

Hamburg-Groß Flottbek 1, Flottbeker Drift 56

Desy-Notiz A 2.95

Hamburg, Dezember 1962

E 4-Dr. Hu/VM

DESY-Bibliothek

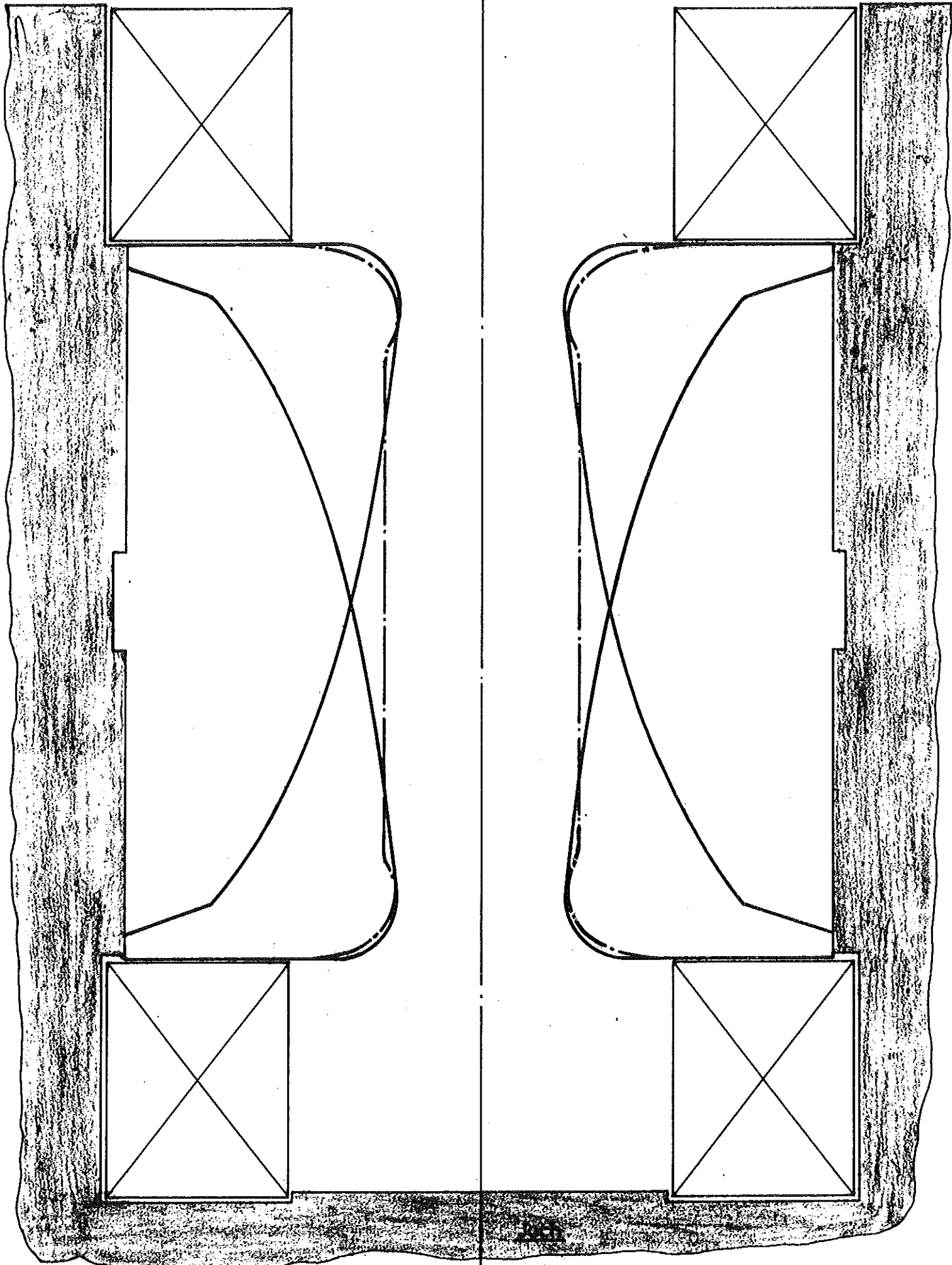
BESTIMMUNG DES POLPROFILS FÜR EINEN STARK FOKUSSIERENDEN
C-MAGNETEN

Design of the pole profile for a strong focusing C-magnet

For observation close to the forward direction (5° to 20°) in scattering and production experiments the first magnet in many applications must be a C-magnet, in order to separate the desired particles from the primary beam. Furthermore, a superimposed focusing field is often required in this magnet in order to increase the accepted solid angle.

The magnet described in this paper is essentially a dc-synchrotron magnet. The useful aperture has a width of 40 cm. With a reference orbit being in the center of this aperture, the magnet represents at maximum excitation a bending magnet of 10 kOe with a superimposed quadrupole field with a field gradient of 0.5 kOe/cm. By shielding the reference orbit sidewise and, thus, giving up some aperture, the ratio of bending field and quadrupole field gradient may be changed. It is possible to invert the sign of the quadrupole focusing by simply turning the pole pieces. The poles may be replaced by a special set of parallel pole pieces for producing a homogeneous field of 20 kOe. The different pole arrangements of the magnet are shown in Fig 1.

Technical parameters are given in the last paragraph.



— = Polschuhe für Synchrotronmagneten (umdrehbar)
- - - = Polschuhe für homogenes Feld

Abb. 1
M 1:2,5

1. Einleitung

Als Forderung für die Feldgenauigkeit soll zunächst $\pm 1\%$ des Ablenkfeldes bei mittlerer Sollbahn in einem Querschnitt von $40 \times 16 \text{ cm}^2$ (selbstverständlich mit Ausnahme des von den Polschuhen beanspruchten Teils) angesehen werden.

Die Forderung der Vertauschbarkeit der Fokussierungsrichtung des C-Magneten durch möglichst einfache und leichte Veränderungen der Magnete führt zu einer symmetrischen ungekröpften Spule und zu austauschbaren Polschuhen. Die Bestimmung der Polkontur kann zweckmäßig in 3 Abschnitte aufgeteilt werden. Im mittleren Bereich (Abb. 2, Bereich a) ist die Polkontur eine Hyperbel mit den Achsen, die durch die Symmetrieebene und den Beginn des Jochs (bzw. der Spiegelplatte) gegeben sind. Im Bereich der hohen Feldstärke (Bereich b) kann zweckmäßig nach einer Methode gearbeitet werden, die W. Hardt für den DESY-Maschinenmagneten entwickelt hat. Im Bereich der kleinen Feldstärke (Bereich c) kann eine Korrekturnase am einfachsten durch Analogmessungen (wie bei den DESY-Quadrupolen) gefunden werden.

Aufteilung der Polkontur

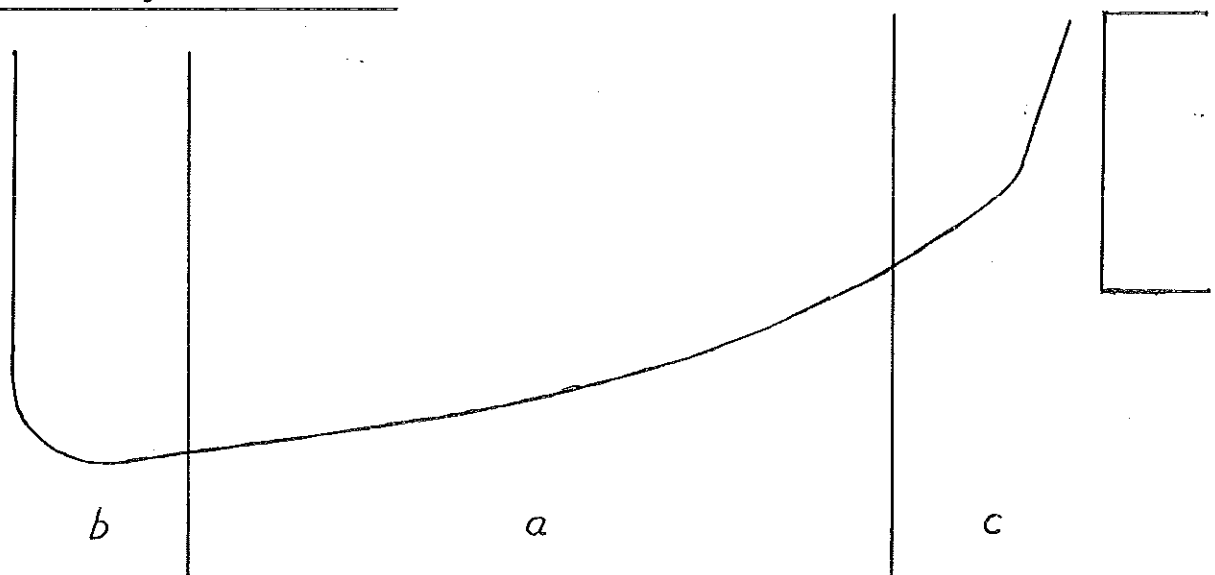


Abb. 2

2. Polkontur im mittleren Bereich (a)

In diesem Gebiet ist die Kontur durch die Hyperbel gegeben, die durch den Punkt $x = 400$ mm, $y = 50$ mm geht.

3. Polkontur im Bereich der hohen Feldstärke (b)

Die Polkontur bei hohen Feldern soll unter Einhaltung der Feldgenauigkeit so geformt sein, daß ein möglichst kleiner Querschnitt mit unbrauchbarem Feld entsteht; das heißt, daß das nutzbare Feld möglichst bis zum Ende des Poles reicht und dann schnell gegen Null geht. Aus einigen Rechnungen mit verschiedenen Parametern wurde der günstigste Fall ausgewählt. Die Abb. 3 zeigt die Kontur und die Feldfehler am Pol. Bei 480 mm kann die Polkontur abgeschnitten und die Spule angesetzt werden.

4. Polkontur im Bereich der niedrigen Feldstärke (c)

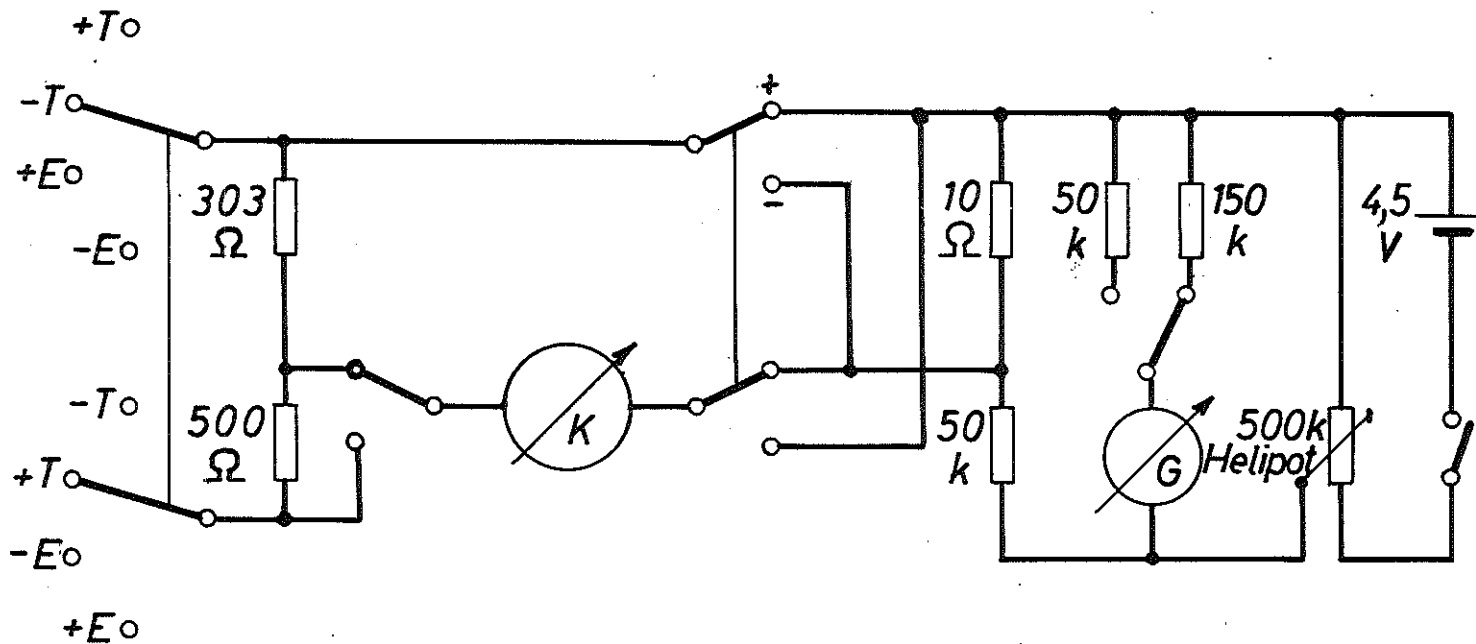
Der gute Feldbereich soll bis zur Spiegelplatte (bzw. zum Joch) reichen, soll also das Gebiet unter der Spule einschließen. Im Prinzip gelten dafür die gleichen Überlegungen wie für die DESY-Quadrupollinsen. Im Gegensatz zu den Quadrupollinsen ist hier das Verhältnis von Spulenbreite zu Spulenabstand von der Mittelebene aber 1 : 1 und nicht 1 : 4. Es ist daher eine entsprechend schlechtere Feldgenauigkeit zu erwarten. Die Polform wurde wiederum mittels eines Analogverfahrens an V2A-Blechen bestimmt. Diese Messungen wurden von Frl. Borchardt selbständig durchgeführt. Gegenüber den Messungen für die Korrektornasen der Quadrupollinsen wird die Methode hier dadurch erschwert, daß das Feld in einem Bereich

gemessen werden muß, in dem beide Komponenten von gleicher Größenordnung sind. Daher muß bei der Messung von Komponenten der Winkel gut definiert sein. Es wurde grundsätzlich H_z in Abhängigkeit von χ mit z als Parameter gemessen. Die angegebenen Abweichungen beziehen sich auf das Feld H_0 bei mittlerer Sollbahn ($\chi = 200$). Das Prinzip-Schaltbild ist in Abb. 4 wiedergegeben. Die wesentlichen Änderungen gegenüber früheren Messungen sind:

1. Die Spannung zwischen zwei Meßsonden im festen Abstand von 6 mm (relative Feldstärke) wird nicht direkt gemessen, sondern mit einem Null-Verfahren kompensiert. Dabei wird die Kompensationsspannung mit zwei festen Sonden (Festspannung) überwacht.
2. Vagabundierende Spannungen werden durch Messungen mit entgegengesetzter Polarität und Mittelung ausgeschlossen.
3. Die Messungen werden in einem behelfsmäßig temperierten Raum vorgenommen.
4. Statt der bisher verwendeten Stahlspitzen werden solche aus Hartmetall verwendet.

Die Abbildungen 5 - 7 zeigen einige Schritte zur Erzielung einer guten Polkontur. Aufgetragen sind die Feldabweichungen $\frac{\Delta H_z}{H_0}$ und die jeweilige Polkontur.

Die Abb. 8 zeigt einen Versuch, durch positive und negative Nasen den Feldverlauf weiter zu verbessern. Da die Wirkung gering war, wurde beschlossen, ein Polprofil ähnlich dem in Abb. 7 verwendeten zu bevorzugen, das in Abb. 8 gestrichelt eingezeichnet ist. Dieser Pol zeichnet sich dadurch aus, daß



Prinzipschaltbild der Meßanordnung

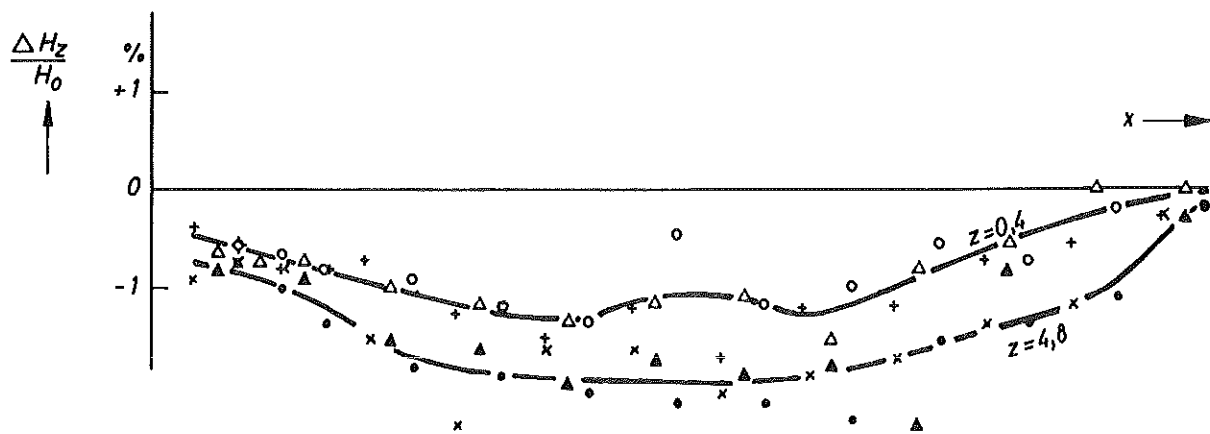
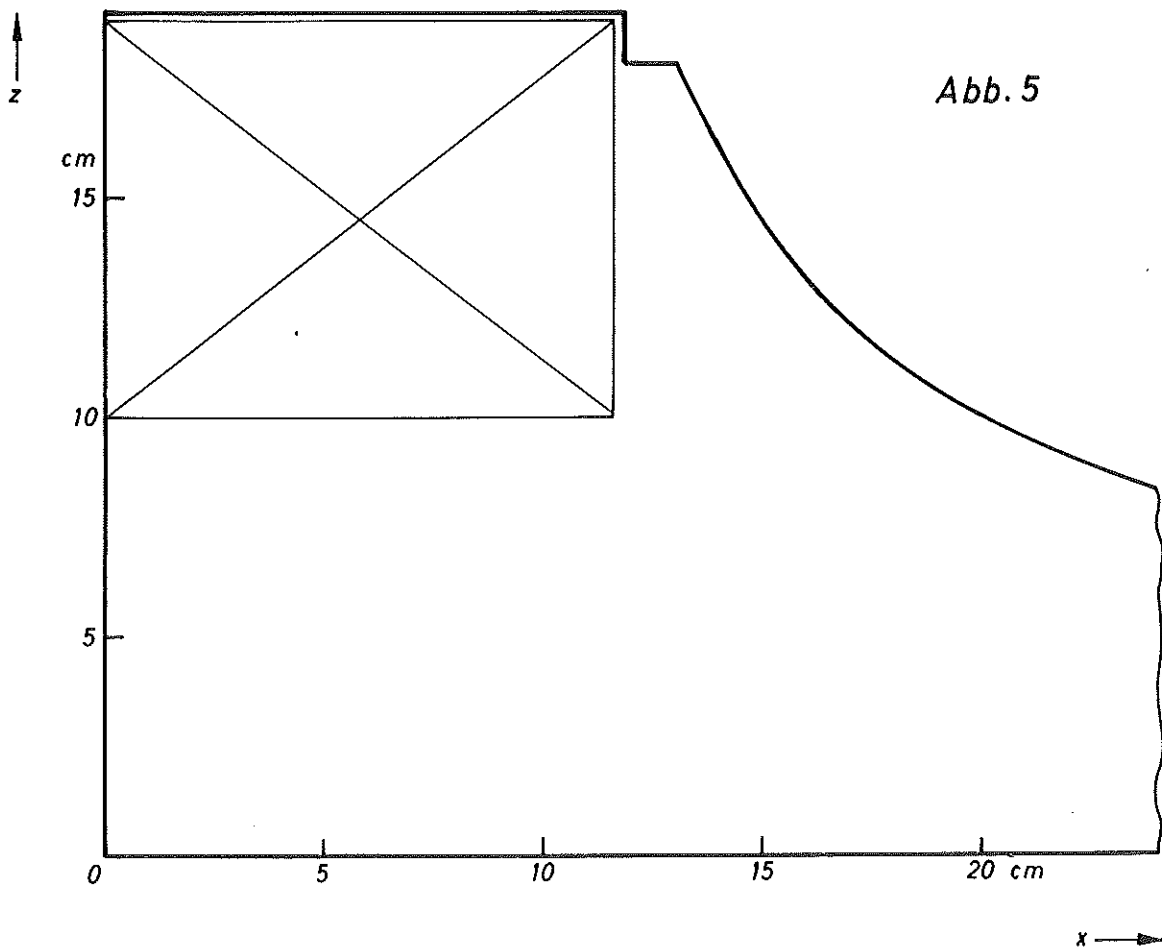
$K=150A$ Mikrovolt - Ammeter (Keithley - Instr.) Meßbereich $30\mu V$

G = Lichtmarkengalvanometer HLM 5 (H & B)

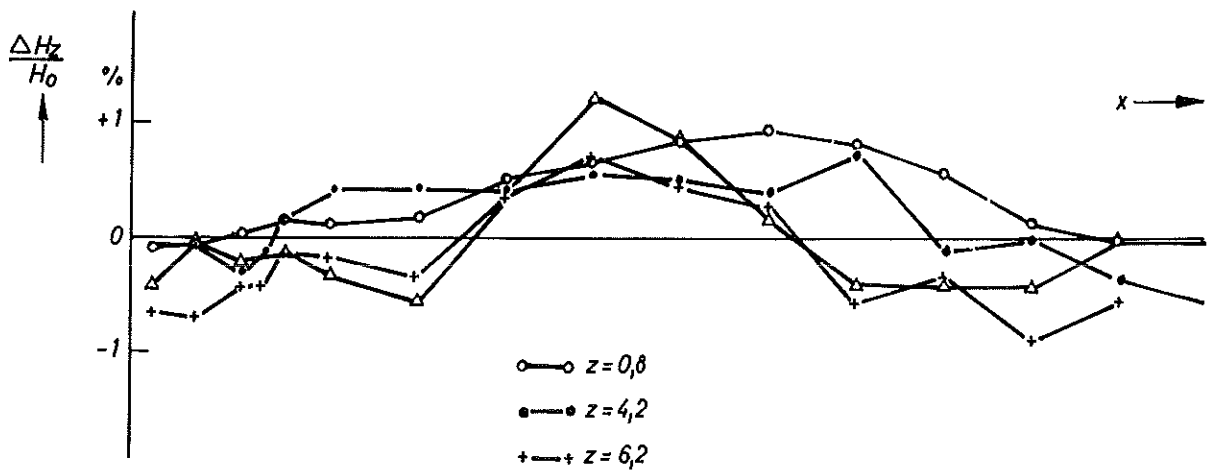
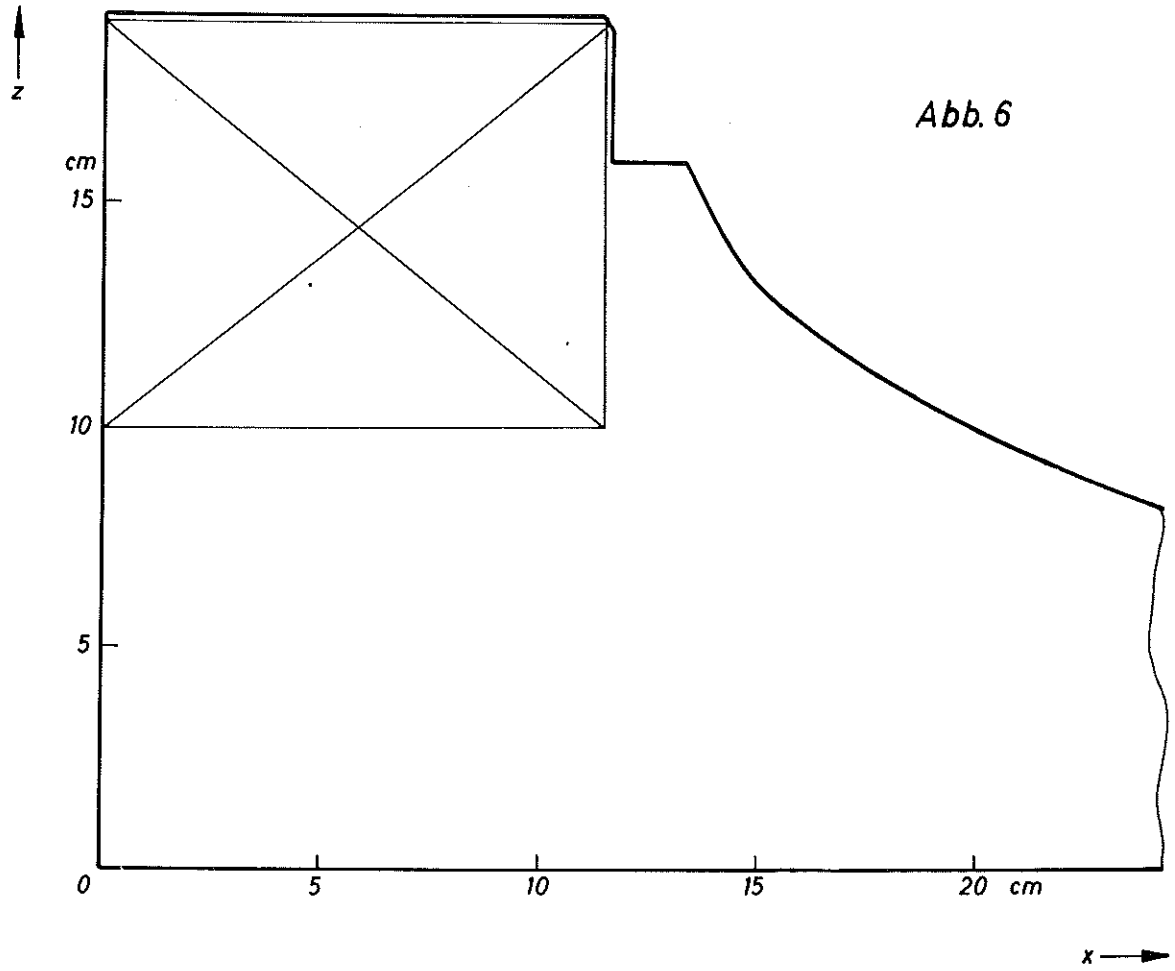
E = Spannung der Sonde

T = Spannung der Testpunkte

Abb. 4



Relative Feldabweichung der z -Komponente in Abhängigkeit von den Koordinaten



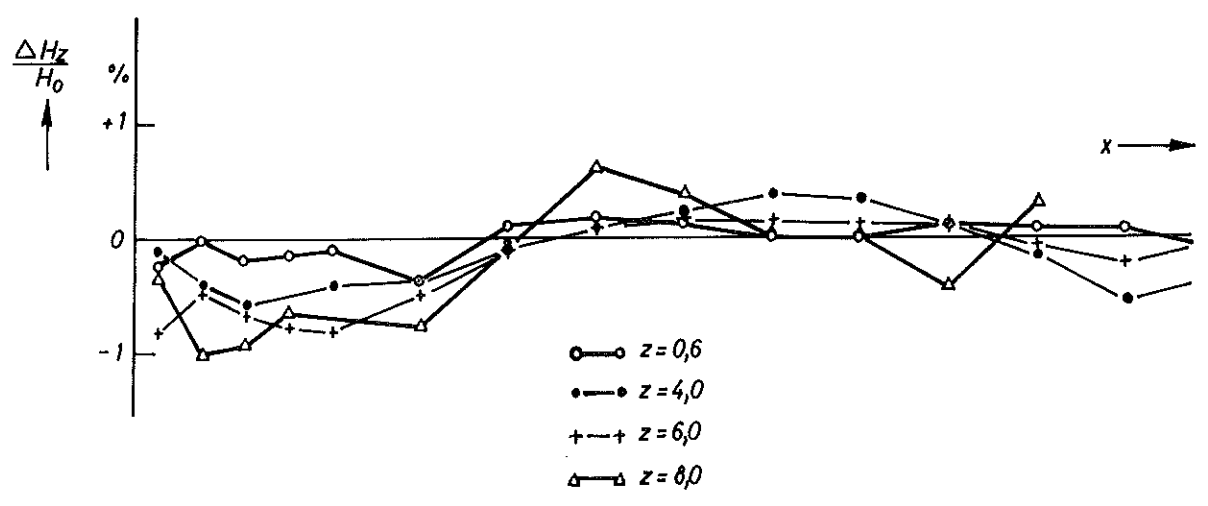
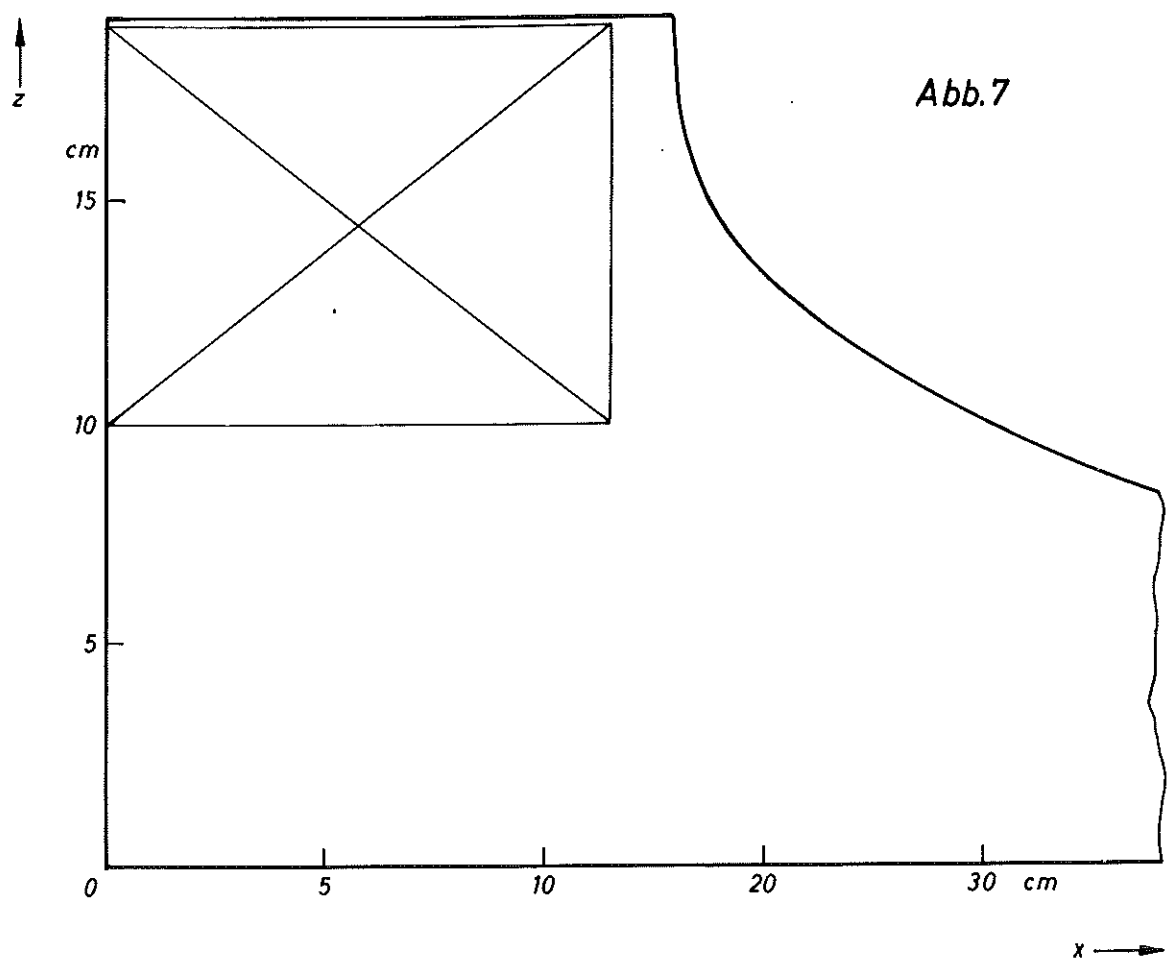
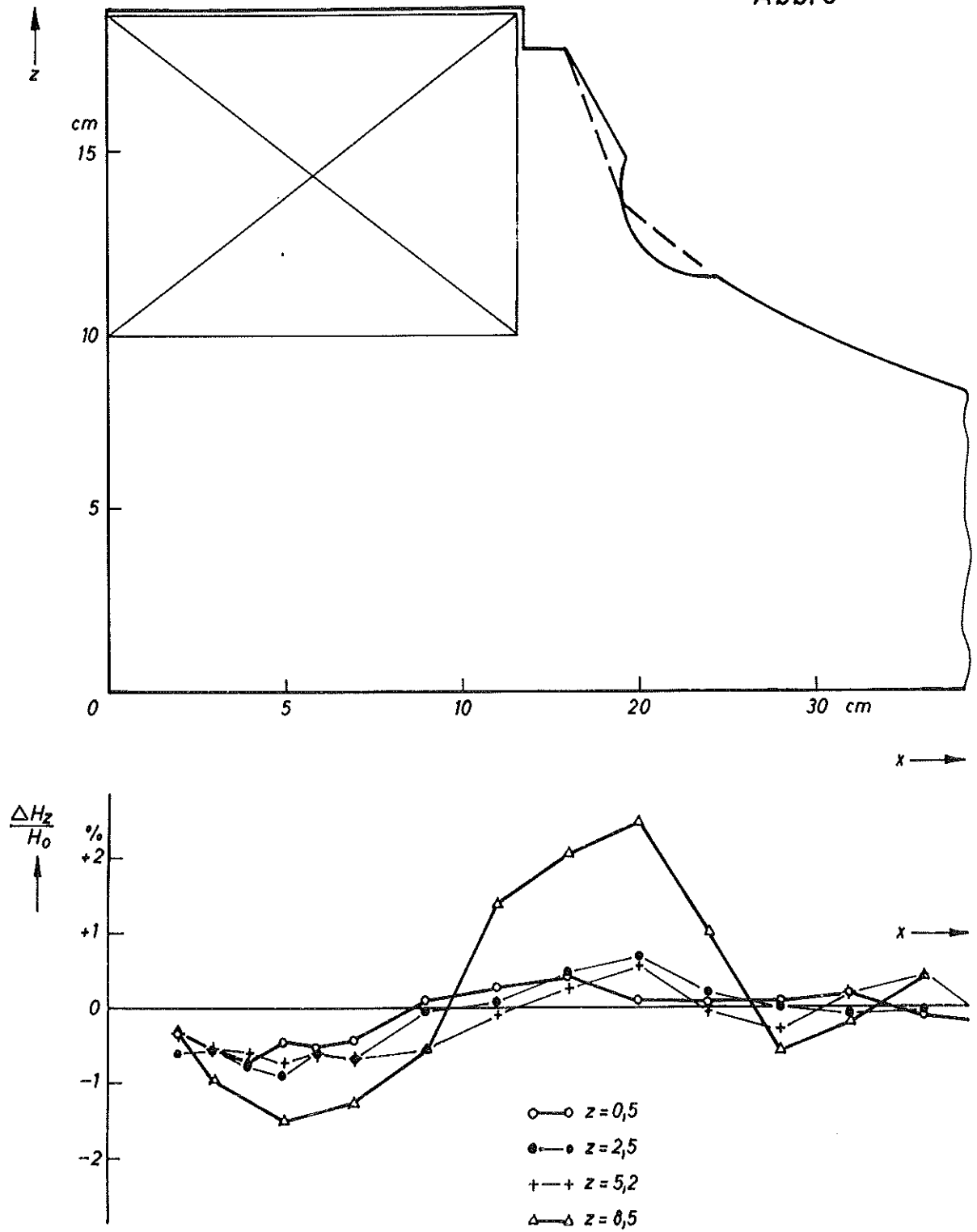


Abb. 8



die Hyperbel durch eine gerade Fläche fortgesetzt wird, die leichter zu bearbeiten ist und notfalls auch das Aufschrauben von Korrekturleisten einfach erscheinen läßt.

In der Abb. 5 sind für $z = 0,4$ und $z = 4,8$ je 3 Messungen angegeben. Daraus ergibt sich ein mittlerer Fehler von einigen Promille. Systematische Fehler von gleicher Größenordnung entstehen durch Ungenauigkeiten in der Blechdicke und der Kontur.

5. Polkontur für homogenes Feld

In einigen Anwendungen erscheint ein homogener C-Magnet zweckmäßig. Für den hier beschriebenen C-Magneten werden daher auch Polschuhe vorgesehen, die in einem möglichst großen Bereich ein homogenes Feld erzeugen.

Die Polkontur dieser Polschuhe wird im Prinzip nach der Methode von Herrn Hardt berechnet. Der Rechengang muß im wesentlichen um eine quadratische Transformation verändert werden. Es erschien trotzdem zweckmäßig, ein neues Programm zu schreiben, was Herr Holzhausen dankenswerterweise übernommen hat. Die Ergebnisse stehen noch aus. Die in Abb. 1 eingetragenen Nasen für diese Polschuhe wurden erraten und sind nur vorläufig.

6. Gestaltung der Endfelder

Durch entsprechende Endabrundungen und Spiegelplatten wurden die Endfelder als drei- bzw. zweidimensionale Quadrupolfelder ausgeführt. Diese Endfeldgestaltung wurde sinngemäß bereits bei den DESY-Quadrupolen und Ablenkmagneten angewendet.

7. Technische Daten

Der Querschnitt des C-Magneten ist aus Abb. 1 ersichtlich. Die offene Seite des Magneten muß durch eine Spiegelplatte abgedeckt werden, wenn diese eine Symmetrieebene des Quadrupolfeldes darstellt. Diese Spiegelplatte ist mehrfach unterteilt, so daß für den Primärstrahl eine angepaßte Öffnung herausgeschraubt werden kann.

Die mechanische Länge beträgt 1425 mm, die magnetische 1075 mm. Die maximalen magnetischen Werte betragen für die Version als homogener Magnet etwa 20 kOe und für die Version als Synchrotronmagnet mit mittlerer Sollbahn etwa $H_0 = 10$ kOe und $g = 0,5$ kOe/cm. Dafür muß eine elektrische Leistung von 200 kW aufgewendet werden.

H. Hultschig