron in der angenommenen Zeitspanne fertiggestellt werden. Auch muß im Verlaufe dieser Bauzeit jetzt schon mit der Planung und Vorbereitung der Experimente begonnen werden.

W. Jentschke

VERANSTALTUNGSKALENDER

FÜR FREITAG, DEN 18. DEZEMBER 1959

- 9.30 Uhr Hauptgebäude der Universität Hamburg,  
Hamburg 13, Edmund-Siemers-Allee 1  
- Abfahrt mit Sonderbus zu DESY nach Bahrenfeld -
- 10.00 Uhr DESY, Hamburg-Bahrenfeld, Luruper Chaussee 149,  
Van-de-Graaff-Gebäude  
- Begrüßung der Gäste durch Herrn Prof. Dr. Jentschke -  
  
anschließend:  
- Besichtigung von Modellen der gesamten Bauplanung,  
sowie des Ringtunnels und des DESY-Geländes -
- 11.10 Uhr DESY-Sitzungssaal  
- Kleiner Imbiß -
- 11.30 Uhr - Abfahrt mit Sonderbus von DESY zum Rathaus -
- 12.15 Uhr "Phoenix-Saal" des Rathauses  
- Sherry-Empfang des Senats im "Bürgermeister-Saal" -
- 12.30 Uhr "Kaiser-Saal" des Rathauses  
- "Frühstück" auf Einladung des Senates der Freien und  
Hansestadt Hamburg - (dazu gesonderte Einladung)
- 15.00 Uhr Innenhof des Rathauses  
- Abfahrt mit dem Sonderbus zum Institut für Angewandte  
Physik, Hamburg 36, Jungiusstraße 11 -
- 15.15 Uhr Hörsaal des Institutes für Angewandte Physik, Hamburg 36,  
Jungiusstraße 11  
- Gemeinsame Sitzung des Wissenschaftlichen Rates der  
Stiftung "Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)"  
und des Arbeitskreises Kernphysik der Deutschen Atom-  
kommission -

TISCHREDE

während des Festessens im Hamburger Rathaus

von

W. Walcher

Wenn ich das Wort ergreife, so muß ich mich zunächst legitimieren. Diese Legitimation geschieht einmal aus der Geschichte dieses Projektes heraus, dessen Stiftungsakt wir soeben erlebt haben. Ich werde darüber gleich noch mehr zu sagen haben. Denn aus der Tatsache heraus, daß dieses Projekt nicht ein Hamburger-Projekt sein soll, sondern ein deutsches Projekt, an dem alle deutschen Hochschulen und Forschungsinstitute teilnehmen können, was natürlich nicht heißen soll, daß wir uns nicht auch freuen würden, wenn der Kontakt zu allen Wissenschaftlern der Welt ein sehr lebendiger wird. Gerade dieser Grund ist es, der einen Nicht-Hamburger auf die Rednertribüne stellt, und nicht zuletzt ist es das große Interesse des Verbandes Deutscher Physikalischer Gesellschaften, das den Vorsitzenden vorschickt, um einige Worte über die Bedeutung dieses Tages und dieses Stiftungsaktes für die deutsche Physik zu sagen.

Ich darf vielleicht in einem kurzen Rückblick den Weg beschreiben, den unser Projekt genommen hat. Im Juni des Jahres 1956 fand in Genf eine erste internationale Konferenz über Hochenergie-Maschinen statt, an der einige deutsche Vertreter teilnahmen, mehr als Beobachter, denn zu dieser Zeit war in Deutschland - abgesehen von dem aus dieser Sicht kleinen Bonner Synchrotron - weder eine Maschine noch ein Plan zu einer solchen Maschine vorhanden. Diese Konferenz zeigte, daß nicht nur die großen Nationen USA, UDSSR und England an mehreren Projekten arbeiteten und schon seit langer Zeit Maschinen im Betrieb hatten, sondern auch daß kleinere, weniger reiche Nationen wie Frankreich, Italien, Schweden, Australien mit dem Bau solcher Maschinen beschäftigt und sogar schon weit fortgeschritten waren. Diese Erkenntnis

führte an einem Abend zu einer ernststen Diskussion über die deutsche Situation, die etwa diesen Hintergrund hatte: Wenn wir unsere besten jungen Leute, die mit großer Begeisterung an die Forschung gehen, im Lande behalten wollen, nicht ans Ausland verlieren wollen, oder sie, wenn sie draußen sind, wieder zurückgewinnen wollen, müssen wir Ihnen auch dieses neue Forschungsgebiet, das an der vordersten Front der Physik liegt, eröffnen. Damit tauchte die Frage nach der Art der Maschine und die weitere Frage, ob nicht die Genfer Einrichtung von CERN diesem Bedarf genügen könnte, auf. Eine überschlägige Abschätzung der Besetzung der Genfer Maschine ergab schnell die Notwendigkeit weiterer Forschungseinrichtungen dieser Art, und daß diese überschlägige Rechnung nicht nur wir gemacht hatten, wurde ja durch die Tatsache bewiesen, daß andere an CERN beteiligte Nationen ebenfalls eigene Maschinen bauten. Die Auswahl des Maschinentyps war auch nicht schwer: Während Protonen-Synchrotrons in großer Zahl gebaut waren, wurden oder geplant wurden, bestand nur ein Plan zum Bau eines ESY in Cambridge/Mass., und so entschloß man sich zum Bau eines ESY, das zur Betonung des gesamtdeutschen und nicht allein Hamburger Charakters den schönen Mädchennamen DESY erhielt, obwohl auch HASY ähnliche Assoziationen hervorzurufen im Stande gewesen wäre (wobei allerdings meine Meinung ist, daß DESY vornehmer klingt).

Damit war ein Wunsch geboren, und so kamen wir mit unserem Mädchen DESY (was ja bekanntlich die Abkürzung von Désirée ist) zurück. Einen Freier hatten wir schnell gefunden: die Stadt Hamburg war bereit, die Mittel, die sie Herrn Jentschke für den Bau einer kleineren Maschine zugesagt hatte, in das größere Projekt einzubringen, und auch der Bund sagte uns seine Beteiligung zu. Dafür möchte ich an dieser Stelle Ihnen, Herr Minister Balke, Ihnen, Herr Senator Landahl und Herr Senator Weichmann, meinen herzlichen Dank sagen. Ohne diese aufgeschlossene Bereitwilligkeit, in jeder Situation unser Projekt zu fördern, hätten wir nicht den dornenvollen Weg der letzten drei Jahre bis zum glücklichen Ende gehen können. Dieser Weg war in der Tat nicht immer leicht. Wir

wollten ja ein gemeinsames Projekt für alle deutschen Hochschulinstitute - die interessiert waren - schaffen und wollten daher die Länder an dem Projekt beteiligen. Aber wir fanden nur recht wenig Gegenliebe. Wir kannten ja die Schwierigkeiten der Hochschulverwaltungen zur Genüge selbst. Wir waren ja nicht nur Verbraucher auf der DESY-Seite, sondern erst recht Verbraucher zu Hause in unserem Institut. So bedurfte es einer Verhandlungszeit von fast drei Jahren, bis nun die Form gefunden wurde, die heute Rechtskraft erlangt hat. Wenn nun Bund und Land Hamburg die Anlage zusammen bauen, so haben wir ihnen für diese Großzügigkeit in erster Linie zu danken. Wir danken aber auch den übrigen Ländern, daß sie sich bereit gefunden haben, gemeinsam mit Bund und Hamburg die Anlage zu betreiben. Besonders dankbar möchte ich in diesem Zusammenhang erwähnen, daß als einziges Land Hessen von Anfang an bereit war, unser Projekt zu unterstützen, und schon im Haushaltsjahr 1958 einen Betrag von DM 300.000,- in den Haushalt eingesetzt hatte, der allerdings wegen des Nichtzustandekommens einer Ländereinigung nicht realisiert werden konnte.

Wenn wir jetzt festen Boden unter den Füßen haben, so können wir uns nach der Bedeutung dieser Forschungsanlage für die deutsche Physik fragen. Das Fundament der deutschen Hochschulen war seit Humboldt die Einheit von Forschung und Lehre. Der Lehrer, der den jungen Menschen durch die verschiedenen Stufen zum eigenen Forschen bringt, sollte sich selbst ständig mit offenen Problemen auseinandersetzen. Dieses Prinzip hat zu hervorragenden Leistungen der deutschen Hochschulen geführt, und die Zahl der Nobelpreise - wenn ich nur von dem uns interessierenden Gebiet der Physik spreche - führt eine beredte Sprache. Aber sehen wir uns einmal die nackten Zahlen an: 1900 wurde der erste Nobelpreis verteilt. Von 1900 bis 1910 hatte Deutschland drei Nobelpreise, von 1910 bis 1920 vier, von 1920 bis 1930 drei, von 1930 bis 1940 drei, von 1940 bis 1950 zwei, von 1950 bis 1960 zwei Physiknobelpreise. Ich sage Ihnen damit nichts Neues. Wir wissen von den Verlusten der deutschen Wissenschaft im ersten Weltkrieg, von dem fast tödlichen Stoß in der Zeit von 1933 bis 1945 mit den großen Kriegs-



verlustrn dazu, vor den Beschränkungen von 1945 bis 1953. All dies hat dazu geführt, daß wir einer großen Zahl von forschnerischen Talenten, und teilweise der besten, beraubt wurden. Die Abwanderung junger Forscher, die nach diesem Krieg in erschreckendem Maße eingesetzt hat, hat noch nicht aufgehört. Die jungen Leute, die vor allem nach Amerika kommen, finden dort ganz andere Arbeitsmöglichkeiten als in der Heimat, sie werden von einem dahinreißenden Strom stürmischer Forschungsarbeit mitgenommen und hören die Urteile über die deutsche Situation: Ja, früher mußten wir die deutsche Sprache kennen, da brachten die deutschen Zeitschriften immer neue Anregungen. Aber heute ist es nicht mehr nötig, die deutsche Literatur zu verfolgen, denn die Zahl der qualifizierten Beiträge ist klein, und die Menge hat nicht die Qualifikation unserer Zeitschriften. Ich weiß, daß man dies nicht gerne hört, weder da noch dort, aber selbst wenn es übertrieben ist, so sollte uns diese Tatsache alarmieren. Unsere Forschung muß wieder an die Front vorstoßen, dazu braucht sie Geld, Geld und nochmal Geld. Wenn ein Marschall diesen Ausspruch tut, dann müssen Generationen von Schulkindern ihn ehrfürchtig nachbeten, aber wenn ihn ein Physiker tut - und hier spreche ich als der Vorsitzende des Verbandes Deutscher Physikalischer Gesellschaften - so wird er belächelt und verhallt ungehört. Dazu brauchen wir moderne Forschungsanlagen, und wir brauchen Forscher, junge Forscher in genügender Zahl. Die Forschung ist so kompliziert geworden, daß es des Zusammenwirkens vieler Köpfe und vieler Hände bedarf, um große Erfolge zu erzielen. Wir haben genügend begeisterungsfähige junge Menschen, wir müssen sie hinaus schicken, damit sie lernen und sehen, wie anderswo mit Erfolg gearbeitet wird, in den Westen und in den Osten, denn auch dort werden große Erfolge erzielt, und wir müssen ihnen die Rückkehr attraktiv machen, damit sie mithelfen, unsere Forschung wieder auf die alte Höhe zu bringen. DESY soll ein solches Zentrum werden, das unseren Nachwuchs anlockt. Und es soll uns helfen, die Einheit von Forschung und Lehre in einem neuen Sinne zu verwirklichen. Die modernen Forschungsanlagen sind teilweise so kompliziert, daß nicht an jeder Universität und Hochschule entsprechende Einrichtungen geschaffen werden können. Wenn die Apparate

nicht mehr zu den Forschern kommen können, so müssen die Forscher zu den Apparaten kommen. Hier bei DESY sollen Hochschullehrer aller Altersklassen - vom Assistenten bis zum Ordinarius - und alle Hochschulen die Möglichkeit bekommen, auf kürzere oder längere Zeit, allerdings fern von ihrem eigenen Laboratorium, an Problemen der Hochenergiephysik zu arbeiten. Dem muß natürlich beim Aufbau des Lehrkörpers Rechnung getragen werden, und es darf nicht sein, daß entweder die Arbeit draußen zum Erliegen kommt, oder die Arbeit hier unmöglich ist. Wir brauchen schon aus Gründen der Hochschulreform mehr Lehrstühle und qualifizierte Stellen für jüngere Kollegen, und wenn diese geschaffen sind, wird eine zeitweise Beurlaubung an ein solches zentrales Forschungslaboratorium kein Problem mehr sein.

Und noch eines. Diejenigen, die in den vergangenen Jahren im vorbereitenden Ausschuß von DESY gearbeitet haben, sind oft verzweifelt gewesen über die Hindernisse, die wohlgemeinte Verwaltungsbestimmungen manchmal dem schnellen Fortschritt in den Weg gelegt haben. Wenn ich eine Behörde einrichte - und das geschieht in unserer verwalteten Welt sehr oft - so kann ich mir für die Schreibtische drei Angebote einholen und das günstigste aussuchen, wenn ich aber heirate, so ist dieses Verfahren unangebracht. Sie wissen, warum. Die Kategorien, nach denen der Forscher seine Apparate auszuwählen hat, nähern sich viel mehr denen für die Wahl einer Frau als für die Wahl eines Schreibtisches. Dabei sind wir dankbar, wenn ein tüchtiger Rechnungshof überprüft, ob alles in Ordnung ist, und feststellt, wenn etwas nicht in Ordnung ist, aber auch nachträglich soll er nicht drei Angebote über drei Grazien anfordern. Denn auch er ist kein Paris. Sonst wird ein trojanischer Krieg entfacht, und Sie wissen, was man mit einem trojanischen Pferd alles machen kann. Die sich hier verbergende Sorge ist eine ganz allgemeine. Die Forschung bedarf einer behutsamen und einfachen Verwaltung, wenn nicht die besten Kräfte zwischen den Verwaltungsaufgaben zermahlen werden sollen. Diese Vereinfachung zu schaffen ist ein Anliegen aller Hochschulen und Forschungsinstitute.

Und nun, meine Herren, wenn unsere kleine DESY wachsen und gedeihen soll, so wird aus der Désirée schnell eine Désirante werden, und bedenken Sie: Kleine Mädchen haben viele Wünsche.

Also trinken wir auf DESY.



- 17.45 Uhr 6) Diskussion über die Zusammenarbeit bei  
der Vorbereitung der Experimente
- 18.15 Uhr - P a u s e -
- 18.20 Uhr 7) Ergänzung des Wissenschaftlichen Rates  
durch Zuwahl gemäß § 13 Abs. 2 der Satzung

# BERICHT ÜBER DEN BESCHLEUNIGER

## ÜBERSICHT UND BAULICHE GESTALTUNG

von

O. Beer

Ich will zunächst etwas über die Anlage des Elektronen-Synchrotrons sagen. Es soll eine Endenergie von 6 GeV erreicht werden. Wenn man die nötigen Sicherheiten einplant und eine Erweiterungsmöglichkeit auf 7,5 GeV vorsieht, so ist ein Durchmesser der Anlage von  $r = 100,8$  m erforderlich.

Das Synchrotron wird nach dem Prinzip der starken Fokussierung aufgebaut, d.h. ein fokussierendes Magnetfeld wechselt mit einem defokussierenden ab. Hiermit wird eine geringere Polschuhhöhe und damit eine kleinere Vakuumkammer als bei anderen Anordnungen möglich. Die Magnete lenken die Elektronen auf eine Kreisbahn, so daß alle Beschleunigungsstrecken mehrfach ausgenutzt werden können.

Die Elektronen werden, nachdem sie in einem Linearbeschleuniger auf eine Energie von 40 MeV gebracht sind, in das Synchrotron eingelenkt. Sie haben annähernd Lichtgeschwindigkeit, und die Frequenz muß bei einer weiteren Beschleunigung nicht mehr variiert werden. Nach der Einlenkung werden sie durch die Magnete auf den Sollkreis fokussiert, und sie durchlaufen 16 Beschleunigungsstrecken pro Umlauf. Da ihre Energie je Umlauf vergrößert wird, muß das Magnetfeld, damit sie auf der Sollbahn bleiben, ansteigen. Es können also immer nur Pakete von Elektronen beschleunigt werden. Das Magnetfeld wird mit 50 Hz betrieben, und wenn es möglich ist, pro Puls  $10^{10} - 10^{11}$  Elektronen zu beschleunigen, so wird der mittlere Strom ca.  $1 \mu\text{A}$  sein. Auch die Hochfrequenzamplitude in den Beschleunigungsstrecken muß mit der Energiezunahme der Teilchen steigen,

denn ihre Energieverluste sollen ausgeglichen werden. Die Phase der Hochfrequenz ist wegen der Rückwirkung der Elektronen auf das System zu korrigieren.

Nach ca. 10 000 Umläufen sollen die Elektronen ihre Endenergie erreicht haben. Sie haben dann ca. 3 000 km durchlaufen. Nach Abschaltung der Hochfrequenz wird ihr Umlaufradius kleiner, und sie treffen auf ein in der Vakuumkammer befindliches Target, oder sie werden durch geeignete Maßnahmen zum Teil ausgelenkt und sie selbst oder die durch sie erzeugte sekundäre Strahlung den Experimenten zugeführt.

Auch die Energieversorgung und die Steuerung und Regelung sind bei der Anlage außergewöhnliche Probleme.

Hier lassen Sie mich noch ein paar Worte über die Bauanlage sagen: Es wurden zwei Experimentierhallen geplant, damit zur vollen Ausnutzung der Maschine, während in einer Halle experimentiert wird, in der anderen Halle Experimente aufgebaut werden können. Die Abschirmungen sind entsprechend einzurichten.

Von den Kanälen sind 8 begehbar. Sie dienen der Führung von Versorgungskabeln und der Vermessung, die anderen sind Luftzuführungsrohre für die Klimatisierung (Bild 1).

Zentrale Versorgungsanlagen werden im Mittelgebäude installiert, andere sind in der außen liegenden Kraftstation geplant.

Das nächste Bild (2) zeigt einen Schnitt in der Perspektive durch eine Experimentierhalle und den Ring. Die Abschirmungen werden möglichst beweglich gebaut, auch die Decke des Targetraumes ist demonstrierbar. Das eigentliche Ringgeschoß hat einen Unterbau für die Versorgung. Die Bauteile des Beschleunigers werden auf einem temperatur-

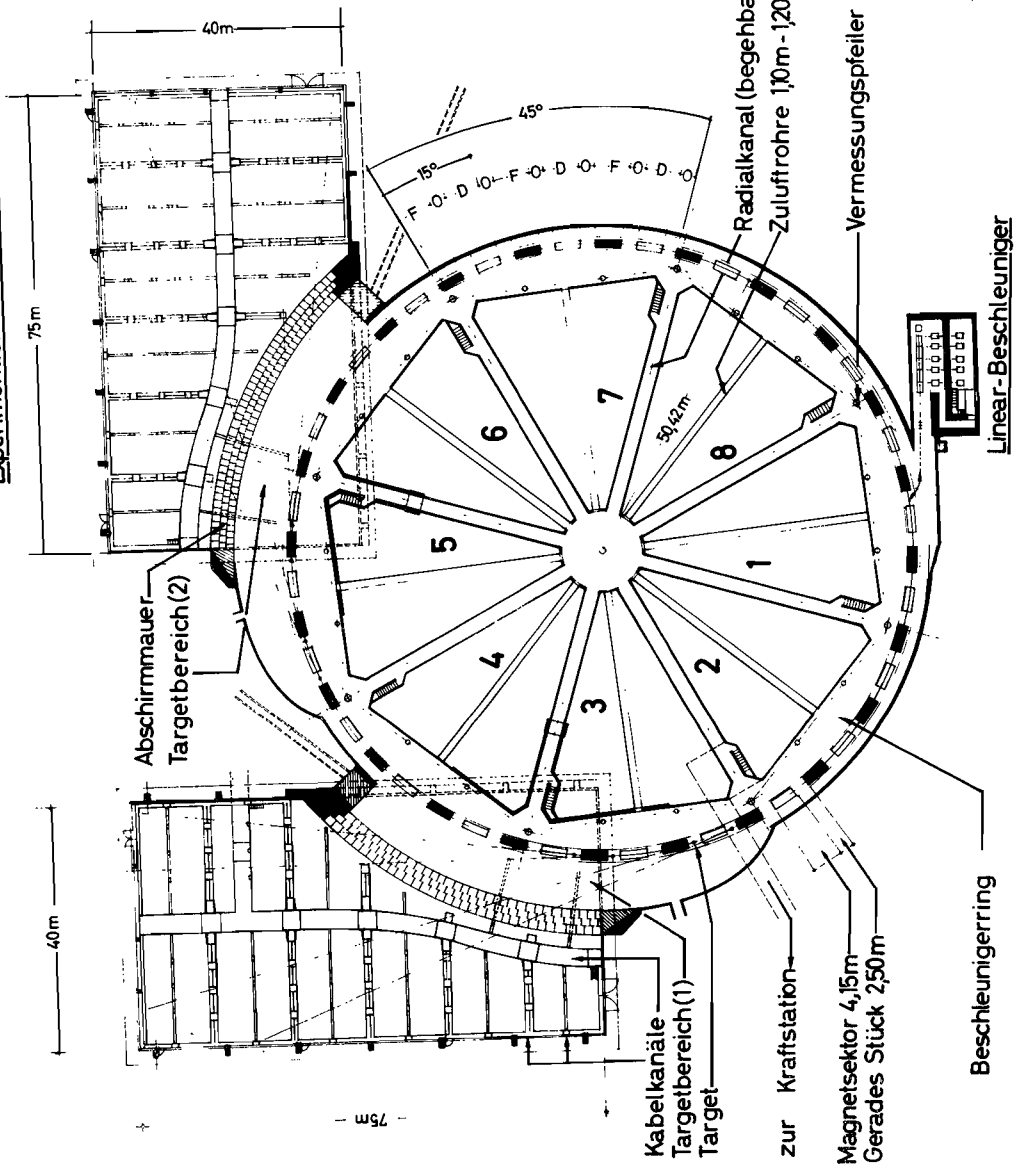
stabilisierten Träger installiert, der auf einer besonderen Fundierung ruht. Diese ist ein besonderes Problem, da Aufstellungstoleranzen von 0,1 mm eingehalten werden und die Bauteile ihre Lage beibehalten müssen. Trotz der gewählten günstigsten Lage auf dem vorhandenen Baugrund sind bei Abbau einer Abschirmwand Hebungen in der Größenordnung von 1 mm zu erwarten. Sie sollen durch besondere Hydrauliken ausgeglichen werden.

(Bild 3 - Gelände)

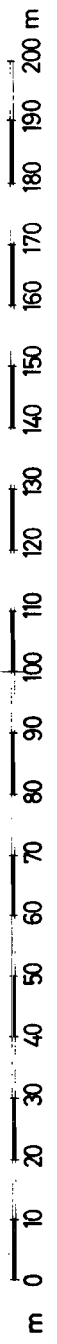
Jetzt sollen diejenigen zu Wort kommen, die sich mit der Theorie der Maschine, dem Linearbeschleuniger, dem Magneten, der Hochfrequenz, der Energieversorgung und der Steuerung und Regelung befassen.

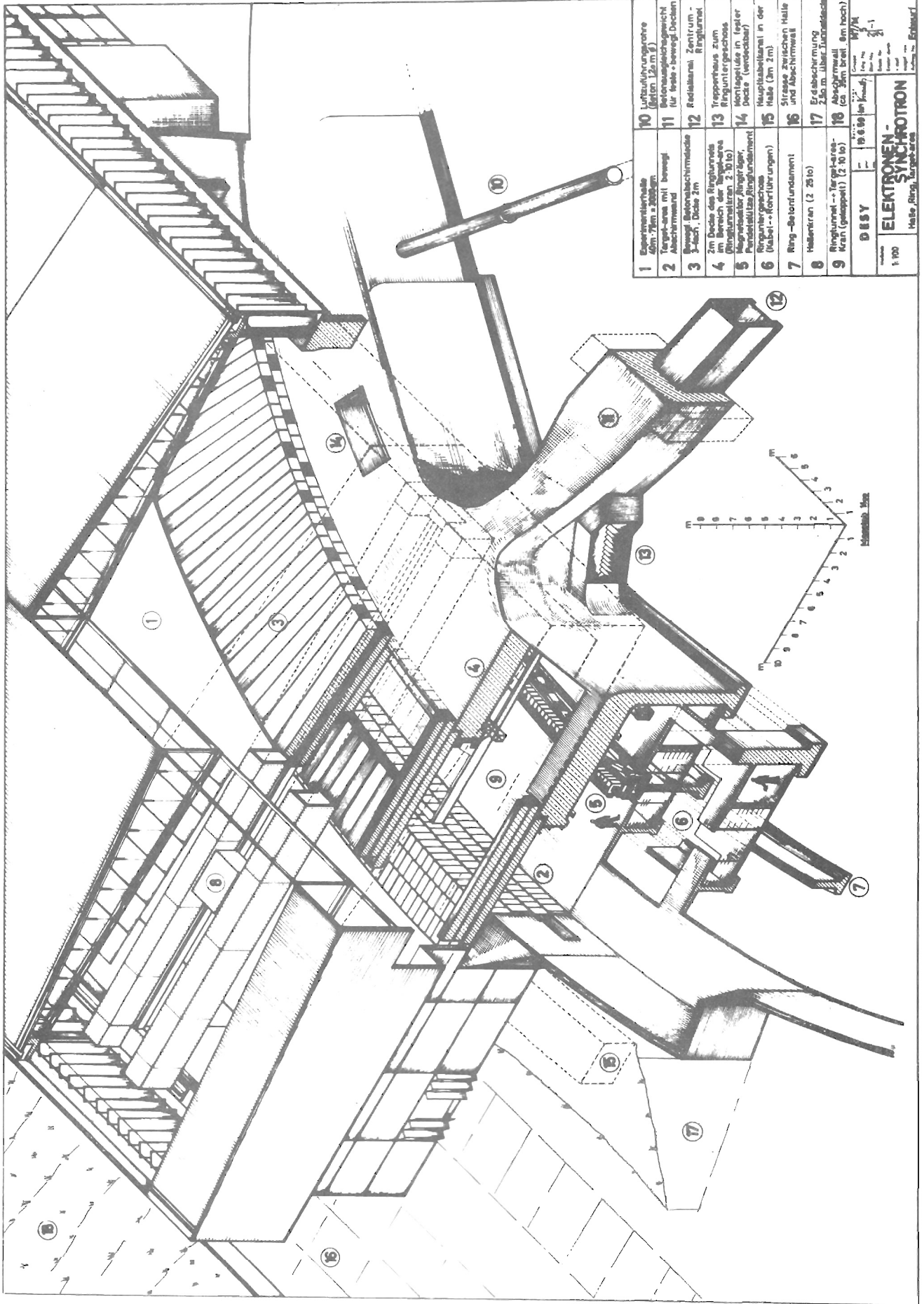


**Experimentierhalle 2 (3000 qm)**



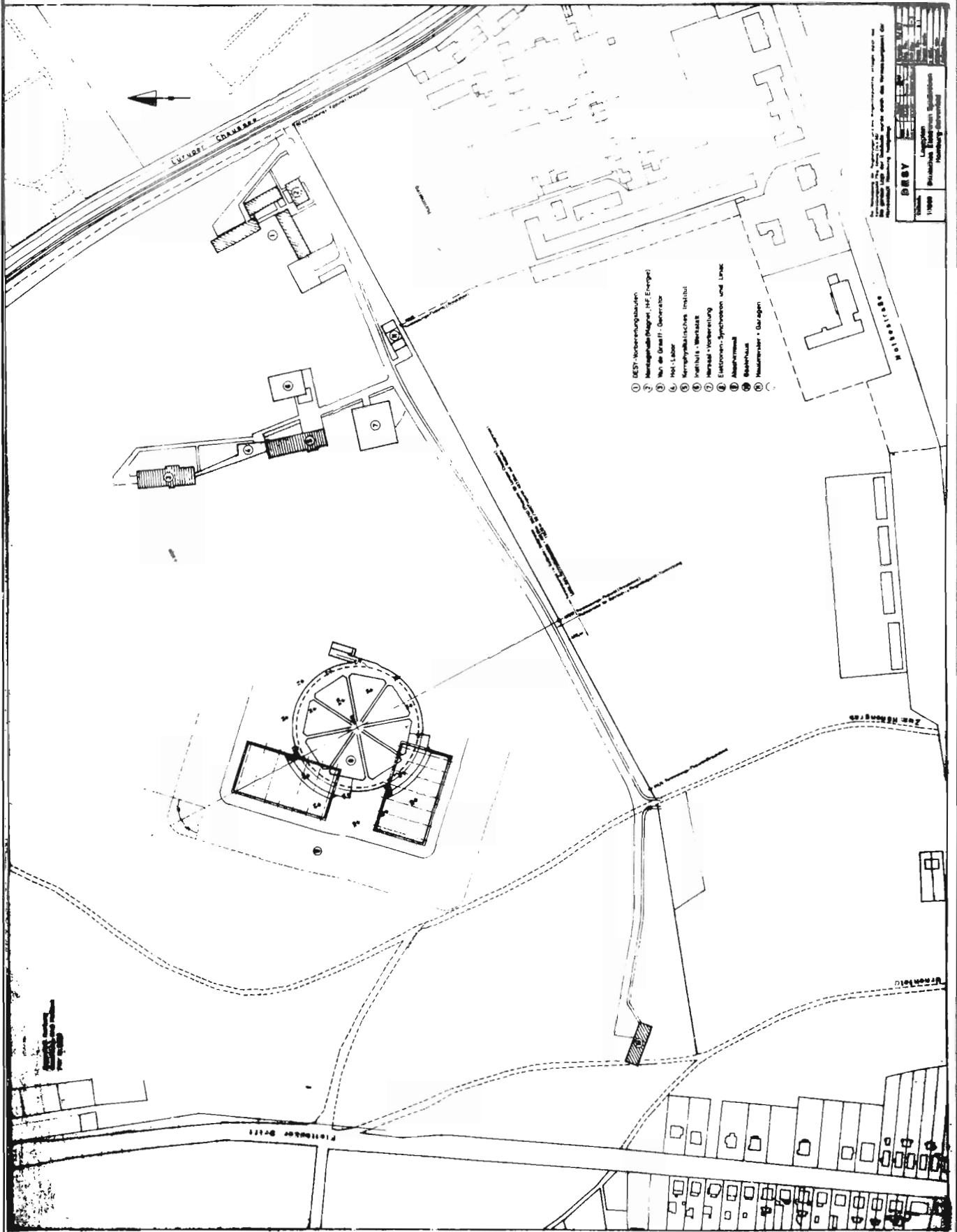
**Experimentierhalle 1 (3000 qm)**





1	Experimentierhalle 40m x 70m x 2000mm	10	Luftzuführungsrohre (beton 120 m g)
2	Zentral-arena mit bewegl. Abschirmwand	11	Betonschichtgewicht für feste + bewegl. Decken
3	Bewegl. Betonschichtwände 3-fach, Dicke 2m	12	Reaktions-Zentrum- Ringkran
4	2m Dicke des Ringturms im Bereich der Ring-arena (Ringturmskran 2, 10 to)	13	Treppenhause zum Ringturmskran
5	Magnetspalt-Ringträger, Parabellithal-Ringfundament	14	Wandstütze in Leiter- Decke (verstellbar)
6	Ringturmgewölbe (über + unter Türingen)	15	Mauschaltkasten in der Halle (2m x 2m)
7	Ring-Betondurchlässe	16	Stütze zwischen Halle und Abschirmwand
8	Hallenkran (2 25 to)	17	Erdschirmung 2,50m über Turmschicht
9	Ringkran - Target-arena- Kran (gekoppelt) (2 10 to)	18	Abschirmwand (ca. 30m breit, 6m hoch)

DBSY  
1969 (in Projekt)  
M/M  
1:100  
Elektronen-Synchrotron  
Halle, Ring, Turmschicht



- ① DESY - Hochenergiephysik
- ② Messgerätekammer (H.C. Energie)
- ③ Hochdruck-Generator
- ④ Hoch-Labor
- ⑤ Kernphysikalisches Institut
- ⑥ Metallurgische Werkstatt
- ⑦ Metallurgische Vorbereitung
- ⑧ Elektronen-Synchrotron und Linac
- ⑨ Abwehrhaus
- ⑩ Reaktorhaus
- ⑪ Hausmeister - Garage

DESY	
Standort:	Zeuthen
Jahr:	1960
Verfasser:	Dr. G. H. Heide
Gezeichnet:	H. Heide
Geprüft:	H. Heide
Gezeichnet:	H. Heide
Geprüft:	H. Heide

# CHARAKTERISTISCHE PROBLEME DES ELEKTRONEN - SYNCHROTRONS

VON  
H.-O. Wüster

Das Elektronen-Synchrotron unterscheidet sich durch zwei grundsätzliche Tatsachen vom Protonen-Synchrotron. Einerseits erleichtert die Tatsache, daß die Elektronen bereits als extrem relativistische Teilchen in das Synchrotron eingeschossen werden, den Betrieb, da eine Frequenzmodulation beim Hochfrequenzsystem nicht notwendig ist; andererseits aber treten neue, dem Protonen-Synchrotron fremde Probleme durch die Tatsache auf, daß die Elektronen auf ihrer gekrümmten Bahn Energie durch elektromagnetische Strahlung verlieren. Für Energien in der Größenordnung von einigen GeV ist der Strahlungsverlust pro Umlauf wesentlich größer als der dem Anwachsen des Magnetfeldes entsprechende Energiezuwachs. In Fig. 1 ist der gesamte von dem Beschleunigungssystem auf das Elektron zu übertragende Energiebedarf pro Umlauf als Funktion der Energie aufgetragen. Da der Strahlungsverlust proportional zur 4. Potenz der Teilchenenergie ist, überwiegt er in unserer Maschine für Energien oberhalb 3 GeV den Energiebedarf für die Beschleunigung der Teilchen. Bei 6 GeV verliert das Teilchen pro Umlauf etwa 3,6 MeV in Form von Strahlung.

Die Rückwirkung des Strahlungsverlustes auf die Bewegung des Teilchens ist nicht zu vernachlässigen. Die Strahlung macht sich hierbei in zweierlei Hinsicht bemerkbar. Zunächst wirkt sich der als kontinuierlich angenommene klassisch errechnete Energieverlust in einer Dämpfung der verschiedenen, von den Teilchen durchgeführten Schwingungen aus, wobei im Synchrotron mit starker Fokussierung die Dämpfung der radialen Betatronschwingungen negativ ist, also zu einem exponentiellen Anwachsen der Amplitude dieser

Schwingungen führt. Außerdem sind aber auch noch die Fluktuationen im Energieverlust, wie sie aus der Quantennatur der ausgesandten Strahlung entstehen, bei der Rückwirkung der Strahlung auf die Bewegung der Teilchen zu berücksichtigen. Dieser Effekt führt immer zur Anregung von Schwingungen, wobei im Falle einer gedämpften Schwingung ein Einlaufen in einen Sättigungswert stattfindet, während die Amplituden im Falle einer entdämpften Schwingung ebenfalls stark anwachsen. In Fig. 2 ist der Verlauf der maximalen radialen und vertikalen Amplituden für den Fall der Beschleunigung bis 6 GeV aufgetragen. Wie man sieht, ist für 6 GeV mit einer Radialamplitude von etwa 10 mm zu rechnen, während die maximale vertikale Ausdehnung des Strahls etwa 2,5 mm beträgt. Für Experimente mit einer Energie von 5,94 bis 6 GeV kommt der Amplitudenbereich rechts von der gezeichneten vertikalen Linie infrage. Für manche Experimente wäre es wünschenswert, an Stelle des breiten, flachen Strahles einen etwa kreisförmigen Strahl möglichst kleinen Durchmessers zu haben. Eine Annäherung an diese Verhältnisse wird in Fig. 3 gezeigt. Hier ist durch Einbau von um  $45^\circ$  gegen die Mittelebene des Beschleunigers gedrehten Quadrupollinsen eine Verminderung der Entdämpfung der radialen Betatronschwingungen auf 20 % ihres normalen Wertes angenommen worden. Wie man sieht, reduzieren sich die maximalen radialen Amplituden auf etwa 8 mm, während die maximalen vertikalen Amplituden etwa in die gleiche Größenordnung kommen. In der Mitte eines geraden Stückes ist der Querschnitt des Strahles 10 x 8 mm. Um diesen Effekt zu erreichen, sind im ungünstigsten Fall drei Quadrupollinsen in freien geraden Stückes mit einer Gesamtlänge von etwa 5 m notwendig. Eine weitere mögliche Maßnahme ist die Überführung eines Teils der Dämpfung der Synchrotronschwingungen in die radiale Betatronschwingung. Möglichkeiten hierzu werden zur Zeit untersucht.

Als letzte Folge der Strahlung der Elektronen sei noch die Möglichkeit eines Intensitätsverlustes bei hohen Energien erwähnt. Durch

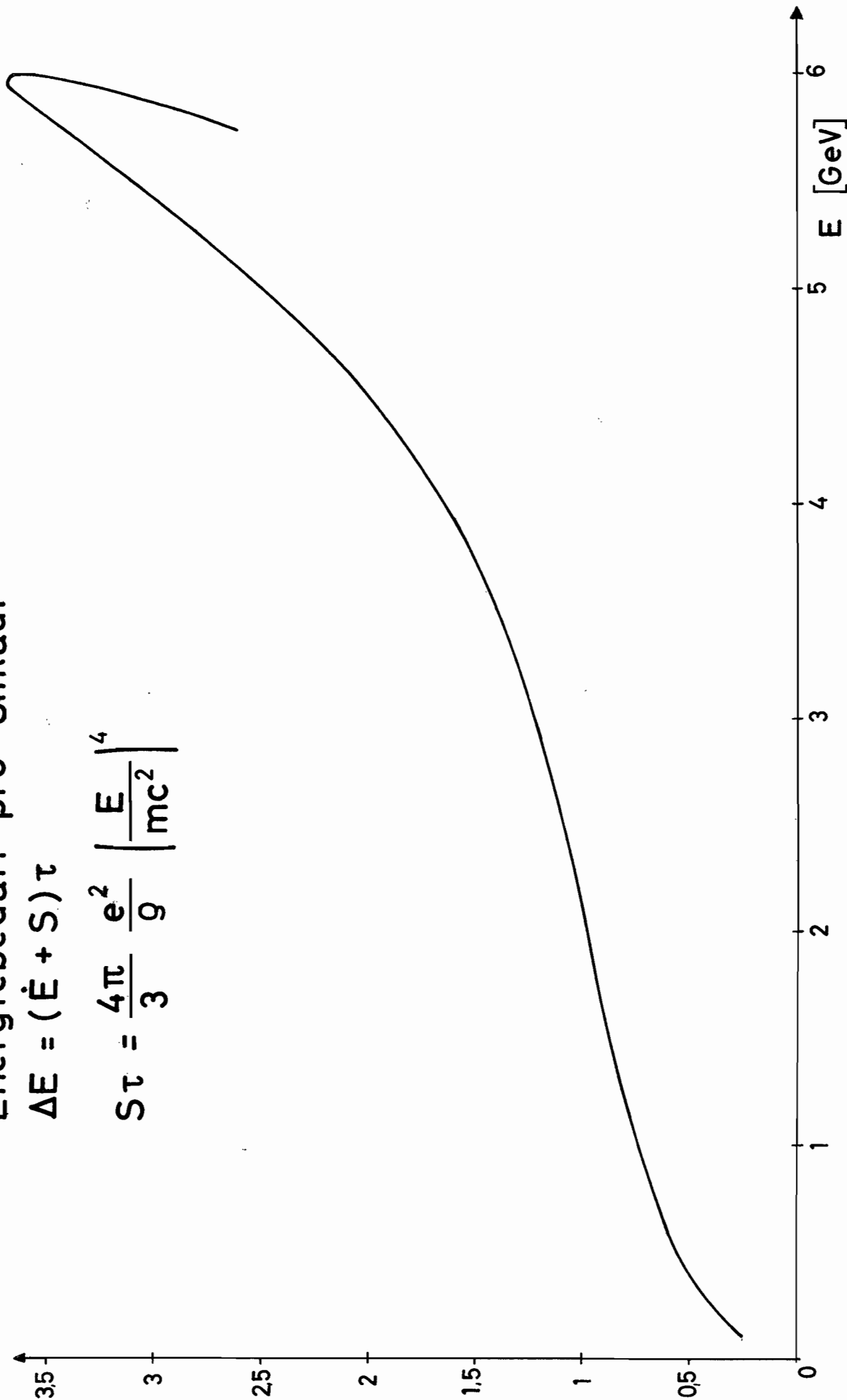
die statistische Anregung der Synchrotronschwingungen durch die Quanteneffekte der Strahlung ergibt sich die Möglichkeit eines Teilchenverlustes durch Diffusion der Teilchen über die Grenze des stabilen Bereiches der Synchrotronschwingungen. Rechnungen zu dieser Frage haben ergeben, daß bei der vorgesehenen Hochfrequenzleistung bei hohen Energien dieser Intensitätsverlust sich in der Größenordnung von 1 bis 5 % halten wird, so daß ein wesentlicher Intensitätsverlust durch diese Effekte nicht zu erwarten sein dürfte.

$\Delta E$  [MeV]

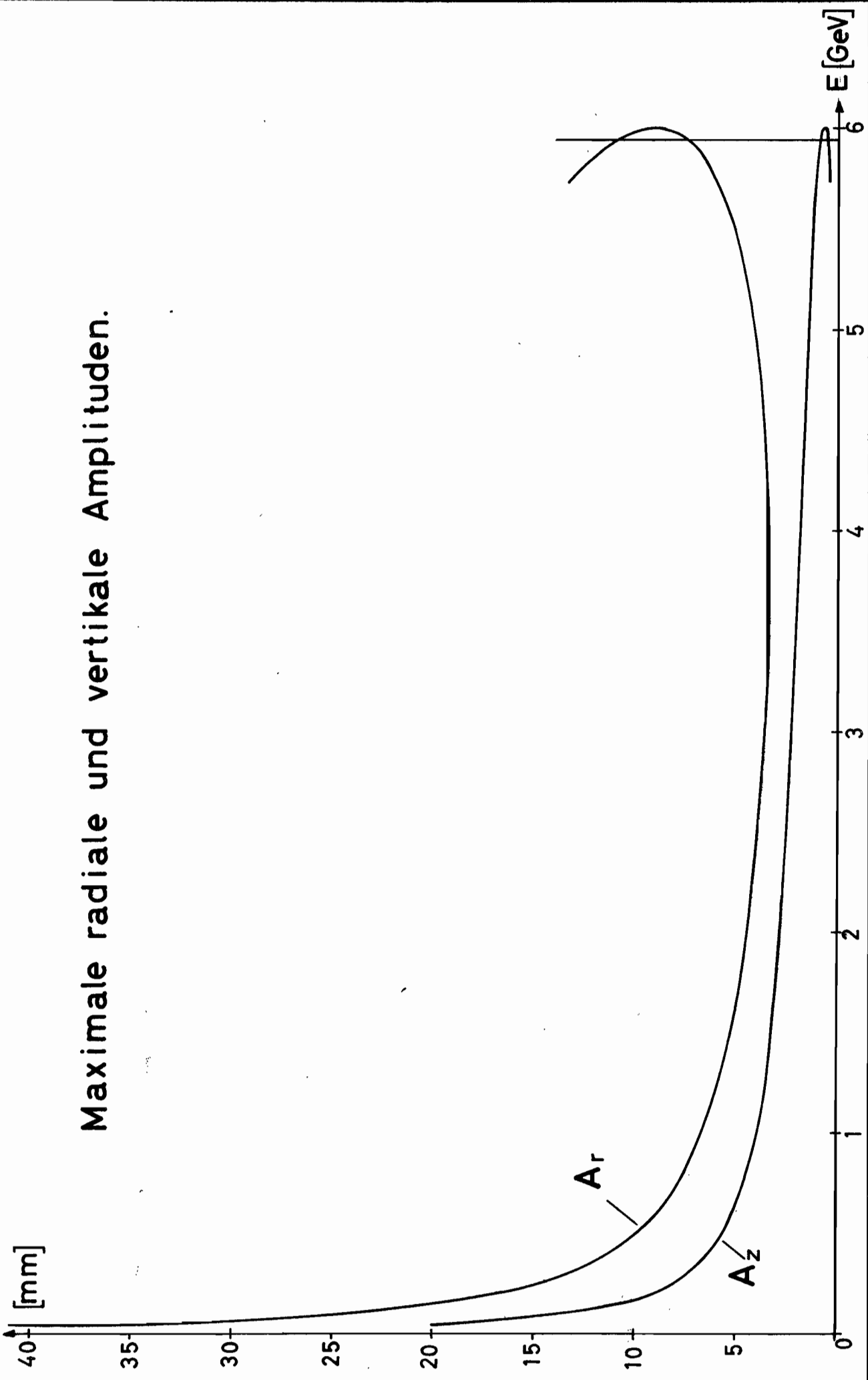
Energiebedarf pro Umlauf

$$\Delta E = (\dot{E} + S) \tau$$

$$S \tau = \frac{4\pi}{3} \frac{e^2}{9} \left| \frac{E}{mc^2} \right|^4$$

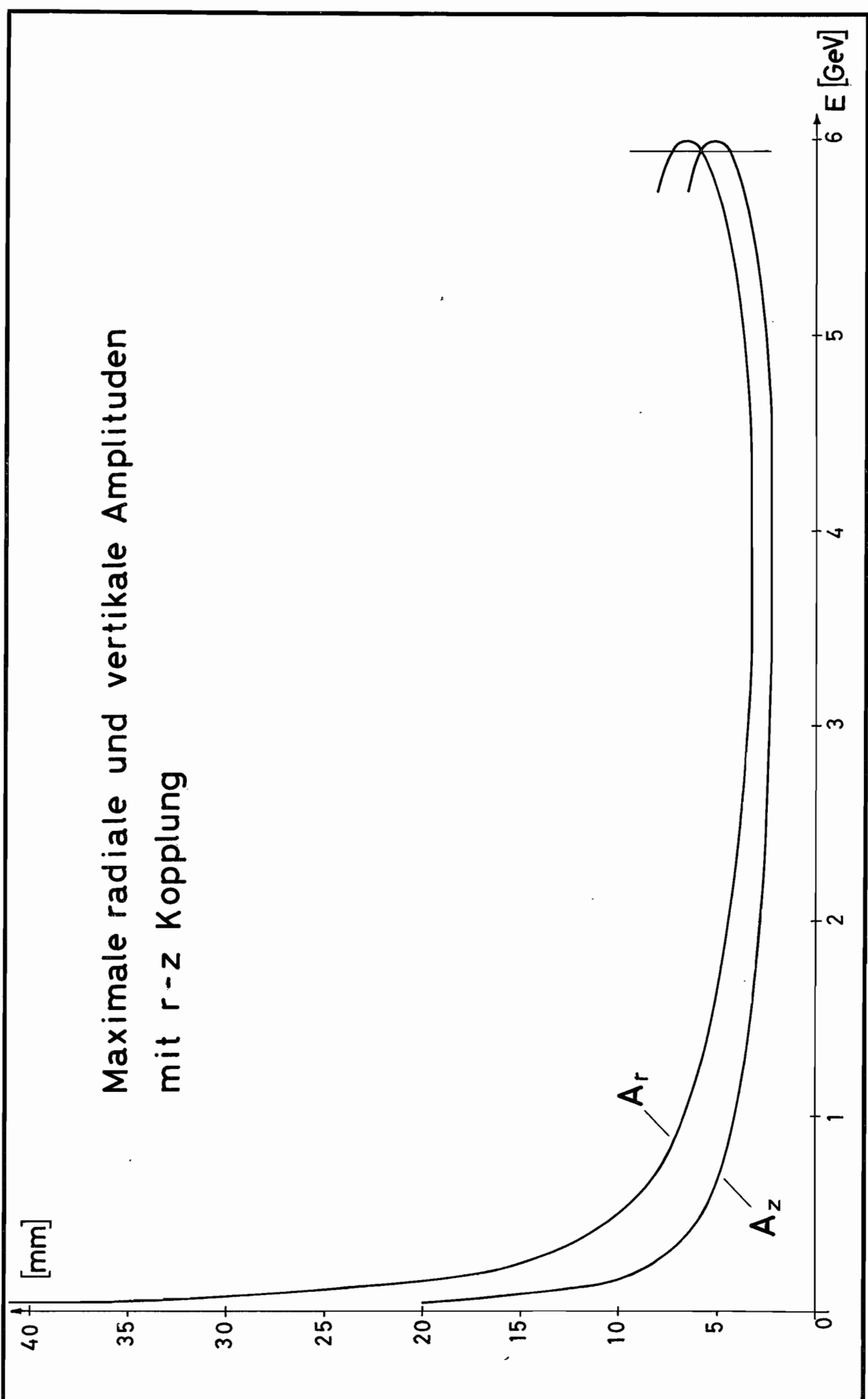


### Maximale radiale und vertikale Amplituden.





### Maximale radiale und vertikale Amplituden mit r-z Kopplung



## DAS EINSCHIESSEN DES ELEKTRONENSTRAHLS

von

U. Timm

Das Einschießen der Elektronen in den Ring ist eine Aufgabe, die mit besonderer Sorgfalt ausgeführt werden muß, denn das Funktionieren und die Betriebssicherheit des Synchrotrons hängt nicht zuletzt, sondern sogar zu allererst von der Injektion ab. Das Problem der Injektion ist sehr vielseitig, denn es umfaßt neben der Erstellung des Vorbeschleunigers und der Spezifizierung seiner Eigenschaften auch die Berechnung der Teilchenbahnen unter Berücksichtigung der optimalen Strahlanpassung an das Synchrotron, die Konstruktion der dazu nötigen Linsen und Ablenkmagnete, die Entwicklung von Strahlbeobachtungs- und Steuerungsmitteln, die zentrale Steuerung aller dieser Elemente, kurz das ganze Spektrum von Hilfsmitteln, die man für die Beobachtung eines 40 MeV-Strahles von Elektronen hoher Intensität braucht.

Die Abb. 1 zeigt das Gebäude, das den Injektor beherbergt. Es hat 2 Stockwerke, das Ringgeschoß und das Untergeschoß. Im Ringgeschoß steht der Linearbeschleuniger mit den Klystrons, in einem Nebenraum die Modulatoren, unten andere Hilfsgeräte wie Vakuumpumpen, Wasserkreislauf, elektrische Aggregate und das eigentliche Gehirn der Anlage: der Kontrollraum. Der eigentliche Beschleunigerteil nimmt nur einen kleinen Teil des Gebäudes ein. Längs des 30 m langen Tunnels zum Ring wird der Strahl auf genau berechnetem Wege in den Ring hineingeleitet.

Der Injektor selbst ist ein Linearbeschleuniger vom Wanderwellentyp. Man kommt sehr bald zu dem Schluß, daß dieser Typ der einzige Beschleuniger ist, der für diese Aufgabe infrage kommt. Ein LB. liefert hohe Pulsströme, hohe Energie, und hat ausgezeichnete Strahl-

geometrie. Nur ein Nachteil haftet ihm an, das ist die Energiestreuung, die bei der konventionellen Bauart zwischen 5 und 10 % beträgt.

Wegen der besonders präzisen Eigenschaften, die wir an den Elektronenstrahl stellen müssen, und auch, weil in Deutschland die LB-Technik bisher noch nicht entwickelt ist, haben wir uns entschlossen, diesen Teil des Synchrotrons in Auftrag zu geben. Seit Anfang dieses Jahres ist der Bau des Injektors bei einer englischen Firma im Gange, und wir erwarten seine Fertigstellung und Inbetriebnahme um Mitte 1961.

Welches sind nun die Eigenschaften des Elektronenstrahls? In der Spezifizierung dieser Forderungen und den Überlegungen, wie man diese technisch realisieren kann, steckt im wesentlichen unser Beitrag zum Bau des Injektors.

Als erster Punkt ist hier die Wahl der Einschußenergie zu erwähnen. Warum kann man z. B. nicht einfach mit einem 4 MeV Van-de-Graaff einschießen, der doch eine außerordentlich gute Energiedefinition hat? Der Grund ist darin zu suchen, daß man nicht beliebig kleine und gleichzeitig längs der Sollbahn homogene Magnetfelder im Synchrotron machen kann. Die Koerzitivkräfte der einzelnen Bleche machen sich da immer mehr störend bemerkbar. In unserem Falle liegt die erträgliche Grenze um  $40\tau$ . Unter Berücksichtigung einer Reihe von Parametern kommen wir zu einem Injektionsfeld von

$$B_i = 42 \tau,$$

woraus unter Berücksichtigung der Grundbeziehung zwischen Energie und Feld:

$$E = \underline{C} \cdot \underline{R} \cdot B$$

für die Inj. Energie folgt:

$$E_i = 40 \text{ MeV.}$$

Als zweiter Punkt sind die Strahldimensionen anzuführen, die sich aus den Dimensionen der Vakuumkammer bestimmen. Der Kammer-Querschnitt ist elliptisch, bei einem Durchmesser von etwa 14 cm und einer Höhe von etwa 6 cm. Berücksichtigt man noch den Platz für  $\beta$ -Schwingungen, Synchrotronschwingungen und Verbiegungen der Sollbahn durch Aufstellungsfehler, so folgt für die Strahlgeometrie des Linac Durchmesser und Divergenz zu

$$d = 1 \text{ cm}$$

$$\mathcal{D}\varphi = 1 \text{ mrad}$$

Als letzter und vielleicht wichtigster Punkt für die Spezifizierung des Elektronenstrahls ist die Energiestreuung zu nennen. Wir müssen verlangen, daß diese 1 % nicht überschreitet, also

$$100 \cdot \frac{\Delta E}{E} = \pm 0,5 \%$$

Ich kann nicht darauf eingehen, wie man eine so geringe Energiestreuung technisch verwirklichen kann, wohl aber kann ich andeuten, warum wir sie verlangen. Dies hängt letzten Endes wieder mit dem engen Platz in der Kammer zusammen, denn die Teilchen abweichender Energie haben auch andere Gleichgewichtsbahnen rechts und links von der Sollbahn, deren Amplitude klein gehalten werden muß.

Ich möchte noch kurz erläutern, wie so ein LB aussieht und wie er arbeitet. In Abb. 3 ist das Prinzipbild eines 15 MeV-LB gezeigt, der für Harwell gebaut wurde.

Er besteht aus 2 Abschnitten, während unser Injektor aus 5 individuellen Abschnitten zusammengesetzt sein wird. Der wichtigste Teil sind die Kupferhohlrohre, die im Innern mit gleichmäßig distanzierten Scheibenblenden versehen sind und durch die man HF-Energie ganz bestimmter Phasengeschwindigkeit hindurchschickt, hier durch eine

Wellenlinie angedeutet. Links werden Elektronen von einer BaO-Kathode mit etwa 50 kV eingeschossen. Die Dämpfung der Schlangelinie versinnbildlicht, daß die Elektronen aus der Welle Energie aufnehmen, und darin besteht das Arbeitsprinzip. Oben ist der HF-Generator zu erkennen, hier ein Magnetron, in unserem Falle ein Klystron pro Abschnitt, das eine Spitzenleistung von 5 MW in kurzen Pulsen in das Rohr hineinschickt. Die Pulse folgen im 50 Hz-Rhythmus und sind etwa 1  $\mu$ sec lang, das ist gerade die Zeit, die man braucht, um den etwa 300 m langen Ring des Synchrotrons mit Elektronen zu füllen. Während des Pulses liegt eine Pulsleistung von 200 kV x 90 A an der Klystronkathode.

Soviel zu den Eigenschaften des Injektors. Seine scharf definierten Strahleigenschaften genügen jedoch allein noch nicht. Bevor der Strahl in die Kammer eingeschossen wird, muß er noch im wesentlichen auf zwei Arten behandelt werden. Einmal durch die sogenannte Strahlanpassung, d.h. das Bündel wird in seiner Geometrie so verformt, daß es den günstigsten Bereich der Kammer ausfüllt. Und zum zweiten durch die Energieanpassung, d.h. die Elektronen müssen gemäß ihrer individuellen Energie in dem 1 % Spektrum der Richtung und der Ablage nach auf ganz bestimmte Bahnen eingelenkt werden.

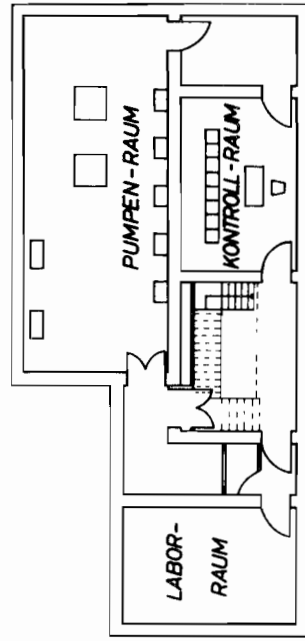
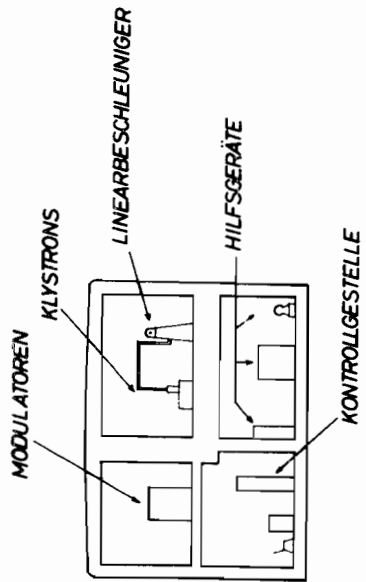
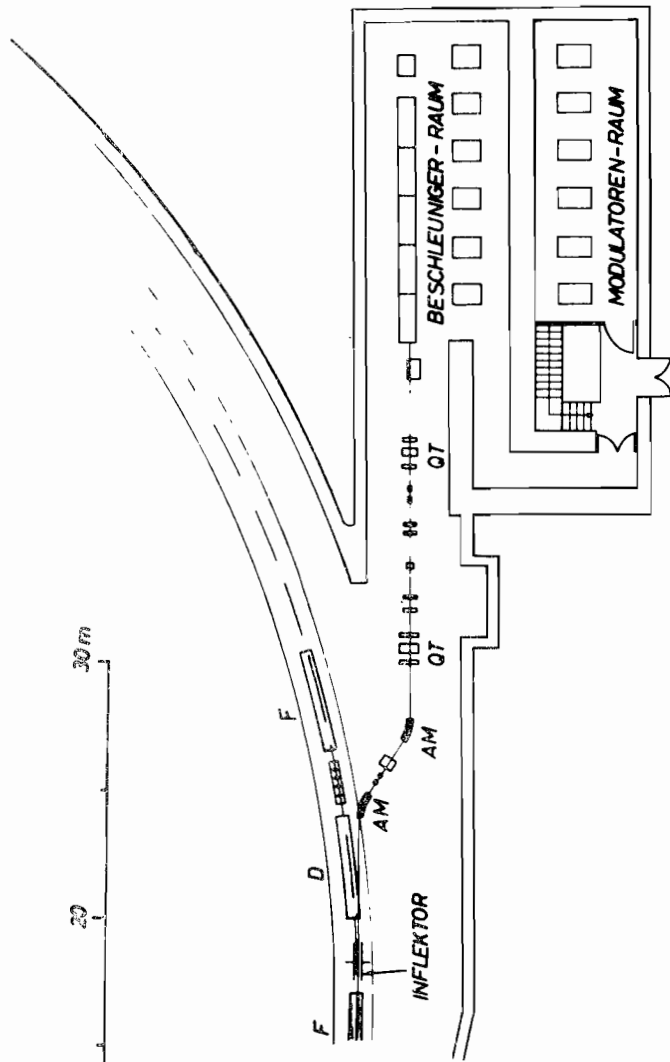
In Abb. 4 ist der etwa 30 m lange Injektionsweg zwischen Linac und Inflektor gezeigt. Das Paar von Quadrupoltripeln besorgt die Strahlanpassung, die beiden Ablenkmagnete sind für die Energieanpassung vorgesehen.

Am Ende des Injektionsweges werden die Elektronen durch ein elektrisches Feld tangential in den Sollkreis hineingelenkt. Wir sehen uns zum Abschluß den Verlauf der Bahnen im Einlenkkondensator an, Abb. 5:

Hier sehen Sie also sozusagen das Ziel unserer Bemühungen. Der

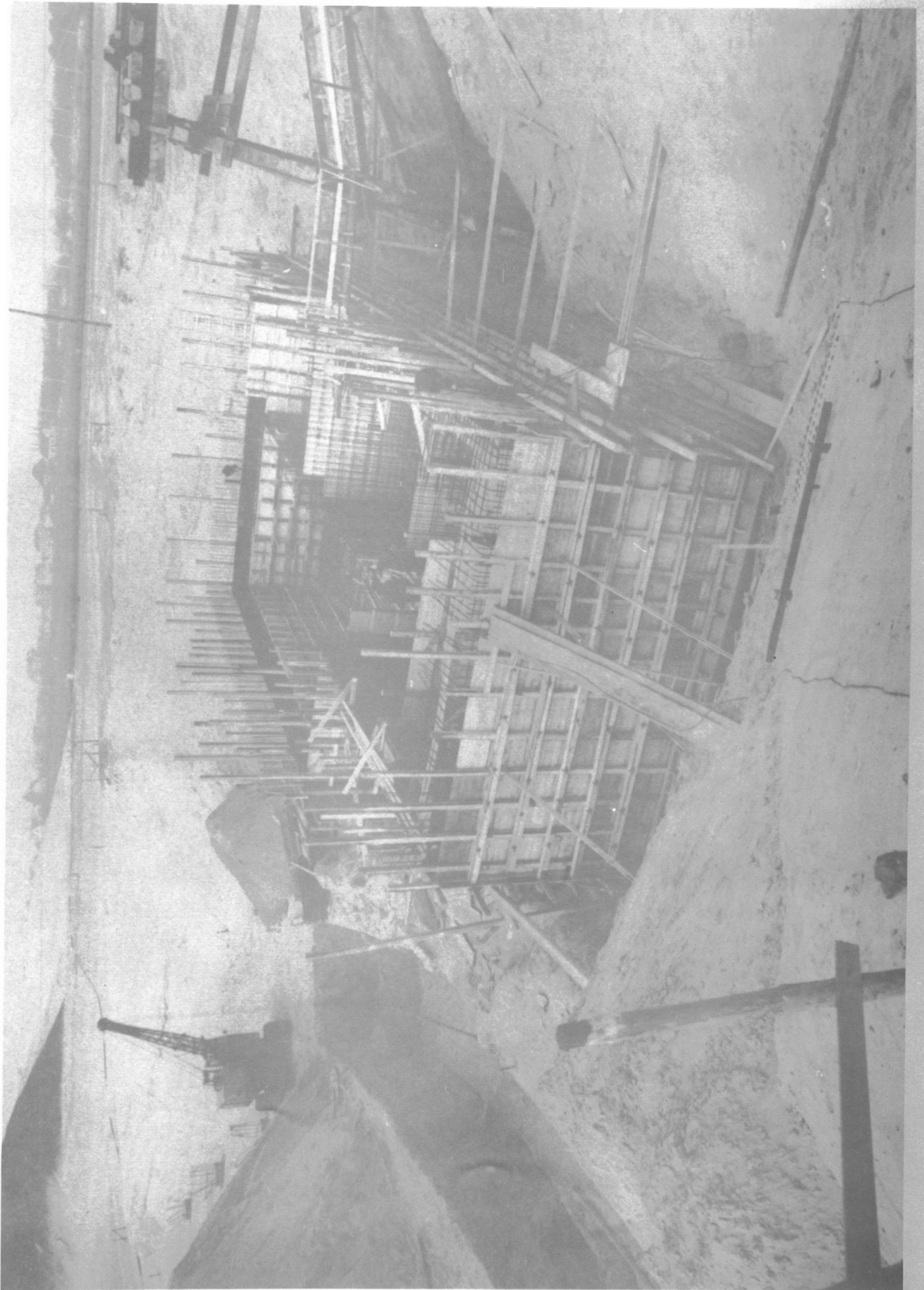
Maßstab ist in der Ordinate 10-fach gestreckt, die Länge des Plattenkondensators ist 175 cm, der Abstand 16 cm. Die Sollbahn läuft zentral hindurch. Elektronen der Sollenergie treten mit einem Winkel von etwa  $2,5^\circ$  in das Feld ein. Der gestrichelte Bereich wird von Teilchen erfüllt, die wohl die Sollenergie haben, aber in Ort und Winkel abweichen. Teilchen mit abweichender Energie haben auch andere Einschußbedingungen. Eingezeichnet ist die Bahn eines Teilchens mit 39,6 MeV und 40,4 MeV.

Nach einem Umlauf, das sind  $1,08 \mu\text{sec}$ , wird das Inflektorfeld abgeschaltet, und die Elektronen sind nun dem Magnetfeld und der damit gekoppelten Energiezufuhr überlassen.



DESY

Abb. 1 Injektorgebäude





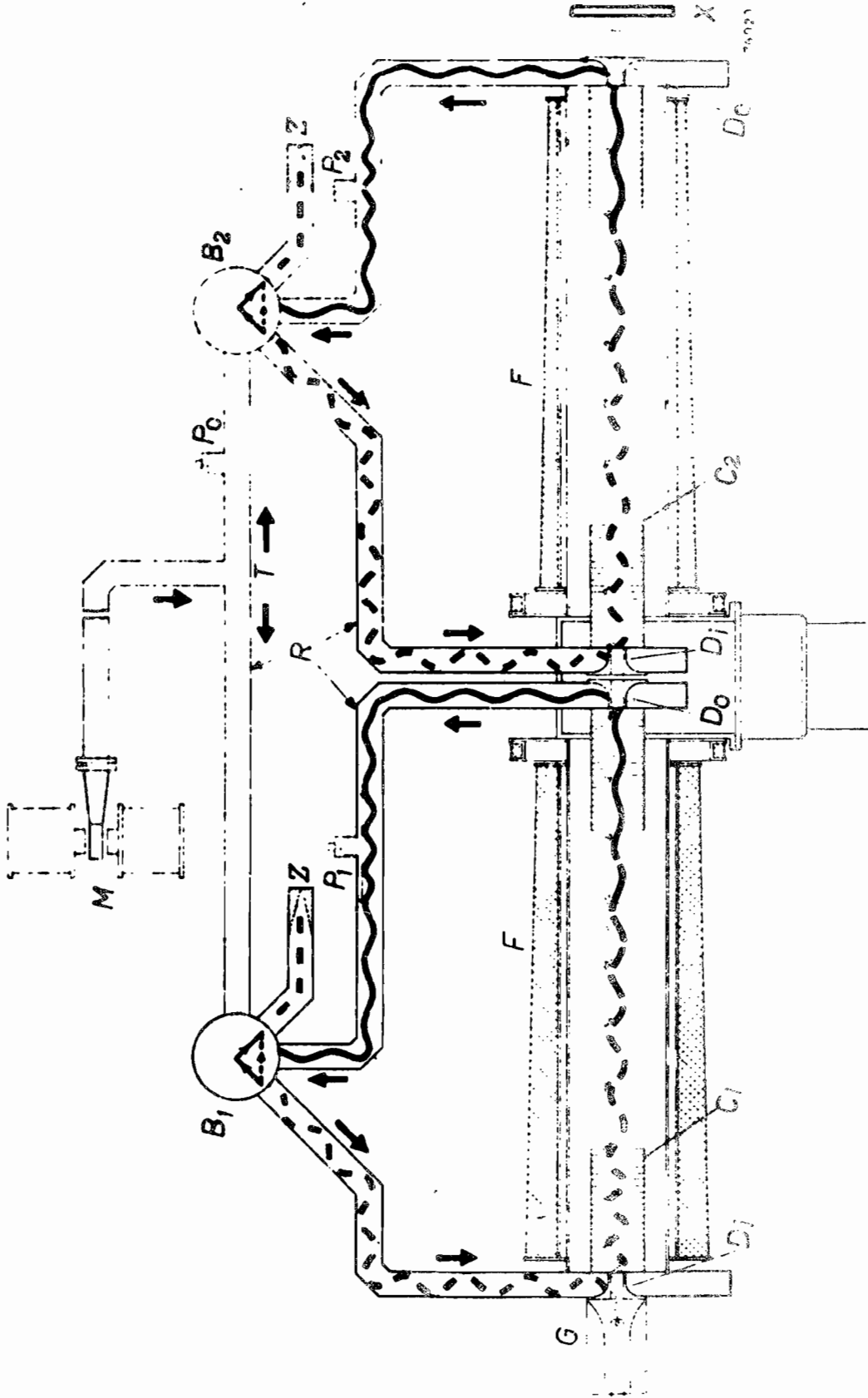
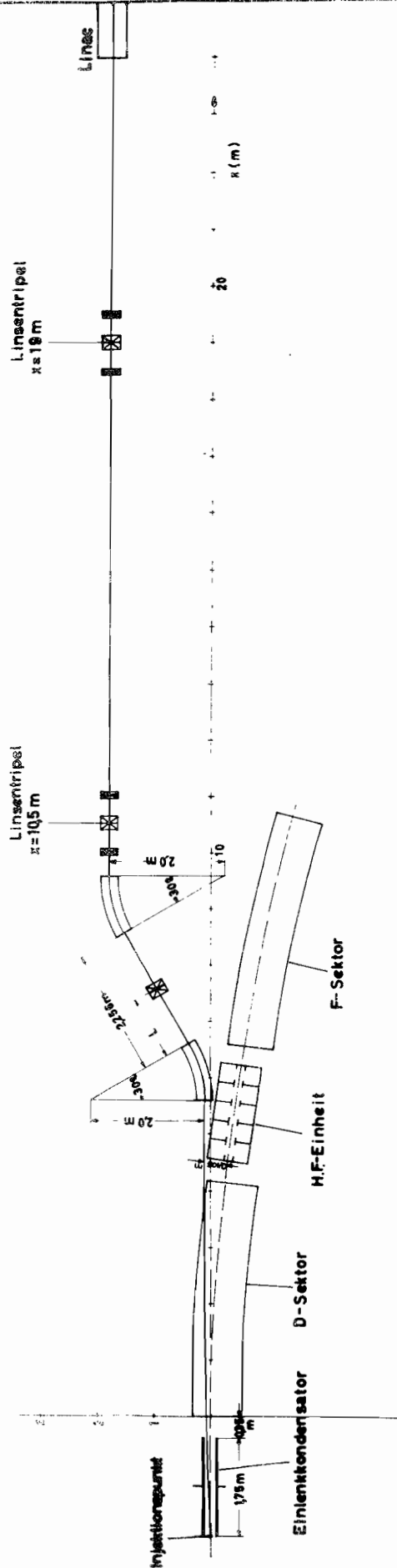
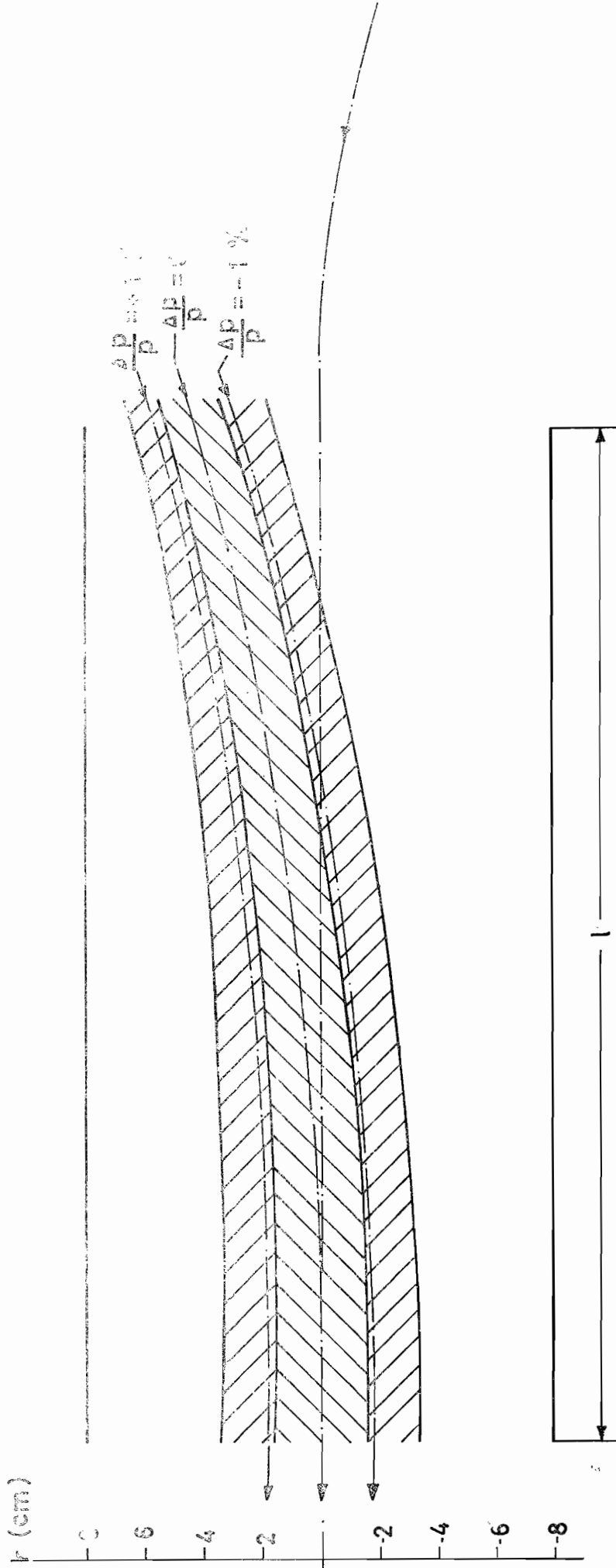


Fig. 5. Schematic diagram of operation of the 15 kcs magnetron. On the left section of the magnetron was installed, with input and output diode heads  $B_1$  and  $B_2$ , electron gun  $G$ , and focusing coils  $C_1$  and  $C_2$ . Magnetron  $M$  contained vacuum system, with dividing the T. feedback coils  $D_1$ ,  $D_2$ , diode heads  $Z$  and phase shifter  $X$ . The power arriving from a generator  $M$  is indicated by the gray waves, the power delivered to the diode heads  $B_1$  and  $B_2$  is indicated by the gray waves, the power delivered to the transformer  $X$  is indicated by the gray waves, the power delivered to the diode heads  $D_1$  and  $D_2$  is indicated by the gray waves.



<b>DESY</b>	Blatt No. 150	Blatt No. 46	Gruppe M 2
Maßstab: 1:50	<b>Injektionsweg</b>		



Einschußpunkt

— · — · — · — · — Sollbahn

▨ Bereich der

Betatronschw.

Abmessungen

Inflektorlänge  $l$ : 1750mm

Lichte Weite in

$r$ -Richtung : 160mm

Lichte Weite in

$z$ -Richtung : 84mm

Stab.Gebiet :  $60\text{mm}(r) \times 32\text{mm}(z)$

Feldstärke :  $10\text{KV/cm} \pm 1\%$

DESY-Einschuß

Bahnverlauf im Inflektor

Abb.1

M 4/7/1

40/14,4

Abb.5 Bahnverlauf im Inflektor

## DER SYNCHROTRON-MAGNET

VON

W. Hardt

Nachdem die Elektronen durch das Injektionssystem mit den richtigen Anfangsbedingungen in den Magneten eingeschossen sind, sollen sie in ihm auf einer kreisähnlichen Bahn stabil umlaufen, wobei die Feldstärke des Magneten entsprechend der beabsichtigten Energieerhöhung der Elektronen ansteigt. "Stabil umlaufen" heißt, daß Elektronen mit vertikalem und radialem Querimpuls und Störungen des Längsimpulses nicht verlorengelassen, sondern um den sogenannten Sollkreis Schwingungen ausführen sollen. Dies wird erreicht durch den alternierenden Gradienten der Magnetsektoren. Im DESY-Magneten befinden sich 24 F-Sektoren und 24 D-Sektoren. Bild 1 zeigt die Einhüllende für die radiale Bewegung von Elektronen, die sich aus Betatronschwingungen und Synchrotronschwingungen zusammensetzt. Wir erkennen, daß das Maximum im F-Sektor, das Minimum im D-Sektor liegt und der Amplitudenunterschied recht groß ist. Ein entsprechendes Bild gilt für die vertikalen Schwingungen, bei denen sich jedoch das Maximum im D-Sektor und das Minimum im F-Sektor befindet. Der D-Sektor wirkt nämlich für die vertikalen Schwingungen fokussierend, der F-Sektor defokussierend. Der starke Amplitudenunterschied war für uns der Grund, die beiden Sektortypen in ihrem ausnutzbaren Bereich dem Strahl anzupassen. Der F-Sektor erhielt also einen niedrigen Luftspalt und ein breites radiales Plateau, der D-Sektor einen hohen Luftspalt und ein schmales Plateau. Die Luftspalthöhen stehen zueinander im Verhältnis 7 : 11, damit allein durch Wahl verschiedener Windungszahlen bei Hintereinanderschaltung aller Spulen dieselbe Feldstärke am Sollkreis erhalten wird. Die Windungszahlen stehen also in demselben Verhältnis und betragen 28 für den F-Sektor und 44 für den D-Sektor. Die Luftspalthöhen sind 56 bzw. 88 mm und die Plateaubreiten 142 bzw.

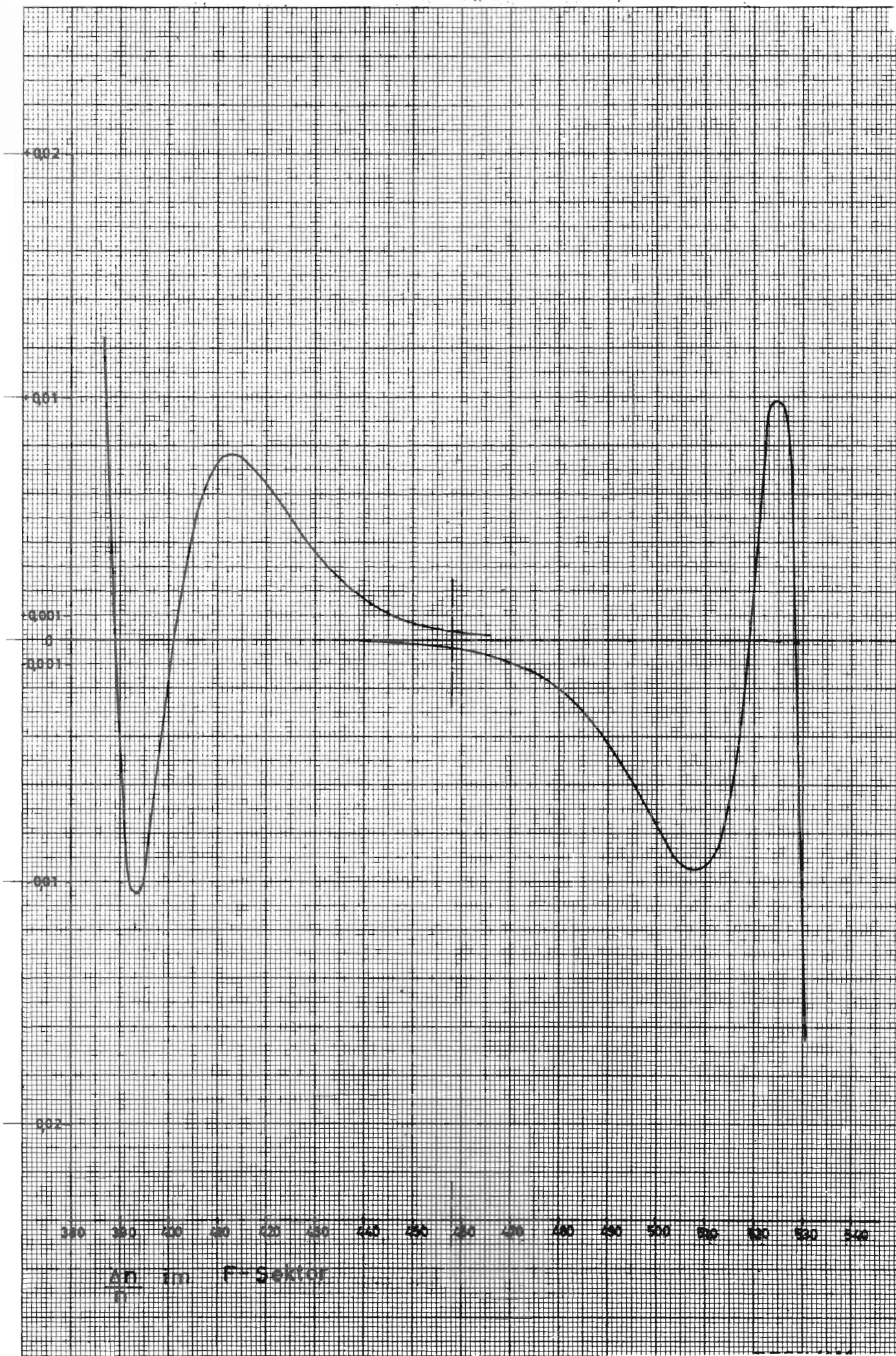
90 mm. Mit dieser Anpassung an die Strahlform wird kostspieliges Volumen für den nutzbaren Magnetbereich eingespart. Um dies wirklich auszunutzen, wurden dazu passende Magnetkonturen auf funktionentheoretischem Weg berechnet und mit einem elektronischen Digitalrechner numerisch ausgewertet. Die beiden folgenden Dias (2 und 3) demonstrieren die Plateaubreiten der beiden Sektortypen. Die Plateaubreiten sind in diesem Falle durch Überschreiten der 1 %-Grenze des relativen Fehlers des Feldindex definiert. Wir erkennen den störenden Einfluß vom beiderseitigen Polrand. Bei der Polberechnung ist außer auf Sparsamkeit und auf das Feldplateau noch darauf geachtet, daß die Sättigung in den Polkanten keinen zu großen Einfluß auf den Feldfehler hat. Bild 4 und 5 zeigen die Magnetschnitte für den F- und D-Sektor. Zu bemerken sind die sehr geringen Toleranzen für die Fertigung, die mit 1/100 mm an der Grenze des technisch Erreichbaren liegen. Auffallend bei Bild 5 ist die schräge Anordnung der Erregerspulen. Durch sie konnte die vertikale Abmessung des Magnetschnittes reduziert werden, ohne daß dadurch Nachteile entstanden. Wegen des für einen Magneten sehr schnellen Betriebes mit 50 Hz sind die Magnete aus 0,35 mm dicken Blechen zusammengesetzt. Es werden ca. 300 mm dicke Blocks geklebt, von denen es für jeden Sektor 12 gibt, 12 "Normalblocks". An den Magnetenden treten besondere Schwierigkeiten auf, zu deren Beseitigung noch besondere Endblocks angebracht sind, deren Schnitte auf dem nächsten Bild (6) gezeigt werden. Ohne diese Endblocks würde der Stirnfluß horizontale Feldkomponenten ausprägen, die sich bei kleinen Feldern störend bemerkbar machen. Durch die abgerundete Form der Endblocks wird erreicht, daß der magnetische Fluß in Richtung der Lamellierung verläuft und im Endblock genauso groß ist wie im Normalblock. Allerdings gilt dies streng nur für den zweidimensionalen Fall. Die Lösung für den dreidimensionalen Fall wurde noch nicht gefunden, da sie zu kompliziert ist.

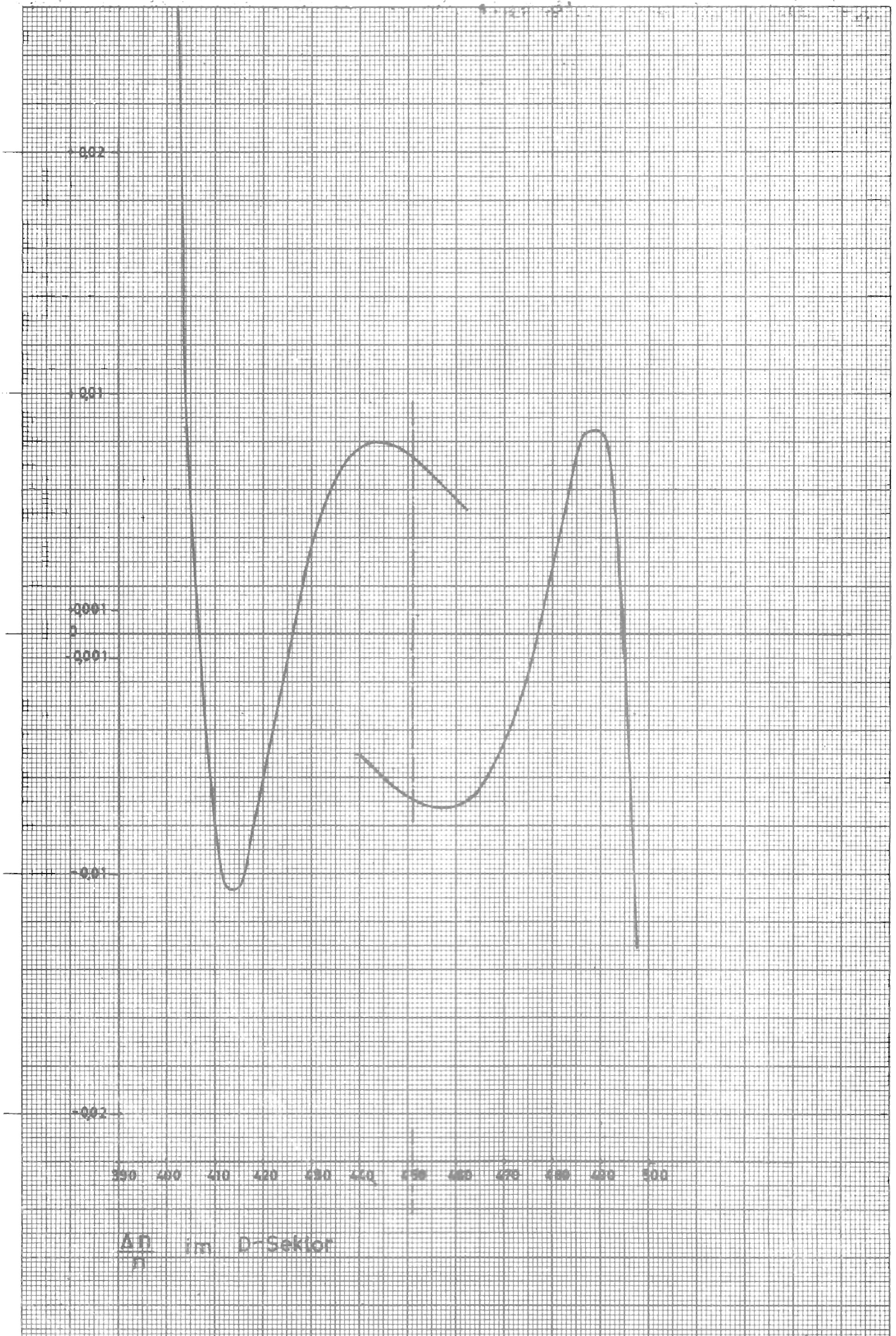
In Konstruktion befinden sich zwei Modelle. Ihr Querschnitt hat Originalgröße, die Länge der Modelle ist reduziert. Als Beispiel zeigt Bild 7 die Ansicht des D-Sektor-Modells. Die Notwendigkeit, zwei verschiedene

Sektortypen zu entwickeln, gab uns Gelegenheit, einige Konstruktions-einzelheiten auf verschiedene Weise ausführen zu lassen. So unterscheiden sich die beiden Modelle in der Spulenkonstruktion, der Eisenkühlung und der Art der Verspannung. Für beide Modelle werden auch Blocks aus einer zweiten Eisensorte hergestellt. Bild 8 zeigt die Unterschiede in der Spulenausführung. Die F-Spule besteht aus Preßseilen. Die darin entstandene Wärme wird in Kühlfahnen aus Kupfer, die zur Vermeidung von Wirbelstromverlusten geschlitzt sind, zu den oben liegenden Kühlrohren geführt. Die D-Spule besteht aus Gitterstäben (Röbelstäbe), die durch Distanzstreifen voneinander getrennt sind, so daß das Kühlwasser direkt zwischen den Gitterstäben hindurchfließen kann.

Ich darf die wichtigsten Daten wie folgt zusammenfassen:

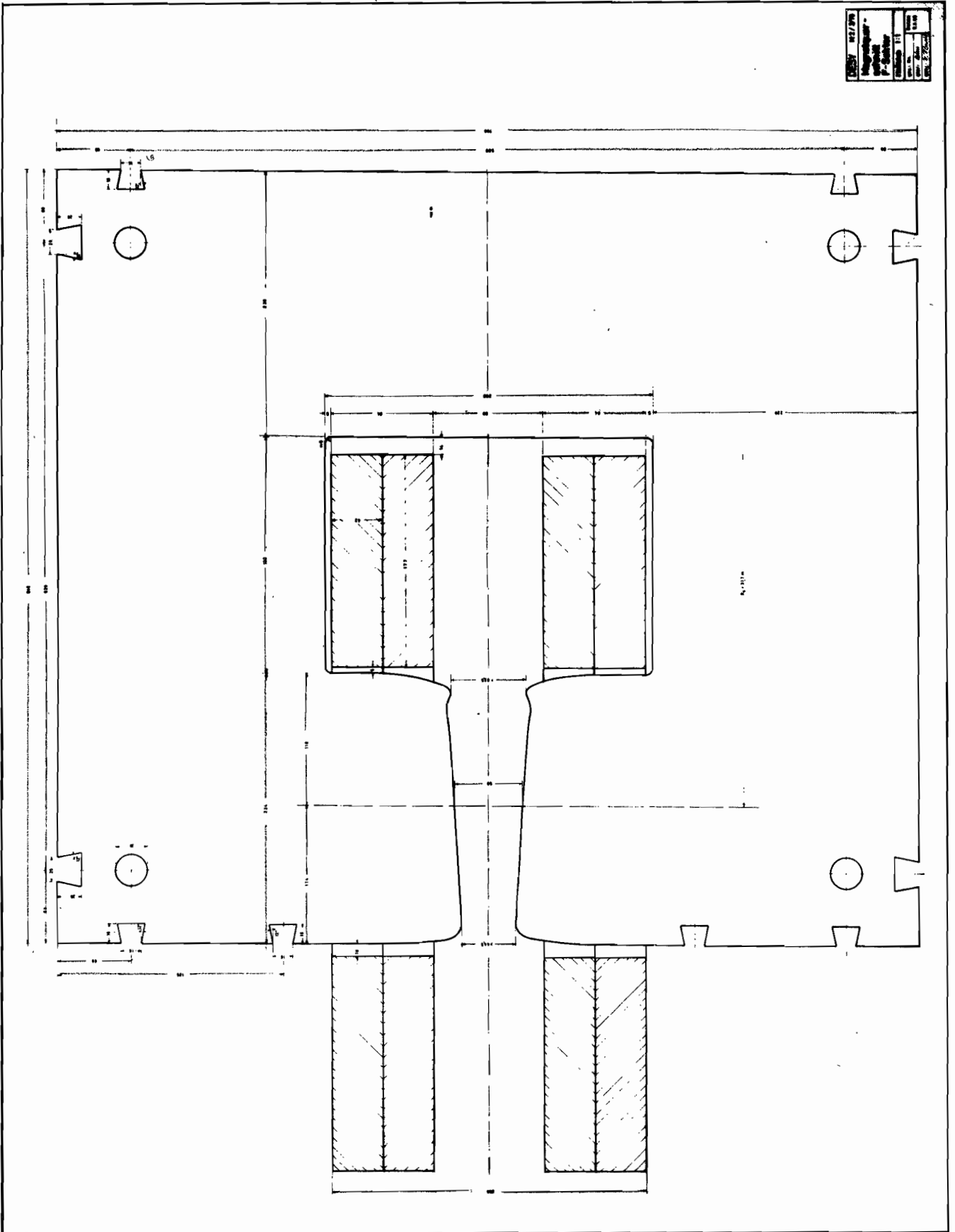
Der Magnet besteht aus 24 F- und 24 D-Sektoren. Jeder Sektor enthält 12 Normalblocks und 2 Endblocks. Die Länge eines Sektors beträgt 4,15 m, der Krümmungsradius im Magnetfeld 31,7 m. Das gesamte aktive Eisengewicht beträgt ca. 550 t, das aktive Kupfergewicht 80 t. Die beiden Sektortypen unterscheiden sich in der Höhe des Luftspaltes und der Plateaubreite, die beide der Form des Strahls angepaßt sind. Der Magnet wird die gleiche Akzeptanz - das ist ein Wort für Aufnahmefähigkeit für den Elektronenstrahl - haben wie ein Magnet mit einheitlichen Sektoren, bei denen lediglich der Luftspalt einmal nach außen und einmal nach innen geöffnet ist und die alle die große Luftspalthöhe des D-Sektors und das breite Plateau des F-Sektors hätten.

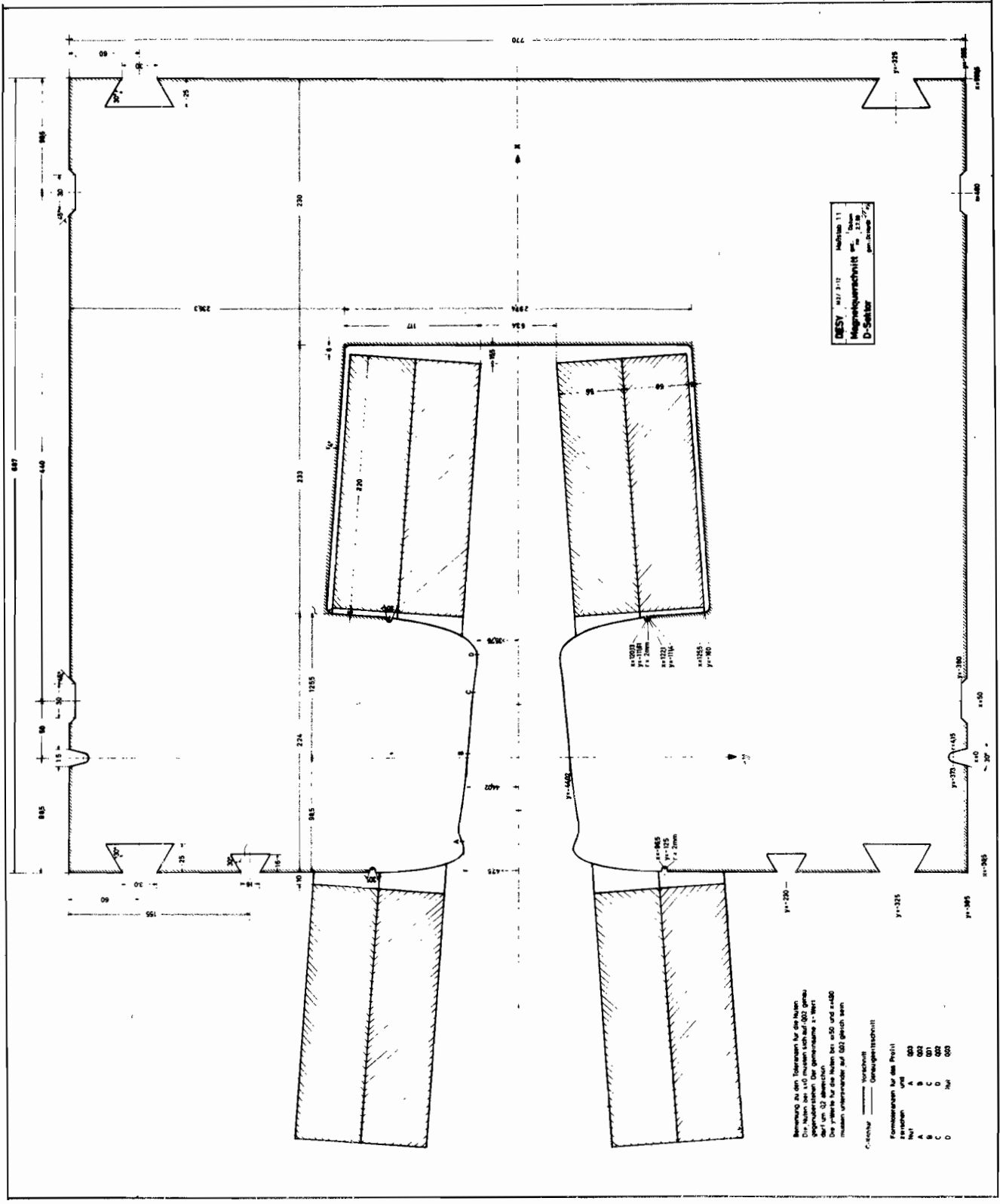






NO. 1017/90	DATE
PROJECT	NO.
DESIGNED BY	DATE
CHECKED BY	DATE
APPROVED BY	DATE

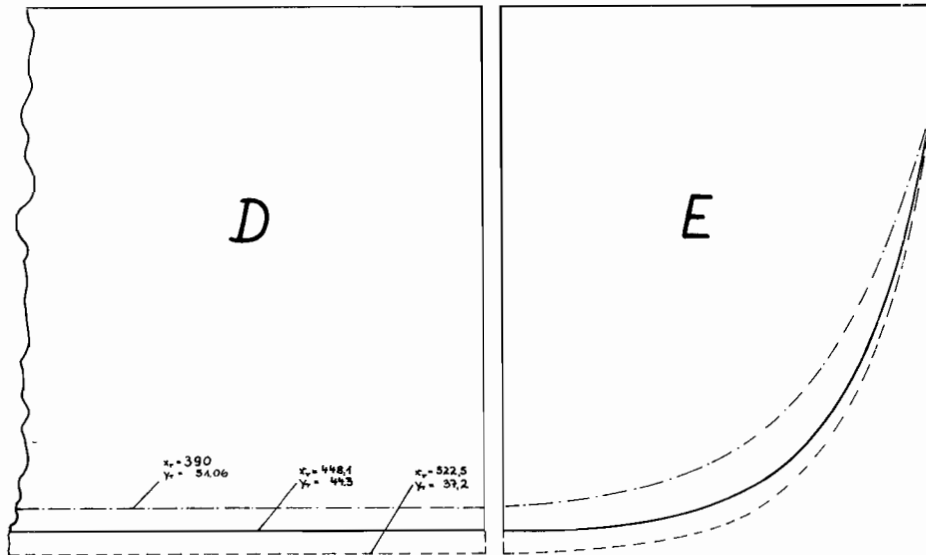




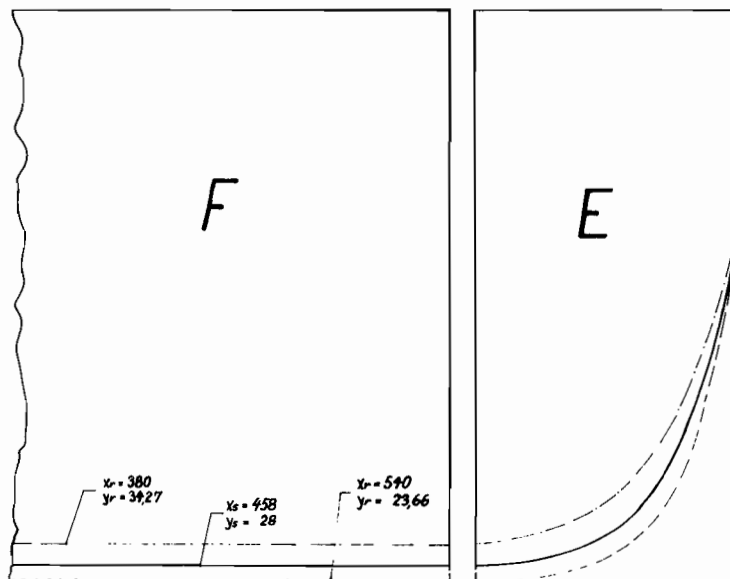
MESH - 11/11/11 - 11/11/11 - 11/11/11  
 MESH - 11/11/11 - 11/11/11 - 11/11/11  
 MESH - 11/11/11 - 11/11/11 - 11/11/11  
 MESH - 11/11/11 - 11/11/11 - 11/11/11

Bemerkung zu den Dimensionen für die Neuen  
 Die Neuen bei 11/11/11 müssen sich auf 0.02 genau  
 ablesen. Die Dimensionen für die Neuen  
 sind um 0.02 abgerundet.  
 Die Profile für die Neuen bei 11/11/11 und 11/11/11  
 müssen untereinander auf 0.02 genau sein.

Formenbezeichnung für das Profil	Bezeichnung	Material
A	11/11/11	001
B	11/11/11	001
C	11/11/11	001
D	11/11/11	001



<b>DESY</b>		art.	Datum	Name	Gruppe: <i>M2</i>
		spez.	<i>3.11.59</i>	<i>Krüger</i>	Zchg. No.:
		gest.			Blatt No.:
Maßstab					Ersatz für:
	<i>Endblockkontur D-Sektor</i>				Ersatz durch:
					x ausf.:
					ausgef. von:
					Auftrag No.:



<b>DESY</b>		art.	Datum	Name	Gruppe: <i>M2</i>
		spez.	<i>3.11.59</i>	<i>Krüger</i>	Zchg. No.:
		gest.			Blatt No.:
Maßstab					Ersatz für:
	<i>Endblockkontur F-Sektor</i>				Ersatz durch:
					x ausf.:
					ausgef. von:
					Auftrag No.:



# DAS HOCHFREQUENZ-BESCHLEUNIGUNGS-SYSTEM

von

G. Schaffer

## I. Einführung

Die Gestaltung des Hochfrequenz-Beschleunigungs-Systems ist hauptsächlich durch zwei Faktoren bestimmt, welche bereits genannt wurden:

Die Konstanz der Umlauffrequenz und die mit der Energie stark ansteigenden Strahlungsverluste der Elektronen. Dazu kommt noch als dritter wesentlicher Punkt die gewünschte hohe Stromintensität des Beschleunigers.

Die Frequenz der Beschleunigungsstrecken muß eine Harmonische der Umlauffrequenz der Teilchen sein und ist für DESY mit Rücksicht auf einige weitere Umstände auf 500 MHz festgelegt worden. Die Umlauffrequenz der Elektronen ist ungefähr 1 MHz.

Die konstante Betriebsfrequenz verschafft uns den großen Vorteil, daß wir die Beschleunigungsspannung mit Resonanzkreisen sehr hoher Güte erzeugen können. Mit anderen Mitteln wäre die Beschleunigung der Elektronen auf 6 GeV technisch auch kaum zu realisieren; denn auf dem Umfang des Ringes sind hierfür maximal 8 Millionen Volt aufzubringen, für 7,5 GeV sogar 18 Millionen Volt. Die maximale Umfangsspannung ist damit vergleichsweise etwa 100 mal größer als bei den bisher gebauten Beschleunigern für Protonen. Daraus wird wohl schon deutlich, daß eines der Hauptprobleme beim Elektronen-Synchrotron die Erzeugung einer sehr großen Hochfrequenzleistung ist.

Die Abb. 1 soll zeigen, in welcher Weise die Beschleunigungsspannung während einer Periode gesteigert werden muß. In der oberen Kurve ist

die Zeitfunktion von Teilchenenergie und Magnetfeld dargestellt, welche einander proportional sind; in der unteren die etwa zu realisierende Pulsform für die Summe der Hochfrequenzspannungen an den Beschleunigungsstrecken. Aus der Tabelle rechts geht hervor, daß bis zu 3 GeV die auf einem Umlauf durch Strahlung verlorengelassene Energie in mäßigen Grenzen bleibt, dann aber durch das Ansteigen mit der 4. Potenz ein Vielfaches der an sich erforderlichen Energiezunahme pro Umlauf wird.

Die Gestalt der HF-Pulse hängt natürlich noch davon ab, welche Energie und Pulslänge für das Experiment gewünscht werden. Die gestrichelte Linie gibt hierfür ein Beispiel.

## II. Beschleunigungsstrecken

Um mit den Leistungen und Feldstärken in realisierenden Grenzen zu bleiben, sind mehrere Beschleunigungsstrecken vorgesehen. Die Abb. 2 zeigt ein Konstruktionsbeispiel für eine solche Beschleunigungsstrecke. Hiervon werden 16 Stück auf dem Umfang des Ringes angeordnet sein. Jede Strecke enthält 5 (oder evtl. auch nur 3) Hohlraum-Resonanzkreise mit einem Gütefaktor von annähernd 20.000 und einem Mindestwert des Resonanzwiderstandes von 1,5 Megohm.

Die Wände der Kammern sind aus massivem Kupfer. Ihre Außenseiten bilden gleichzeitig den Vakuummantel. Den Rohkörper eines ersten 3-kreisigen Modelles haben wir nach einem besonderen Verfahren hergestellt, welches von der Stanford-Universität in USA für Linearbeschleuniger entwickelt wurde; Der vakuumdichte Außenmantel wird galvanisch auf einen genau vorgearbeiteten Kern niedergeschlagen, welcher zwischen Aluminiumrohren die kupfernen Trennwände der Hohlraumkreise enthält; die Aluminiumrohre werden anschließend in Natronlauge aufgelöst. Mechanische Toleranzen, welche die Frequenz der Resonatoren beeinflussen, lassen sich auf solche Weise in geringen Grenzen halten.

Über dies hinaus ist für eine von Zeit zu Zeit vielleicht notwendige Frequenz-Korrektur an jeder Kammer ein Abstimmkolben vorgesehen, ferner eine Sonde für Amplituden- und Phasenkontrolle und ein Beobachtungsfenster. Die Zufuhr der HF-Leistung erfolgt an den mittleren Kreis von einem Rechteck-Hohlleiter aus; die übrigen Kreise sind durch die für den Strahldurchtritt vorgesehenen Öffnungen der Trennwände kapazitiv gekoppelt.

Zur optimalen Ausnutzung der HF-Leistung ist es notwendig, alle Beschleunigungsstrecken mit gleicher Phase und Amplitude zu versorgen. Wie dies geschieht, soll in Abb. 3 gezeigt werden: Die 16 Beschleunigungsstrecken werden durch eine ringförmige Speiseleitung miteinander verbunden. Die Länge jedes Abschnittes der Ringleitung ist ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge, um die Phasenbedingung zu erfüllen.  $R_c^1$  ist der an jeder Abzweigung auftretende Resonanzwiderstand einer Beschleunigungsstrecke, welcher zu dem Wellenwiderstand  $Z$  der Leitung in einem Verhältnis  $k$  steht. Der Parameter  $k$  bestimmt die Amplitudenverhältnisse auf der Ringleitung.

Macht man  $k \gg 1$ , so wird die Ringleitung mit sehr starken stehenden Wellen erregt. Die in jedem Abschnitt hin- und herpendelnde Blindleistung ist dann groß gegen die pro Beschleunigungsstrecke benötigte Wirkleistung, und es ergibt sich eine Phasen- und Amplitudenverteilung, wie es die Abb. 4 zeigt. Hier sind der Einfachheit halber nur 8 Beschleunigungsstrecken angenommen. Die Verzweigungen liegen nach Wahl der Anordnung der Einspeisung in den Maxima der stehenden Wellen, welche ihre Amplitude trotz der Verluste und schrittweise sich ändernden Belastung der Ringleitung kaum ändern. Der zugehörige Phasenverlauf ist unten skizziert.

Je größer man  $k$  macht, um so unbedeutender wird der Einfluß einer zufälligen Verstimmung eines Beschleunigungsresonators auf das Gesamtsystem, da die von ihm aufgenommene Blindleistung nur einen

kleinen Teil der zur Verfügung stehenden Blindleistung auf der Ringleistung ausmacht. Dies ist der Hauptvorteil des Ringsystems. Er ermöglicht es uns, Verstimmungen einzelner Resonatoren in der Größenordnung von  $10^{-5}$  in Kauf zu nehmen, so daß erst bei Verstimmungen in der Größe von  $10^{-4}$  Korrekturen der Abstimmung vorgenommen werden müssen.

### III. Erzeugung der HF-Leistung

Wir benötigen für 8 Mill. Volt Umfangsspannung eine Leistung von etwa 250 kW, um die Resonatorverluste zu decken - dabei ist ein Gesamtwiderstand von 120 Megohm angenommen; für die Beschleunigung des Elektronenstrahls, welcher eine Stromstärke von ca. 20 mA am Ende der Beschleunigung haben soll, weitere 100 kW; für Verluste auf der Ringleitung und Reserve für nichtideale Abstimmung etwa 50 kW, so daß eine Gesamtleistung von maximal 400 kW aufzubringen ist.

Die mittlere Leistung beträgt etwa 80 kW.

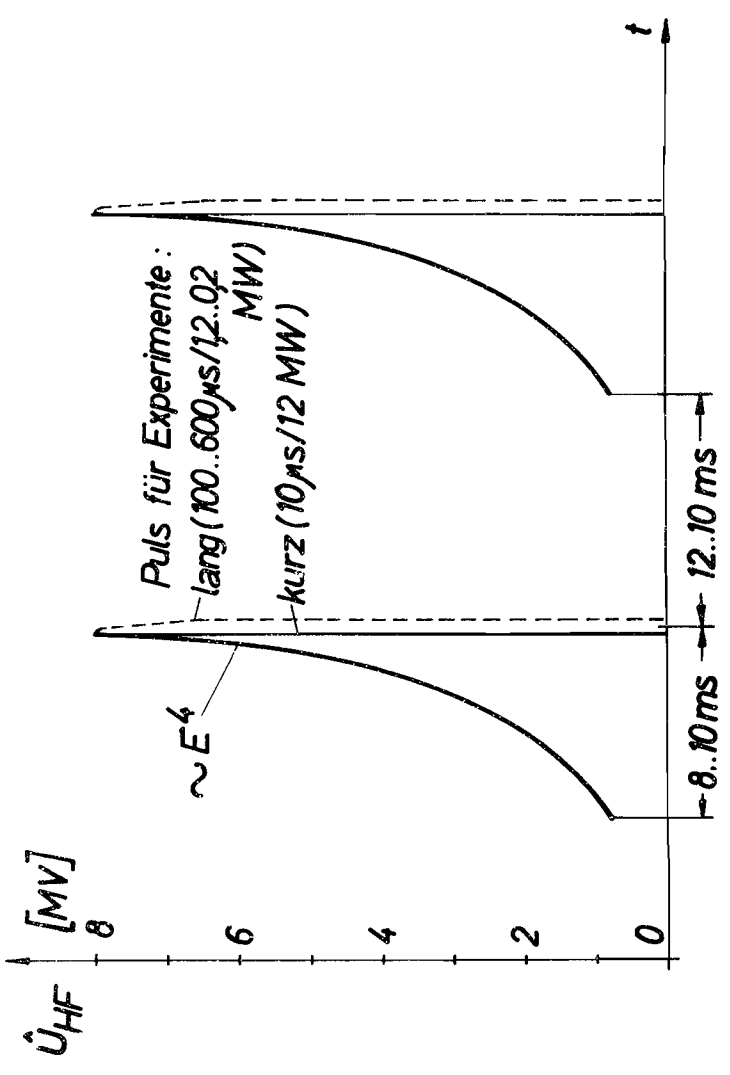
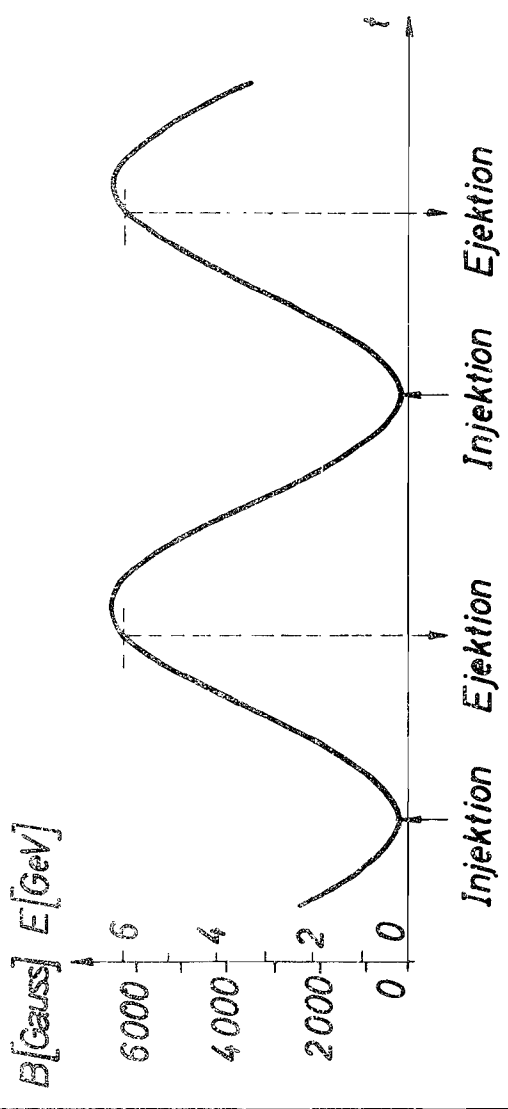
Ein besonderes Problem ergibt sich noch durch die Rückwirkung des Elektronenstromes auf den HF-Generator. Die Folge hiervon ist eine Fehlanpassung des Beschleunigungssystems, welche am Anfang jeder Periode am größten ist, und die Gefahr von Intensitätsverlusten durch Einschwingvorgänge, d.h. zu hohe Amplituden der Phasenschwingungen. Die gewünschte hohe Stromintensität des Beschleunigers erfordert aus diesem Grunde auch am Anfang der Beschleunigung die Bereitstellung einer großen Leistungsreserve des HF-Generators.

Wir haben uns daher schon frühzeitig und intensiv mit eigenen praktischen Untersuchungen bezüglich der Erzeugung der HF-Leistung befaßt, und zunächst für Versuchszwecke einen 200 kW-Klystronsender aufgebaut. Wir erproben mit diesem Sender zur Zeit eine der modern-



sten und größten Senderöhren des Dezimeterwellenbereiches, welche in USA serienmäßig hergestellt wird. Das Klystron und einen Teil der Anlage zeigt Abb. 5. Zwei derartige Röhren sollen in der Lage sein, die für 6 GeV benötigte HF-Leistung zu liefern.

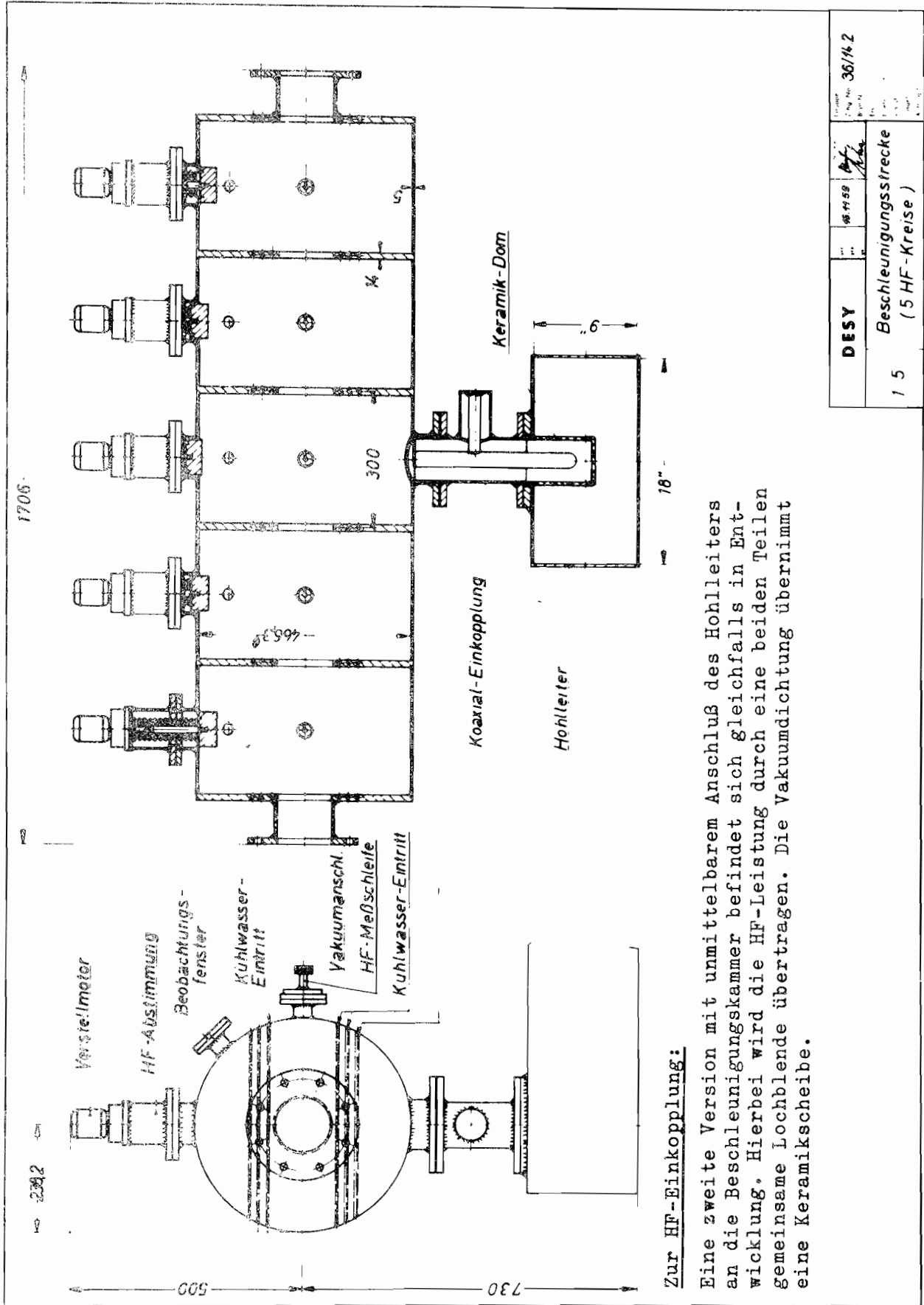
Eine andere Möglichkeit wäre noch durch die in USA zur Zeit weiterentwickelten "Super-Power-Trioden" gegeben, mit welchen im Versuchsbetrieb mehrere Megawatt Pulsleistung und einige 100 kW Durchschnittsleistung erreicht wurden. Eine solche Röhre wäre voraussichtlich in der Lage, den HF-Leistungsbedarf des Elektronen-Synchrotrons bei dem möglichen späteren Ausbau auf 7,5 GeV zu decken.



Energie [GeV]	Strahlungsverlust [keV/Umlauf]	ert. Energiezunahme [keV/Umlauf]
0,04	—	0...300 <sup>*)</sup>
1	2,8	750
2	45	950
3	230	1000
4	720	950
5	1750	750
6	3600	400...0 <sup>*)</sup>

\*) je nach zeitl. Lage der Injektion bzw. Ejektion

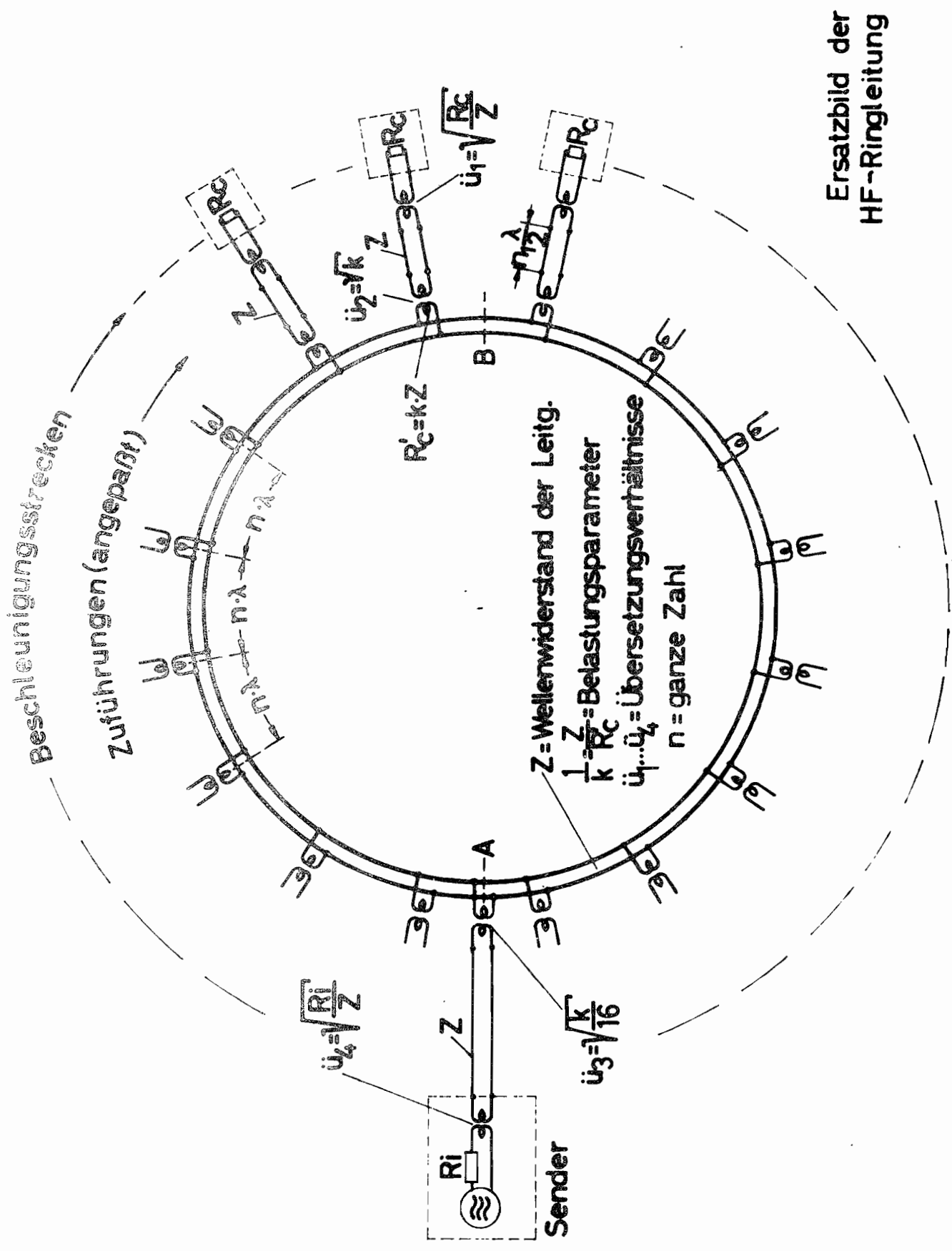
Zeitlicher Verlauf von Magnetfeld und Hochfrequenzspannung.



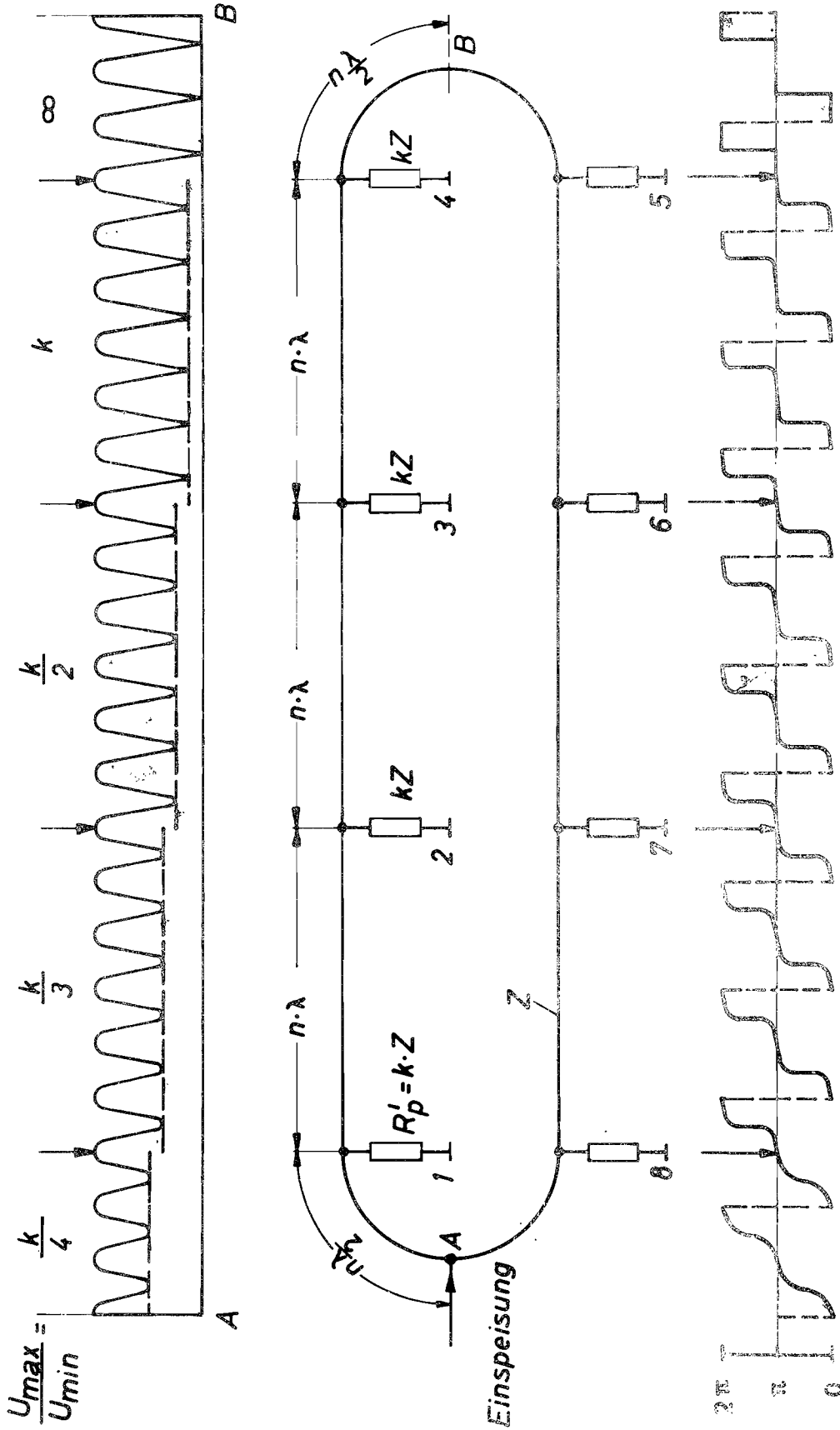
Zur HF-Einkopplung:

Eine zweite Version mit unmittelbarem Anschluß des Hohlleiters an die Beschleunigungskammer befindet sich gleichfalls in Entwicklung. Hierbei wird die HF-Leistung durch eine beiden Teilen gemeinsame Lochblende übertragen. Die Vakuumdichtung übernimmt eine Keramikscheibe.

DESY	15	Beschleunigungsstrecke (5 HF-Kreise)	36/142

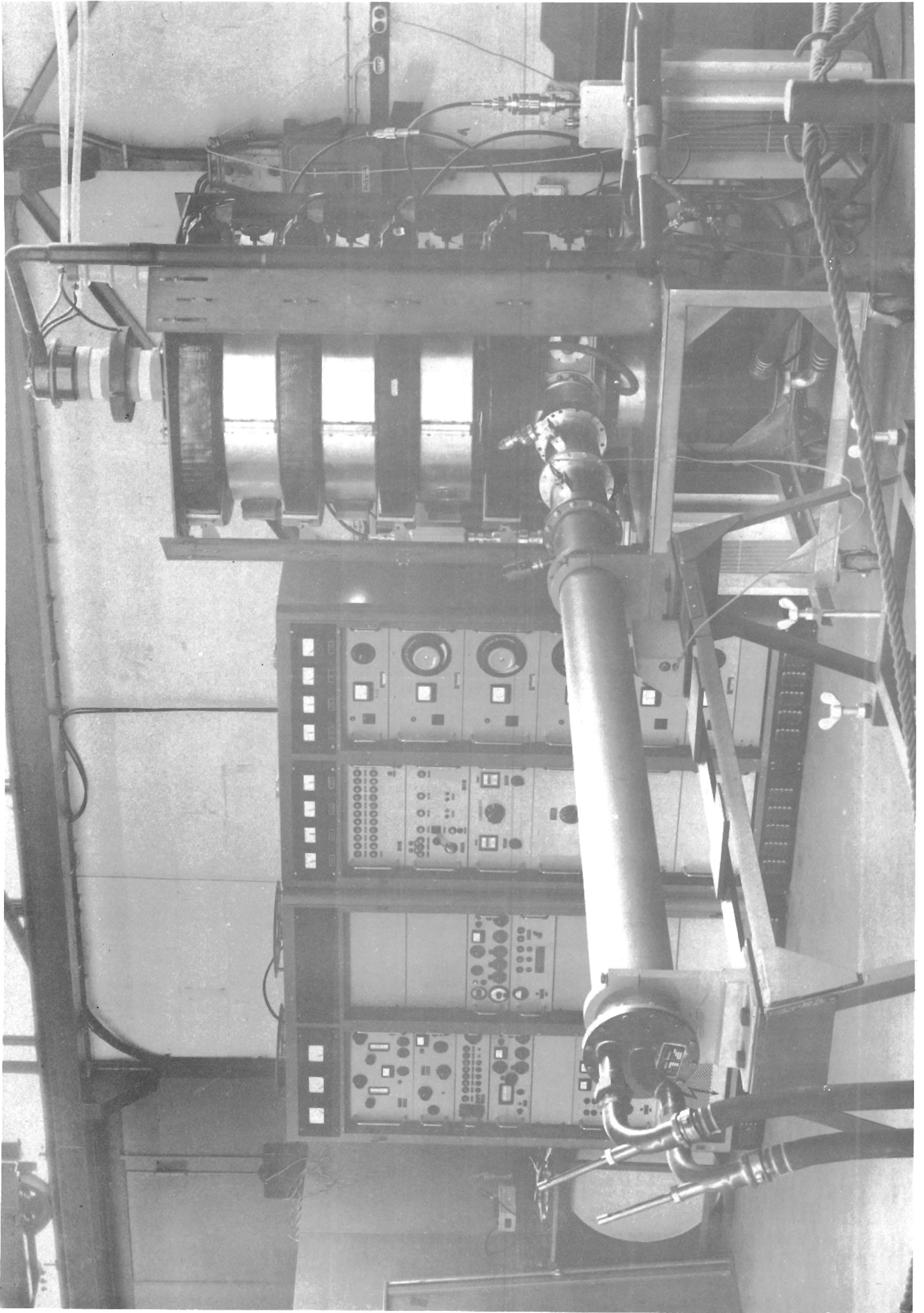


Ersatzbild der HF-Ringleitung



Amplituden- und Phasenverlauf auf der Ringleitung.

$n =$  ganze Zahl  
 $k =$  Belastungsparameter ( $k \gg 1$ )



## ENERGIEVERSORGUNG

von  
W. Bothe

Die Arbeit der Energieversorgung umfaßt

die Versorgung des Beschleunigers und seiner Hilfsanlagen mit elektrischer Energie und

die Abführung der entstehenden Verlustwärme, die wiederum einen großen Teil der aufgebrauchten Energie ausmacht.

Um einen Begriff über die Größenordnung, um die es sich hier handelt, zu geben, seien die Anschlußwerte für den später geplanten Ausbau auf 7,5 GeV, auf die man sich schon heute einrichten muß, genannt:

Beschleuniger	4 600 kVA
Hilfsanlagen	2000 kVA
Gleichstrom-Magnete für die Experimente, je nach Ausbau	6000 - 12000 kVA.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist ein Anschluß an die Hamburger öffentliche Energieversorgung mit einer Übertragungsfähigkeit von 15 MVA, die sich später auf 25 MVA erweitern läßt, für Vorbereitung.

Das 1. Bild zeigt das Prinzip unserer künftigen Stromversorgung. Die Verteilungsspannung - stark ausgezogene Linien - ist 10 kV, womit auch die elektrische Leistung zugeführt wird. Größere Verbraucher werden direkt von der Hauptschaltanlage mit 10000 V versorgt, kleine

und mittlere dagegen aus dem Niederspannungsnetz - schwach ausgezogene Linien -, das ein offen betriebenes Maschennetz ist und von Transformatoren gleichen Typs eingespeist wird, die über das DESY-Gelände verteilt sind und sich in den Lastschwerpunkten befinden. Dieses Netz ähnelt einem Industrie-Netz, und es kann daher nach den gleichen Gesichtspunkten dimensioniert werden: Spannungshaltung, selektive Kurzschlußabschaltung, Wirtschaftlichkeit und Notversorgung. - Eine Besonderheit bilden nun die großen Gleichstromleistungen, die in den Experimentierhallen und den Targetbereichen zur Verfügung gestellt werden müssen. Die beiden Möglichkeiten: Maschinen-Umformer und Gleichrichter-Anlagen wurden im Plan berücksichtigt. Dabei ist der Gleichrichter - und besonders der Trockengleichrichter - vom Standpunkt der Stromversorgung aus die wesentlich günstigere Stromquelle, da er wartungsfrei ist, sich überall aufstellen und sich in transportablen Einheiten ausbilden läßt. Nachteilig könnten Gleichrichter für uns deshalb sein, weil bei Einheiten der geforderten großen Leistung eine Aussteuerung variable Oberwellenanteile bedingt und weil man die Stromrichtung nur durch Eingriff in den Hauptstromkreis umkehren kann. Die geforderte Stabilisierung der Ströme mit Toleranzen von  $1 - 2 \times 10^{-4}$  des eingestellten Wertes auch über längere Zeiten lassen sich mit den Entwicklungen der letzten Jahre in der Industrie sowohl bei Maschinen-Umformern als auch bei Gleichrichtern erreichen.

#### Zur Erzeugung des Magnetstromes

Bei jedem Synchrotron besteht die Aufgabe der Magnetstromversorgung darin, die Energie der Magnete periodisch zu speichern und wieder an die Magnete zurückzugeben. Dabei ist die Art der Speicherung abhängig von der Wiederholungsfrequenz. Bei Protonenbeschleunigern, bei denen die Periodendauer des Magnetzyklus eine bis mehrere Sekunden beträgt, wird die Energie in den Schwungmassen eines Maschinensatzes gespeichert. Elektronenbeschleuniger haben wesentlich höhere



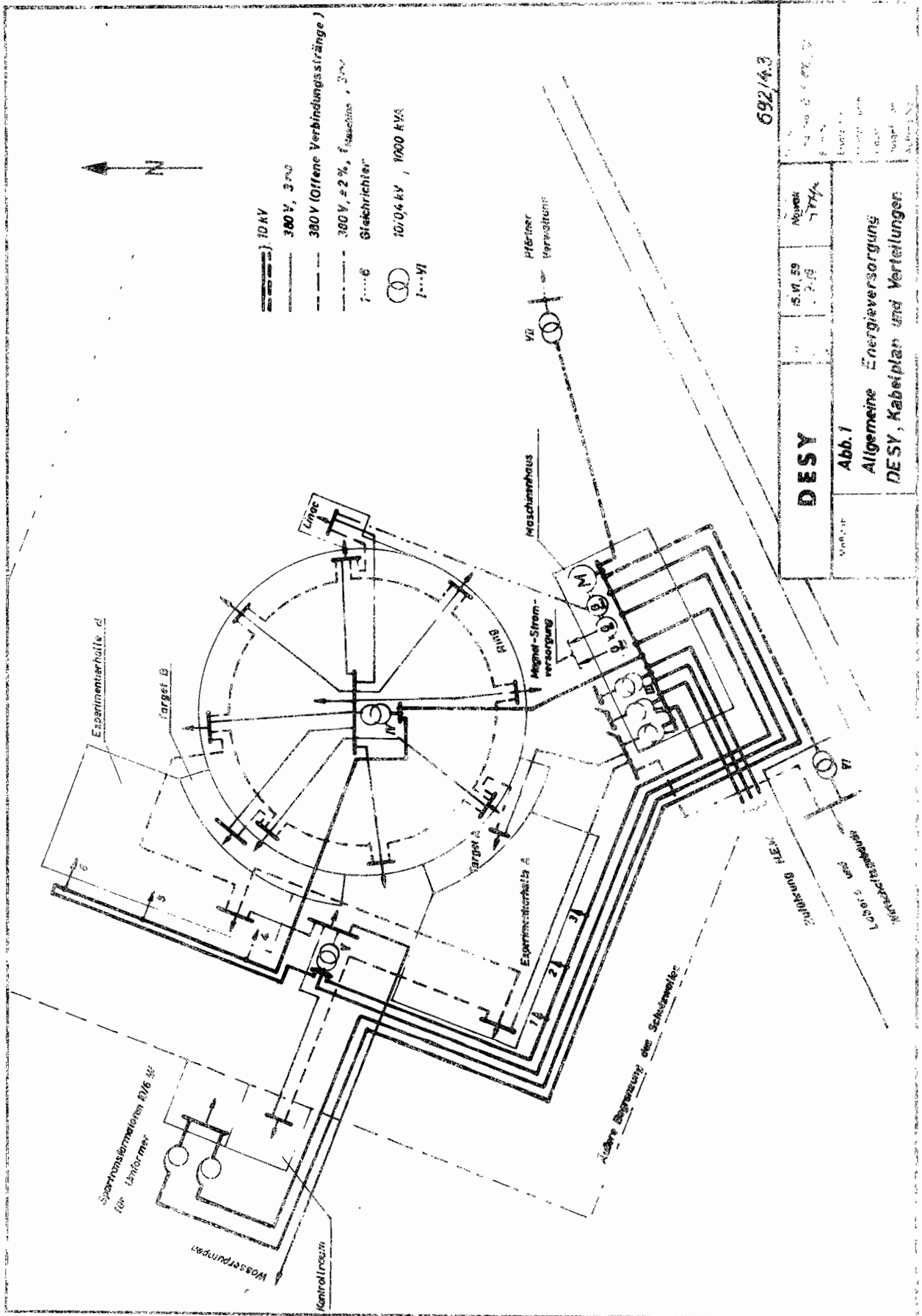
Wiederholungsfrequenzen, bei uns, wie vorhin schon ausgeführt wurde, 50 Hz, und man muß dann die Magnet-Energie elektrisch in Resonanzkreisen speichern. Der Magnetstrom hat harmonischen Verlauf mit einem überlagerten Gleichstrom. Es besteht die Bedingung, daß in jedem Magnetsektor exakt der gleiche Strom fließen muß. Eine direkte Reihenschaltung der Sektoren ist bei größeren Beschleunigern, wie in unserem Falle, nicht möglich, da dann die Spannung zu hoch werden würde. Wir wenden deshalb eine Schaltung an, die von der White-Gruppe in Princeton angegeben wurde:

(Erklärung an der Tafel): Man schaltet eine bestimmte Anzahl von Magnetsektoren, bei uns vier, hintereinander und dazu in Reihe eine Kapazität, die mit der Magnet-Induktivität auf Resonanz abgestimmt ist. Das wiederholt sich 12-mal. Parallel zu den Kondensatoren sind Parallelresonanzkreise angeordnet, deren Induktivität den Weg für den Gleichstrom schafft. Der Gleichstromgenerator wird in eine aufgetrennte Drosselwicklung geschaltet, und die Wechselstrom-Wirkleistung wird über parallelgeschaltete Primärwicklungen zugeführt. Man geht nun noch einen Schritt weiter und faßt die 12 einzelnen Drosselspulen zu einer gemeinsamen Drossel mit zwei Wicklungen zusammen.

Die Größe der Reihenkapazität liegt mit den Daten der Führungsmagnete fest. Anders ist es bei den Sperrkreisen: Von vornherein ist hier nur die Resonanzfrequenz gegeben, und L und C können ingenieurmäßig nach den geringsten Kosten dimensioniert werden. Parameter sind dabei: 2 Dimensionen und die Stromdichte der Drossel und das Verhältnis Reihenkapazität:Sperrkreiskapazität.

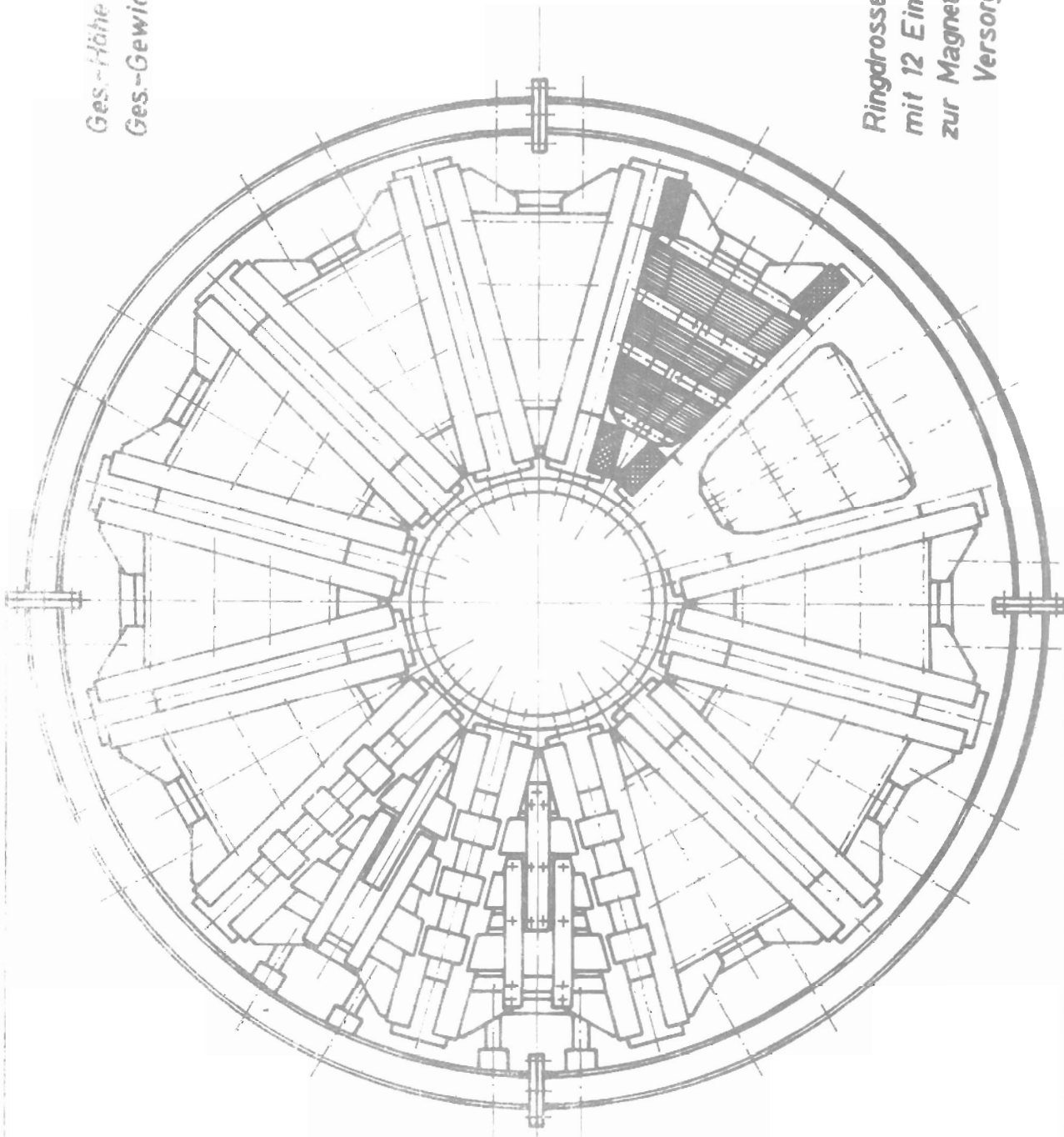
Das 2. Bild zeigt den daraus entstandenen Entwurf der Drossel, die als Ringspule ausgebildet wird. Sie besteht aus 12 trapezförmigen Sektoren, die aus kaltgewalztem Transformatorenblech geschichtet sind. Zwischen ihnen befinden sich 12 Luftspalte, die die Energie speichern, denn das Eisen dient nur zur Führung des magnetischen

Flusses. Die 12 Wicklungen sind geteilt und befinden sich jeweils beiderseits des Luftspaltes. Das bringt konstruktiv eine Erschwerung, bewirkt aber, daß der Magnetfluß gebündelt wird und nicht zu weit in den umgebenden Raum austritt. Zu jeder Drosselwicklung gehört eine Primärwicklung; alle 12 Primärwicklungen sind parallelgeschaltet. Dadurch werden Auswirkungen von Unsymmetrien der Schaltung unterdrückt. - Das Gewicht der gesamten Einheit wird etwa 150 t betragen.



Ges.-Höhe : ca 2760 mm  
Ges.-Gewicht : ca 156 t

Ringdrossel  
mit 12 Einheiten  
zur Magnetstrom  
Versorgung.



ca 5800

## STEUERUNG UND REGELUNG

von

A. Krolzig

Zur Charakterisierung des Arbeitsgebietes "Steuerung und Regelung" beim Deutschen Elektronen-Synchrotron darf ich kurz eine allgemeine Bemerkung vorausschicken: Im technischen Sprachgebrauch kennzeichnet man mit dem Wort "Steuerung" einseitig gerichtete Wirkungsabläufe. Sie weisen im allgemeinen nur dann den richtigen Zusammenhang zwischen Steuerbefehl und erzielter Wirkung auf, wenn keinerlei Störungen vorliegen. Hingegen werden bei Regelvorgängen laufend Vergleiche zwischen gewünschter und erzielter Wirkung vorgenommen und Störeinflüsse selbsttätig weitgehend ausgeglichen. Es liegt auf der Hand, daß bei einer so ausgedehnten und komplizierten Anlage wie unserem Synchrotron eine Fülle von Aufgaben dieser beiden Arten vorliegt. Die meisten dieser Aufgaben sind mit den Methoden der Fernmelde- und Nachrichtentechnik zu lösen.

Aus der Rubrik "Steuerung" möchte ich als Beispiel für eine Einrichtung mit einseitig gerichteter Wirkung den "Taktgeber" oder "Hauptuhr" herausgreifen. Der Zweck des Gerätes ist die Bereitstellung von Impulsen, die den zeitlich richtigen Ablauf einer Reihe von Funktionen innerhalb der Beschleunigungszyklen von je  $1/50$  Sekunde Dauer sicherstellen. Man kann eine solche Uhr basieren lassen auf der Zeit, etwa die Mikrosekunde als Einheit nehmen, oder man legt die Zahl der Umläufe zugrunde, die die Elektronen in der Maschine zurücklegen. Hierbei wäre die Zählereinheit praktisch konstant und etwas größer als eine Mikrosekunde. Oder aber man wählt als Basis die sich ändernde magnetische Induktion und damit die momentane Energie der Elektronen. Etwa, indem man alle 10 Gauss einen Impuls erzeugt, wobei natürlich die hunderter und tausender entsprechend hervorgehoben werden können.

Soweit es heute übersehbar ist, dürften insbesondere die beiden letztgenannten Arten nützlich sein. Bei der Zählung der Umläufe müssen wegen der nicht vorhandenen Verkoppelung von Magnet und Umlauffrequenz jeweils zum Injektionszeitpunkt schnelle Zähler neu gestartet werden. Um die notwendige Genauigkeit sicherzustellen, sollen diese Zähler 50 bis 100 Mill. Ereignisse in der Sekunde zu zählen in der Lage sein.

Die unter die Rubrik "Regelung" fallenden Entwicklungsaufgaben kann ich nur sehr kurz streifen: Es handelt sich hierbei meist um sogenannte Optimalisierungsprobleme, um die Verbesserung der Regeleigenschaften bis zu den Grenzen, die physikalisch oder wirtschaftlich gegeben sind, oder aber die Sicherstellung stabilen Arbeitens überhaupt.

Nun ist für ein erfolgreiches Steuern und Regeln eine unerläßliche Voraussetzung das Messen. Auch hier wieder ist nicht der Platz, auf die geplanten und im Labor bereits laufenden Arbeiten zum Thema "Meßwert-Erfassung und -Verarbeitung" einzugehen. Ein besonders interessantes Kapitel der Meßtechnik möchte ich jedoch erwähnen:

Die Beobachtung des zu beschleunigenden Elektronenstrahls. Hierzu sind zwei Systeme in Arbeit:

1) Die Meßplattenkammer, mit der dazugehörigen Elektronik.

Das Prinzip, die durch die vorbeifliegenden Ladungspakete in den Meßplatten induzierten Spannungen zu verstärken und für die Messung von Intensität und Ablage des Teilchenstrahles heranzuziehen, hat sich auch zuletzt wieder beim Protonen-Synchrotron in Genf bewährt. Es gilt, eine solche Anlage - den speziellen Anforderungen des Elektronen-Synchrotrons entsprechend - zu entwickeln und bereitzustellen. Wie ein solches System etwa aussehen könnte, soll an Hand eines Diapositives gezeigt werden (Bild 1).

Die Nachweisgrenze dieser Anordnung liegt voraussichtlich bei etwa  $10^8$  bis  $10^9$  Elektronen pro Puls. Das sind 1 o/oo bis 1 o/o der projektierten Strahlstärke.

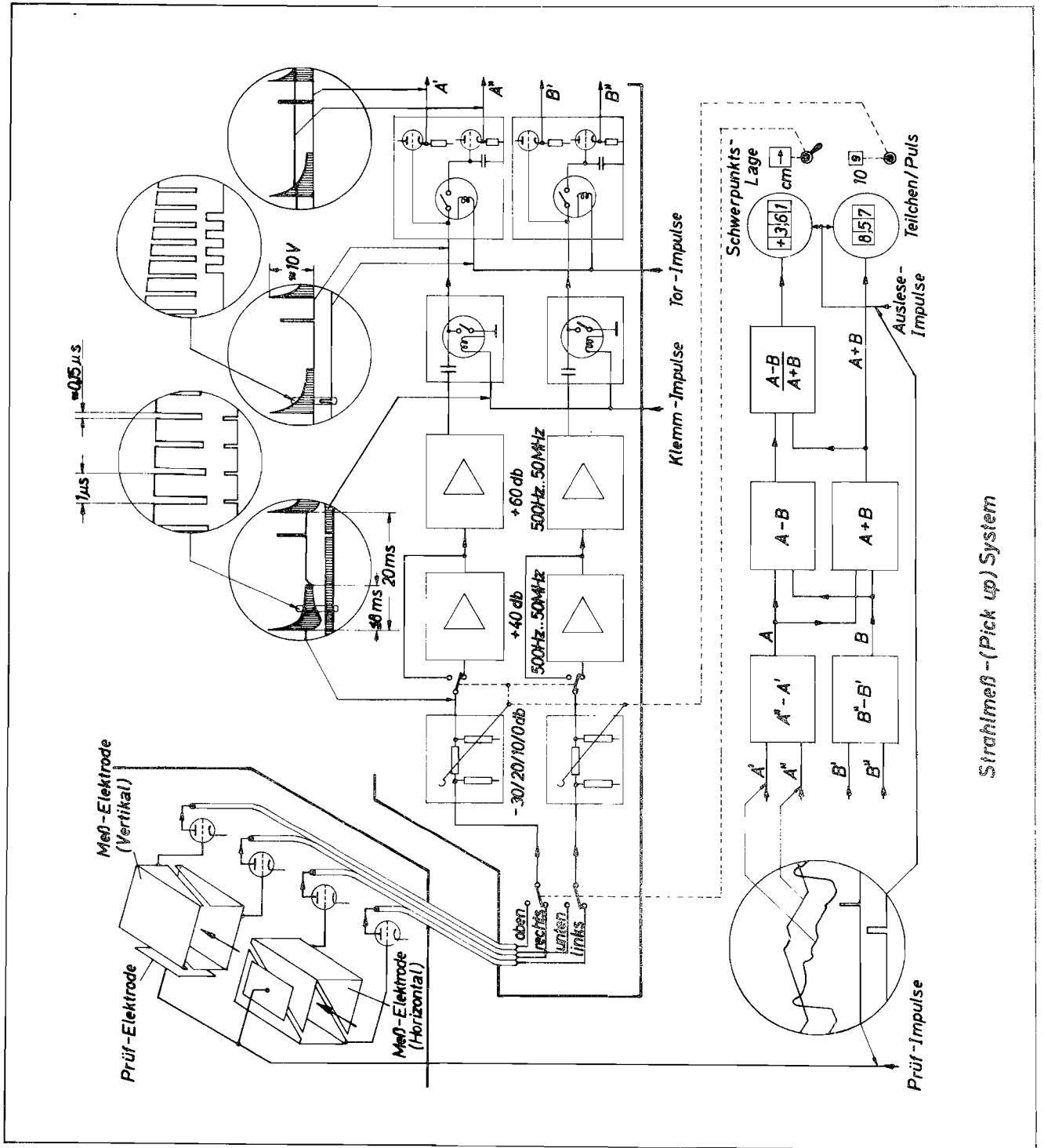
Während dieses System Aussagen über das Verhalten des Strahlschwerpunktes ermöglicht, kann mit dem zweiten die Ladungsverteilung über dem Querschnitt der Vakuumkammer beobachtet werden. Hierzu nun wird die Synchrotronstrahlung herangezogen, die im übrigen ein recht kostspieliges, unerwünschtes Nebenprodukt bei der Elektronenbeschleunigung darstellt. Die abgestrahlten Photonen verlassen bekanntlich die Bahn der Elektronen tangential. Ein Teil von ihnen kann mit einem Linsensystem erfaßt und zur Abbildung des Strahls in Bezug auf eine bestimmte Ebene, z. B. die Mitte eines fokussierenden Sektors, herangezogen werden. Um überhaupt eine für eine eventuelle Fehlersuche verwertbare Information zu gewinnen, muß die Beobachtung auf ein Zeitintervall beschränkt werden, das klein gegen die Dauer des Beschleunigungszyklus ist. Für eine solche gepulste Belichtung läßt sich gut das Speichervermögen von Fernsehaufnahmeröhren verwenden.

Auf diese Weise kann man stroboskopartig die Querschnittsverteilung während der Beschleunigung verfolgen. Allerdings wird nach den bisherigen Vorversuchen und Berechnungen etwa das erste Zehntel des Zyklus unsichtbar bleiben, da dort noch so wenig Energie abgestrahlt wird, daß selbst bei Verwendung von Photokathoden mit Infrarot-Sensibilisierung die Schwelle des thermischen Rauschens nicht überschritten wird. Das nächste Dia (Bild 2) zeigt die spektrale Verteilung der Synchrotronstrahlung bei den Energien, welche die Elektronen bei der Beschleunigung durchlaufen.

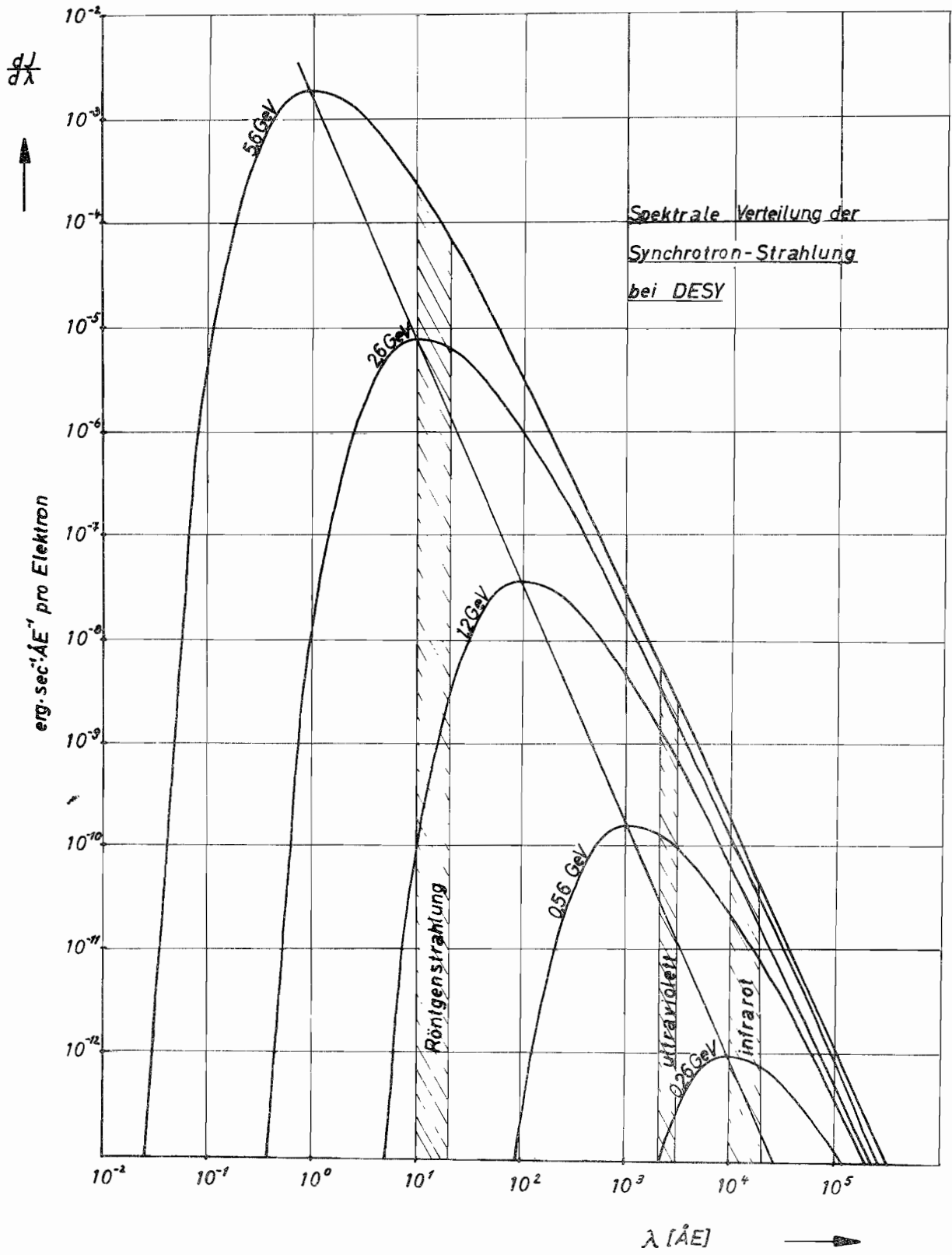
Für die schnelle Ejektion sind extrem kurze Beobachtungsintervalle um eine Mikrosekunde interessant. Hier wieder scheint sich die Möglichkeit zu eröffnen, mit Hilfe von vorgeschalteten Bildwandlern eine spektrale Transponierung aus dem energiereicheren Ultraviolett

oder Röntgengebiet in den sichtbaren Bereich vorzunehmen. Die Arbeiten hierzu sowie zum Thema Strahlbeobachtung mit Meßplattenkammer sind vor einigen Wochen aufgenommen worden.





Strahlmeß-(Pick up) System



## EXPERIMENTE

### AUSRÜSTUNG

von

K. G. Steffen

Als Voraussetzung für ein wirksames Experimentieren mit dem Synchrotron sind umfangreiche experimentelle Vorbereitungen notwendig, von denen ich hier einige herausgreifen möchte.

Das Beschleunigerprojekt wird erst dann als abgeschlossen zu betrachten sein, wenn die größtmögliche Teilchenzahl nicht nur im Synchrotron beschleunigt wird, sondern auch durch die Zähler der Experimente hindurchgeht. Den Problemen der Strahlauslenkung aus dem Synchrotron und der Strahlführung bis an den Ort des Experimentes ist daher die gleiche Sorgfalt zuzuwenden wie dem Beschleuniger selbst.

Die Zahl der beschleunigten Elektronen wird - wie wir hoffen - einem mittleren Strom von einigen Zehntel  $\mu\text{A}$  entsprechen. Läßt man den Elektronenstrahl auf ein in die Vakuumkammer eingebrachtes Target treffen, so können etwa 20 % der Strahlleistung in Form von Bremsstrahlung aus dem Synchrotron herausgeführt werden. Die Eigenschaften eines solchen Gammastrahles sind in der ersten Tabelle zusammengestellt. Die Pulsdauer kann zwischen einer  $\mu\text{sec}$  und einigen hundert  $\mu\text{sec}$  ausgewählt werden; wir rechnen mit einer Streuung der Maximalenergie von weniger als 1 % und mit einer horizontalen Strahldivergenz von  $\pm 4$  mrad.

Es ist grundsätzlich möglich, auch den Elektronenstrahl aus dem Synchrotron herauszuführen. Das Prinzip der Auslenkung besteht darin, daß durch einen Ablenkmechanismus die Lage der Teilchenbahnen von Umlauf zu Umlauf sprunghaft verschoben wird. Die Teilchen können dann in einen Ablenkmagneten eintreten, dessen Streufeld durch eine

dünne Trennwand abgeschirmt ist. Einige Teilchen werden auf diese Trennwand stoßen und verlorengehen, doch kann man erreichen, daß dies - theoretisch - nicht mehr als 30 % sind. Man kann demnach hoffen, daß die wirkliche Elektronenausbeute etwa bei 20 - 50 % liegen wird. Die weiteren Eigenschaften des Elektronenstrahls sind ebenfalls in der Tabelle angegeben; sie stimmen mit denen des Gammstrahls im wesentlichen überein.

Eine lange Pulsdauer ist für Zählerexperimente besonders wichtig, weil sie die Zahl der zufälligen Koinzidenzen herabsetzt. Wenn es gelingt, einen äußeren Elektronenstrahl von einigen hundert  $\mu$ sec Pulsdauer zu erzeugen, so wären wir in dieser Beziehung sehr im Vorteil gegenüber dem Stanford Linearbeschleuniger, dessen Pulsdauer nur eine  $\mu$ sec beträgt. Wir haben dagegen den Nachteil einer schlechteren Strahldefinition.

Der Strahltransport bis zum Ort des Experimentes ist verhältnismäßig einfach bei Gammastrahlen. Hier braucht man vor allem Kollimatoren und Reinigungsmagnete, die eine Verunreinigung durch geladene Teilchen entfernen. Die in dem Gammastrahl vorhandenen Neutronen lassen sich leider nicht auf einfache Weise daraus beseitigen.

Um geladene Teilchenstrahlen mit Impulsen von einigen GeV/c auszu-sondern und zu transportieren, ist im allgemeinen ein sehr großer technischer Aufwand notwendig. Schon ein einfaches Experiment braucht in der Regel mehrere Gleichstrommagnete, die einige zehn Tonnen schwer sind, einige hundert Kilowatt verbrauchen und einige hunderttausend DM kosten. Das nächste Bild (2) zeigt Experimentiermagnete im Querschnitt, wie sie bei CERN entwickelt wurden. Das erste ist ein Ablenkmagnet zur Impulsaussonderung, das zweite eine magnetische Quadrupollinse zur Fokussierung. Das eingezeichnete Längenmaß ist 1 m. Die Erregerspulen sind durch Kreuzschraffierungen hervorgehoben. Für Teilchen von 6 GeV/c hat ein  $20^\circ$  Ablenkmagnet eine Länge von etwa 5 Metern, und eine Quadrupollinse mit einer Brennweite

von 5 Metern ist ebenfalls 5 Meter lang.

Beim Durchgang durch ein Magnetfeld werden Teilchen verschiedener Masse in gleicher Weise abgelenkt, wenn sie den gleichen Impuls haben. Wenn man diesem Magnetfeld jedoch ein darauf senkrecht stehendes elektrisches Ablenkkfeld überlagert, so kann man erreichen, daß die Teilchen einer gewünschten Masse unabgelenkt hindurchgehen, während die Teilchen anderer Masse aus dem Strahl herausgelenkt werden. Dieses Prinzip läßt sich z. B. bei der Reinigung eines Antiprotonenstrahles von seinem - vielleicht  $10^5$  fachen  $-\pi$  Mesonen-Untergrund mit Erfolg anwenden. Das nächste Bild (3) zeigt einen Querschnitt durch einen solchen Teilchenseparator. Zwischen den Elektroden liegt eine Spannung von der Größenordnung 500 Kilovolt. Das Magnetfeld wird mit den außen angebrachten Spulen erzeugt. Ein solcher Separator ermöglicht die Abtrennung von Antiprotonen bis zu etwa  $3 \text{ GeV}/c$ ; er hat dann eine Länge von 30 - 40 Metern. Bei höheren Impulsen wird er zu aufwendig, weil seine Akzeptanz mit der dritten Potenz des Impulses abnimmt. Dann lassen sich andere Methoden wirksamer verwenden, auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Die Aufgaben der Strahlführung sind von der besonderen Eigenart der zu planenden Experimente weitgehend unabhängig und sollten daher nach einheitlichen Grundsätzen vorbereitet werden.

Anders dagegen ist es bei der Vorbereitung der speziellen Geräte zur Durchführung und Auswertung der Experimente. Hier sind die Erfordernisse weitgehend durch das geplante Experiment bestimmt. Die nächste Tabelle (4) gibt jedoch unabhängig davon eine Zusammenstellung der Nachweisgeräte, die für die Experimente infrage kommen. Sie sind dort gegliedert in:

Zähler mit z. B. Szintillations- und Cerenkovzählern,

langsame Spurendetektoren mit Nebelkammer, Blaskammer  
und Kernemulsionen,

schnelle Spurendetektoren mit z. B. Lumineszenzkammern

und schließlich

spezielle Geräte für Messungen an Gammastrahlen.

Aus dieser Zusammenstellung möchte ich zwei Beispiele herausgreifen: Die Wasserstoff-Blaskammer als das technisch aufwendigste Projekt und die Lumineszenzkammer als dasjenige, das noch am meisten in den Kinderschuhen steckt und die umfangreichste Entwicklungsarbeit erfordert.

In der Blaskammer erscheinen die Bahnen geladener Teilchen als Spuren von Dampfbläschen in einer überhitzten Flüssigkeit. Die Wasserstoff-Blaskammer hat den Vorteil, daß sie ein reines Protonentarget darstellt. Sie ermöglicht das Studium von Vielteilchen-Prozessen, die sich mit Zählern nicht erfassen lassen, und erlaubt eine genaue Impulsbestimmung aus der Krümmung der Teilchenbahnen im magnetischen Feld. Sie macht maximal etwa eine Aufnahme pro Sekunde. Zur Abschirmung des Neutronenuntergrundes muß sie mit einer dicken Beton-Abschirmwand umgeben werden, deren Volumen mehrere hundert Kubikmeter betragen kann. Bei Blaskammer-Aufnahmen im Gamma- oder Elektronenstrahl besteht die Schwierigkeit, daß die elektromagnetische Kaskade die interessanten Ereignisse überschattet. Man kann ihr aber dadurch entgegenwirken, daß man den Strahl magnetisch abschirmt oder räumlich auseinanderzieht. Viele Experten stimmen deshalb darin überein, daß die Wasserstoff-Blaskammer auch für die Forschung an einem Elektronen-Beschleuniger ein ganz zentrales Hilfsmittel ist.

Bei der Lumineszenzkammer werden Teilchenbahnen in einem szintillierenden Medium sichtbar gemacht. Dieses Medium ist entweder

ein Einkristall, z. B. aus gekühltem CsI, oder eine Matrix aus fadenförmigen, organischen Szintillatoren, die schichtweise senkrecht aufeinander liegen. Eine schematische Darstellung zeigt das nächste Bild (5). In beiden Fällen liegt die Hauptschwierigkeit in der geringen Leuchtintensität der Teilchenspuren; sie macht die Verwendung von Bildverstärkern erforderlich. Bei der Fadenmatrix besteht ein direkter optischer Kontakt zur Photokathode des Bildverstärkers, während beim Einkristall ein Linsensystem dazwischen geschaltet werden muß, welches das Innere des Kristalls auf die Photokathode abbildet. Geeignete Bildverstärker befinden sich an mehreren Stellen in der Entwicklung; sie müssen - damit das Bild photographiert werden kann - einen Verstärkungsfaktor von der Größenordnung  $10^6$  besitzen.

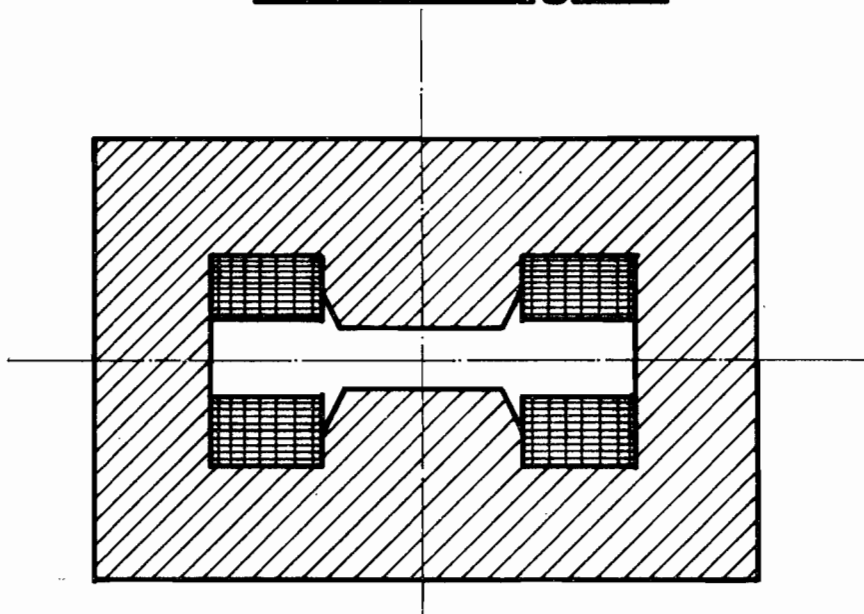
Die Lumineszenzkammer vereinigt in sich den Vorteil der sichtbaren Spur mit dem Vorteil eines hohen zeitlichen Auflösungsvermögens und wird daher eine große Bedeutung gewinnen. Aber auch die anderen Typen von Nachweisgeräten werden bei den Experimenten benötigt werden, und es ist zu wünschen, daß interessierte Institute sich weitgehend an ihrer Vorbereitung beteiligen und schon bald beginnen, sich in die verschiedenen Gebiete einzuarbeiten.

## Strahleigenschaften

	Gammastrahl	Elektronenstrahl
Ausbeute	10 - 20%	≤ 50 %
Pulsdauer	1- ~500 μsec	1- ~500 μsec
Energiestreuung	≤ 1 %	≤ 1 %
horizontale Strahl- divergenz	± 4 mrad	± 3 m rad

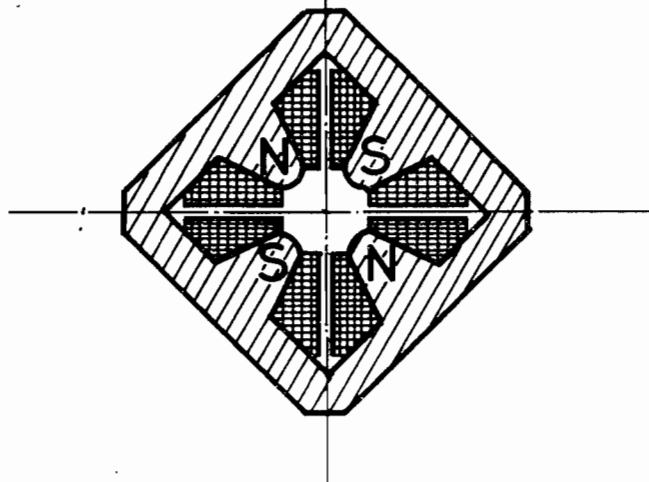


# Ablenkmagnet

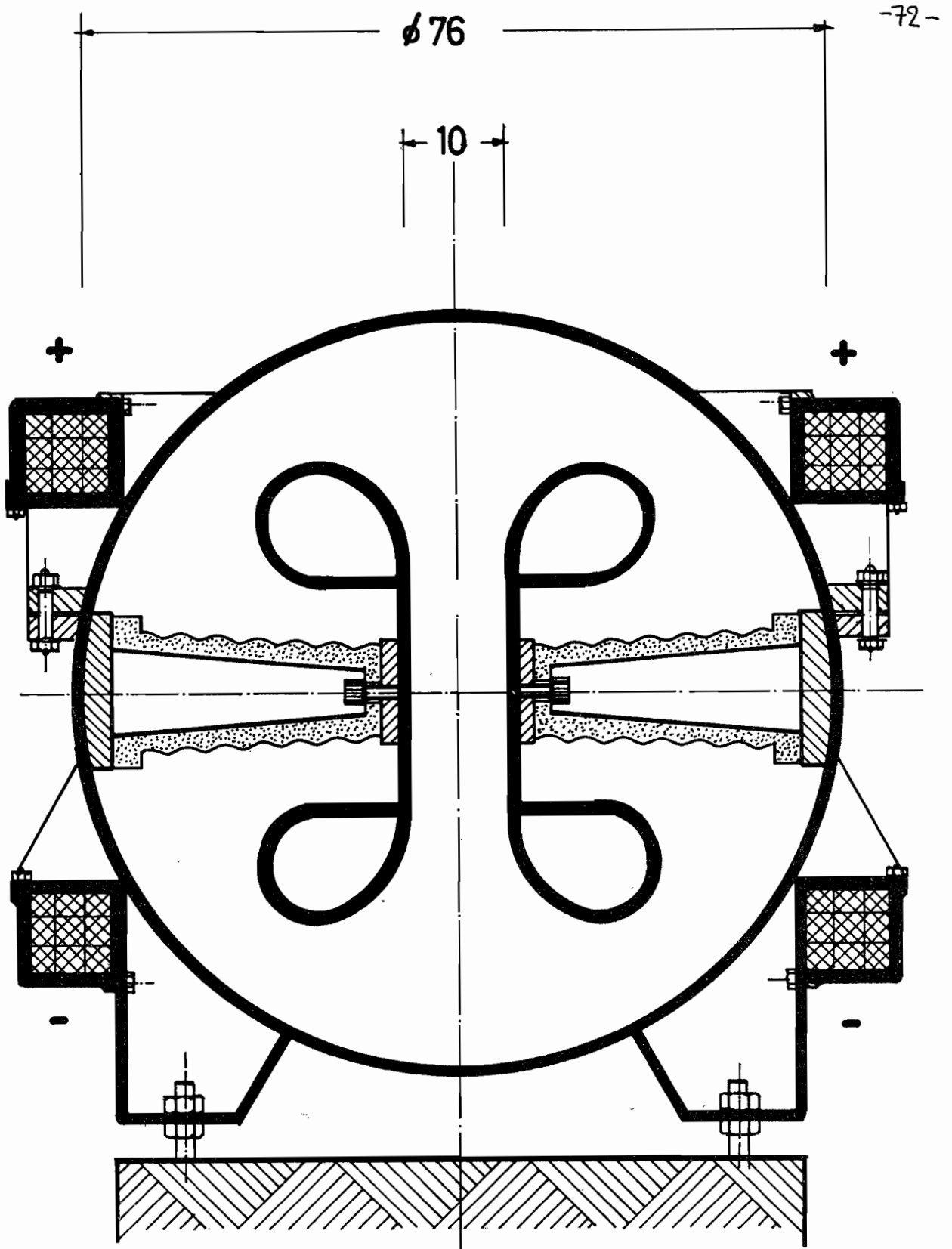


0                      0,5                      1,0 m

# Quadrupol-Linse



<b>DESY</b>	gez.:	Date:	Name:	Gruppe:	M8
	gepr.:	10.12.59	Krause	Zchg. No.:	D2
	gen.:			Blatt No.:	
Maßstab: 1:20	Ablenkmagnet Quadrupol-Linse			Ersatz für:	
				Ersetzt durch:	
				x ausf.:	
				ausgef. von:	
				Auftrag No.:	



<b>DESY</b>	gez.:	Datum	Name	Gruppe: M 8
	gepr.:	10.12.59	<i>V. K...</i>	Zchg. No.:
Maßstab: Maße in cm	gen.:			Blatt No.:
	<u>Teilchen - Separator</u>			Ersatz für:
				Ersetzt durch:
				x ausf.:
			ausgef. von:	
			Auftrag No.:	

## Nachweisgeräte für die Experimente

### A. Zähler:

Ionisationskammern, Proportional- u. Auslösezählrohre,  
Szintillationszähler, Čerenkov - Zähler

### B. „Langsame“ Spurendetektoren:

Nebelkammern

Blasenkammern (Wasserstoff, Propan u.  
schwere Flüssigkeiten)

Kernemulsionen, Fotoplattenlabor

Methoden u. Apparate  
zur Bildauswertung

### C. „Schnelle“ Spurendetektoren:

Plattenzähler

Lumineszenzkammern, Bildverstärker

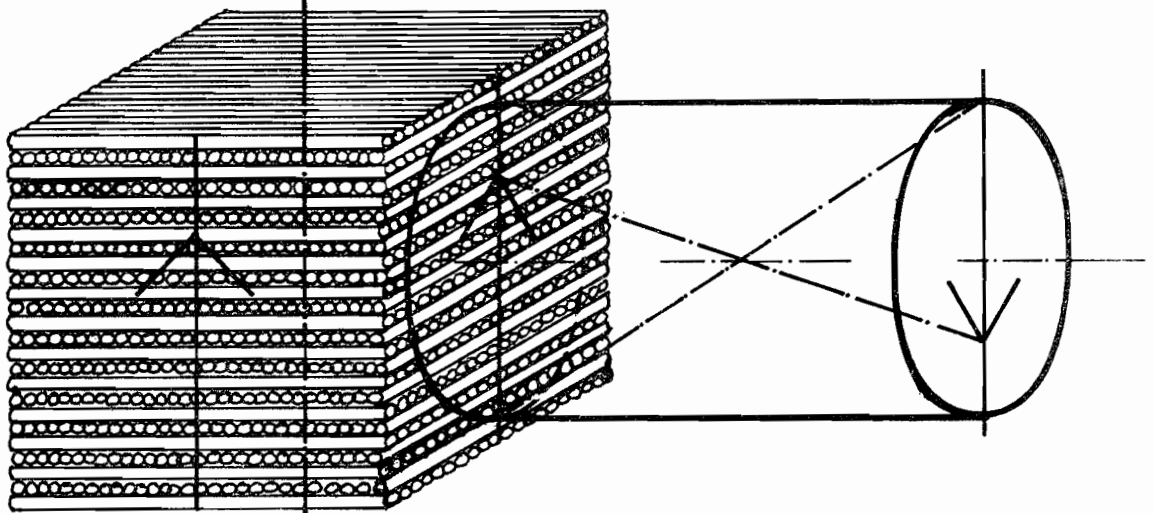
Hodoskopkammern

### D. Gammastrahl - Detektoren:

Paarspektrometer

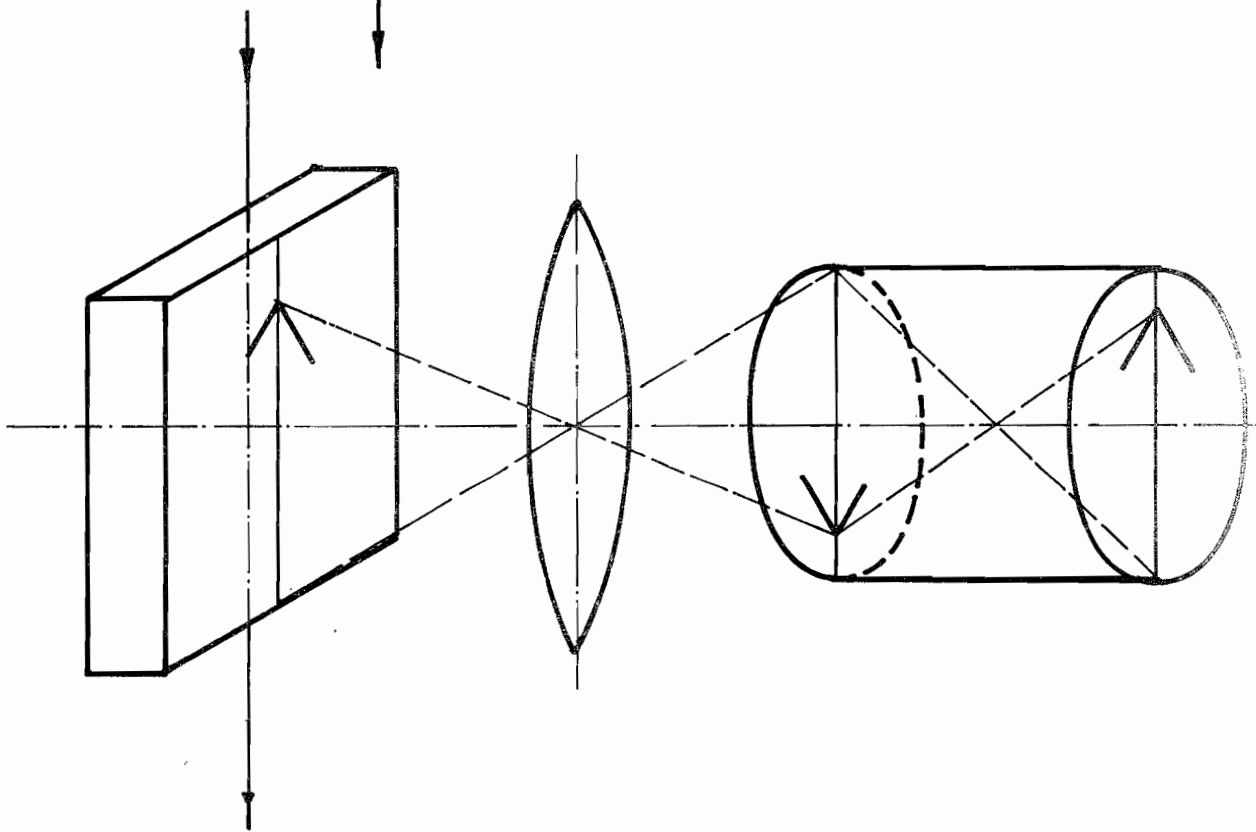
Quantameter

„shower detectors“



Fadenmatrix

Bildverstärker



CsJ - Kristall

Linse

Bildverstärker

# Lumineszenzkammern (schematisch)

## BEISPIELE

von

W. Jentschke

Abgesehen von den allgemeinen Vorbereitungen für die Durchführung der Experimente sind - wie Herr Steffen eben erwähnte - die notwendigen experimentellen Apparaturen von der Art der geplanten Experimente abhängig. Ich möchte daher eine Übersicht über einige typische Experimente geben. Dabei sollen besonders diejenigen diskutiert werden, die nur mit Gamma- oder Elektronenstrahlen (also mit einem Elektronen-Beschleuniger) durchgeführt werden können.

In Tabelle I sind die Haupttypen der Experimente zusammengefaßt:

1. Photoerzeugung und Untersuchung der Eigenschaften und Wechselwirkung der Elementarteilchen:

a) Mesonen ( $\pi, \mu$ ) und Nukleonen

b) gekoppelte Erzeugung (associated production) der strange particles:

K-Mesonen und Hyperonen ( $\Lambda, \Sigma, \Xi$ )

c) Paarerzeugung: Teilchen und Antiteilchen

$\mu$ -Mesonen-Paare,  $\pi$ -Mesonen-Paare

K-Mesonen-Paare

Nukleonen-Paare: Proton und Antiproton

Neutron und Antineutron

Hyperonen-Paare:  $\Lambda + \bar{\Lambda}$ ,  $\Sigma + \bar{\Sigma}$ ,  $\Xi + \bar{\Xi}$

2. Erzeugung und Untersuchung der Eigenschaften und Wechselwirkung der unter 1) angeführten Teilchen durch Elektronen

3. Suche nach neuen Teilchen, die vorwiegend durch elektromagnetische Wechselwirkung entstehen

4. Untersuchung der Grenzen der Quantenelektrodynamik bei hohen Energien und kleinen Dimensionen
  - a) Elektron-Elektron-Streuung
  - b) Paarerzeugung in Wasserstoff bei großen Winkeln
  - c) Bremsstrahlung bei großen Winkeln
  
5. Untersuchung der Struktur des Protons, Neutrons und der zusammengesetzten Kerne:
  - a) durch elastische Elektronenstreuung  
z.B. Elektron-Proton, Elektron-Deuteron, Elektron-C<sup>12</sup>
  - b) durch unelastische Elektronenstreuung  
z.B. Bestimmung des Formfaktors des e- $\pi$ -Systems
  
6. Systematische Untersuchung von Mehrfach-Prozessen:  
z.B.  $\gamma + p \rightarrow p + \pi + \pi^-$  oder  $\gamma + p \rightarrow p + \bar{p} + p + \pi^0$
  
7. Genauere Untersuchung des Bremsstrahlspektrums:  
(Kohärente Bremsstrahlen, polarisierte Gamma-Strahlen, energiehomogene Gamma-Strahlen)
  
8. Herstellung intensiver sekundärer Teilchenströme:  
Messung von Wirkungsquerschnitten sekundärer Teilchen  
Messung von Halbwertszeiten  
Untersuchung von Zerfallsprodukten

Frage: Können wir alle Elementarteilchen darstellen?

Reicht die Energie aus?

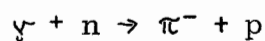
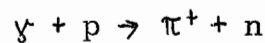
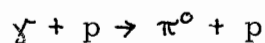
Tabelle II zeigt, daß mit einer einzigen Ausnahme ( $\Xi^-$ -Teilchen) alle bisher bekannten Elementarteilchen mit der zur Verfügung stehenden Energie von 6 GeV erzeugt werden können.

Reaktionsprodukte aus  $\gamma + N$

Reaktionsprodukte	Schwellenwert in GeV	max. kin. Energie bei 6 GeV	Tot. Wirkungsquerschnitt bei 1 GeV ( $\times 10^{-30} \text{ cm}^2$ )
$N + \pi^0$	0.145	5.86	25
$N + \pi^+$	0.150	5.80	25
$N + \pi^+ + \pi^-$	0.340		50
$N + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$	0.510		
$K + \Lambda$	0.910	5.30 f. K od. $\Lambda$	$\sim 2$
$K + \Sigma$	1.050	5.18 f. $\Sigma$	$\sim 1$
$N + K + \bar{K}$	1.51	4.86 f. $\bar{K}$	
$\Xi + 2K$	2.37	4.60 f. $\Xi$	
$N + N + \bar{N}$	3.75	3.48 f. $\bar{N}$	
$N + \Lambda^0 + \bar{\Lambda}^0$	4.88	2.70 f. $\bar{\Lambda}$	
$N + \Sigma + \bar{\Sigma}$	5.41	2.30 f. $\bar{\Sigma}$	
$N + \Xi + \bar{\Xi}$	6.36		

Im folgenden sollen zunächst einige typische experimentelle Anordnungen gezeigt werden, die im wesentlichen an Apparaturen anschließen, die sich schon bei Versuchen mit Gamma-Strahlen in dem Energiebereich bis etwa 1,5 GeV bewährt haben. Es ist wahrscheinlich der beste Weg, Erfahrungen auf dem noch unbekanntem Gebiet zu sammeln, wenn man die Versuche so anlegt, daß die Energie stufenweise erhöht wird.

Eine typische Anordnung für die Messung der Reaktionen



ist folgende: Die Gamma-Strahlen treten in einem engen Konus aus und werden durch einen Magneten von geladenen Teilchen gesäubert. Sie treffen dann auf ein flüssiges Wasserstoff-Target, das aus einem dünnwandigen Behälter, gefüllt mit flüssigem Wasserstoff, besteht. Der Nachweis der Reaktionsprodukte kann aus Bild 1 ersehen werden. Teilchen, die vom Target emittiert sind, fliegen bei geeigneter Richtung zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten hindurch. Bei richtigem Impuls durchsetzen sie einen Satz von Szintillationszählern  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  und die Absorber  $A_2$  und  $A_3$  (Zählerteleskop). Dabei können Teilchen einer bestimmten Masse durch Messung der Reichweite und Messung von  $dE/dx$  (Messung der Höhe des Signals im Szintillationskristall) oder durch eine Flugzeitmessung (Messung der Flugzeit zwischen den Zählern  $C_0$  und  $C_2$ ) ausgesondert und identifiziert werden. Durch diese Kombination eines magnetischen Spektrometers und eines Zählerteleskops können  $\pi^-$ - und K-Mesonen und Protonen getrennt registriert und die Größen ihrer Wirkungsquerschnitte gemessen werden.

Da in den oben genannten Reaktionen immer nur 2 Reaktionsprodukte entstehen, kann bei Festlegung von Impuls und Winkel eines der Zerfallsprodukte eindeutig auf die Energie des wirksamen Gamma-Quants aus dem vorliegenden kontinuierlichen Bremsstrahlspektrum geschlossen werden. Dabei ist noch die Bedingung gegeben, daß der andere Reaktionspartner das einzig mögliche Reaktionsprodukt ist.

Da bei den hohen Energien auch Mehrfachprozesse (z.B.  $\gamma + p \rightarrow p + \pi^+ + \pi^-$ ) mit großer Häufigkeit auftreten, sind die energetischen und kinematischen Bedingungen so zu wählen, daß diese Mehrfachprozesse nicht stören können. Beim Vorhandensein von Mehrfachprozessen müssen Kontrollversuche vor allem in Form von Koinzidenzmessungen durch gleichzeitige Messung beider Reaktionspartner durchgeführt werden.

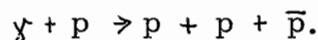
Eine Anordnung, wo beide Reaktionspartner in Koinzidenz gemessen werden, sehen Sie im nächsten Bild (2). Die Protonen durchlaufen



das Feld des Analysiermagneten und werden in einem Teleskop registriert, die Zerfalls-Gamma-Strahlen des  $\pi^0$  werden mit Szintillationszählern gemessen. Bei der Möglichkeit von Mehrfachprozessen sind solche Koinzidenzanordnungen oft nicht zu umgehen.

Eine Gesamtansicht einer Anordnung mit einem 1,5 GeV Synchrotron sieht man im nächsten Bild (3). Rechts das Synchrotron, der Gamma-Strahl läuft quer durch die Experimentierhallen. Man sieht zwei experimentelle Apparaturen, der Gamma-Strahl wird also doppelt ausgenutzt. Er durchsetzt zuerst ein Gas-Wasserstoff-Target und dann ein flüssiges Wasserstoff-Target. Der Strahl endet in einem großen Bleizylinder. Ein magnetisches Spektrometer ist bei dem Gas-Target aufgestellt, und zwei Spektrometer können um das flüssige Target herumgeschwenkt werden. Solche Anordnungen können direkt für Messungen bei höheren Energien benutzt werden, man muß nur bei größeren Winkeln arbeiten oder leistungsfähigere Magnete bauen.

Im folgenden soll eine Apparatur skizziert werden, welche die Photoerzeugung von Antiprotonen nachweisen lassen sollte. Diese erfolgt gemäß der Reaktion



Gemäß Tabelle II besitzt dieser Prozess einen Schwellenwert von 3,8 GeV, und er ist in einem Energiebereich von 3,8 - 4,25 GeV eindeutig charakterisiert. Bei einer Laboratoriumsenergie von 4,25 GeV des Photons besitzt das Antiproton eine Energie von 660 MeV und einen Impuls von etwa 1,3 GeV/c. Der Erfolg des Experimentes hängt im wesentlichen von der Größe des Störuntergrundes ab. Er kann aus Messungen, die in Berkeley bei vergleichbarer Energie durchgeführt wurden, und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die primären Teilchen nicht Protonen, sondern Gamma-Strahlen sind, abgeschätzt werden. Treffen Gamma-Strahlen von 6 GeV ein Wasserstoff-Target, so entsteht neben Antiprotonen ein Untergrund

von Protonen, Neutronen, Elektronen,  $\pi$ -Mesonen,  $\mu$ -Mesonen (aus dem Zerfall des  $\pi$ ), K-Mesonen. Am störendsten sind dabei die Elektronen und  $\pi$ -Mesonen. Die Intensität der Elektronen,  $\pi$ -Mesonen, K-Mesonen und Antiprotonen verhält sich etwa wie  $10^7 : 10^3 : 2 : 10^{-2}$ . Es ist klar, daß zunächst vor allem die zahlreichen Elektronen entfernt werden müssen, um die Antiprotonen nachweisen zu können.

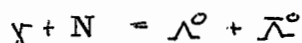
Auf dem nächsten Bild (4) ist die Versuchsanordnung wiedergegeben. Sie besteht aus zwei Ablenkmagneten, die Teilchen mit Impulsen von etwa 1,3 GeV um  $20^\circ$  ablenken. Ein Quadrupollinsen-Triplet fokussiert die Strahlen auf einen Bleiabsorber, der zur Schwächung der im Strahl vorhandenen Elektronen dient. Nach einer zweiten  $20^\circ$ -gradigen Ablenkung durch einen weiteren Analysiermagneten können die Antiprotonen in einem Teleskop, das aus Szintillationszählern ( $S_1$ ,  $S_2$ ) und geschwindigkeitsselektiven Cerenkov-Zählern ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ) besteht, nachgewiesen werden.

Zur Herstellung von Antiprotonen, die im wesentlichen auch frei von  $\pi$ -Mesonen sind, müssen viel kompliziertere Apparaturen Verwendung finden. Eine Anordnung, wie sie in Berkeley zur Herstellung eines solchen Antiprotonenstrahles konstruiert wurde, sehen Sie im nächsten Bild (5). Verwendung fand eine Reihe von Ablenkmagneten, Linsen und ein Geschwindigkeitsseparator mit gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern, wie er bereits von Herrn Steffen erwähnt wurde. Schließlich prüfen fünf Zähler, die miteinander in verzögerter Koinzidenz verbunden sind, die Korrektheit der Geschwindigkeit des Antiprotons. Der gesamte Leistungsaufwand beträgt 1 MWatt.

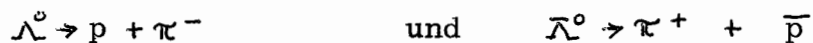
Zum Schluß soll noch auf die Verwendung von Lumineszenz-Kammern und Plattenzählern (spark counters) bei Hochenergieversuchen hingewiesen werden. Beide Apparaturen existieren noch nicht in der für solche Versuche gewünschten Form. Sie gehören aber zu solchen Typen von Apparaturen, welche die Vorteile der Zählerdetektoren (hohes Auflösungsvermögen von  $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$  sec) mit denen der

visuellen Detektoren (Sichtbarmachen oder Photographieren der geladenen Bahnsuren) verbinden. Für Elektronen-Synchrotrons mit hoher Impulsfrequenz ist die Verwendung solcher Apparaturen mit schnellem Anspruchsvermögen sehr wesentlich. Zwei Typen von Lumineszenz-Kammern sind bisher bekannt: Die eine besteht z. B. aus einem großen Block eines NaJ- oder CsJ-Kristalls, die andere aus dünnen, langen und zylinderförmigen organischen Szintillationsmaterialien, die wie ein Kreuzgitter aufeinander gelegt werden. Beide Typen sind an verschiedenen Stellen in der Entwicklung begriffen.

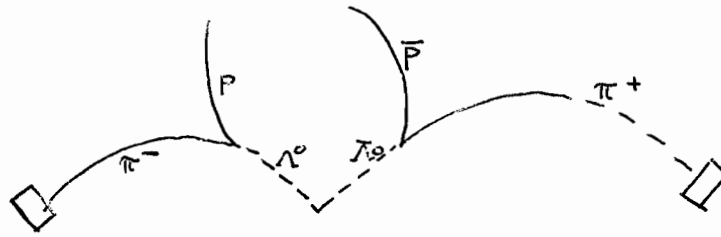
Als Anwendungsbeispiel für eine Lumineszenz-Kammer soll der Nachweis der Reaktion



diskutiert werden. Der Schwellenwert für diese Reaktion liegt bei etwa 4,9 GeV. Die Teilchen zerfallen in



Da die Lebensdauer dieser Teilchen etwa  $2,6 \times 10^{-10}$  sec beträgt und die Fluglänge höchstens einige cm, müssen die Reaktionsprodukte ganz in der Nähe des Entstehungsortes nachgewiesen werden (Bild 6). Ein sorgfältig ausgeblendeter Gamma-Strahl durchsetzt ein etwa 50 cm langes flüssiges Wasserstoff-Target mit dünnen Fenstern. Dieses Target ist von einer Lumineszenz-Kammer aus einem Material mit hohem zeitlichen Auflösungsvermögen ( $10^{-7}$  sec) umgeben. Die Größe dieser Kammer müßte etwa  $50 \times 30 \times 30$  cm betragen; sie befindet sich in einem Magnetfeld. Bei Abschätzung des noch zulässigen Störuntergrundes können etwa  $10^7$  bis  $10^8$  wirksame Quanten pro Sekunde das Target treffen, und es wäre etwa eine Paarbildung von  $\Lambda + \bar{\Lambda}^0$  pro 10 - 100 sec zu erwarten. Die Leuchtspuren des Zerfallsproduktes würden die Identifizierung ermöglichen.



Zerfallsprodukte von  $\Lambda_0$  und  $\bar{\Lambda}_0$

Da etwa  $10^5$  andere Ereignisse vor sich gehen, bevor die gewünschte Reaktion eintritt, müßten die zu suchenden Vorgänge durch Koinzidenzen mit Signalen, die von außen befindlichen Szintillationszählern herrühren, ausgesondert werden.

Ich konnte wegen der Kürze der Zeit nur einige willkürliche Beispiele herausgreifen; ich möchte insbesondere noch auf die Untersuchung der Struktur der Materie durch Elektron-Nukleon-Streuung hinweisen, die eine wertvolle Ergänzung und Erweiterung zu den Stanford-Experimenten darstellen könnte, wenn es gelingt, einen geometrisch wohl definierten Elektronenstrahl aus dem Synchrotron auszulenken.

Der Diskussion über die Experimente liegen teilweise CEA-Berichte zugrunde.

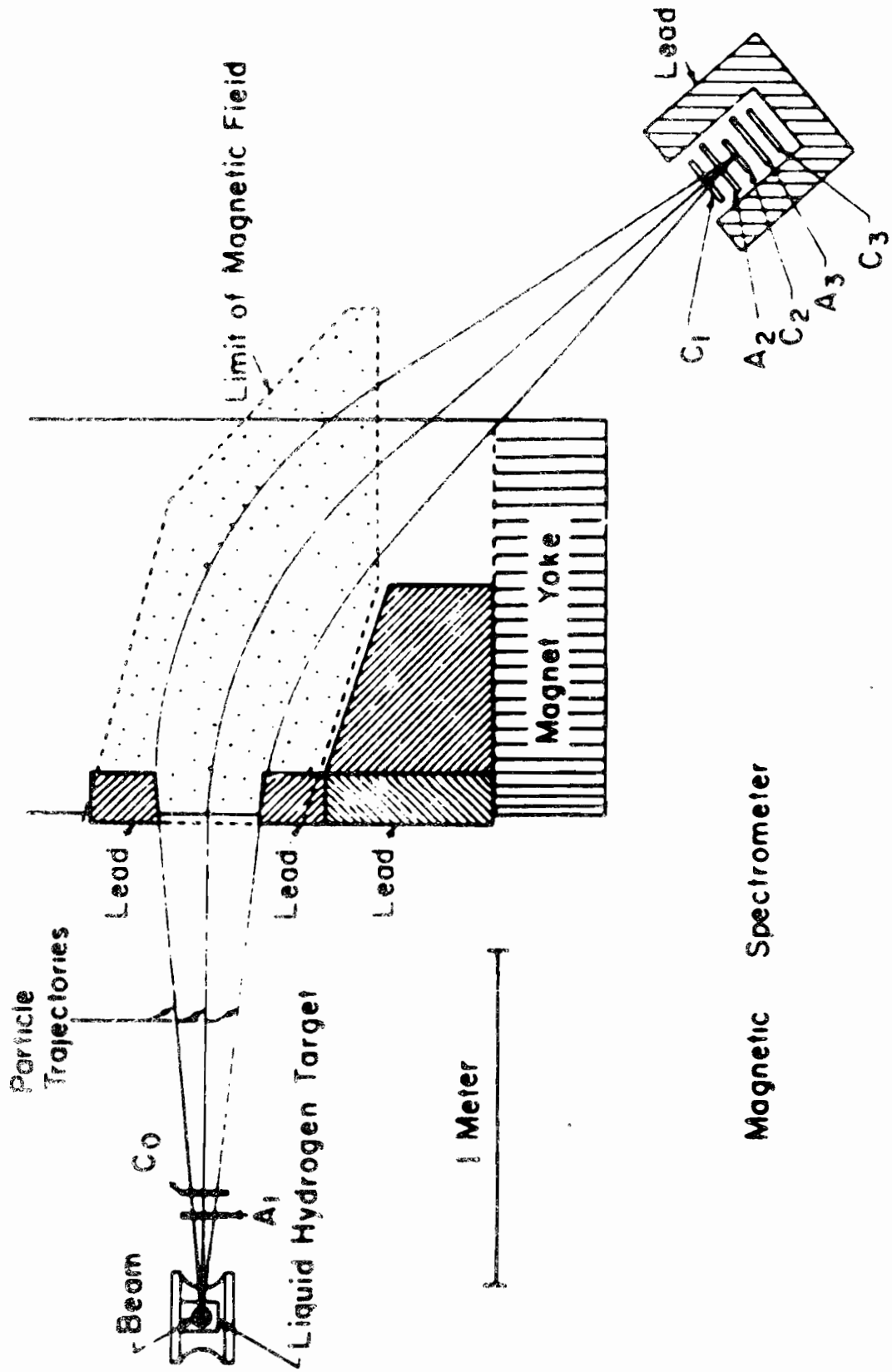


Figure 1. Diagram of a magnetic spectrometer

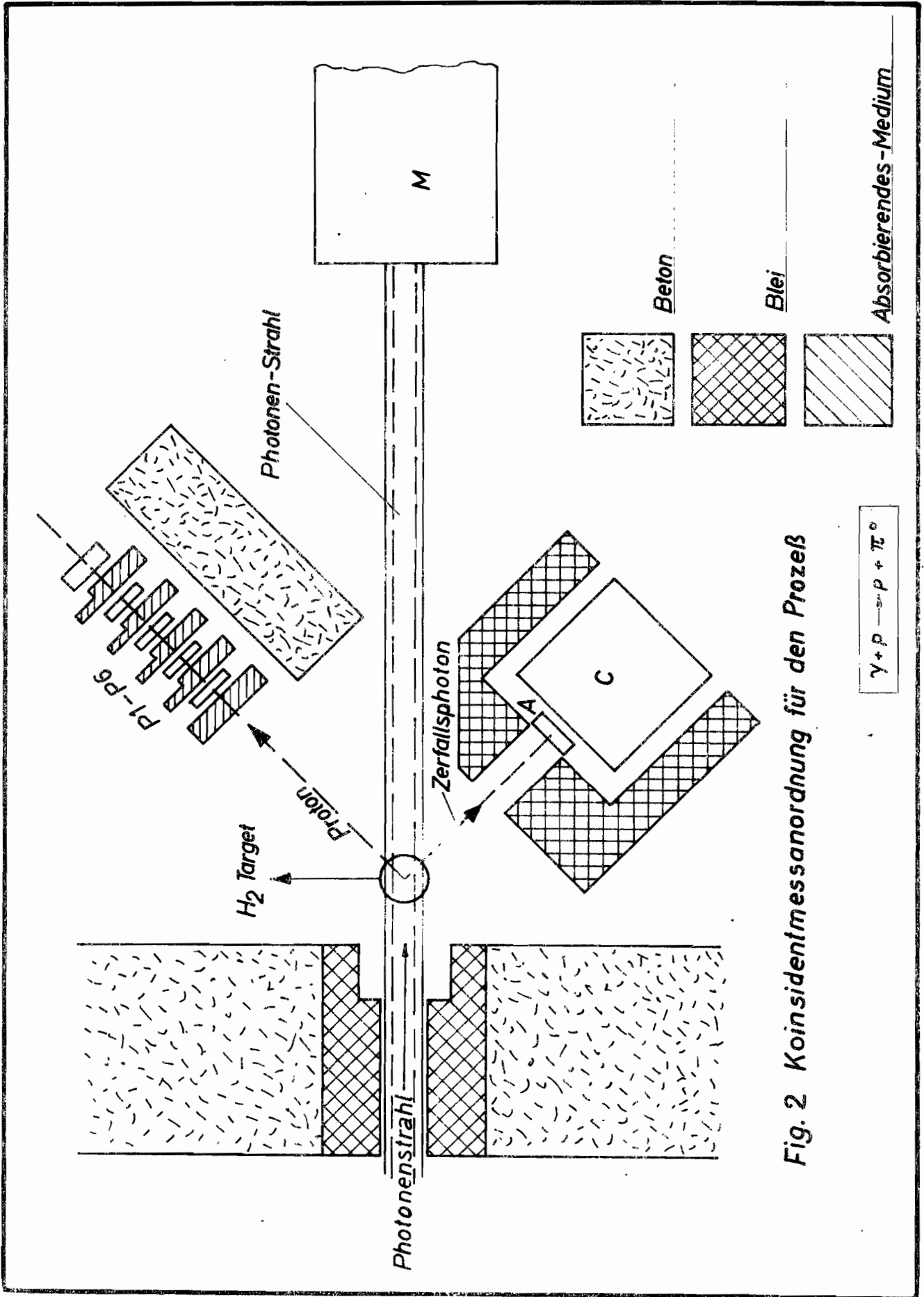


Fig. 2 Koinzidentmessanordnung für den Prozess

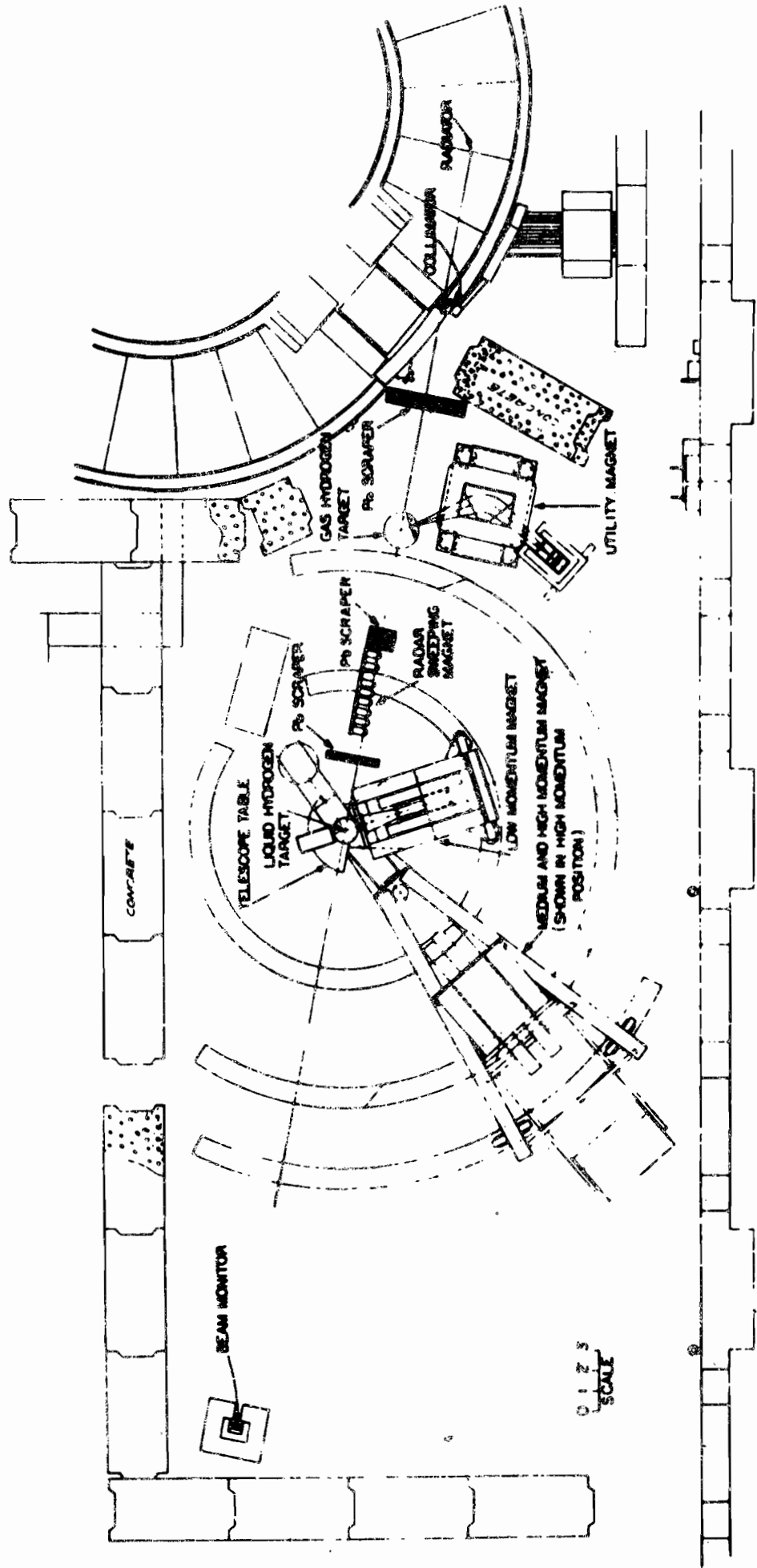


Figure 3. Arrangement of the experimental area of the synchrotron

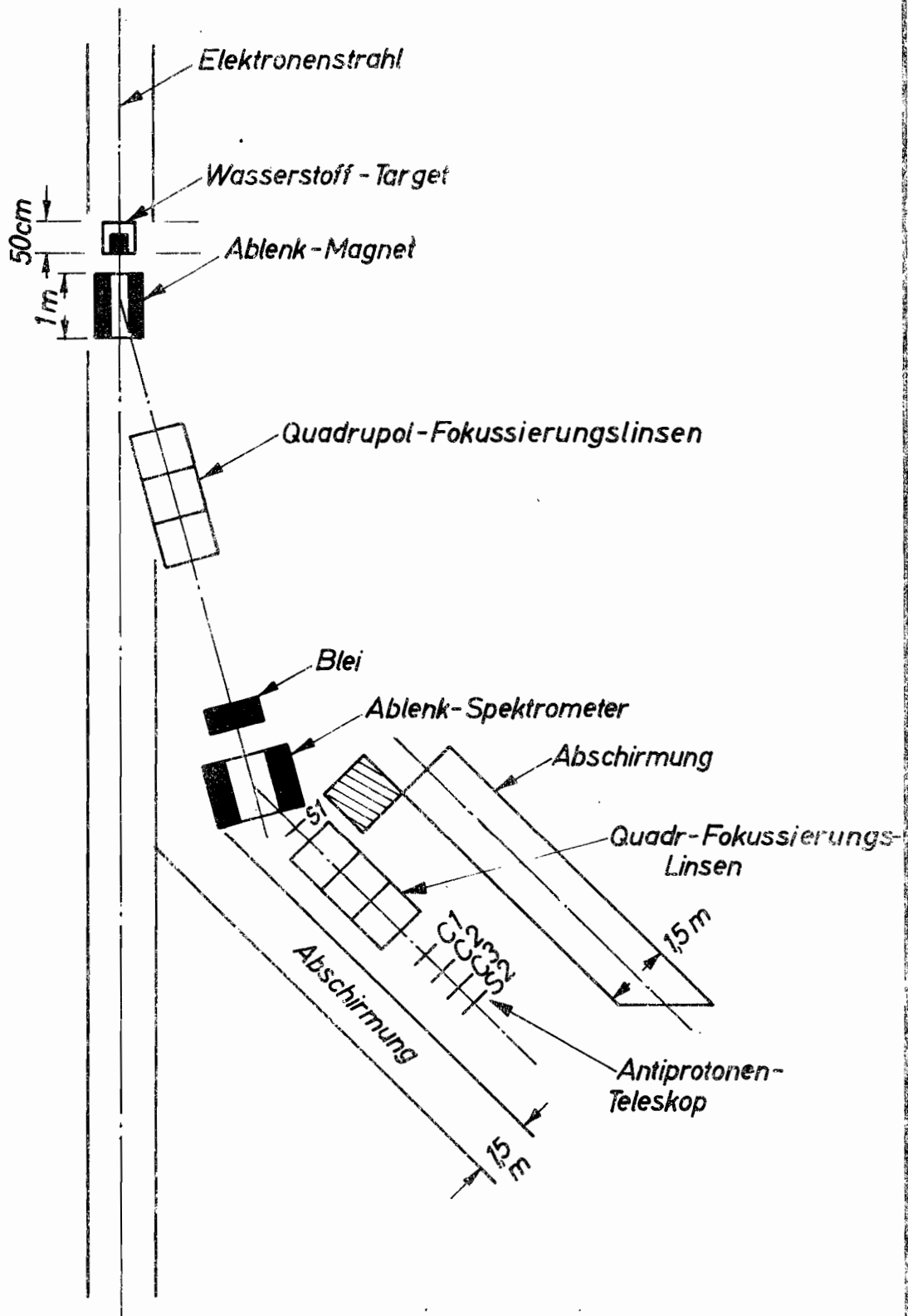
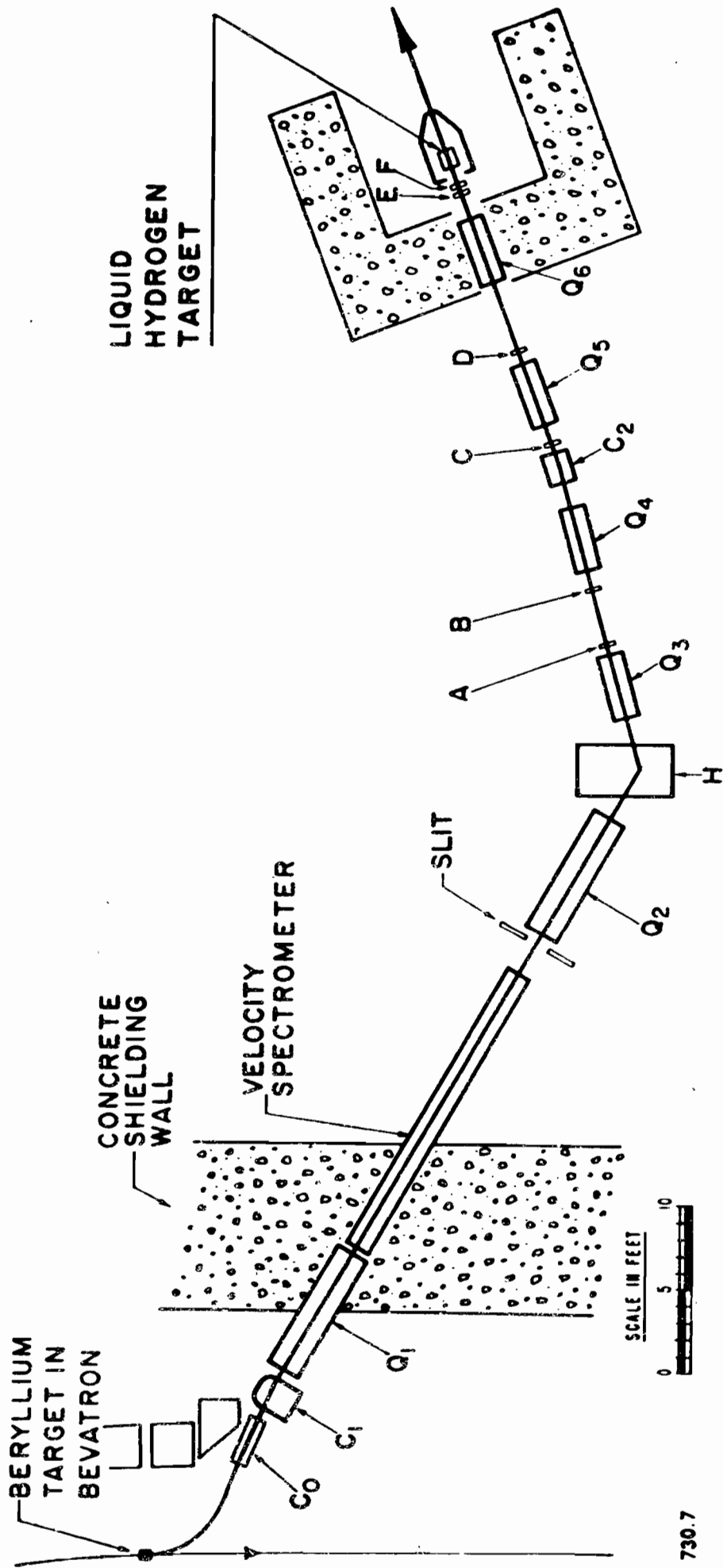


Fig.6  
Anordnung zum Nachweis von Antiprotonen

S1 S2 : Szintillationszähler  
C2 C3 C4 : Geschwindigkeitselektive Cerenkov Zähler





730.7

Figure 5. Schematic representation of the experimental arrangement of Coombes et al. for the study of the interaction of protons with low-energy anti-protons

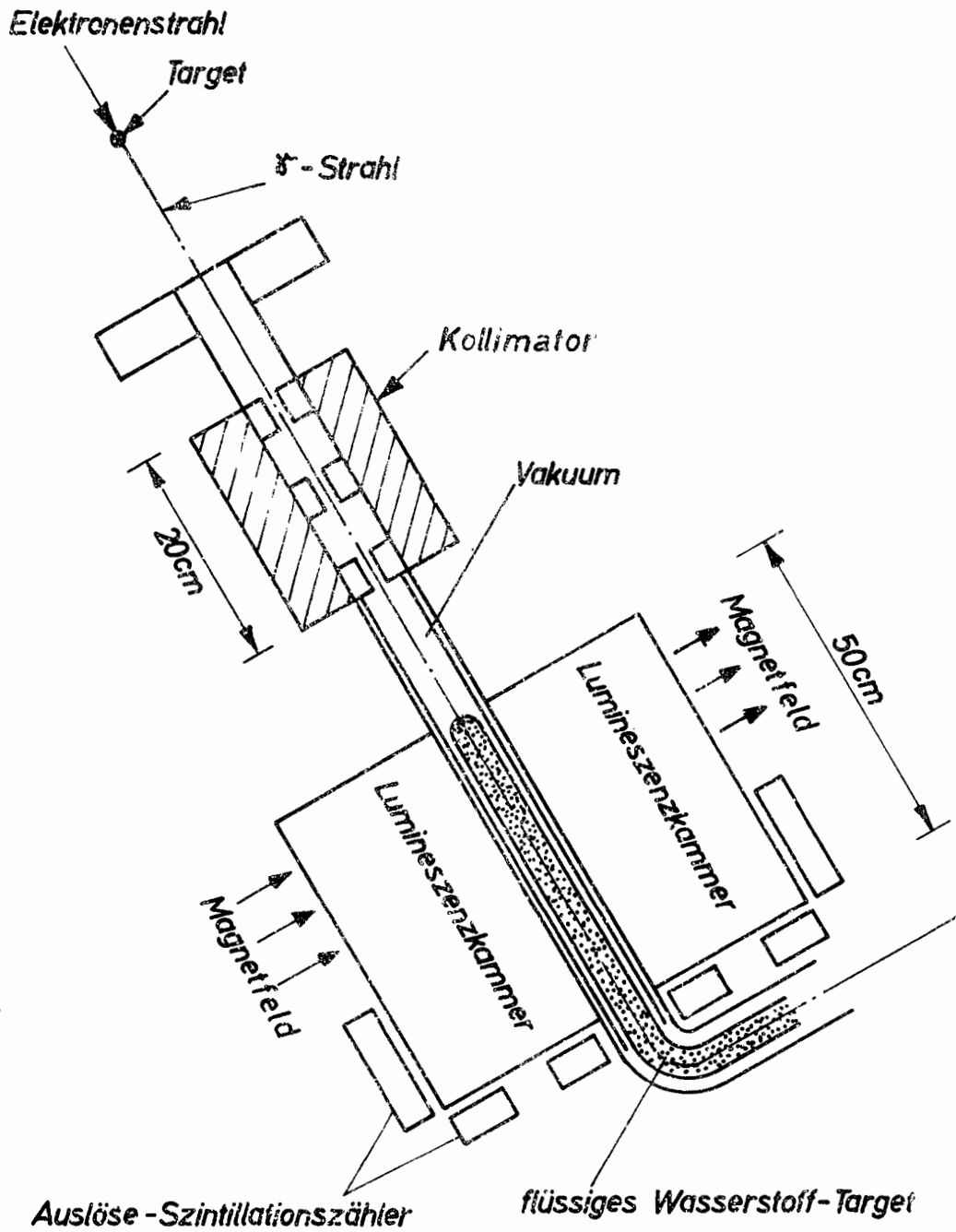


Fig.6  
Beispiel einer Anordnung mit Lumineszenzkammer

SATZUNG

der

Stiftung "Deutsches Elektronen - Synchrotron (DESY)"

I. Allgemeine Bestimmungen

§ 1

Name, Sitz, Geschäftsjahr

- (1) Die Stiftung führt den Namen "Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)".
- (2) Sie hat ihren Sitz in Hamburg.
- (3) Ihr Geschäftsjahr ist das Haushaltsjahr der Freien und Hansestadt Hamburg. Es wird nach dem Kalenderjahr benannt, in dem es beginnt. Das erste Geschäftsjahr beginnt mit der Genehmigung der Stiftung.

§ 2

Zweck der Stiftung

- (1) Zweck der Stiftung sind die Errichtung und der Betrieb eines Hochenergiebeschleunigers zur Förderung der physikalischen Grundlagenforschung auf dem Gebiete der Atomkerne und Elementarteilchen und die Durchführung der damit zusammenhängenden Untersuchungen.
- (2) Die Ergebnisse der in der Forschungsanlage durchgeführten theoretischen und experimentellen Arbeiten werden veröffentlicht oder auf andere Weise der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden.
- (3) Die Stiftung dient ausschliesslich und unmittelbar gemeinnützigen Zwecken im Sinne der Steuergesetze. Andere als die in Abs. (1) genannten Zwecke verfolgt die Stiftung nicht. Etwaige Gewinne dürfen nur für die satzungsmässigen Zwecke verwendet werden. Es dürfen keine Personen durch Verwaltungsausgaben, die dem Zweck der Stiftung fremd sind, oder durch unverhältnismässig hohe Vergütungen begünstigt werden.

§ 3

Vermögen der Stiftung

- (1) Das Vermögen der Stiftung besteht aus dem eingebrachten Stiftungskapital und den sonstigen eingebrachten Vermögensgegenständen.
- (2) Dem Stiftungsvermögen wachsen diejenigen Beträge, Rechte und sonstigen Gegenstände zu, die der Stiftung aus den Haushaltsmitteln der Bundesrepublik Deutschland (Bund), der Länder sowie von Förderern der Stiftung einmalig oder laufend mit der ausdrücklichen Bestimmung zugewendet werden, dass sie den in § 2 genannten Zwecken dienen sollen.
- (3) Das Stiftungsvermögen einschliesslich etwaiger Einkünfte ist für die satzungsmässigen Zwecke gebunden.

II. Organe der Stiftung

§ 4

Allgemeines

Die Organe der Stiftung sind

- a) das Direktorium,
- b) der Verwaltungsrat,
- c) der Wissenschaftliche Rat.

§ 5

Das Direktorium

- (1) Das Direktorium besteht aus mindestens drei und nicht mehr als fünf Mitgliedern.
- (2) Zur Wahl der Mitglieder des Direktoriums bedarf es übereinstimmender Beschlüsse des Verwaltungsrates und des Wissenschaftlichen Rates. Das gleiche gilt für die Bestimmung der Dauer

der Amtszeit des Direktoriums. Wiederwahl der Mitglieder des Direktoriums ist zulässig. Bis zu einer Neuwahl nach Ablauf der Amtszeit führt das bisherige Direktorium die Geschäfte weiter. Die Wahl der Mitglieder des Direktoriums erstreckt sich zugleich auf die Bestimmung des geschäftsführenden Direktors und seines Stellvertreters; beide müssen ihren Wohnsitz am Ort der Forschungsanlage haben.

- (3) Während der Zugehörigkeit zum Direktorium ruht die Mitgliedschaft des geschäftsführenden Direktors und seines Stellvertreters in anderen Organen der Stiftung.
- (4) Jedes Mitglied des Direktoriums kann abberufen werden. Zur Abberufung bedarf es übereinstimmender Beschlüsse des Verwaltungsrates und des Wissenschaftlichen Rates. Kommen übereinstimmende Beschlüsse beider Organe binnen eines Monats nicht zustande, so können sowohl der Verwaltungsrat als auch der Wissenschaftliche Rat binnen zwei Wochen verlangen, dass ein Ausschuss einberufen wird, in den beide Organe aus ihrer Mitte je drei Mitglieder entsenden. Für jedes Mitglied ist ein Vertreter zu bestimmen. Die Mitglieder dieses Ausschusses sind an Weisungen nicht gebunden. Der Ausschuss tritt binnen Monatsfrist zusammen. Er ist beschlussfähig, wenn seine sechs Mitglieder (bzw. deren Vertreter) vollzählig versammelt sind. Der Ausschuss entscheidet mit mindestens zwei Dritteln Mehrheit seiner Stimmen endgültig. Das Verfahren dieses Ausschusses regelt eine Geschäftsordnung, die vom Verwaltungsrat beschlossen wird; sie bedarf der Zustimmung des Wissenschaftlichen Rates.
- (5) Die Tätigkeit der Mitglieder des Direktoriums ist in der Regel ehrenamtlich. Der Verwaltungsrat kann Aufwandsentschädigungen festsetzen. Auslagen werden erstattet.
- (6) Für den Zeitraum von der Errichtung der Stiftung bis zur Wahl eines ersten Direktoriums gemäss Absatz 2 werden die Geschäfte des Direktoriums von einem vorläufigen Direktorium geführt. Die Mitglieder des vorläufigen Direktoriums werden von den Stiftern bei der Errichtung der Stiftung bestimmt und in der Stiftungsurkunde benannt.

## § 6

### Aufgaben des Direktoriums

- (1) Dem Direktorium obliegt die Verwirklichung des Zwecks der Stiftung im Rahmen der vom Wissenschaftlichen Rat aufgestellten wissenschaftlichen Richtlinien und die Erledigung aller Verwaltungsangelegenheiten, soweit sie nicht ausdrücklich anderen Organen der Stiftung vorbehalten sind.

- (2) Das Direktorium ist in seiner Geschäftsführung an den Haushaltsplan gebunden. Die Haushaltsmittel sind wirtschaftlich und sparsam zu verwalten. Haushaltsüberschreitungen bedürfen der vorherigen Zustimmung des Verwaltungsrates.
- (3) Das Direktorium stellt den Haushaltsplan auf, leitet ihn spätestens neun Monate vor Ablauf des laufenden Haushaltsjahres dem Wissenschaftlichen Rat zu und legt ihn mit den Bemerkungen des Wissenschaftlichen Rates spätestens acht Monate vor Ablauf des laufenden Haushaltsjahres dem Verwaltungsrat vor.
- (4) Das Direktorium bedarf zur Vornahme folgender Geschäfte der Zustimmung des Verwaltungsrates:
  - a) Erwerb, Veräußerung und Belastung von Grundstücken und Errichtung von Gebäuden;
  - b) Aufnahme von Darlehen.

Das Direktorium soll Anstellungsverträge mit einer monatlichen Vergütung von über DM 1.500, -- nur nach Zustimmung des Verwaltungsrates abschliessen. Der Verwaltungsrat kann diesen Betrag heraufsetzen oder herabsetzen.

- (5) Das Direktorium legt innerhalb von sechs Monaten nach Ablauf des jeweiligen Geschäftsjahres dem Verwaltungsrat und dem Wissenschaftlichen Rat einen Tätigkeitsbericht und den Rechnungsabschluss für das abgelaufene Geschäftsjahr (§ 16, Abs. (3)) vor.
- (6) Den Organisations- und Geschäftsverteilungsplan stellt das Direktorium nach Anhörung des Verwaltungsrates und des Wissenschaftlichen Rates auf.

## § 7

### Geschäftsführung des Direktoriums

- (1) Der geschäftsführende Direktor beruft die Sitzungen des Direktoriums ein und führt den Vorsitz. Sitzungen des Direktoriums finden mindestens einmal vierteljährlich statt; ausserdem werden Sitzungen des Direktoriums einberufen, wenn ein Mitglied des Direktoriums es verlangt.
- (2) Das Direktorium ist beschlussfähig, wenn bei den mit einer angemessenen Ladungsfrist einberufenen Sitzungen die Mehrheit seiner Mitglieder, darunter der geschäftsführende Direktor oder sein Stellvertreter, anwesend sind.

- (3) Der geschäftsführende Direktor ist Vorgesetzter des gesamten Personals der Forschungsanlage.
- (4) Über die Sitzungen des Direktoriums ist eine Niederschrift anzufertigen, die vom Vorsitzenden zu unterzeichnen ist.
- (5) Das Direktorium nimmt an den Sitzungen des Verwaltungsrates und des Wissenschaftlichen Rates mit beratender Stimme teil.
- (6) Im übrigen gelten die Bestimmungen der vom Direktorium unverzüglich zu beschliessenden Geschäftsordnung. Die Geschäftsordnung bedarf der Zustimmung des Verwaltungsrates.

## § 8

### Verwaltungsdirektor

- (1) Das Direktorium bestellt mit Zustimmung des Verwaltungsrates einen Verwaltungsdirektor. Der Verwaltungsdirektor nimmt an den Sitzungen des Direktoriums, des Verwaltungsrates und des Wissenschaftlichen Rates mit beratender Stimme teil.
- (2) Der Verwaltungsdirektor führt die Verwaltungsgeschäfte der Stiftung nach den Richtlinien des Direktoriums in eigener Verantwortung.
- (3) Der Verwaltungsdirektor hat Angelegenheiten von grösserer finanzieller Bedeutung dem Direktorium zur Beratung und Beschlussfassung zu unterbreiten. Er ist Sachbearbeiter des Haushaltes der Stiftung.
- (4) Bei Meinungsverschiedenheiten zwischen dem Direktorium und dem Verwaltungsdirektor über Verwaltungsangelegenheiten kann jeder der Beteiligten bei gleichzeitiger Unterrichtung der übrigen Beteiligten die Entscheidung des Verwaltungsrates einholen. Ist die Vorlage beim Verwaltungsrat infolge der Dringlichkeit der Entscheidung nicht möglich, so kann das Direktorium allein entscheiden; die Angelegenheit ist aber sodann unverzüglich dem Verwaltungsrat zur Beschlussfassung vorzulegen.
- (5) Für den Zeitraum von der Errichtung der Stiftung bis zur Bestellung des Verwaltungsdirektors durch das Direktorium gemäss Absatz 2 wird zur vorläufigen Wahrnehmung der Geschäfte des Verwaltungsdirektors ein Verwaltungsdirektor von den Stiftern bei der Errichtung der Stiftung bestimmt und in der Stiftungsurkunde benannt.

§ 9

Vorstand im Sinne des BGB

- (1) Vorstand im Sinne der §§ 86 und 26 BGB sind der geschäftsführende Direktor, sein Stellvertreter und der Verwaltungsdirektor. Sie vertreten die Stiftung gerichtlich und aussergerichtlich nach Massgabe der folgenden Bestimmungen.
- (2) Für Geschäfte der laufenden Verwaltung sind der geschäftsführende Direktor, sein Stellvertreter und der Verwaltungsdirektor allein vertretungsberechtigt. Geschäfte der laufenden Verwaltung sind Rechtsgeschäfte, deren Wert DM 10.000, -- nicht übersteigt.
- (3) Im übrigen sind der geschäftsführende Direktor und sein Stellvertreter gemeinsam oder jeder von ihnen mit dem Verwaltungsdirektor vertretungsberechtigt. Der geschäftsführende Direktor und sein Stellvertreter sollen die Stiftung gemeinsam nur im Falle der Verhinderung des Verwaltungsdirektors vertreten.

§ 10

Der Verwaltungsrat

- (1) Der Verwaltungsrat besteht aus je einem Vertreter der Bundesrepublik Deutschland und der Freien und Hansestadt Hamburg. Die Bundesrepublik Deutschland und die Freie und Hansestadt Hamburg haben je eine Stimme. Für jedes Mitglied des Verwaltungsrates ist ein Stellvertreter zu bestellen. Die Mitglieder des Verwaltungsrates und ihre Stellvertreter werden für die Bundesrepublik Deutschland vom ..... und für Hamburg vom Senat der Freien und Hansestadt Hamburg benannt.
- (2) Die Mitwirkung der übrigen Länder der Bundesrepublik im Verwaltungsrat wird nach Massgabe einer besonderen Vereinbarung geregelt werden.
- (3) Der Verwaltungsrat wählt aus seiner Mitte einen Vorsitzenden und einen stellvertretenden Vorsitzenden, deren Amtszeit zwei Jahre beträgt. Wiederwahl ist zulässig.



§ 11

Aufgaben des Verwaltungsrates

- (1) Der Verwaltungsrat berät das Direktorium und überwacht dessen Geschäftsführung sowie die Wahrung des Stiftungszweckes.
- (2) Der Verwaltungsrat nimmt
  - a) den Tätigkeitsbericht des Direktoriums und den Rechnungsabschluss entgegenund beschliesst insbesondere über
  - b) die Geschäftsordnung des Direktoriums,
  - c) den vom Direktorium vorgelegten Haushaltsplan,
  - d) Haushaltsüberschreitungen und
  - e) die Entlastung des Direktoriums.

§ 12

Geschäftsführung des Verwaltungsrates

- (1) Der Vorsitzende des Verwaltungsrates beruft die Sitzungen ein und führt den Vorsitz.
- (2) Der Verwaltungsrat tritt zu ordentlichen Sitzungen mindestens alle sechs Monate zusammen. Die Sitzungen sind mit einer Frist von zwei Wochen einzuberufen. Ausserordentliche Sitzungen sind anzusetzen, wenn die Mehrheit der Mitglieder des Verwaltungsrates, des Direktoriums oder des Wissenschaftlichen Rates eine Sitzung verlangt.
- (3) Die Tagesordnung jeder Sitzung ist den Mitgliedern des Verwaltungsrates spätestens eine Woche vor der Sitzung bekanntzugeben.
- (4) Der Verwaltungsrat ist nach ordnungsgemäss erfolgter Einberufung zu einer Sitzung beschlussfähig, wenn die Hälfte der Mitglieder, mindestens jedoch zwei Mitglieder des Verwaltungsrates anwesend sind. Beschlüsse sind auch ohne Versammlung wirksam, wenn alle Mitglieder des Verwaltungsrates zustimmen.
- (5) Die Beschlüsse des Verwaltungsrates werden mit einfacher Mehrheit gefasst. Bei Stimmgleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden.

- (6) Über die Sitzung ist eine Niederschrift aufzunehmen, die vom Vorsitzenden zu unterzeichnen ist.
- (7) Der Vorsitzende des Verwaltungsrates nimmt an den Sitzungen des Wissenschaftlichen Rates mit beratender Stimme teil.
- (8) Alles weitere ergibt sich aus der vom Verwaltungsrat zu beschliessenden Geschäftsordnung.
- (9) Der Verwaltungsrat kann zur Erledigung bestimmter Aufgaben einen geschäftsführenden Ausschuss einsetzen; das Nähere bestimmt die Geschäftsordnung.

### § 13

#### Der Wissenschaftliche Rat

- (1) Mitglied des Wissenschaftlichen Rates kann werden, wer die Absicht hat, sich auf dem Gebiet der Hochenergiephysik aktiv zu betätigen.
- (2) Die ersten Mitglieder des Wissenschaftlichen Rates werden von den Stiftern bestellt und in der Stiftungsurkunde benannt. Weitere Mitglieder werden vom Wissenschaftlichen Rat mit zwei Dritteln Mehrheit der anwesenden Mitglieder gewählt. Die Zahl der Mitglieder soll nicht weniger als zwölf und nicht mehr als sechsunddreissig Personen betragen.
- (3) Die Mitgliedschaft im Wissenschaftlichen Rat dauert zwei Jahre. Nach Ablauf des ersten vollen Geschäftsjahres scheidet jedoch die Hälfte der ersten Mitglieder durch Los aus. Die Auslosung wird auf der ersten Sitzung des Wissenschaftlichen Rates vorgenommen, die Wahl der Mitglieder des Wissenschaftlichen Rates kann am Schluss jeder ordentlichen Sitzung des Wissenschaftlichen Rates stattfinden. Wiederwahl der ausgeschiedenen Mitglieder ist zulässig.
- (4) Der Wissenschaftliche Rat kann auch Ehrenmitglieder, korrespondierende Mitglieder und Gastmitglieder wählen. Dazu bedarf es der Zustimmung von zwei Dritteln aller seiner Mitglieder; sie kann schriftlich eingeholt werden. Ehrenmitglieder haben die vollen Rechte eines Mitgliedes.
- (5) Die Mitglieder wählen jährlich aus ihrer Mitte einen Vorsitzenden und einen stellvertretenden Vorsitzenden. Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Rates kann Mitglied des Direktoriums, nicht aber dessen geschäftsführender Direktor oder dessen stellvertretender geschäftsführender Direktor sein.

- (6) Die Arbeit der Mitglieder des Wissenschaftlichen Rates ist ehrenamtlich. Auslagen der Mitglieder können erstattet werden.

#### § 14

##### Aufgaben des Wissenschaftlichen Rates

Der Wissenschaftliche Rat bestimmt die wissenschaftlichen Richtlinien für die Errichtung, den Betrieb und die Benutzung der Forschungsanlage. Er nimmt zu dem vom Direktorium aufgestellten Haushaltsplan Stellung.

#### § 15

##### Geschäftsführung des Wissenschaftlichen Rates

- (1) Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Rates beruft die Sitzungen ein und führt den Vorsitz.
- (2) Der Wissenschaftliche Rat tritt neun Monate vor Ablauf des laufenden Haushaltsjahres zu einer ordentlichen Sitzung zusammen. Ausserordentliche Sitzungen sind einzuberufen, wenn die Mehrzahl der Mitglieder des Wissenschaftlichen Rates, des Direktoriums oder des Verwaltungsrates eine Sitzung verlangt. Die Sitzungen sind unter Übersendung einer Tagesordnung mit einer Ladungsfrist von zwei Wochen einzuberufen.
- (3) Der Wissenschaftliche Rat ist beschlussfähig, wenn er ordnungsgemäss zu einer Sitzung einberufen und mindestens ein Drittel seiner Mitglieder anwesend ist.
- (4) Die Beschlüsse des Wissenschaftlichen Rates werden mit einfacher Mehrheit gefasst. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des Vorsitzenden.
- (5) Über die Sitzungen ist eine Niederschrift aufzunehmen, die vom Vorsitzenden zu unterzeichnen ist.
- (6) Der Vorsitzende des Wissenschaftlichen Rates nimmt an den Sitzungen des Verwaltungsrates mit beratender Stimme teil.
- (7) Alles weitere ergibt sich aus der vom Wissenschaftlichen Rat zu beschliessenden Geschäftsordnung.

### III. Haushalts-, Kassen- und Rechnungswesen

#### § 16

- (1) Für die Bewirtschaftung der Mittel, das Haushalts-, Kassen- und Rechnungswesen sind die für die Freie und Hansestadt Hamburg jeweils geltenden Vorschriften sinngemäss anzuwenden. Die Kassengeschäfte sind einer öffentlichen Kasse zu übertragen. Für Bauvorhaben, Bauleistungen und Beschaffungen gelten die Vorschriften der Freien und Hansestadt Hamburg sinngemäss.
- (2) Abweichungen von den Bestimmungen des Absatzes 1 bedürfen der Zustimmung des Verwaltungsrates.
- (3) Über die Einnahmen und Ausgaben sowie über das Vermögen und die Schulden der Stiftung ist alljährlich Rechnung zu legen. Die Rechnungsprüfung ist einem Wirtschaftsprüfer zu übertragen.
- (4) Der Bundesrechnungshof und die Rechnungshöfe der Länder sind berechtigt, durch Beauftragte die Verwendung der staatlichen Zuschüsse prüfen zu lassen.

### IV. Änderung der Satzung und Auflösung der Stiftung

#### § 17

- (1) Die Satzung kann durch Beschluss des Verwaltungsrates mit zwei Dritteln Mehrheit aller Stimmen, aber nicht gegen die Stimmen der Bundesrepublik Deutschland oder der Freien und Hansestadt Hamburg, geändert werden. Alle Organe der Stiftung sind von der beabsichtigten Änderung der Satzung zu unterrichten und vorher anzuhören. Eine Änderung der §§ 13, 14 und 15 bedarf der Zustimmung des Wissenschaftlichen Rates. Der Stiftungszweck kann nur mit Zustimmung des Finanzamtes für Körperschaften geändert werden.
- (2) Die Stiftung kann durch Beschluss des Verwaltungsrates mit zwei Dritteln Mehrheit aller Stimmen, aber nicht gegen die Stimmen der Bundesrepublik Deutschland oder der Freien und Hansestadt Hamburg, aufgelöst werden. Die Organe der Stiftung sind vorher zu hören.

- (3) Beschlüsse über eine Satzungsänderung gemäss Abs. 1 oder die Auflösung der Stiftung gemäss Abs. 2 bedürfen der Zustimmung der staatlichen Stiftungsaufsichtsbehörde.

§ 18

Verbleib und weitere Verwendung des Vermögens

Ist die Erfüllung des Stiftungszweckes unmöglich oder wird die Stiftung aufgelöst, so darf das Vermögen nur zu steuerbegünstigten Zwecken im Sinne der Steuergesetze verwendet werden. Über die künftige Verwendung des Vermögens der Stiftung beschliesst der Verwaltungsrat mit zwei Dritteln Mehrheit aller Stimmen. Die Beschlüsse können nicht gegen die Stimmen der Bundesrepublik Deutschland oder der Freien und Hansestadt Hamburg gefasst werden. Beschlüsse über die künftige Verwendung des Vermögens dürfen erst nach Einwilligung des Finanzamtes für Körperschaften durchgeführt werden.

Die Welt vom 19. Dez. 1959

## Physiker sind stolz auf DESY

Staatsvertrag zwischen Bonn und Hamburg gestern unterzeichnet

Hamburg wird „Hauptstadt“ der deutschen kernphysikalischen Grundlagenforschung. Das in Bahrenfeld bereits in Bau befindliche deutsche Elektronen-Synchrotron DESY, das Ende 1962 in Betrieb genommen werden soll, wird darüber hinaus das größte und leistungsfähigste seiner Art in der Welt sein. Dies erklärte Bundesatomminister Prof. Balke gestern im Rathaus anlässlich der Unterzeichnung des Staatsvertrages zwischen dem Bund und der Hansestadt über die Gründung der „Stiftung DESY“, die Errichtung und Betrieb dieser gemeinsamen Forschungsstätte für alle Hochschulen der Bundesrepublik übernimmt.

Mit einer Leistung von sechs bis sieben Milliarden Elektronen-Volt wird DESY die Grenze des zurzeit technisch überhaupt Möglichen erreichen, wie Prof. Paul von der Universität Bonn im Namen der führenden deutschen Kernphysiker betonte, die sich gestern in Hamburg zusammengefunden hatten. Die riesige Maschine dient der Erforschung der Elementarteilchen, die den Atomkern und damit die Materie bilden und zusammenhalten. Sie hat nichts mit der Produktion von radioaktiven Kernenergiekräften und ihrer praktischen, technischen Verwertung zu tun und ist deshalb auch absolut ungefährlich.

Mit einer Energie von 40 Millionen Elektronen-Volt (ein Elektronen-Volt ist die Energie eines Elektrons, das die Spannung von einem Normal-Volt durchlaufen hat) werden die Elektronen zur Erforschung ihrer Eigenschaften in eine Vakuumkammer gebracht, die einen Ring von hundert Metern im Durchmesser bildet. In einer Hundertstelsekunde durchlaufen sie diese Kreisbahn 10 000mal, was einer Strecke von Hamburg bis Gibraltar entspricht (rund 3000 Kilometer).

Dre Bau stellt ganz neuartige Anforderungen. So muß zum Beispiel die Betonkonstruktion bis auf 0,1 Millimeter genau sein. „Hier liegen wertvolle technische und wirtschaftliche Impulse, die

dieses Projekt anregen wird“, sagte Balke. Nach den Worten von Prof. Paul und Prof. Jentschke, der als Leiter des Physikalischen Staatsinstituts der Hansestadt auch die Leitung von DESY übernehmen wird, stellt der Bau den Anschluß der deutschen physikalischen Forschung an das internationale Niveau her. Er gibt ihr ein Instrument in die Hand, das nicht nur die Abwanderung wertvoller wissenschaftlicher Spitzen- und Nachwuchskräfte ins Ausland, vor allem nach Amerika, unterbinden, sondern auch ihre Rückkehr ermöglichen und selbst ausländische Forscher anziehen wird.

Die auf 60 Millionen DM veranschlagten Kosten werden zu 65 Prozent vom Bund, der Rest von Hamburg aufgebracht. An den Betriebskosten (jährlich zehn Millionen DM) sollen sich auch die Länder mit 25 Prozent beteiligen, während der Bund 50 und Hamburg die restlichen 25 Prozent übernehmen. Mit sichtlicher Genugtuung wiesen die Physiker auf diesen Punkt hin, nachdem sie vor kurzem im Anbetracht der zurückständigen Anbetachtung auf diesem Gebiet ihre Forderungen erhoben hatten.

„Jetzt können wir in Deutschland wieder mitspielen“, sagte Prof. Paulsen. Aber es handle sich nicht um ein neues Spielzeug: „Wenn es sich auch nur um eine rein theoretische Forschung ohne jeden technischen oder wirtschaftlichen Zweck handelt, so bilden wir doch Menschen aus, deren Kenntnisse später dem Staat oder der Wirtschaft zugute kommen.“

Vor wenigen Tagen wurde in Genf ein Protonen-Synchrotron in Betrieb genommen, an dessen Bau neben zwölf anderen europäischen Staaten auch die Bundesrepublik beteiligt ist. Das Genfer Synchrotron ist mit einer Leistung von über 28 Milliarden Elektronen-Volt weit stärker als das bisher größte Protonen-Synchrotron der Welt, ein russisches, das neun Milliarden Elektronen-Volt leistet.

Bild-Zeitung vom 18. Dez. 1959

# Das Karussell der Atome

Hamburg, 18. Dezember  
 Heute setzen Bundes-Atomminister Prof. Balke und Hamburgs Bürgermeister Brauer ihren Namenszug unter einen Staatsvertrag, der die deutsche Atom-Forschung wieder in die Welt-Spitzengruppe einrangieren dürfte.

Der Vertrag sichert die Finanzierung für das 60-Millionen-Projekt „Desy“, das Deutsche Elektronen-Synchrotron in Hamburg-Bahrenfeld, das zu 85 Prozent vom Bund und zu 15 Prozent von der Stadt Hamburg bezahlt wird.

Desy wird eine der größten „Atom-schleuder“ der Welt werden und die größte Westeuropas. Hier werden nach der Fertigstellung der Anlage (voraussichtlich 1963) Elektronen-

## „Desy“-Vertrag heute unterzeichnet

ströme in einer 316 Meter langen Kreisbahn — einer Art Karussell — auf unvorstellbare Geschwindigkeiten gebracht, die der Physiker nur noch in einem dem Laien unverständlichen Maß angeben kann: in Milliarden Elektronenvolt.

Verständlicher dürfte aber der Zweck dieser Atomschleuder sein: Wenn die Elektronen, diese winzigen Atom-Bruchstücke, ihre höchste Renn-Geschwindigkeit erreicht haben (etwa sechs Milliarden Elektronenvolt), wird ihr kreisförmiges Gefängnis geöffnet. Wie ein kosmisches Maschinengewehr-Feuer prasseln sie dann in das Material hinein, das die Physiker ihnen zum „Durchlöchern“ vorgelegt haben.

Nur um diesen Effekt geht es: zu erforschen, wie sich die verschiedensten Stoffe unter dem rasenden Aufprall der unsichtbaren Teilchen verändern. Denn das „Durchlöchern“ darf man nicht zu wörtlich nehmen. Dabei entstehen starke Röntgenstrahlen, die ganze Materie verändert sich, „neue“ Stoffe werden geboren, alte mit bisher unbekanntem, phantastischen Möglichkeiten „imprägniert“.

Sie werden nicht nur für die Theoretiker interessant sein. Möglich, daß aus Desy Stoffe hervorgehen, die für unseren Alltag genauso einschneidende Bedeutung gewinnen wie sie heute schon die Kunststoffe haben.

Zwölf Meter hohe Wälle und dicke Betonmauern werden diese wundersame Hexenküche verbergen und die Bevölkerung gegen Strahlen schützen.

Desy wird das Kernstück des Instituts für theoretische Physik der Hamburger Universität sein. Eine größere Anlage gibt es zur Zeit nur in der Nähe Moskaus, bei Dubna, wo die Russen mit zwölf Milliarden Elektronenvolt experimentieren. Doch die Amerikaner planen bereits eine Anlage für 45 Milliarden an der Universität Stanford.

Und die sensationellste Nachricht kommt noch aus dem amerikanischen Atom-Laboratorium Brookhaven: Dort wurden zwischen Sowjet- und US-Wissenschaftlern Gespräche geführt eine gemeinsame Beschleuniger mit 300 Milliarden Elektronenvolt zu bauen.

Hamburger Abendblatt vom 19. Dez. 1959

## „Desy“ ohne Atomgefahr

Balke und Brauer unterzeichneten den Staatsvertrag

Bundesminister Balke und Bürgermeister Brauer unterzeichneten gestern den „Staatsvertrag über Errichtung und Betrieb des Deutschen Elektronen-Synchrotrons“. Die Atom-

anlage, der die Abkürzungswut der Physiker zu dem hübschen Namen „Desy“ verholfen hat, soll auf dem früheren Flugplatz Bahrenfeld gebaut werden. Die Ausschachtungsarbeiten sind bereits beendet.

Desy wird eine Beschleunigungsanlage für Elektronen, die kleinsten Teilchen der Elektrizität. In einem Ringkanal mit einem Durchmesser von hundert Metern



Minister Balke

werden diese winzigsten Teilchen aus der Hülle von Atomen so im Kreis herumgewirbelt, daß sie im hundertsten Teil einer Sekunde eine Strecke von 3000 Kilometern zurücklegen. Das entspricht der Entfernung von Hamburg nach Gibraltar. Der Zweck dieses Atomzentrums ist es, den Aufbau der Materie zu entschlüsseln. Desy ist die größte Forschungsanlage dieser Art in ganz Europa. In dem neuen Forschungszentrum von Bahrenfeld soll nur physikalische Grundlagenforschung betrieben werden.

Atomenergie wird — in meßbaren Mengen — nicht erzeugt. Gefahren durch Kernexplosionen und Ausstrahlung von Radioaktivität kann es also nicht geben. Die Baukosten von voraussichtlich 60 Millionen DM werden zu 85 Prozent vom Bund und zu 15 Prozent von Hamburg getragen.

HLS

Hamburger Echo vom 19. Dez. 1959

# „Desys“ Geburtsschein ausgestellt

## Feierlicher Vertragsabschluß im Hamburger Rathaus

Gestern vormittag unterzeichneten Bundesatomminister Professor Siegfried Balke und Bürgermeister Max Brauer im Hamburger Rathaus den Staatsvertrag über die Errichtung der rechtsfähigen Stiftung „Deutsches Elektronen-Synchrotron“ (die berühmte „Desy“). Das Gerät, ein Elektronen-Hochbeschleuniger (wir berichteten mehrfach darüber), entsteht zur Zeit auf dem ehemaligen Flugplatz Hamburg-Bahrenfeld. Es ist mit einer Energie von maximal sechs Milliarden Elektronen-Volt das größte seiner Art in der Bundesrepublik. 1963 wird es fertiggestellt sein und die Arbeiten an dem größten Beschleuniger der Welt, dem Protonen-Synchrotron der Europäischen Organisation für Kernforschung (Cern) in Meyrin bei Genf unterstützen.

Im Anschluß an die Unterzeichnung des Staatsvertrages fand im Bürgersaal des Rathauses eine Pressekonferenz statt.

Senator Landahl, stellvertretend für Bürgermeister Brauer, stellte mit einer Handbewegung die Herren zu seiner Linken und die Herren zu seiner Rechten vor und betonte dabei, daß es sich um deutsche Physikprominenz handelt. Senator Landahl sprach davon, daß dieser Tag von entscheidender Bedeutung sei. Mit dem Bau dieses Instituts werde eine große Lücke in der deutschen Forschung geschlossen. Für die führenden versammelten deutschen Physiker sprach dann Prof. Paul von der Universität Bonn. In klaren und deutlichen Worten umriß er die Situation der Forschung in der Bundesrepublik. Er zeigte auch die wichtigsten Gründe, die zur Verwirklichung des „Desy“-Projektes führten: Zunächst die Kernforschung an sich, dann die Ausbildung des Nachwuchses und die Heranziehung bekannter junger Forscher. In Deutschland sei zwanzig Jahre auf dem Gebiet der Grundlagen der Kernforschung nicht gearbeitet worden.

Bundesminister Balke meinte anschließend, das Beispiel „Desy“ zeige, wie fruchtbar das vielbeschriebene „Verhältnis zwischen Bund und Ländern“

sein könne. Auf Grund dieser guten Erfahrung werde der Bund auch wei-

terhin mit den Ländern zusammenarbeiten und dabei nicht nur die angewandte, sondern auch die zweckfreie Forschung nach Kräften fördern. Immerhin sei der Bund die Hebamme. Hamburg sei die Mutter, und als Vater wurde Prof. Jenschke, der aus den Staaten zurückgekehrt war, genannt. Außerdem hätte Hamburgs Finanzsenator Weichmann erhebliche Verdienste, die nicht unerwähnt bleiben dürften.

h. p. e.

Die Welt  
vom 31. Dez. 1959

### Minister Balke dankt der Hansestadt

Der Bundesminister für Atomenergie und Wasserwirtschaft, Prof. Dr.-Ing. Siegfried Balke, hat sich in einem Schreiben an Bürgermeister Brauer für die Zusammenarbeit zwischen Bund und Hamburg bei der Errichtung des

Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) bedankt. In dem Schreiben heißt es:

„Mit der Errichtung der Stiftung Deutsches Elektronen-Synchrotron und der Unterzeichnung des Staatsvertrages über die Finanzierung der Forschungsanlage sind die Freie und Hansestadt Hamburg und der Bund Verpflichtungen eingegangen, die für eine lange Zeit zur Zusammenarbeit im wissenschaftlichen Bereich führen werden.“

Diese von mir aufrichtig begrüßte Entwicklung ist nicht zuletzt Ihr Verdienst, und ich möchte Ihnen meinen ganz besonderen Dank zum Ausdruck bringen für die hilfsbereite und verständnisvolle Haltung, die Sie und der Senat der Freien und Hansestadt Hamburg bei der Vorbereitung der Verträge gezeigt haben.“

Zugleich darf ich Ihnen und dem Senat herzlich danken für den festlichen Rahmen, den Sie der Veranstaltung gegeben, und für die Gastfreundschaft, die Sie mir gewährt haben.“



Deutschland hält den Anschluß

# Das Atomprojekt „DESY“ ist gesichert

Heute Staatsvertrag zwischen Bund und Hamburg — 60 Millionen DM für neues Forschungszentrum  
Von unserer Hamburger Redaktion

Hamburg. In Anwesenheit von Bundesatomminister Balke und Bürgermeister Brauer wird heute im Hamburger Rathaus ein Staatsvertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Hansestadt Hamburg über die Errichtung, den Betrieb und die Finanzierung des Deutschen Elektronen-Synchrotrons unterzeichnet, das unter der Abkürzung „DESY“ bereits zu einem festen Begriff für wissenschaftlich interessierte Kreise geworden ist.

Bei der Anlage, die auf dem ehemaligen Flugplatzgelände in Hamburg-Bahrenfeld entsteht, handelt es sich um eine der modernsten kernphysikalischen Experimentiereinrichtungen Europas, die auf Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Atomkerne und Elementarteilchen benötigt wird. Das Projekt erfordert 60 Millionen DM, von denen der Bund 51 Millionen DM übernimmt, während Hamburg 9 Millionen DM beisteuert.

Das neue Forschungszentrum in Bahrenfeld soll keineswegs nur in Hamburg ansässigen Wissenschaftlern, sondern Fachleuten aller deutschen Hochschulen offenstehen. Dementsprechend werden sich alle Bundesländer an der Deckung der Betriebskosten beteiligen. Man rechnet mit einem jährlichen Finanzbedarf von 10 Millionen DM, von denen der Bund jeweils fünf Millionen DM bereitstellen will. Von der restlichen Summe werden je 2,5 Millionen DM auf Hamburg und die anderen Länder entfallen.

Als Betriebsgesellschaft für den Hochenergiebeschleuniger ist die Stiftung „Deutsches Elektronen-Synchro-

tron (DESY)“ vorgesehen, deren Organisationsform ebenfalls zum Inhalt des Staatsvertrages gehört. Danach werden als Organe der Stiftung ein Direktorium, ein Verwaltungsrat und ein Wissenschaftlicher Rat fungieren. Der Zweck der Stiftung soll u. a. sein, „die Ergebnisse der in der Forschungsanlage durchgeführten theoretischen und experimentellen Arbeiten zu veröffentlichen oder auf andere Weise der Allgemeinheit zugänglich zu machen.“

Maßgebend für den Entschluß, das Projekt „DESY“ anzupacken, war die Erwägung, daß ein hochindustrialisiertes Land wie die Bundesrepublik es sich nicht leisten kann, auf einen eigenen Hochenergiebeschleuniger zu verzichten, weil Deutschland damit den Anschluß an die kernphysikalische Forschung des Auslandes verpassen würde. Hamburg bot sich als Standort für die teure Anlage an, da die hiesige Universität in dem aus den USA berufenen Prof. Dr. Jentschke über einen besonders erfahrenen Spezialisten verfügt.

Das Hamburger Elektronen-Synchrotron soll die Beschleunigung von Elek-

tronen auf Energien ermöglichen, wie sie in der Natur nur in der aus dem Weltall auf die Erde treffenden kosmischen Strahlung vorkommen. Es handelt sich dabei um eine Größenordnung von sechs Milliarden Elektronen-Volt. Die Beschleunigung von Teilchen auf diese hohe Energie ist zu Untersuchungen nötig, die den Forschern über die Struktur der Materie in den winzigen Dimensionen der Atomkerne Auskunft geben sollen.

Die Elektronen werden zunächst in einem Linearbeschleuniger vorbeschleunigt und dann mit einer Energie von 40 Millionen Elektro-Volt in eine röhrenförmige Vakuumkammer eingebracht, die einen Kreis von 100 Meter Durchmesser beschreibt. In diesem unterirdischen Karussell flitzen die Elektronen sechstausendmal herum, wobei sie im Bruchteil einer Sekunde die Entfernung von Hamburg nach Gibraltar zurücklegen. Sobald die rasenden Teilchen den gewünschten Energiewert erreicht haben, will man sie auf eine Materie treffen lassen. Interessant ist noch, daß man Magnete mit einem Gesamtgewicht von 600 Tonnen benötigt, um die Elektronen auf der Kreisbahn zu halten.

Als Bauseit für das „DESY“-Projekt sind fünf Jahre veranschlagt worden. Da bereits 1957 der erste Spatenstich getan worden ist und die Arbeiten seither planmäßig vorangekommen sind, hofft man, die „Atom-Rennbahn“ 1962 einweihen zu können. hl

## Brief und Siegel für „Desy“

„Desy“ ist nun ein legitimes Kind, nachdem die Ehe zwischen dem Bund und dem Land Hamburg gestern staatsvertraglich geschlossen wurde. Bundesatomminister Balke und Bürgermeister Brauer unterzeichneten in der Hansestadt die Urkunde. Als „Trauzugen“ hatte sich eine Reihe prominenter deutscher Physiker eingefunden. Hamburg hat nun Brief und Siegel darauf, daß es eines der großen Forschungszentren für die Atomphysik wird.

dert Meter, in der Atomteilchen auf nicht mehr vorstellbare Geschwindigkeiten gebracht und dann mit ungeheurer Energie auf einen Widerstand geschossen werden, so daß sie in noch kleinere Teilchen zerplatzen.

„Desy“ wird aller Voraussicht nach noch eine Zwillingsschwester bekommen. Wenn dieses vorläufig auf sechs Millionen veranschlagte Projekt 1963 fertig ist, kann auf dem anderen Teil des Bahrenfelder Flughafens noch einmal ein solcher Riesenbeschleuniger gebaut werden.

erbare Welt 1959

ALE?

Im Jahr 1962 soll dieses Riesenprojekt fertiggestellt sein. Unter dem Namen „Desy“ verbirgt sich eine ringförmige Rennbahn mit einem Durchmesser von hun-

## Groß und klein

k. w. HAMBURG, im Dezember

Nur die Kernphysiker mögen exakt angeben können, warum das so ist: Je kleiner die Objekte der Forschung werden, um so größere Anlagen werden gebraucht. Das Deutsche Elektronen-Synchrotron, das offiziell den Kosekurznamen „DESY“ trägt, ist mit seiner Hauptmaschine, der größten in Europa, und seinen Nebenanlagen, darunter ein eigenes Elektrizitätswerk, eine komplette Fabrik. Aber die Probleme allein schon des (recht weit fortgeschrittenen) Baus auf dem Gelände in Hamburg-Bahrenfeld reichen ins Mikroskopische hinein. Bei einem Durchmesser des Kreisbeschleunigers von 100 Meter müssen die Betontechniker mit einer Genauigkeit bis zu einem Zehntelmillimeter arbeiten. Bundesminister Balke erhofft sich schon von der bautechnischen Bewältigung eines solchen Großbeschleunigers, der mit seiner Leistung von sechs bis sieben Milliarden Elektronen-Volt an der Grenze des in dieser Form heute technisch Möglichen steht, Impulse für die deutsche Industrie. Die Professoren begeisterte der Gedanke, daß „DESY“ der deutschen Kernphysik ~~einmalige, nach dem zweiten Weltkrieg~~ wieder zum Anschluß an den wissenschaftlichen Standard des Auslands verhelfen und dadurch hoffentlich die Abwanderung des besten Nachwuchses in dieser Sparte unterbinden wird. Man nimmt es als gutes Omen, daß ein Rückkehrer aus Amerika, Prof. Jentschke, die Hamburger Anlage leiten wird. Sowenig Aufhebens vor kurzem davon gemacht worden ist, daß mit dem von dreizehn Ländern getragenen neuen Protonen-Synchrotron von Genf (Leistung: 28 Milliarden Elektronen-Volt) der Westen, ja sogar der gute alte Kontinent die Riesenmaschinen der Russen übertroffen hat, mit ebenso geringem Aufwand wurde auch der größte europäische Elektronen-Beschleuniger in Hamburg geboren. Und auch darin scheint sich das der Kernphysik eigentümliche Extremverhältnis von groß und klein zu spiegeln: daß „DESY“ allein von dem relativ kleinen Land Hamburg und dem großen Bund finanziert wird; die übrigen Länder werden sich hoffentlich wenigstens an den Betriebskosten beteiligen. Hier wird an einem Detail eine andere große Entwicklung sichtbar. Die einst fast nur vom Hafen lebende Stadt Hamburg, die zum Beispiel im kommenden Haushaltsjahr in ihre junge Universität nahezu dreimal soviel Geld wie in ihre Hafenanlagen investiert, wird mit dieser Forschungsanlage zur Metropole zumindest der deutschen Kernphysik; das heißt: Der Welthafenplatz mit seiner ungewissen Zukunft auf dem Meer wandelt sich langsam, aber zielbewußt zu einer Hauptstadt der Wissenschaft im modernen Industriestaat. Auch diese Erkenntnis verdanken wir heute schon „DESY“.

## Ein Staatsvertrag für DESY

60 Millionen DM

für eine gigantische Elektronenschleuder

ci. HAMBURG, 18. Dezember (Eigener Bericht). Bundesatomminister Balke und Bürgermeister Brauer haben am Freitagnachmittag im Bürgersaal des Hamburger Rathauses einen Staatsvertrag über den Bau und Betrieb des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) unterzeichnet. Die Kosten für diese gigantische Elektronenschleuder, die im Hamburger Vorort Bahrenfeld entsteht, werden auf 60 Millionen Mark veranschlagt; mit der Fertigstellung nach fünfjähriger Bauzeit wird 1962 gerechnet. Die Gelder werden zu 85 v. H. vom Bund und zu 15 v. H. von Hamburg aufgebracht. In den Betrieb der Anlage, der 10 Millionen Mark jährlich kostet, teilen sich Bund und Länder hälftig. Atomminister Balke bezeichnete die Anlage als einen Beweis für die gute Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern. Das Synchrotron sei ein entscheidender Fortschritt, mit dem die deutsche Wissenschaft mit der kernphysikalischen Forschung anderer Länder Schritt halten könne. Die Anlage werde der reinen Grundlagenforschung dienen.

Das Synchrotron wird die Beschleunigung von Elektronen auf eine Energie von 6 Milliarden Elektronenvolt ermöglichen. Energien dieser Größe kommen in der Natur nur in der aus dem Weltall auf die Erde treffenden kosmischen Strahlung vor. Mit einer solchen Beschleunigung von Teilchen gelingt es, Aufschluß über die Struktur der Materie in den Atomkernen zu erhalten. Der Hamburger Beschleuniger ist eine notwendige Ergänzung zu dem soeben in Genf fertiggestellten Protonen-Synchrotron mit einer Energie von 28 Milliarden Elektronenvolt an dessen Bau die Bundesrepublik zusammen mit zwölf anderen europäischen Staaten beteiligt ist.

Bild-Zeitung  
vom 19. Dez. 1959

## Balke in Hamburg Desy-Vertrag wurde unterzeichnet

1. Hamburg, 19. Dezember  
„Die jahrhundertalte Vorkherrschaft des Kaufmanns wird in Hamburg jetzt durchbrochen durch die Wissenschaft“, erklärte Bundesatomminister Prof. Balke bei der Unterzeichnung des DESY-Staatsvertrages. DESY ist die Abkürzung für das auf dem ehemaligen Bahrenfelder Flugplatz entstehende „Deutsche Elektronen-Synchrotron“ über das BILD berichtete.