

Interner Bericht

DESY-H5/1

Januar 1969

DESY-Bibliothek  
4. FEB. 1969 ✓

UNTERSUCHUNG VON MAGNETFELDERN

MIT HILFE VON "MARE-A"

von

H. Wiedemann



UNTERSUCHUNG VON MAGNETFELDERN

MIT HILFE VON "MARE-A"

von

H. Wiedemann

I N H A L T

1. Einleitung
2. Variation der Spulen im Ablenkmagneten
3. Variation der Polabrundung im Ablenkmagneten
4. Variation der Polkontur bei Quadrupolen

## 1. Einleitung

Mit Hilfe des bei CERN entwickelten Rechnerprogrammes "MARE" (1) wurden der Einfluß von Spulenanlage und -querschnitt auf die Homogenität des Magnetfeldes in den für den 5 GeV Doppelspeicherring vorgesehenen Ablenkmagneten untersucht. Zusätzlich wurde auch der Einfluß der Polabrundung berechnet.

Mit Hilfe eines analogen Programmes für die vorgesehenen Quadrupole wurde der Einfluß der Polkontur auf die Homogenität des Feldgradienten untersucht, um notwendige Korrekturen zu ermitteln.

Diese Berechnungen wurden trotz der Erfahrungen bei DESY für den Bau von Magneten notwendig, da an die Homogenität der Ablenkmagneten und der Gradienten der Quadrupole für den Speicherring wesentlich höhere Anforderungen gestellt werden müssen.

Bei den Ablenkmagneten muß wegen der sehr großen Betatronamplituden in der Umgebung der Wechselwirkungspunkte eine Feldhomogenität von  $10^{-4}$  über eine Gesamtbreite von etwa 65 - 70 mm gefordert werden.

Um ein möglichst lineares Magnetsystem zu erreichen, wird bei den Quadrupolen eine Homogenität des Gradienten von  $10^{-4}$  über eine Gesamtbreite von etwa 140 mm gefordert.

Die folgenden Kapitel werden zeigen, daß diese Ziele mit nicht zu hohem Aufwand erreicht werden konnten.

## 2. Variation der Spulen im Ablenk magneten

Zunächst wurde der Einfluß der Spulenquerschnitte und der Spulenform für den beim 5 GeV Doppelspeicherring vorgesehenen Ablenk magneten - C-Typ Magnet - berechnet. In Fig. 1 sind die Spulen-Variationen aufgezeigt, die zu den Feld-homogenitäten in den Figuren 2 - 5 führen.

Ein Vergleich aller vier Magnettypen zeigt eine starke Verkleinerung des Homogenitätsbereiches, sobald die Spulen über die Polstübe in das freie Gap reichen (Typ 2 und 3). Berücksichtigt man noch, daß die Fertigung der Spule bei Typ 4 teurer ist als bei Typ 1, so ergibt sich das eritreuliche Ergebnis, daß die billigste Spulenform zugleich den größten Homogenitätsbereich ergibt.

Da der Polabstand  $H = 74$  mm, die Polbreite  $b = 240$  mm und die Homogenitätsbreite  $b = 76$  mm für  $B/B_0 = \pm 1 \cdot 10^{-4}$  beträgt, ergibt sich etwa folgende Relation

$$B : H : b = 5.1 : 1 : 1$$

Für eine Homogenität von  $B/B_0 = \pm 1 \cdot 10^{-5}$  ergibt sich

$$B : H : b = 1.9 : 0.57 : 1$$

### 3. Variation der Polabrundungen im Ablenkmagneten

Da die Polabrundungen eine zusätzliche Bearbeitung der Magnetpole und damit zusätzliche Kosten verursachen, sind Polprofile mit scharfen Kanten - Typ 1 - erwünscht. Bei starker Erregung erreichen diese Kanten jedoch zuerst den Bereich der magnetischen Sättigung. Diese Sättigung wurde auf zwei Arten simuliert. Bei Typ 5 in Figur 6 wurden als erste Näherung die Pole lediglich abgeschragt, wobei die Katheten der abgenommenen Dreiecke 15 mm lang waren. Figur 7 zeigt jedoch, daß damit der Homogenitätsbereich um fast 40 % verkleinert wird.

Als bessere Näherung der Sättigung wurde eine Polabrundung - hier mit dem Radius von 15 mm - empfunden (s. Figur 6).

Hiermit ergibt sich eine Homogenitätsbreite von 68 mm für  $B/B_0 = \pm 1 \cdot 10^{-4}$ , womit die Forderungen der Strahloptik für den Speicherring gerade erreicht werden.

Als praktische Folgerung erscheint der Bau von rechteckigen Magnetprofilen - Typ 1 - optimal. Bei kleiner Erregung der Magnete ergibt sich ein großer Homogenitätsbereich, der sich erst bei höherer Erregung etwas verkleinert.

#### 4. Variation der Polkontur bei Quadrupolen

Die theoretische Behandlung von Quadrupolen ergibt ein reines Quadrupolfeld, falls die Pole ein hyperbolisches Profil unendlicher Ausdehnung besitzen.

Da aus praktischen Gründen diese hyperbolische Form der Pole nach außen hin irgendwo abbrechen muß (s. Figur 10), ergibt sich in achsenfernen Bereichen zwischen den Polen ein schneller Abfall der Gradienten. Dieser schnelle Abfall kann nach außen hin etwas verschoben werden, falls man an geeigneter Stelle die Hyperbel des Profils in eine Tangente übergehen läßt.

Figur 9 zeigt drei Möglichkeiten der Polgestaltung, die im folgenden an dem in Figur 10 gezeigten Quadrupol untersucht werden sollen.

Aus Figur 11 ersieht man den schnellen Abfall des Feldgradienten bei Typ 1. Andererseits bewirkt man einen starken Anstieg des Feldgradienten, falls die Tangente bei Typ 2 zu früh angesetzt wird. Bei optimalem Ansatz der Tangente - hier bei 95,5 mm - kann die Homogenitätsbreite von 130 mm (Typ 1) auf 160 mm erweitert werden.

Um die teure kreisförmige Polabrundung K zu vermeiden, wurde das Quadrupolprofil von Typ 3 untersucht. Die Ergebnisse sind in Figur 12 zusammengestellt.

Setzt man die Tangente bei 96 mm an, so ergibt sich wieder eine Homogenitätsbreite von etwa 155 mm, was wieder der Forderung entspricht.

Für die Hilfestellung bei den Rechnungen an der  
CDC 6600 bei CERN möchte ich hier den Herren

Caynaex  
Hübner  
Keil           und  
Perrin

meinen Dank aussprechen.

L i t e r a t u r :

(1)       CERN-67-7, R. Perrin, S. van der Meer



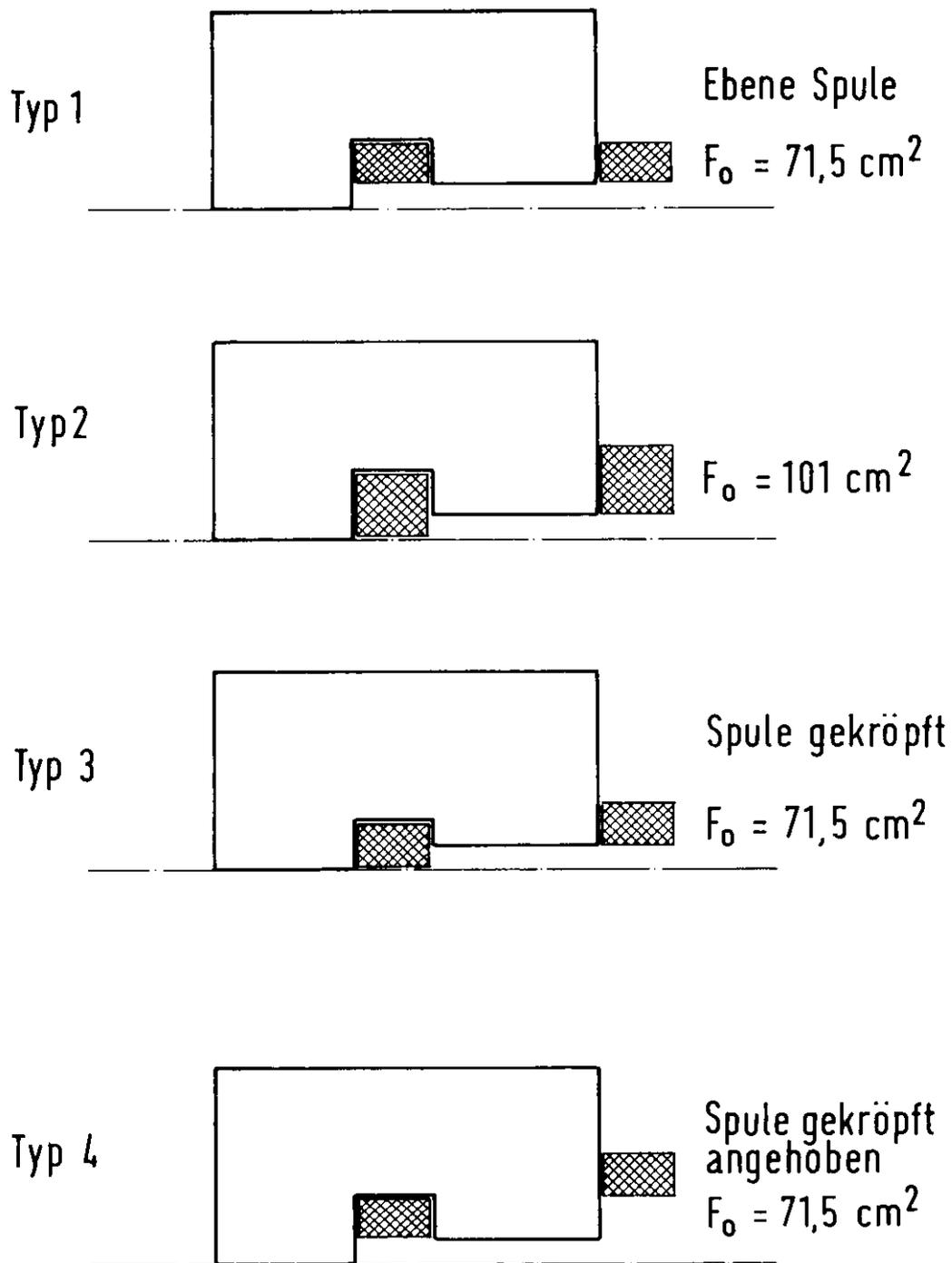


Fig.1 Variation von Spulenanordnungen  
 in Ablenkmagneten Maßstab 1:10

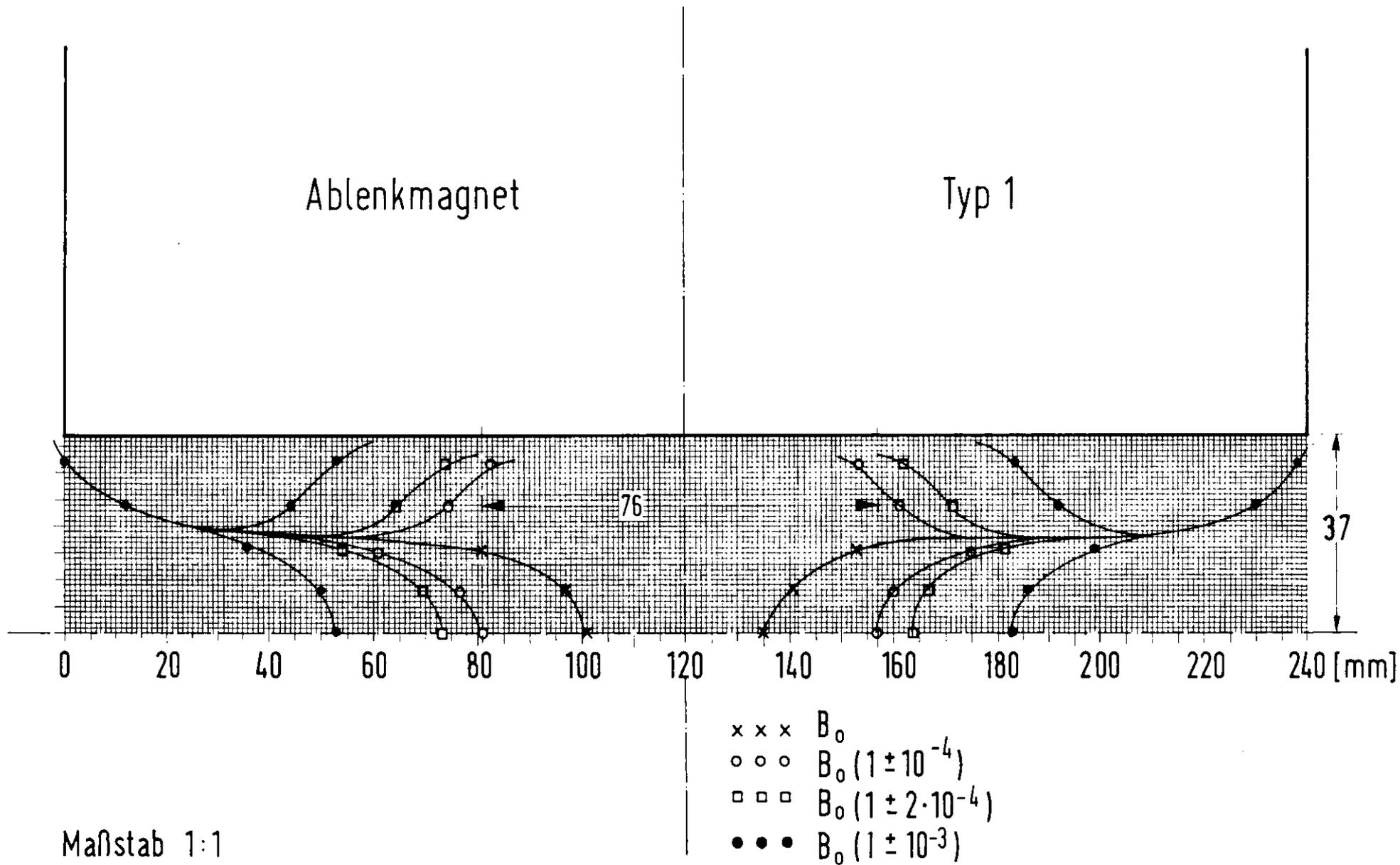


Fig. 2

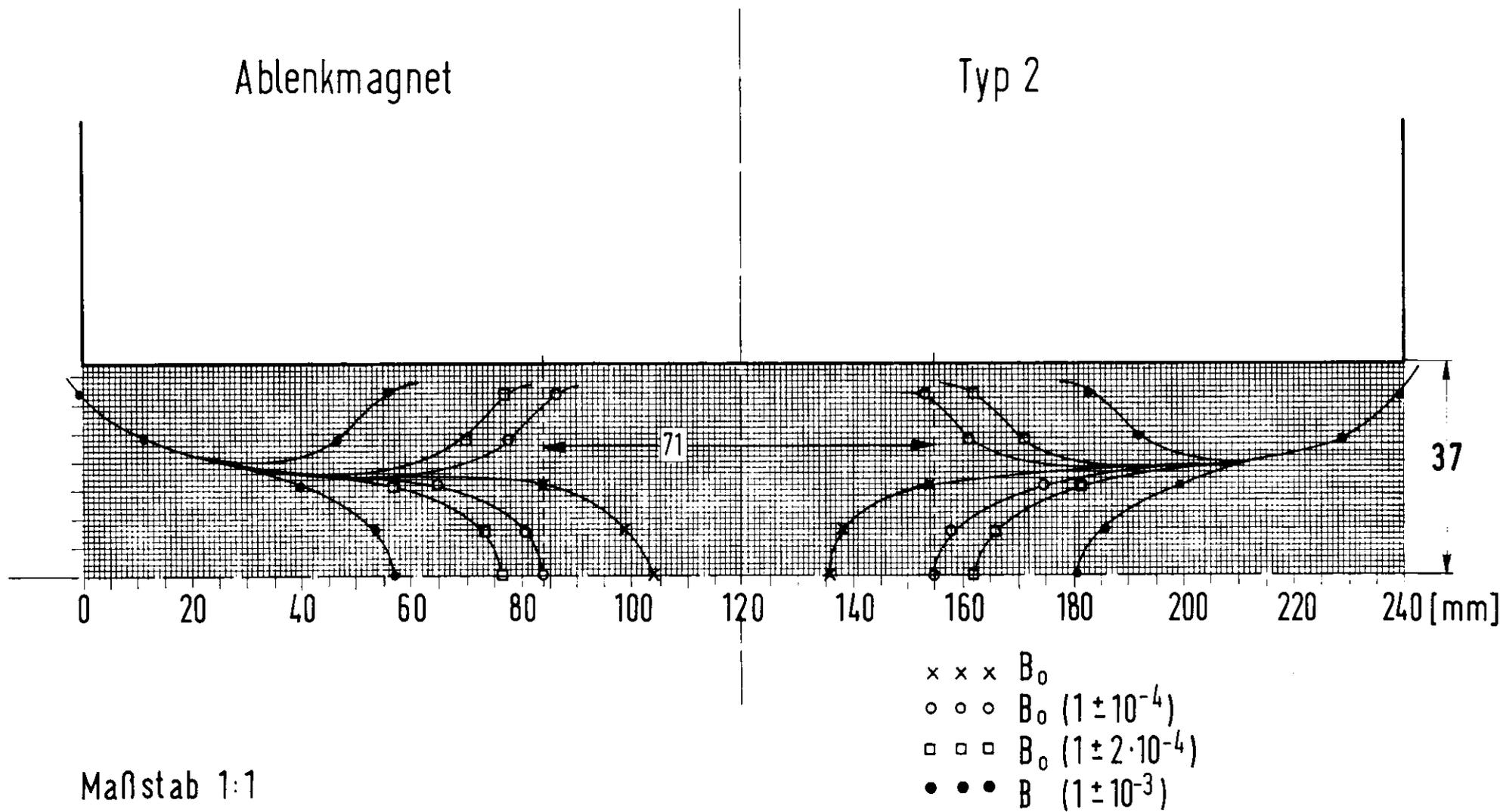


Fig. 3

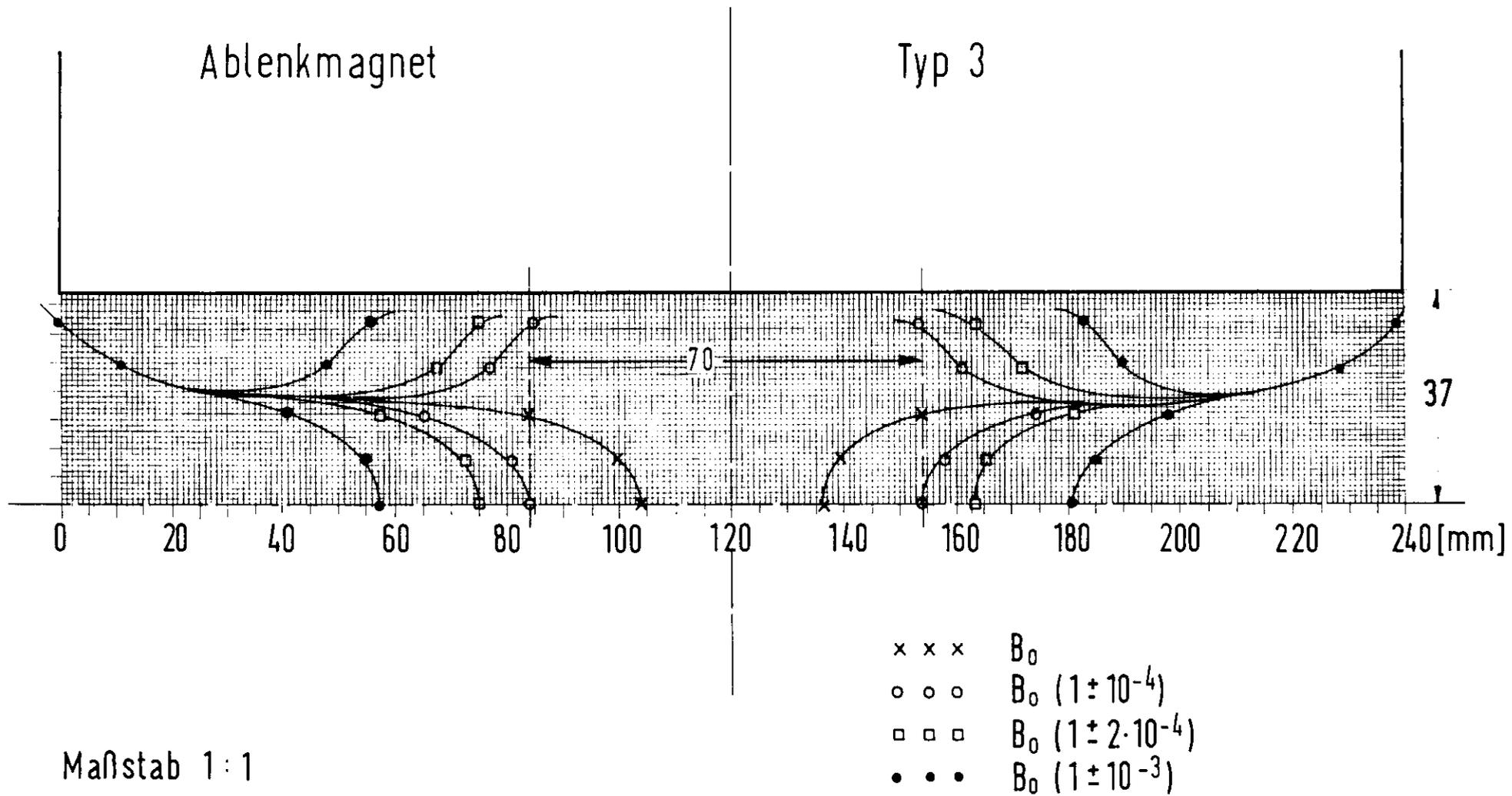


Fig. 4

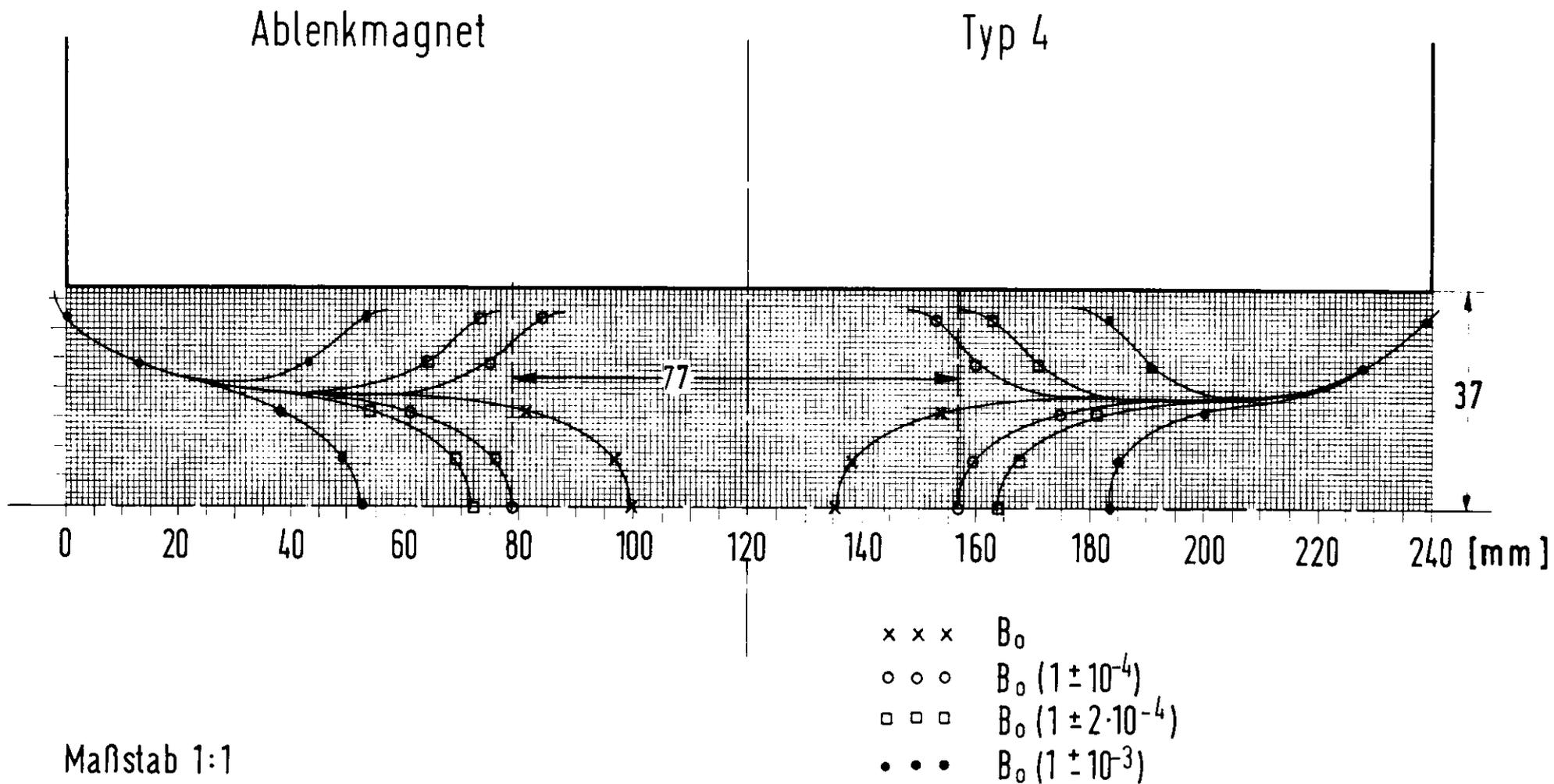


Fig. 5

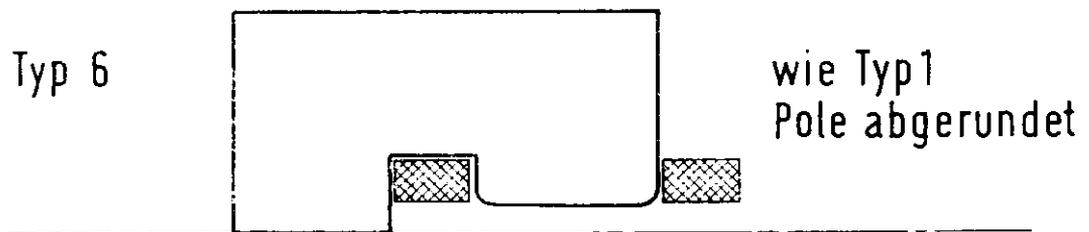
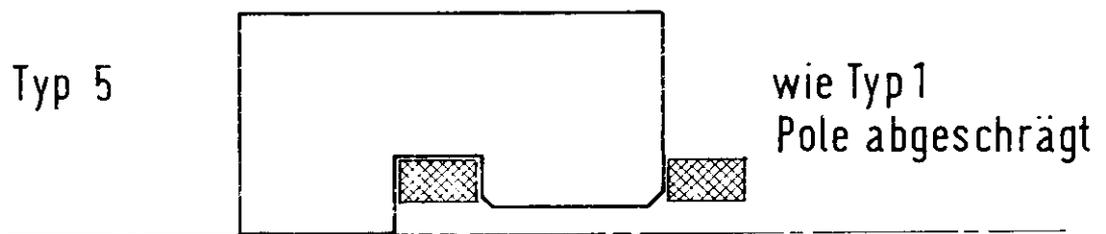


Fig.6 Variation von Polabrundungen  
in Ablenkmagneten

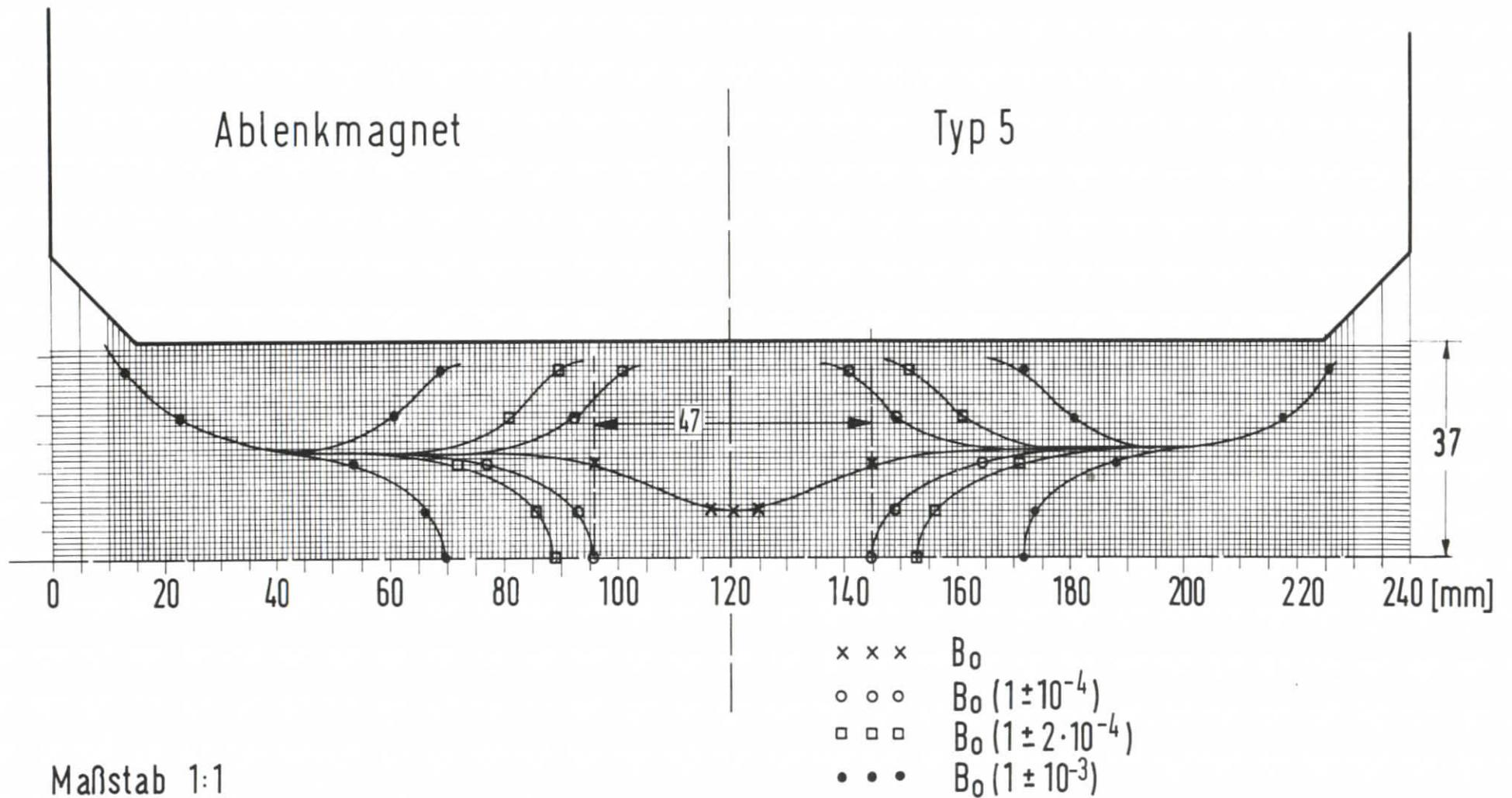


Fig.7

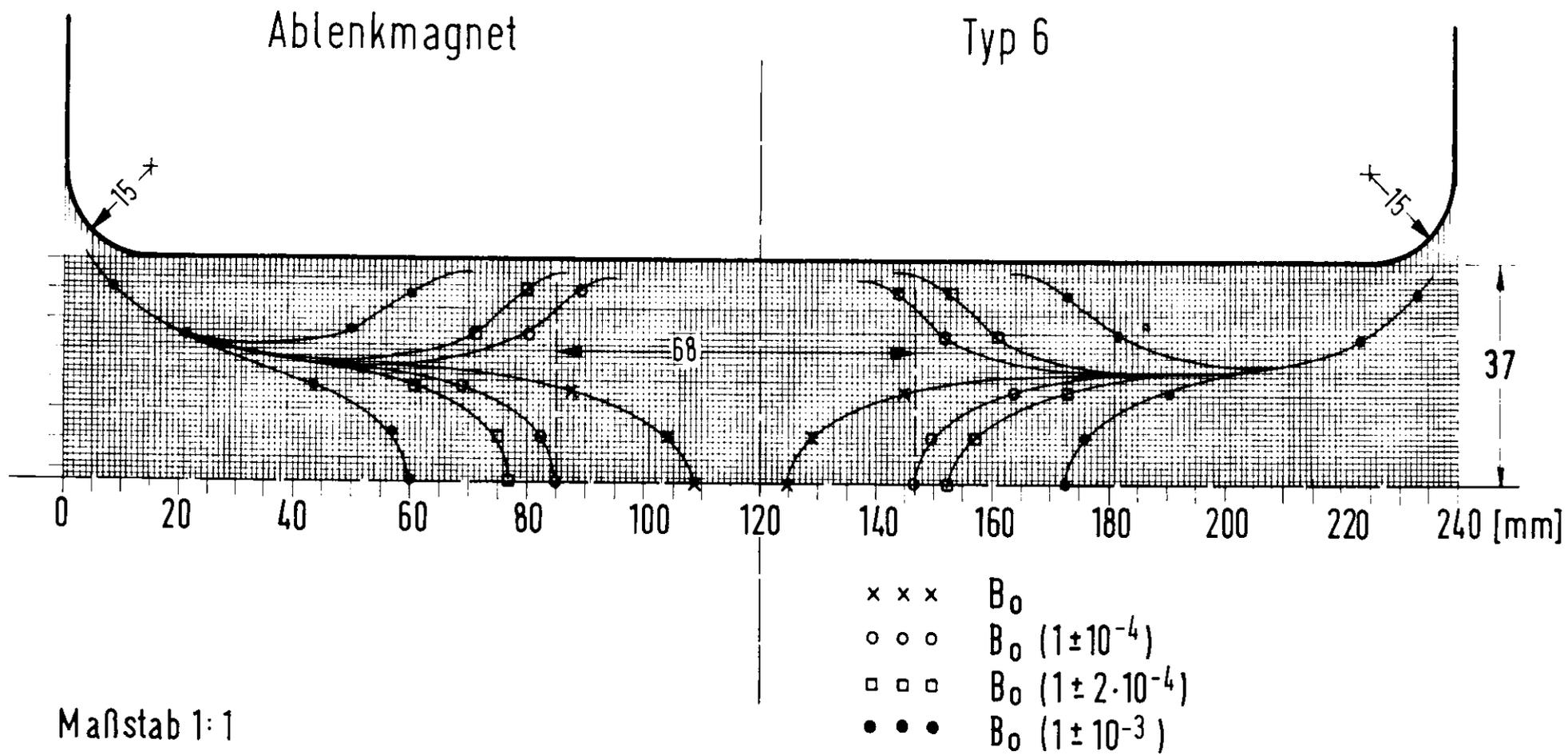
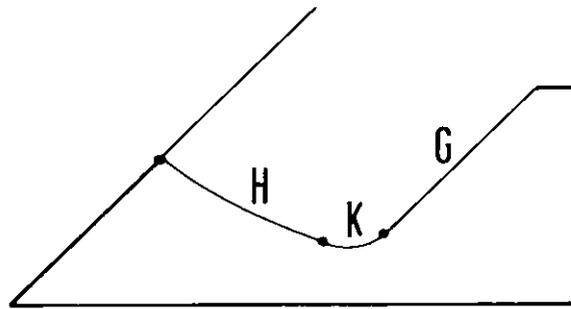
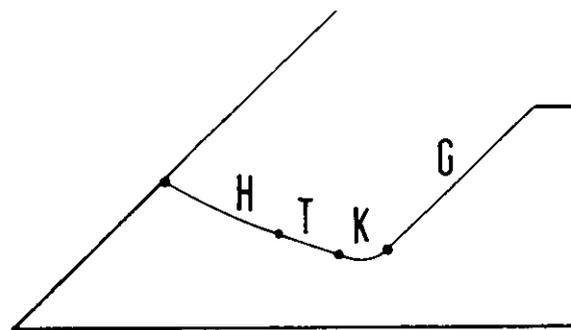


Fig. 8

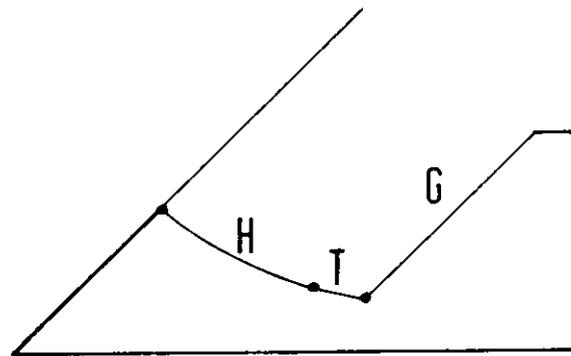
Typ 1



Typ 2



Typ 3



H = Hyperbel  
T = Tangente  
K = Kreis  
G = Gerade

Fig. 9 Variation von Polabrundungen  
bei Quadrupolen

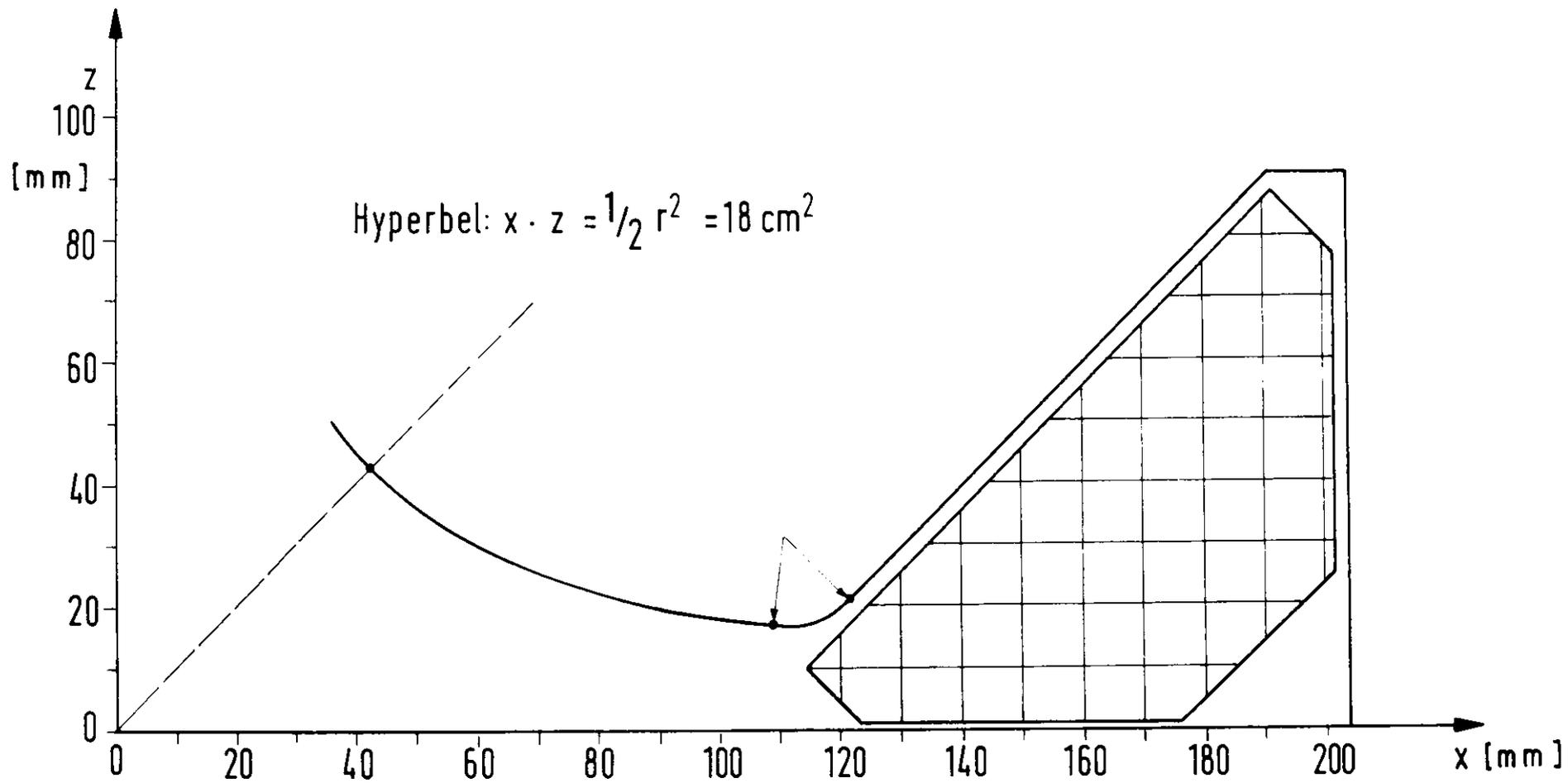


Fig.10 Quadrupolprofil

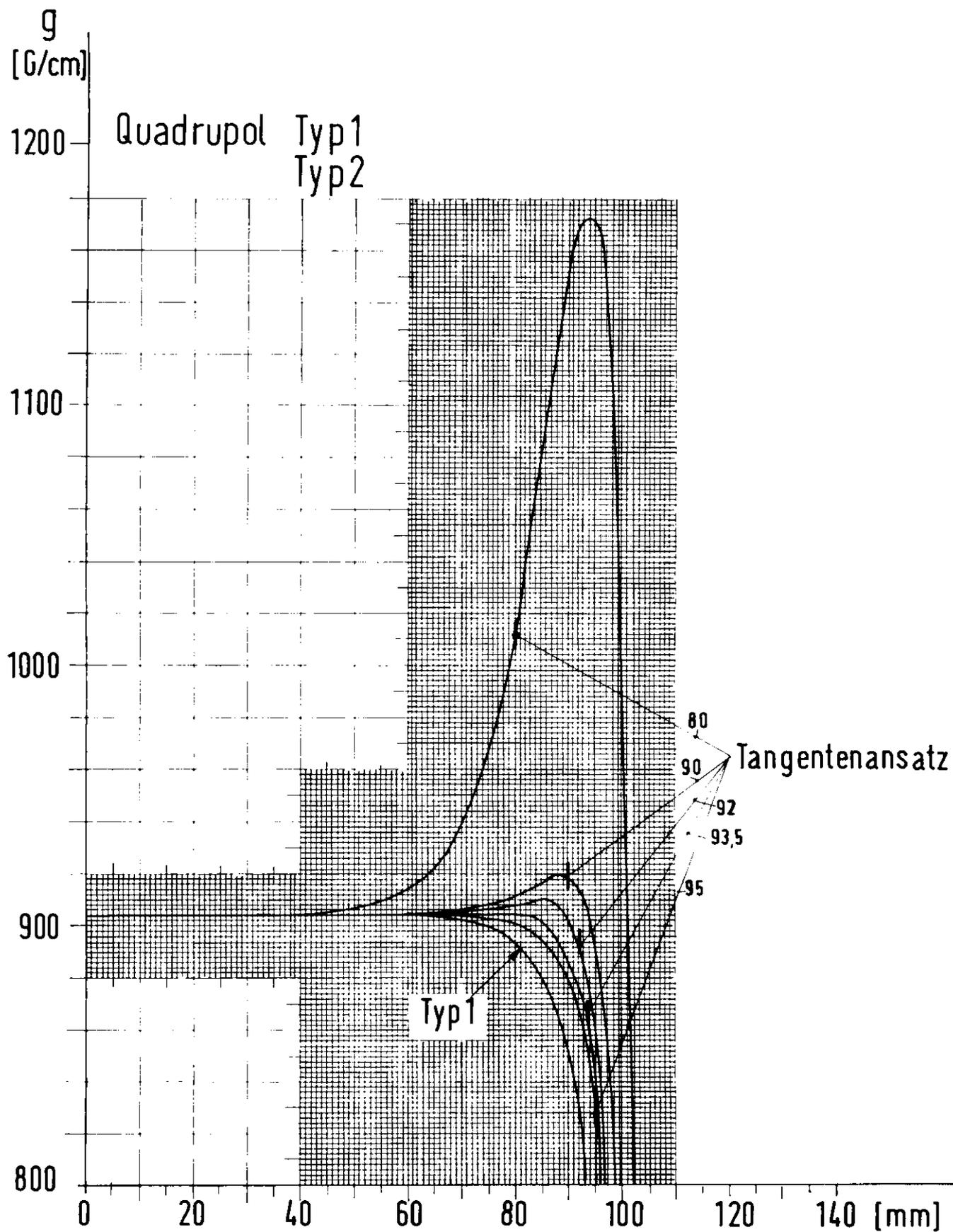


Fig.11 Feldgradienten der horizontalen und vertikalen Symmetrieebene

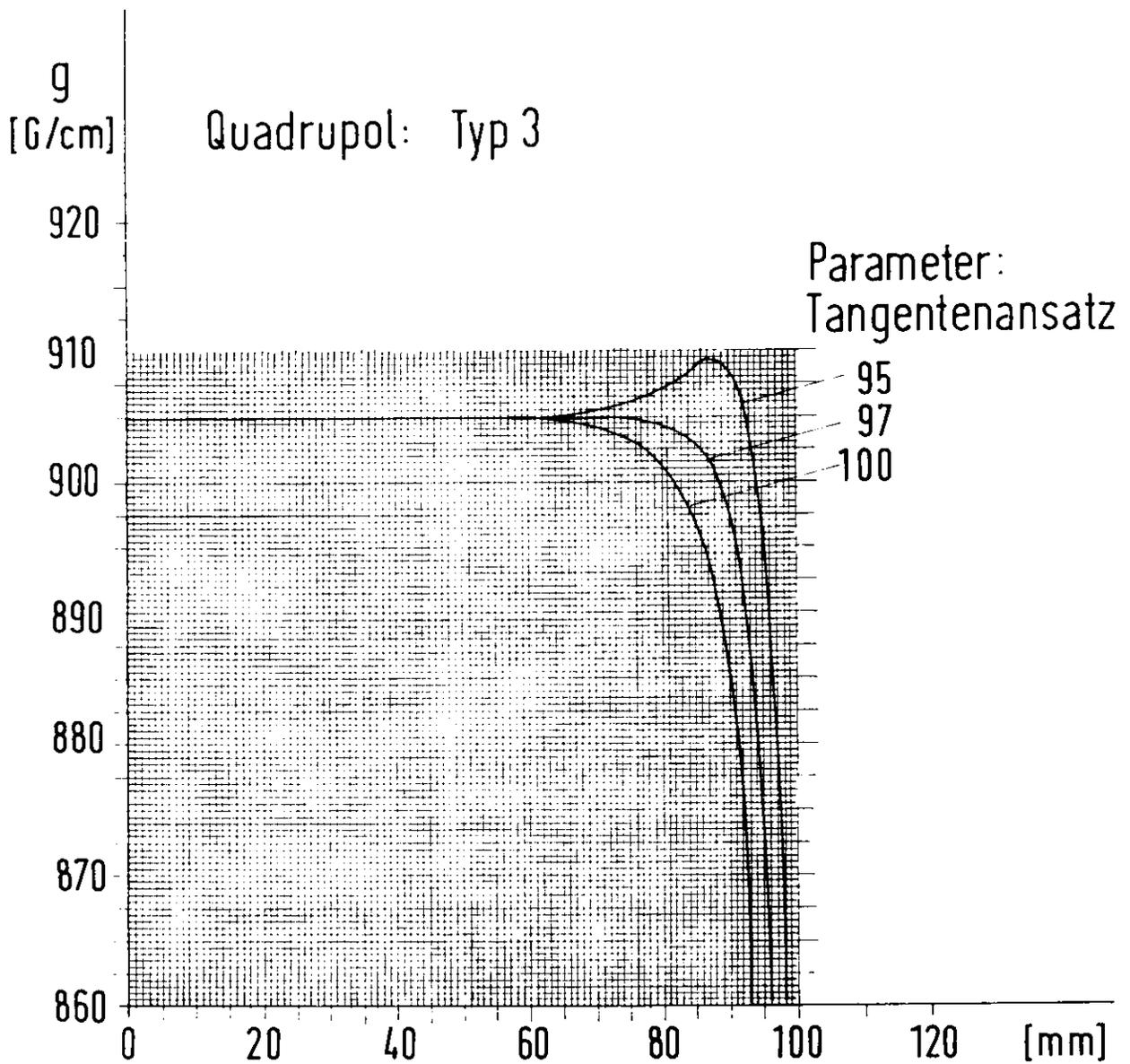


Fig.12 Feldgradienten in der horizontalen und vertikalen Symmetrieebene