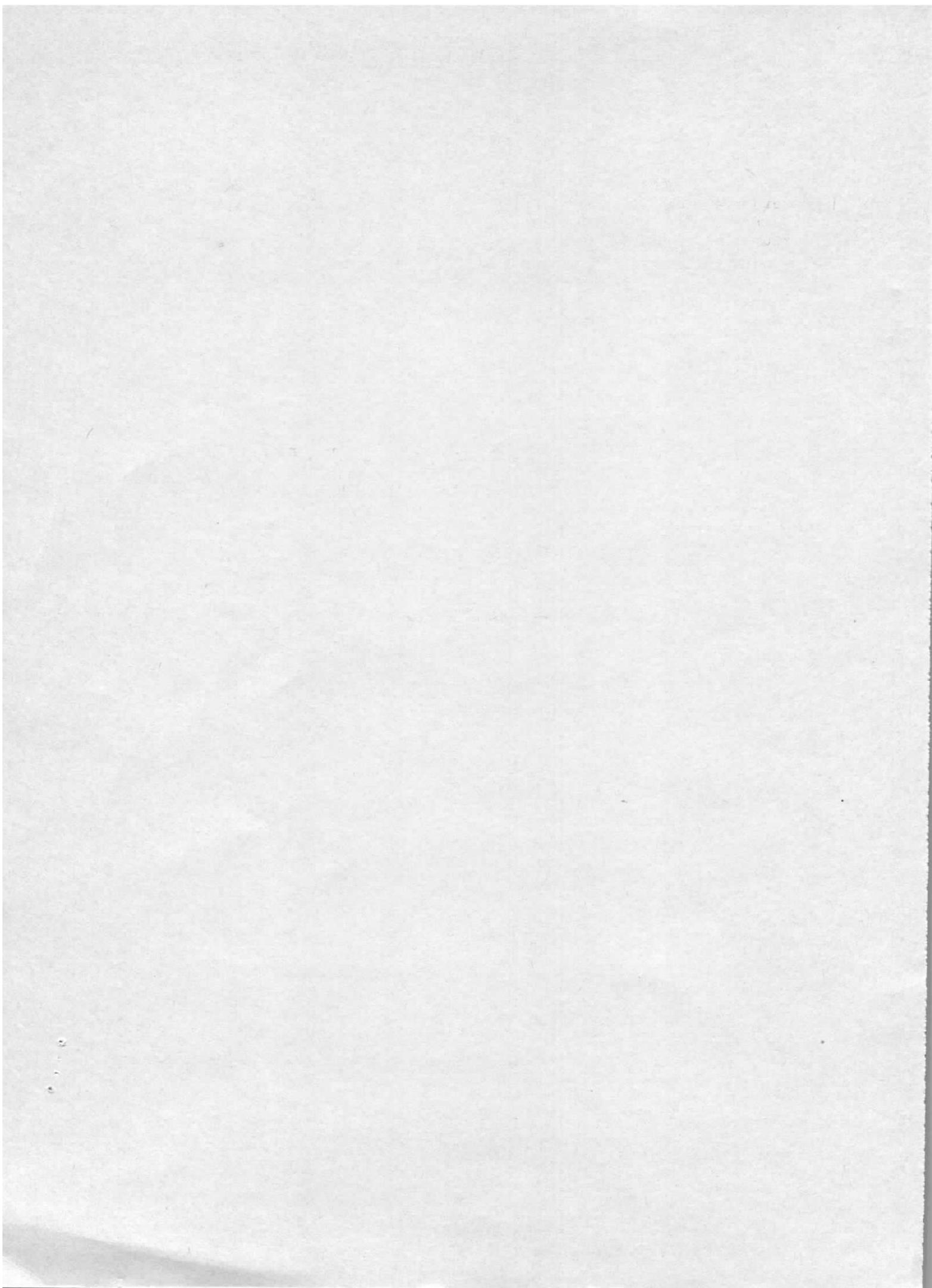


Interner Bericht  
DESY F 21-72/1  
Februar 1972

DESY-Bibliothek  
8. MRZ. 1972

Nichtfokussierendes magnetisches Spektrometer  
der Koinzidenzapparatur von F 21

von  
K.H. Frank



## 1. EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht ist eine Sammlung von technischen Unterlagen zu dem nichtfokussierenden magnetischen Spektrometer von F21, dem sogenannten Protonenspektrometer. Da er als Arbeitspapier gedacht ist, wurde auf ausführliche und vollständige Beschreibung verzichtet und mehr Wert auf eine rasche Information über die schon vorhandenen Unterlagen gelegt. Angaben zur Akzeptanz und Auflösung folgen in einem getrennten Bericht.

Da der Aufbau des Spektrometers noch nicht abgeschlossen ist, haben einige Angaben vorläufigen Charakter. Soweit möglich und für den Meßbetrieb wichtig, wurden in den Zeichnungen nicht die Sollmaße aus den Konstruktionszeichnungen, sondern gemessene Größen angegeben. Mit Ausnahme von Kap. 15 wurde der Zustand beschrieben, wie er sich erst nach Abbau des Quadrupolspektrometers ergeben wird.

## 2. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DES PROTONENSPEKTROMETERS

Das Protonenspektrometer dient zum Nachweis geladener Teilchen. Es kann in Koinzidenz mit dem Elektronenspektrometer betrieben werden.

Die nachzuweisenden Teilchen werden in dem Spektrometermagneten, DESY-Typenbezeichnung MV, bis maximal  $65^\circ$  abgelenkt und dann in 2 Zählerhodoskopen nachgewiesen. (Abb. 1) Das erste Hodoskop ist eine Charpakammer mit 3 Signalebenen, die an der Spiegelplatte des Magneten montiert ist. Sie mißt den Durchtritt der Teilchenbahn in vertikaler Richtung auf ca. 0,7 mm (FWHM) und in horizontaler Richtung auf ca. 8 mm (FWHM) genau.

In 7 m Entfernung vom Target ist das zweite Hodoskop aufgebaut. Für die Auflösung in vertikaler Richtung auf  $\pm 5$  mm sind Szintillationszähler einem binären Kode entsprechend angeordnet. Die horizontale Auflösung erfolgt hier durch Laufzeitszintillationszähler. Aus der Laufzeitdifferenz des Lichtsignals an den beiden Enden des Zählers ergibt sich der Durchgang des Teilchens auf 80 mm (FWHM) genau.

Aus Targetort, Magnetfeldstärke und den Koordinaten der Teilchentrajektorien in den Hodoskopebenen kann Impuls und Richtung des Teilchens beim Verlassen des Targets bestimmt werden.

Die Zählerhodoskope sind völlig von einer Eisenabschirmung umgeben. Das ganze Spektrometer ist einschließlich Abschirmung auf einer Lafette drehbar aufgebaut.

## 3. WINKELBEREICH

Abb. 2 zeigt den Grundriß von Halle IIa mit dem Protonen- und dem Elektronenspektrometer. Die Extremstellungen der Lafetten sind eingezeichnet. Beide Spektrometer haben eine gemeinsame Drehachse in der auch das Target liegt. Die bei den Spektrometern

eingezeichneten Achsen gehen durch die Mitten der Magnete und der Zähler. Die Lafetten sind zu diesen Achsen nicht symmetrisch.

Der maximale Winkel des Protonenspektrometers zum Primärstrahl ist durch das Ende der inneren Laufschiene und die Hallenwand begrenzt. Die letzten 60 cm der Laufschiene dürfen nicht belastet werden. Sie sind nur zum Aufgleiten des Abstreifers vor der Antriebsrolle. Bei  $70^\circ$  ist der geringste Abstand zwischen Spektrometer und Hallenwand bzw. Hallentor nur noch 30 mm. Der Endschalter steht daher zur Zeit auf  $68,7^\circ$ . Der Mindestabstand beträgt in dieser Stellung 175 mm.

Das Protonenspektrometer kann gegen das Elektronenspektrometer bis auf  $31^\circ$  Abstand gefahren werden. (Abb. 3) Bei ungünstiger Stellung des Spektromettermagneten kann dieser Winkel größer sein.

Bei eingeschaltetem Primärstrahl ist jedoch die Richtung des Protonenspektrometers außerdem durch diesen begrenzt. Bei  $13^\circ$  zwischen Primärstrahl und Protonenspektrometer verläuft der Primärstrahl in  $90 \pm 10$  mm Abstand parallel zur Abschirmung. Der Spektromettermagnet MV muß dabei in einem Abstand von mindestens 1340 mm von der Drehachse stehen (Aufstellung III), damit er nicht vom Primärstrahl getroffen wird. Bei 1020 mm zwischen MV und Drehachse (Aufstellung II) muß der Winkel mindestens  $16^\circ$  betragen und bei 555 mm Abstand (Aufstellung I) mindestens  $24^\circ$ .

Die 3 Aufstellungen des Magneten erfordern verschiedenen Aufbau der Abschirmung. Die Abschirmung für Aufstellung II ist zur Zeit noch nicht vollständig beschafft. Die Raumwinkelakzeptanz reduziert sich beim Verschieben des MV von Aufstellung I nach III auf 45%.

Der Schwenkbereich des Elektronenspektrometers ist  $15^\circ - 57^\circ$ . Für die in Abb. 2 eingezeichnete  $10^\circ$ -Stellung muß der erste Quadrupol QA durch einen Quadrupol QB oder einen halben Quadrupol QC ersetzt werden (Abb. 4) und die äußere Laufschiene um etwa

50 cm verlängert werden. Die Verlängerung der Laufschiene nimmt nur geringe Last auf und dient vor allem zum Aufgleiten des Abstreifers vor der Antriebsrolle. Es genügt, eine 10 mm Stahlplatte anzuschweißen. Außerdem muß ein Stück der Kranschiene entfernt werden.

Das Ersetzen des QA durch einen QB bzw. QC/2 reduziert die Akzeptanz des Elektronenspektrometers auf 55% bzw. 50%. Ein QC/2 begrenzt außerdem den Maximalimpuls des Spektrometers auf 4,1 GeV/c. Der erste QA hat in der Spiegelplatte einen kleinen Ausschnitt für den Primärstrahl. Dieser QA muß an die Stelle des zweiten QA gestellt werden oder der zweite QA genauso ausgeschnitten werden. Der Umbau für die  $10^{\circ}$ -Stellung ist zur Zeit noch nicht vorbereitet.

#### 4. FUNDAMENT UND DREHZAPFEN

Das Protonenspektrometer hat mit dem Elektronenspektrometer einen gemeinsamen Drehzapfen, der in dem Drehzapfenfundament verankert ist. (Abb. 5 bis 7) Von den 250 t Gewicht des Protonenspektrometers liegen je nach Magnetstellung 23 bis 35 t auf dem Drehzapfen auf. Das übrige Gewicht kommt auf die innere Laufschiene. Das Elektronenspektrometer bringt keine Last auf den Drehzapfen, sondern greift nur mit horizontalen Kräften an.

Die Schienen (Abb. 7) sind für  $30 \text{ t/m}^2$  ausgelegt. Dabei kann die Schienenbreite mit 1,56 m (Breite der Betonbahn unter den Schienen) angenommen werden. Die innere Schiene ist etwas höher durch das Protonenspektrometer belastet. Dies kann jedoch vertreten werden, da die Betonbahn mit dem Hallenboden durch Stahldübel aus St III, 22 mm  $\emptyset$  in 25 cm Abstand verbunden ist.

Das Laufwerk der Lafette besteht aus 294 balligen Rollen. Infolge ungenauer Ausrichtung der Rollenachsen auf die Drehachse der Lafette rutschen die Rollen während der Fahrt auf der Schiene. Es treten dadurch radiale Kräfte zwischen Drehzapfen und Schiene auf, deren Richtung sich bei Änderung der Fahrtrichtung umkehrt, und

deren Größe nach Desy-Erfahrung  $\leq 10\%$  der Schienenbelastung ist. Die Kräfte erreichen nach einer Änderung der Drehrichtung erst nach etwa  $10^0$  wieder ihren vollen Wert. (Abb. 9) Um diese zwischen Drehzapfen und Schiene auftretenden Kräfte zu beherrschen und eine Verschiebung der Drehachse klein zu halten, wurde die innere Schiene mit dem Fundament für den Drehzapfen entsprechend Abb. 8 verspannt.

Die Verschiebung der Drehachse wurde mit 2 Theodoliten beobachtet. Auch bei gleichzeitigem Drehen beider Spektrometer blieb die Abweichung unter 0,1 mm.

Die radialen Kräfte führen auch zu einer Längsdehnung der Lafette, die meistens nicht stört. Bei unsymmetrischer Form der Lafette kommt dazu aber noch eine Verbiegung, so daß die optische Achse des Spektrometers nicht immer genau auf die Drehachse zeigt. Beim Elektronenspektrometer ändert die optische Achse ihren Abstand von der Drehachse um  $\pm 0,5$  mm. Vor dem Anbringen einer zusätzlichen Verstärkung waren es  $\pm 4$  mm. (Abb. 9) Eine entsprechende Verbiegung der Protonenlafette hat auf die Optik des Protonenspektrometers keinen wesentlichen Einfluß.

## 5. LAFETTE

Form und Abmessung der Lafette gehen aus Abb. 10 hervor. Durch den MV-Magneten und die Abschirmung wird die Lafette entsprechend Abb. 11 belastet. Zur Messung der Durchbiegung erhielt die Lafette eine Probelast, die in Größe und Lage der endgültigen Belastung entsprach. Die Absenkung an verschiedenen Punkten zeigt Abb. 12. Der Hauptanteil an dieser Absenkung kommt von der Elastizität des Fahrwerkes. Die eigentliche Durchbiegung des Lafettenkörpers ist zwischen Drehzapfen und Schiene 1-2 mm, am Ende der Lafette 5 mm. Diese Werte sind unbedeutend, da die Belastung der Lafette im Betrieb konstant ist. Nach einer größeren Änderung der Abschirmung oder einer Verschiebung des Magneten muß jedoch die Lage der Hodoskope überprüft werden.

Beim Ändern der Winkelstellung des Spektrometers zwischen  $60^{\circ}$  und  $68^{\circ}$  wurden Höhenverschiebungen von  $\pm 0,3$  mm gemessen (Unebenheit der Schiene).

Die eingebauten Motore des Antriebs haben 2 Geschwindigkeiten im Verhältnis 1:2. Es ist die größere Geschwindigkeit angeschlossen. Damit beträgt die Fahrzeit beim Drehen des Spektrometers 12,5 sec/Grad. (Die Fahrzeit des Elektronenspektrometers ist 8,2 sec/Grad.)

Die Vorspannung des nur einseitig angebrachten Antriebs verursacht ein Drehmoment um die Längsachse des Spektrometers, das sich sehr ungünstig auf die Belastung der Rollen des Fahrwerkes auswirkt. Auf der Antriebsseite werden die Rollen entlastet, auf der gegenüberliegenden Seite zusätzlich belastet.

Gewichte nach Angaben der GHH:

Lafettenkörper	25,58 t
Rollenwagen und Zugbänder	1,17 t
	<hr/>
	26,75 t
Antrieb und Antriebskasten	2,97 t
Magnetwagen	2,24 t
Wälzwagen und Arretierungs- klötze	0,44 t
Drehzapfen einschließlich Ver- ankerung	3,35 t

Die angegebenen Gewichte sind Stücklistengewichte, die üblicherweise auf 3% genau sind.

## 6. MAGNETWAGEN

Da für verschiedene Experimente die Magnetaufstellung geändert werden soll, ist der Magnet auf einem Wagen gelagert (Abb. 13). Der Magnetwagen kann um 905 mm in Längsrichtung der Lafette bewegt werden.

Diese Bewegung kann mit 2 kleinen hydraulischen Pressen oder mit den Feststellschrauben der Arretierungsklötze erfolgen.

Außerdem kann der Magnetwagen um etwa  $\pm 10$  mm in Querrichtung verschoben werden. Damit kann der Magnet genau auf die Achse des Spektrometers gebracht werden. Bei allen Justierungen sollte immer die Drehachse und der auf der Lafette angebrachte Mittelriß als Grundlage dienen. Die Drehachse kann eine Meßspitze aufnehmen (Abb. 5). Der Mittelriß ist nur im mittleren Teil der Lafette auf dieser eingeritzt und trägt dort auch eine Marke in 5,5 m Abstand von der Drehachse. Der Riß auf den lose aufliegenden Abschirmplatten im vorderen und hinteren Teil der Lafette ist für genaue Justierungen und Vermessungen nicht geeignet.

Beim Verschieben des Magneten nach hinten werden nacheinander die beiden Abschirmplatten von 445 und 355 mm Breite von ihrem Platz hinter dem Magnetwagen umgelegt auf den Platz, der vor dem Magnetwagen frei wird. Hierbei müssen auch die Auflageleisten versetzt werden. (Achtung: Schrauben der Qualität 8,8 verwenden und einwandfrei anziehen!)

7. SPEKTROMETERMAGNET, TECHNISCHE DATEN

Maximale Stromstärke		1500	A
Leistungsverbrauch bei 1500 A		400	kW
Gesamtwiderstand bei 20° C		166	mΩ
Feldstärke bei 1500 A		19,2	kG
Integrierte magnetische Länge		1343	mm
Nutzbare Apertur	Eingang	140 x 480	mm <sup>2</sup>
	Ausgang	280 x 1360	mm <sup>2</sup>
Gesamtlänge		1855	mm
Polabstand		214	mm
Gesamtwindungszahl	2 x 112 =	224	
Mittlere Windungslänge		5650	mm
Leiterquerschnitt	Quadrat	13 x 13	mm <sup>2</sup>
	Loch	6,5	mm Ø
	Fläche	135	mm <sup>2</sup>
Zahl der Kühlkreise pro Spule		16	
Kühlwassermenge (Δt = 40° C)		145	l/min
Erforderlicher Differenzdruck		8	at
Gesamtgewicht ohne Hubbeine und Konsolen		45	t
Gesamtgewicht mit Hubbeinen und Konsolen		46,2	t
<u>Einzelgewichte:</u>			
Innenteil ohne Spiegelplatten		17,5	t
Innenteil mit Spiegelplatten		19,4	t
Oberjoch		7,8	t
Unterjoch		7,5	t
Ungeteiltes Seitenjoch		4,9	t
Geteiltes Seitenjoch	Oberteil	1,8	t
Geteiltes Seitenjoch	Unterteil	2,1	t
Keil A		0,5	t
Keil B		0,56	t
Keil C		0,41	t
Füllstück		19	kg
Poller		20	kg
Kupfergewicht je Spule		760	kg

Angaben zum Eisen

Firmenbezeichnung: Minimum RA

Magnetisierungskurve <sup>+</sup>: Abb. 19

Chemische Analyse <sup>+</sup>:

C	0,035	%
Si	0,01	%
Mn	0,16	%
P	0,008	%
Cr	0,04	%
Ni	0,05	%
Co	0,009	%

Festigkeitswerte <sup>+</sup>

Streckgrenze	17,8	kp/mm <sup>2</sup>
Zugfestigkeit	28,8	kp/mm <sup>2</sup>
Bruchdehnung	39	%
Einschnürung	79,4	%

---

<sup>+</sup> Nach dem Prüfzeugnis der Firma Fried. Krupp Hüttenwerke AG., Bochum

Durchfluß von Kühlwasser

$\Delta p$ (at)	I	II	III	o.D.	
4 a)	25,8	60,8	96		l/min
6 a)	29,2	70	121,6		"
6 b)	29	70	120	149	"
8 a)	33,8	80	142,5		"

Stellungen des Dreiwegehahns:

- I für 750 A maximal
- II für 1000 A maximal
- III für 1500 A maximal

- a) Messung von Desy.  
Weitere Werte sind im Prüfprotokoll von S2 enthalten.
- b) Messung von BBC.  
Der Durchfluß wird auch in Stellung III schon gedrosselt.  
Der Wert "o.D." ist ohne Drosselung gemessen.

## 8. SPEKTROMETERMAGNET MV, BESCHREIBUNG

Der Spektrometermagnet MV (Abb. 14 bis 18) wurde für das Protonenspektrometer entworfen und gebaut. Die trapezförmigen Pole und der seitliche keilförmige Einschnitt ermöglichen Messungen mit einem großen Raumwinkel auch bei Aufstellung des Spektrometers unter relativ kleinen Winkeln (min  $13^\circ$ ) zum Primärstrahl. Für enge Winkelstellung zum Elektronenspektrometer (min.  $31^\circ$ ) sind am keilförmigen Einschnitt die Kanten noch abgeschrägt worden, um für den 1. Quadrupol des Elektronenspektrometers Platz zu lassen. Abb. 3 zeigt die Spektrometer in ihrer engsten Stellung zueinander. Der Einschnitt kann durch Keile schrittweise ausgefüllt werden.

Für verschiedene Abstände  $S$  des Magneten vom Target (Abb. 22) sind folgende minimale Winkelstellungen  $\theta_{\min}$  des Protonenspektrometers zum Primärstrahl möglich:

Aufstellung	$S$ (mm)	im Magneten befindliche Keile	$\theta_{\min}$
I	475	C	$26^\circ$
I	555	A + B + C	$47^\circ$
I	555	C	$24^\circ$
II	1020	-	$16^\circ$
III	1340	-	$13^\circ$

Der horizontale Abstand zwischen Strahlmitte und Magneteisen ist bei den angegebenen Winkelstellungen stets  $\geq 40$  mm.

Bei der magnetischen Vermessung zeigte sich nur ein geringer Einfluß der Keile auf die Feldmatrix. Es wurde daher auf eine genaue Vermessung der Feldmatrix des Magneten mit eingebauten Keilen verzichtet. Es wurden 2 Feldmatrizen aufgenommen mit 10 kG bzw. 19 kG in der Mitte des Magneten.

Die Erregungskurve des Magneten ohne Keile (Abb. 20) zeigt bei 1500 A (19,2 kG) erst 2,58% Sättigung. Eine Erregung auf 20 bis 20,5 kG bei entsprechend höherem Strom sollte nach Überprüfung der Kühlleistung möglich sein. Bei eingesetzten Keilen hat man 2 % Sättigung bei 1500 A.

Abb. 21 zeigt die Stärke der Hauptkomponente  $B_x$  des Magnetfeldes entlang der Mittellinie des Magneten.

Die Aufstellung des Magneten wird durch die Maße S und Y und den Winkel N festgelegt (Abb. 22). Die Justierung erfolgt mit 3 Hubbeinen entsprechend Abb. 23. Die beiden hinteren Hubbeine dürfen nur gemeinsam verstellt werden. Eine geringfügige Querneigung des Magnetwagens kann mit ihnen ausgeglichen werden. Eine stärkere Querneigung würde aber die Hubbeine beschädigen.

Die Verstellung des Magneten wird begrenzt durch den Hubbereich und die Kugelgelenke der Hubbeine.

Der Spielraum der Kugelgelenke begrenzt die Neigung des Magneten auf  $6^\circ$ . Diese Neigung darf auf keinen Fall überschritten werden. In Abb. 24 sind einige extreme Stellungen des Magneten angegeben, wie sie durch die Verstellung der Hubbeine ermöglicht werden.

Für enge Winkelstellung zum Elektronenspektrometer muß der Magnet hoch genug stehen, um über die Elektronenlafette fahren zu können. (Maß T). Für kleine Winkel zum Primärstrahl läuft dieser teilweise durch den keilförmigen Ausschnitt im Magneten. Dafür sind die vertikalen Abstände d, e und f zwischen Magneteisen und Primärstrahl in Abb. 24 angegeben.

Bei nicht geneigtem Magneten ( $N = 0$ ) ist S minimal 515 mm und maximal 1420 mm.

## 9. ABSCHIRMUNG

Für die Planung der Abschirmung wurde zunächst folgender Versuch gemacht: Auf dem Elektronenspektrometer wurde entsprechend Abb. 25 ein Szintillationszähler in Strahlhöhe aufgebaut. Gegen den Strahl wurde dieser Zähler durch Eisen abgeschirmt. Die Dicke dieser Abschirmung konnte zwischen 5 cm und 30 cm variiert werden. In die anderen Richtungen war der Zähler durch Blei oder den MA-Magneten abgeschirmt. Die Entfernung des Zählers vom Primärstrahl wurde durch Drehen des Elektronenspektrometers geändert. Abb. 26 zeigt die Abhängigkeit der Zählraten von der Abschirmdicke für verschiedene Entfernungen des Zählers vom Primärstrahl. Mehr als 30 cm Eisen scheint nur noch geringe Vorteile zu bringen. Bei größerer Entfernung des Zählers vom Primärstrahl sind auch 20 cm Eisen schon ausreichend.

Auf Grund dieses Ergebnisses wurde die Abschirmung folgendermaßen geplant:

Gegen Primärstrahl und gegen Target 30 cm Fe;  
von Strahl und Target abgewandte Seiten und Decke 20 cm Fe.  
Boden 10 cm Fe.

Um einen möglichst kleinen Winkel des Spektrometers zum Primärstrahl zu erreichen, wurde in Strahlhöhe statt der 30 cm Fe eine nur 20 cm dicke Abschirmung aus 16 cm Pb und 4 cm Fe genommen.

Der Magnet kann in Längsrichtung um 905 mm verschoben werden. Dabei ist ein Umbau der Abschirmung notwendig.

Es sind 3 verschiedene Aufstellungen geplant:

Aufstellung I: Magnet etwa 555 mm vom Target entfernt.

Der minimale Winkel zwischen Spektrometerachse und Primärstrahl ist dabei  $24^\circ$ .

Die Abb. 27 und 28 zeigen die Abschirmung für diese Aufstellung.

Bei Aufstellung II ist die Entfernung des Magneten zum Target 1020 mm und der minimale Winkel  $16^\circ$ .

Die notwendige Abschirmung ist zur Zeit noch nicht vollständig beschafft.

In Aufstellung III ist die Entfernung des Magneten zum Target etwa 1340 mm und der minimale Winkel  $13^{\circ}$ .

Die Platzverhältnisse im Innern des Abschirmhauses sind in die Abb. 29 und 30 eingetragen. Diese Maße gelten für alle drei Aufstellungen. Die Abb. 29 und 30 enthalten gemessene Maße und keine Sollmaße.

Der Hallenkran kann die Decke im hinteren Teil der Abschirmung nicht mehr höher legen.

#### 10. CHARPAKKAMMER

Am Spektrometermagneten ist als Hodoskop zum Nachweis der Teilchen eine Charpakkammer entsprechend Abb. 31 befestigt. Da für gute Orts- und Zeitauflösung die Teilchentrajektorien möglichst senkrecht durch die Kammer gehen sollten, ist der Winkel zwischen der Kammer und der Spiegelplatte des MV von  $0^{\circ}$  bis  $32^{\circ}$  einstellbar und kann so bei Messungen optimalisiert werden.

Die Kammer enthält 3 Signalebenen. Die Drähte der ersten Ebene sind parallel zur kurzen Seite der Kammeröffnung (horizontal) gespannt.

In den beiden anderen Ebenen bilden die Drähte in entgegengesetztem Sinn Winkel von  $5^{\circ}$  mit den Drähten der ersten Ebene. Damit kann auch in horizontaler Richtung die Teilchentrajektorie bestimmt werden. Durch 3 Ebenen wird die Zahl zufälliger Ereignisse durch Koinzidenzbildung verringert und 2 gleichzeitige Ereignisse können eindeutig identifiziert werden.

#### 11. GRAY-KODE-KAMMERN

Fünf Szintillationszähler können so angeordnet werden, daß man eine Koordinate der Teilchentrajektorie im Gray-Kode verschlüsselt in 31 Kanäle aufgeteilt erhält. Bei mehreren Anordnungen dieser Art nebeneinander kann der 5. Zähler zwei nebeneinanderliegende

Gray-Kode-Anordnungen jeweils zur Hälfte überdecken. Fordert man nun noch für jedes Ereignis mindestens eine Zweifachkoinzidenz, dann hat man pro Zählergruppe noch 30 Meßkanäle (Abb. 32).

Die ersten 4 Zähler (Abb. 33-37) wurden zu Kammern zusammengefaßt.

Die Multipliergeräte dieser 4 Zähler sind auf einem gemeinsamen Zählerarm montiert (Abb. 38) und gegeneinander justiert. Für eine einwandfreie Justierung sind die 4 Zähler entsprechend Abb. 39 durch 4 Bolzen verbunden. Die Lage von zwei Bohrungen im Lichtleiter und zwei Langlöchern am Ende der Zähler zur Aufnahme der Bolzen sind in den Abb. 33 bis 36 eingetragen. Die Enden der Bolzen sind als Spitzen ausgebildet. Mit ihrer Hilfe kann die Lage der Kammern optisch sehr gut vermessen werden.

Bei den 4 Zählern wurde der Übergang von den Szintillatoren zu den runden 40 mm  $\varnothing$  Lichtleitern durch gefaltete Lichtleiter von 5 mm Dicke entsprechend Abb. 37 gemacht.

## 12. LAUFZEITZÄHLER

Der 5. Zähler des Gray-Kodes (Abb. 40, 41) ist als Laufzeitähler mit Multipliern an beiden Enden ausgebildet. Aus der zeitlichen Differenz der Signale der beiden Multiplier wird der Durchgang des Teilchens in der Längsrichtung des Zählers bestimmt.

Auf jeden Zähler sind 4 Scheiben aufgeklebt, die auch nach dem lichtdichten Verpacken noch sichtbar sind. Auf diese Scheiben sind Vermessungsmarken entsprechend den Maßen in Abb. 40 eingritzelt. In den Lichtleitern befinden sich Bohrungen zum Einsetzen von Leuchtdioden, mit denen die Zuordnung des Durchgangsortes zur Laufzeitdifferenz bestimmt werden kann.

### 13. ZWEITES HODOSKOP

Das 2. Hodoskop (H2 in Abb. 1) ist aus 15 Gray-Kode-Kammern und 16 Laufzeitzählern aufgebaut.

Die Anordnung ist längs einer 3mal um  $12^\circ$  geknickten Linie (Abb. 42). Der oberste Teil mit einem Winkel von  $34^\circ$  gegen die Vertikale enthält 3 Kammern. Die übrigen Teile jeweils 4 Kammern. Die Kammern sind justierbar am Hauptträger befestigt (Abb. 38). Am Nebenträger ist eine Unterstützung für die Kammer angebracht.

Die beiden Multipliergeräte der Laufzeitähler sind an Haupt- und Nebenträger justierbar befestigt. Die Laufzeitähler sind so eingesetzt, daß sie 2 benachbarte Kammern je zur Hälfte bedecken (Abb. 32). Die Laufzeitähler am oberen und unteren Ende des Hodoskops haben nur halbe Breite (150 mm). Die Laufzeitähler an den 3 Knickstellen sind 305 mm breit und längs der Winkelhalbierenden angebracht.

In horizontaler Richtung sind die Szintillatoren der Kammern um 20 mm länger als die der Laufzeitähler. Nur die Laufzeitähler sind horizontal exakt einjustiert und definierend die Grenzen der horizontalen Akzeptanz.

Die Resultate der optischen Vermessung der Kammern und Laufzeitähler liegen noch nicht vor.

Für den weiteren Ausbau sind Čerenkovzähler zur Teilchendiskriminierung vorgesehen, die wahlweise vor oder hinter dem 2. Hodoskop eingebaut werden können.

### 14. STRAHL 20

Die Anordnung der Magnete, Strahlbetrachter, Kollimatoren und Strahlverschlüsse zeigt Abb. 43. Abb. 45 ist der zur Zeit gültige Plan für die Stromversorgung der Magnete des Primärstrahls und der Experimentiermagnete.

Die horizontale und vertikale Öffnung des Strahlrohres von Strahl 20 ist in Abb. 44 eingetragen.

Zur Bestimmung des Strahlprofils am Target wurden Dosimetergläser unmittelbar hinter dem Target in den Strahlverlauf gebracht. Ein auf diese Weise gewonnenes Strahlprofil ist in den Abb. 46 und 47 wiedergegeben.

#### 15. PLATZVERHÄLTNISSE MIT QUADRUPOLSPEKTROMETER

Zur Zeit ist unter  $10^\circ$  zum Primärstrahl noch ein Quadrupolspektrometer aufgebaut (Abb. 48). Der minimale Winkel, den das Protonenspektrometer zur Zeit einnehmen kann, ist  $54,5^\circ$  bei einem geringsten Abstand zwischen der Protonenlafette und dem Gestell für den ersten QC/2 von ca. 25 mm.

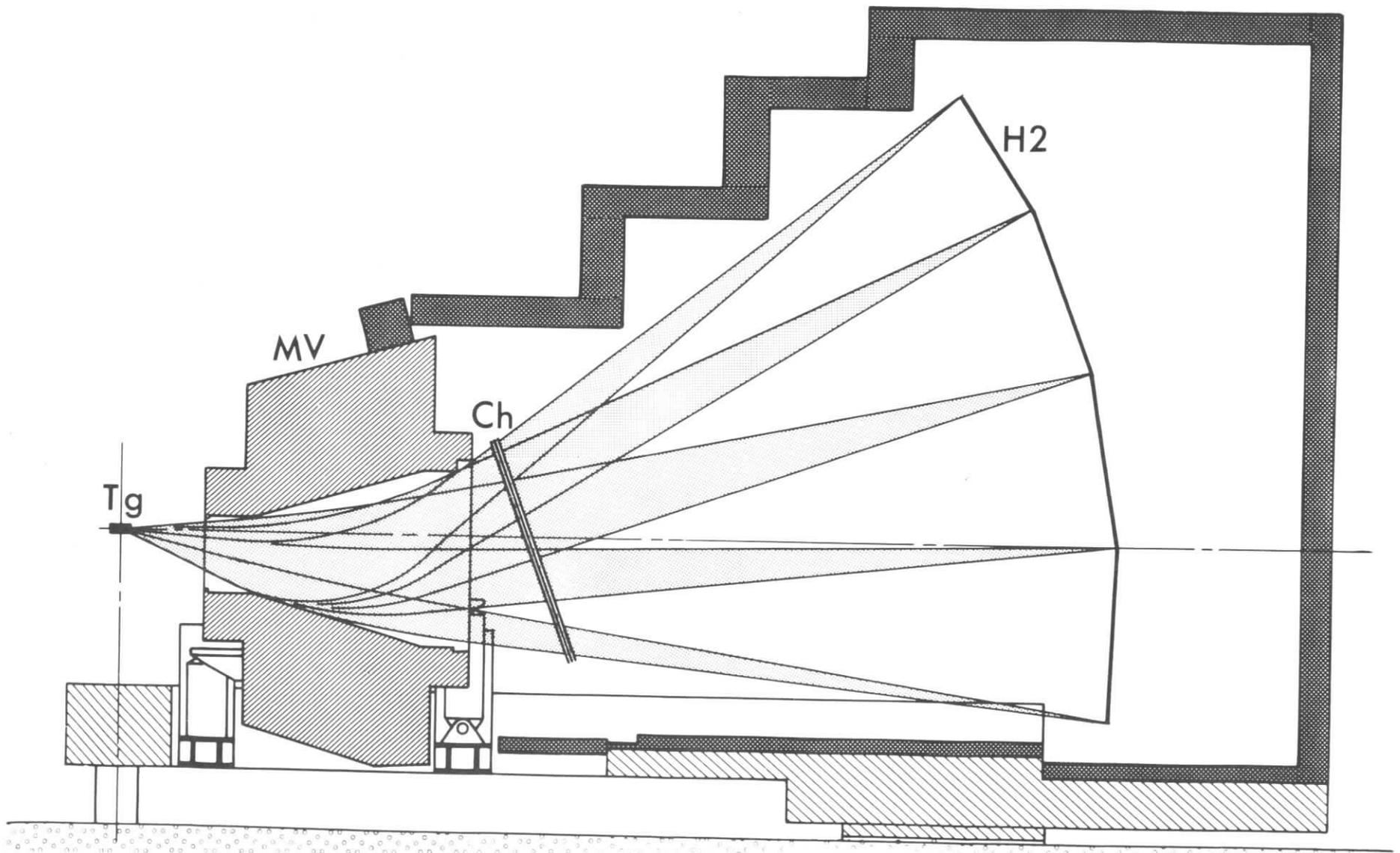


Abb. 1. Aufbau des Protonenspektrometers. Der vertikale Schnitt durch das Protonenspektrometer zeigt die Anordnung von Target Tg, Spektrometermagnet MV, Charpakkammer Ch und Szintillationszählerhodoskop H2. Das Spektrometer ist auf einer Lafette angeordnet, die um die durch Tg gehende Achse drehbar ist.

1 : 200

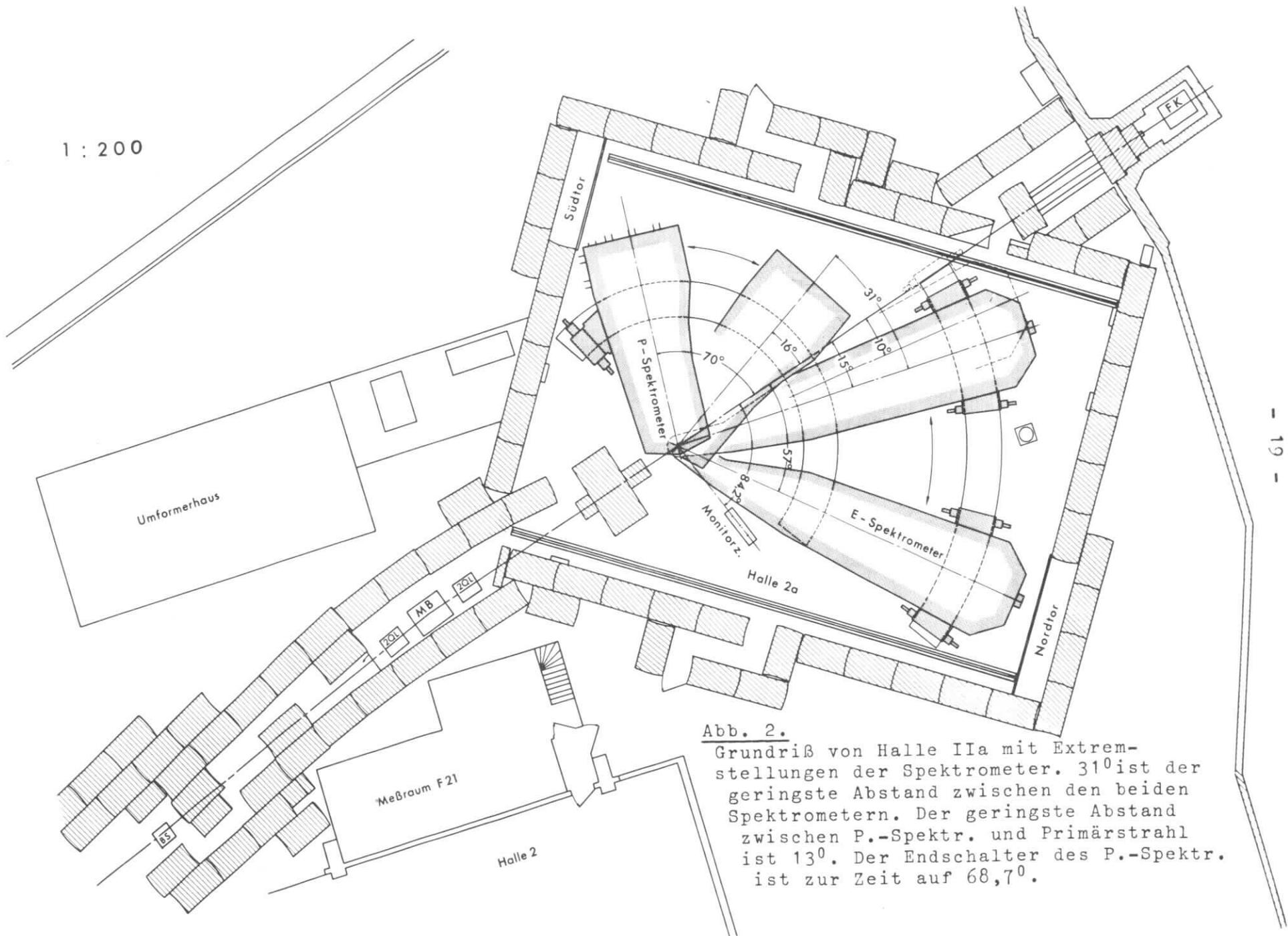


Abb. 2.

Grundriß von Halle IIa mit Extremstellungen der Spektrometer.  $31^{\circ}$  ist der geringste Abstand zwischen den beiden Spektrometern. Der geringste Abstand zwischen P.-Spektr. und Primärstrahl ist  $13^{\circ}$ . Der Endschalter des P.-Spektr. ist zur Zeit auf  $68,7^{\circ}$ .

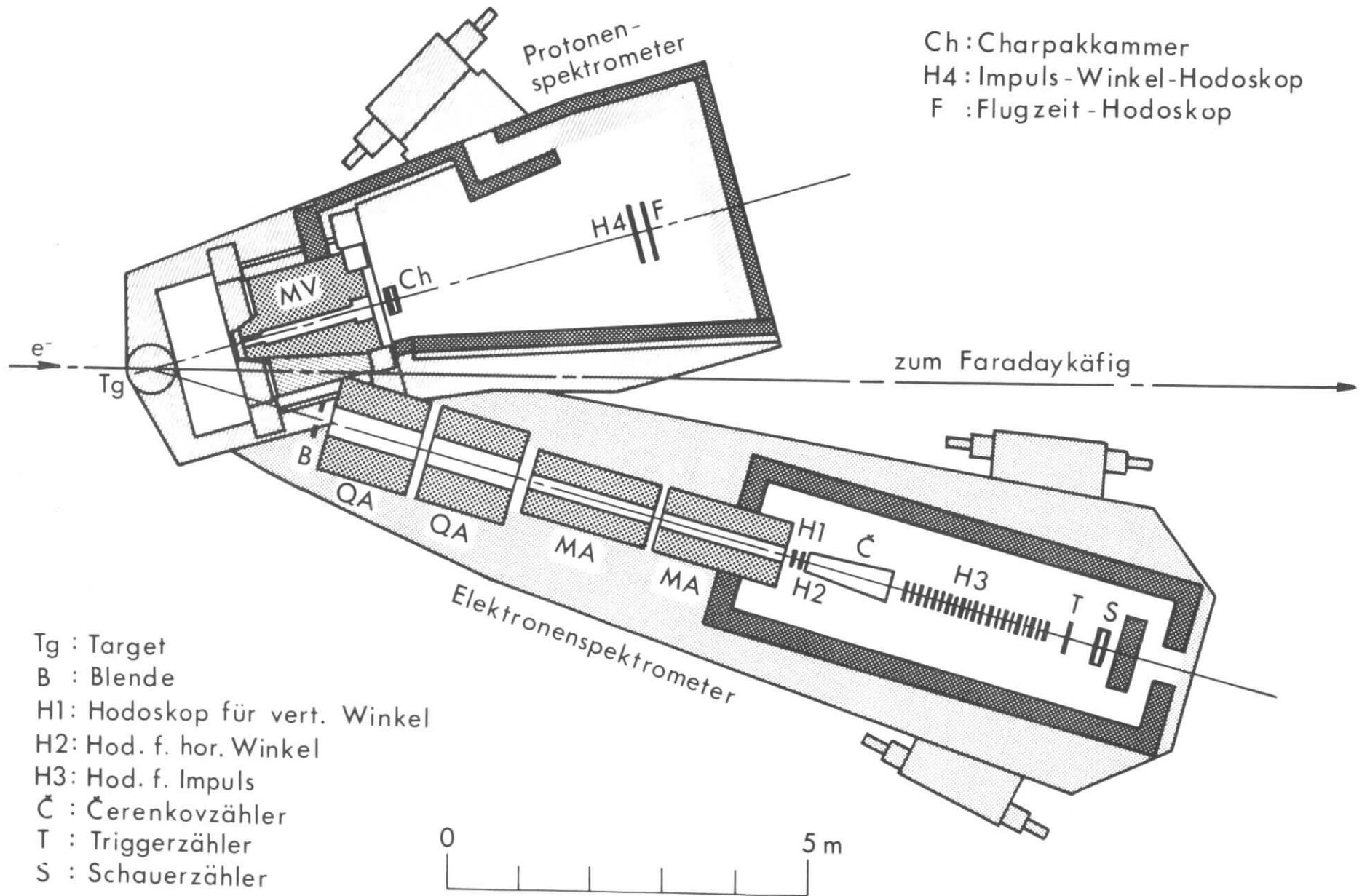


Abb. 3. Protonen- und Elektronenspektrometer in engster Stellung.

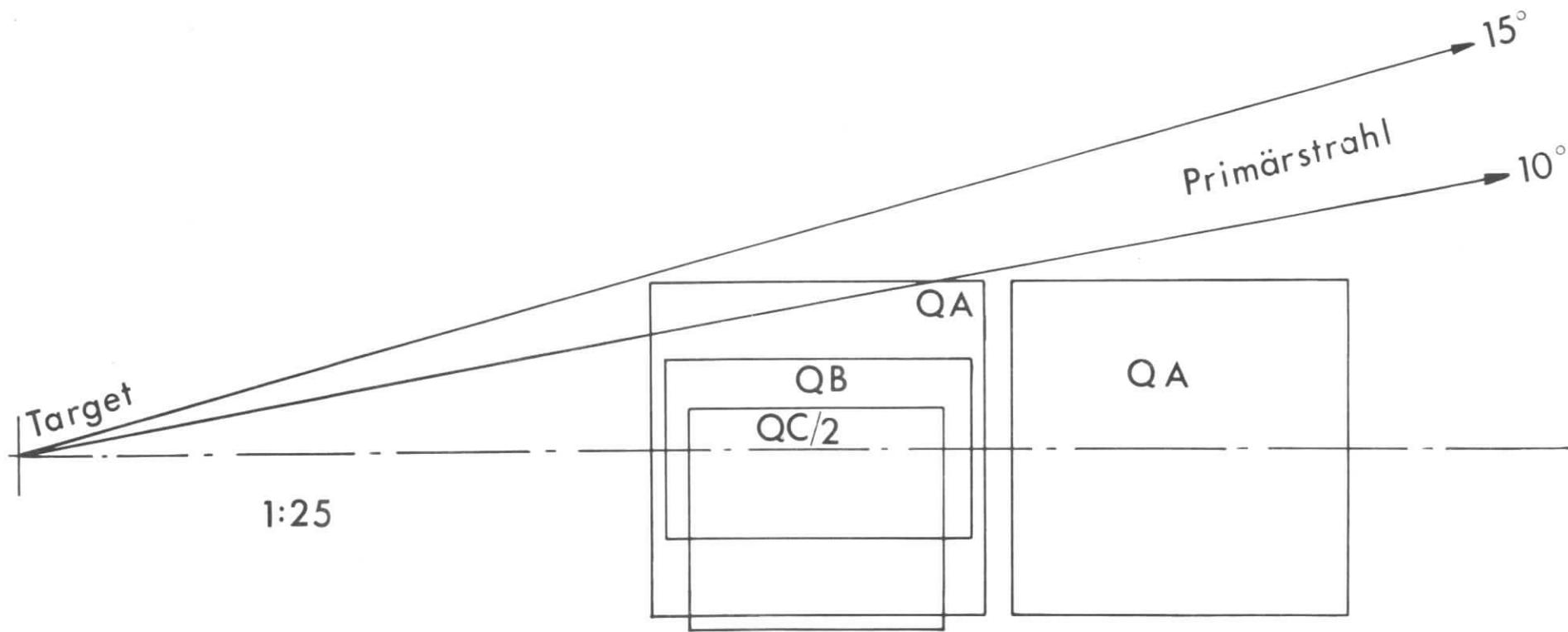
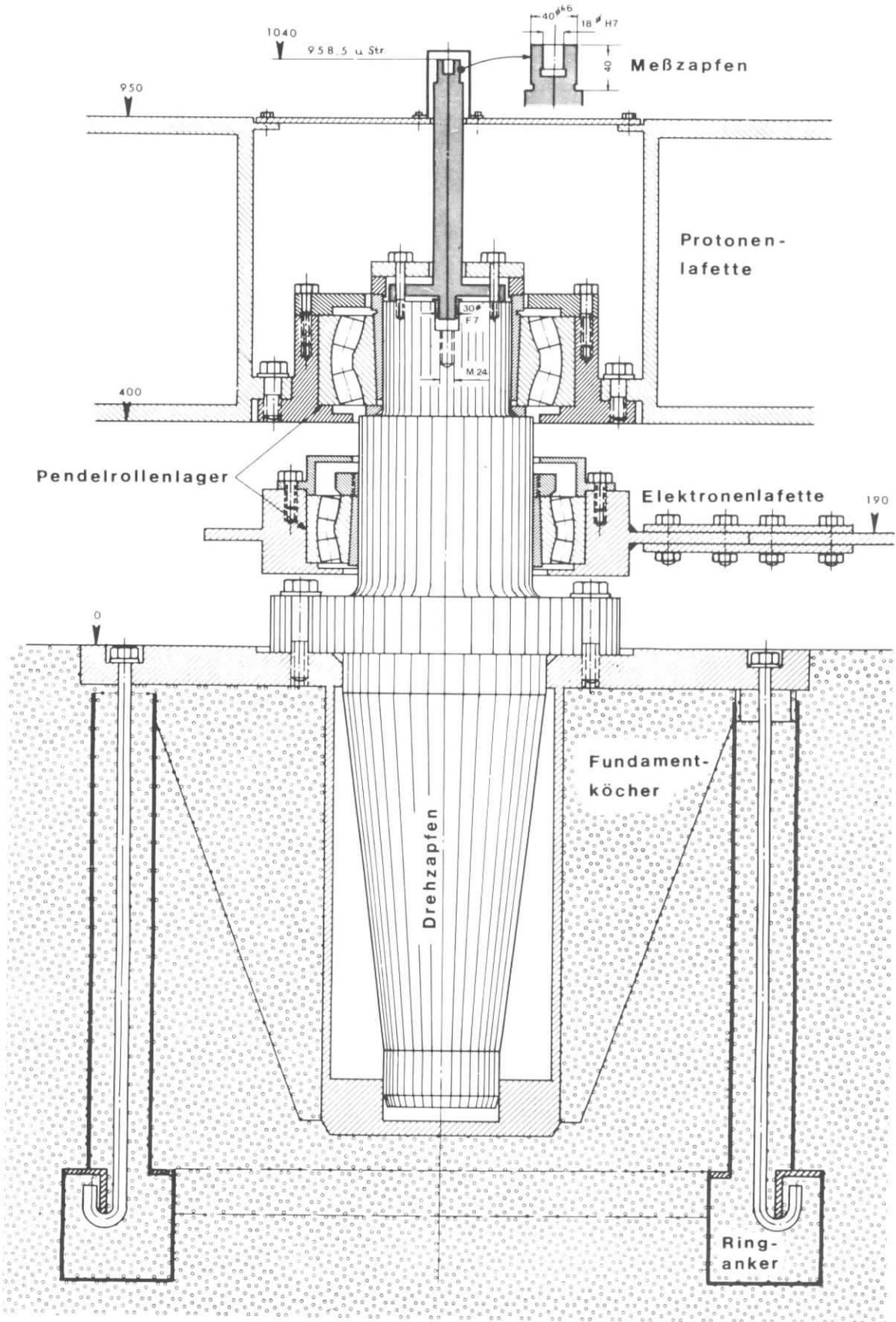


Abb. 4. Platzverhältnisse in Strahlhöhe beim Elektronenspektrometer in 10° und 15° zum Primärstrahl.  
 Bei 10° muß der erste QA durch einen QB- oder QC/2-Quadrupol ersetzt werden.



1:10

Abb. 5. Text Seite 23

Text zu Abb. 5.

Der Drehzapfen ist in Bodenhöhe und an seinem unteren Ende in Führungen eingepaßt. Dadurch können horizontale Kräfte von den Lafetten gut auf das Fundament übertragen werden. Die Montage der Pendelrollenlager ist so, daß die Elektronenlafette nur horizontale Kräfte, die Protonenlafette horizontale und vertikale Kräfte auf den Drehzapfen übertragen kann.

Der Drehzapfen ist oben durch einen Meßzapfen verlängert, der genau coaxial zu den Pendelrollenlagern eingebaut ist. Nach Abnahme der Schutzhaube kann der Meßzapfen eine der beim Vermessungsdienst gebräuchlichen Meßspitzen aufnehmen. Um die genaue Lage des Meßzapfens zu erhalten, muß er unbedingt vor Stößen geschützt werden. (Schutzkappe!)

Das Pendelrollenlager der Protonenlafette darf in axialer Richtung maximal mit 80 t belastet werden. Dies ist beim Umräumen von Abschirmung zu beachten.

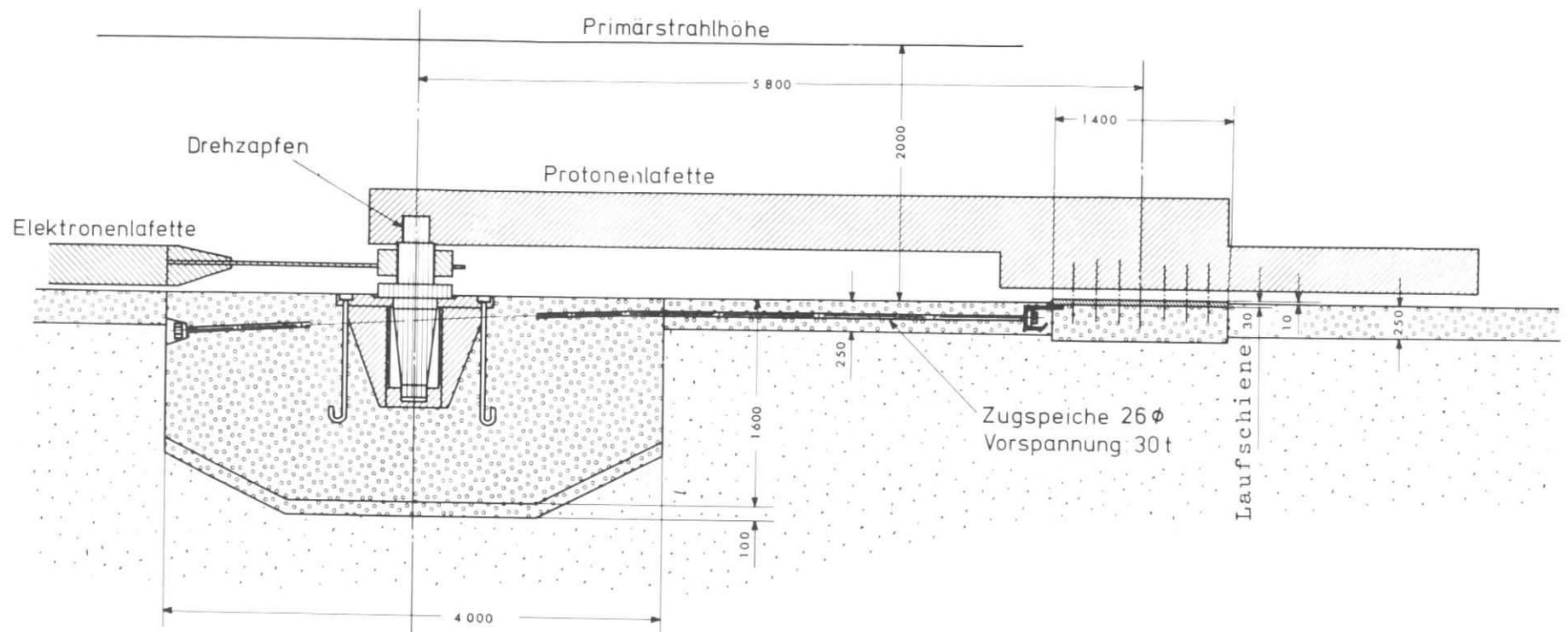
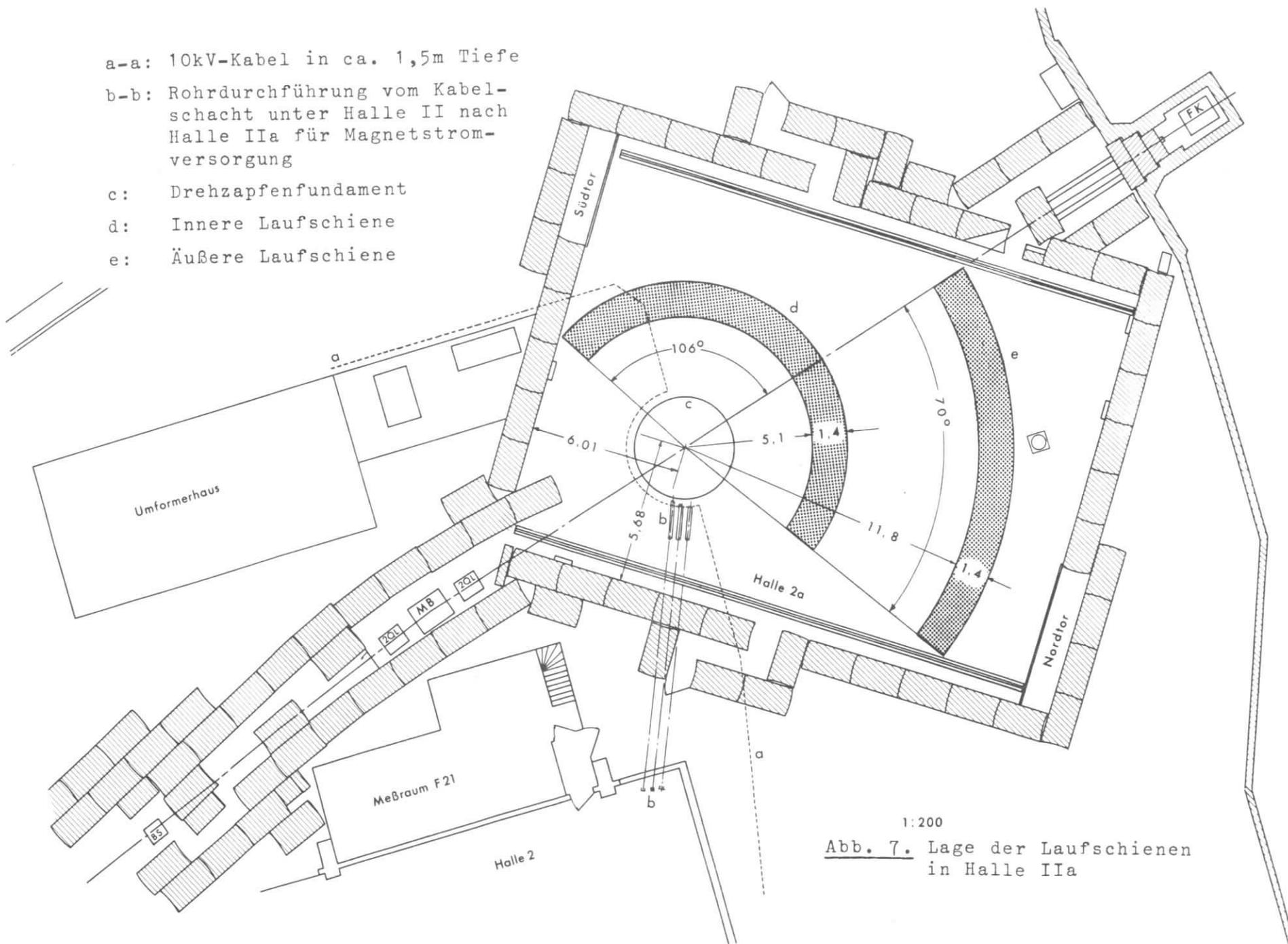


Abb. 6 Die Abbildung zeigt einen vertikalen Schnitt durch Drehzapfenfundament, Hallenboden und Lafetten. Der Schnitt ist durch die Mitten der Lafetten und die Drehachse geführt. Einzelheiten über den Einbau des Drehzapfens in das Fundament zeigt Abb. 5. Die Lage der Zugspeichen zur Verspannung der inneren Laufschiene mit dem Fundament zeigt Abb. 8.

- a-a: 10kV-Kabel in ca. 1,5m Tiefe
- b-b: Rohrdurchführung vom Kabelschacht unter Halle II nach Halle IIa für Magnetstromversorgung
- c: Drehzapfenfundament
- d: Innere Laufschiene
- e: Äußere Laufschiene



1:200  
 Abb. 7. Lage der Laufschiene  
 in Halle IIa

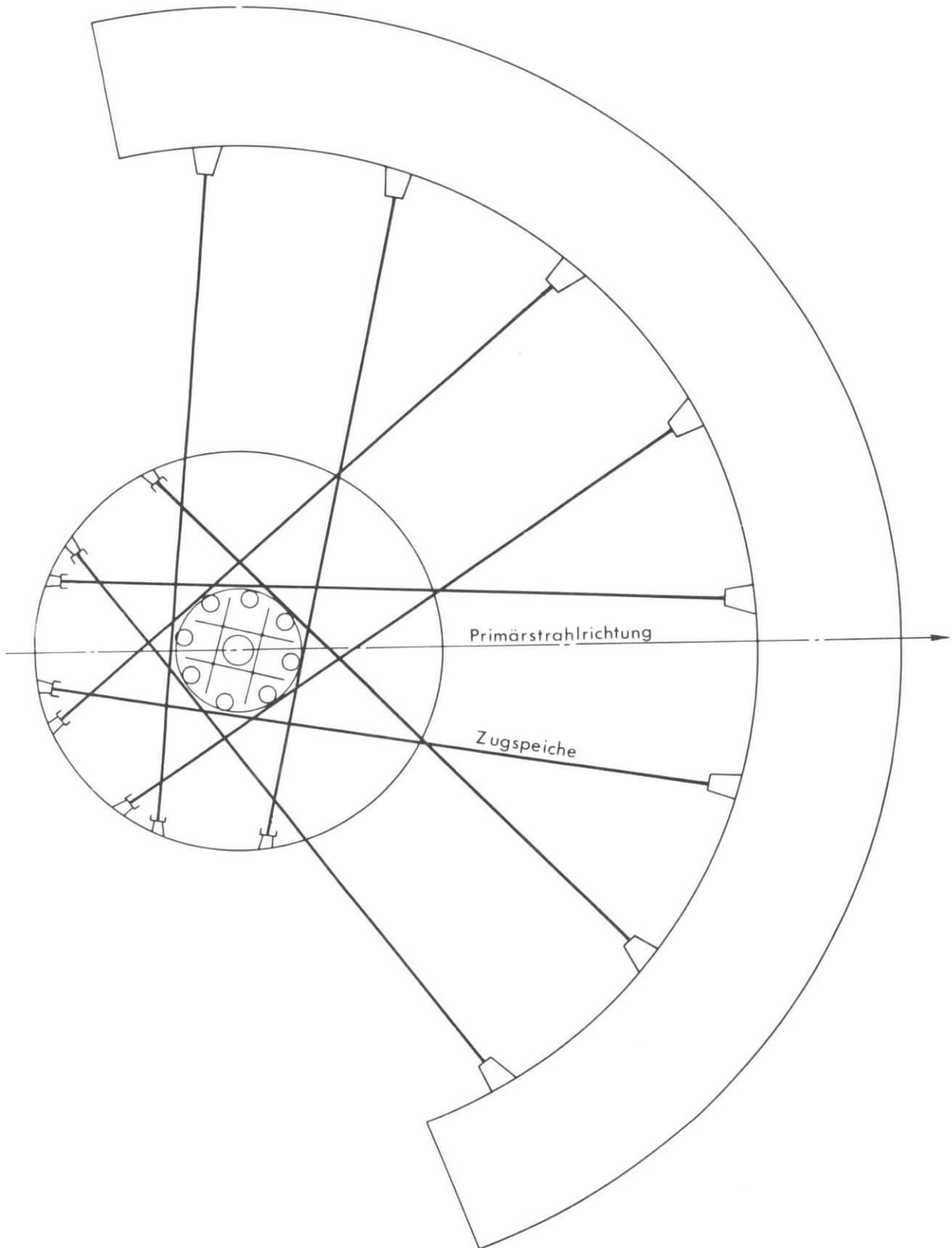


Abb. 8. Lage der Zugspeichen zur Verspannung der inneren Laufschiene mit dem Drehzapfenfundament.

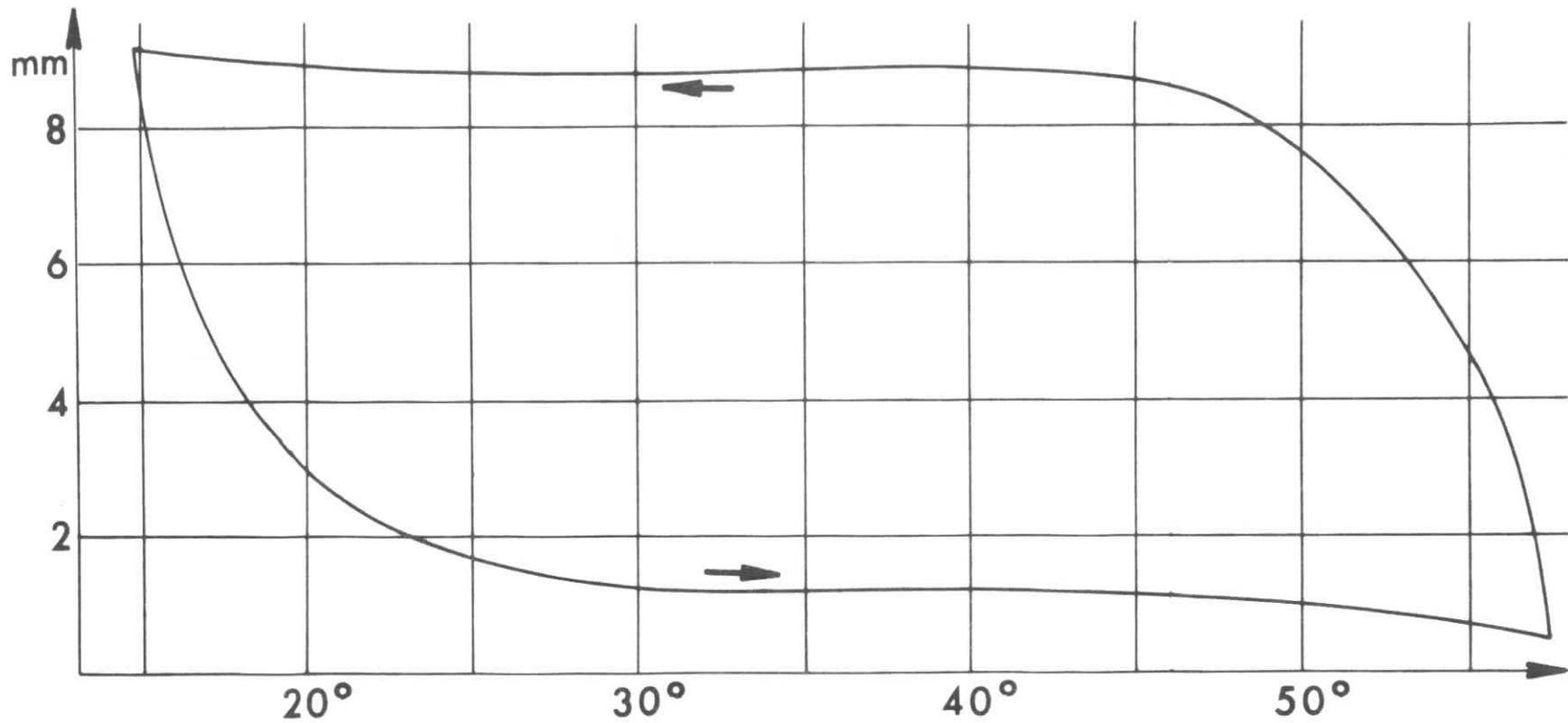


Abb. 9. Verbiegung der Elektronenlafette infolge schwacher Stellen in der Nähe des Drehzapfens durch radiale Kräfte. Die Kurve gibt den Abstand der Lafettenachse vom Drehzapfen an beim Fahren der Lafette von  $15^\circ$  bis  $57^\circ$  und zurück. (Der Nullpunkt der Ordinate ist willkürlich.) Nach Anbringen von Verstärkungen an der Lafette konnte die Verbiegung auf 10% reduziert werden.

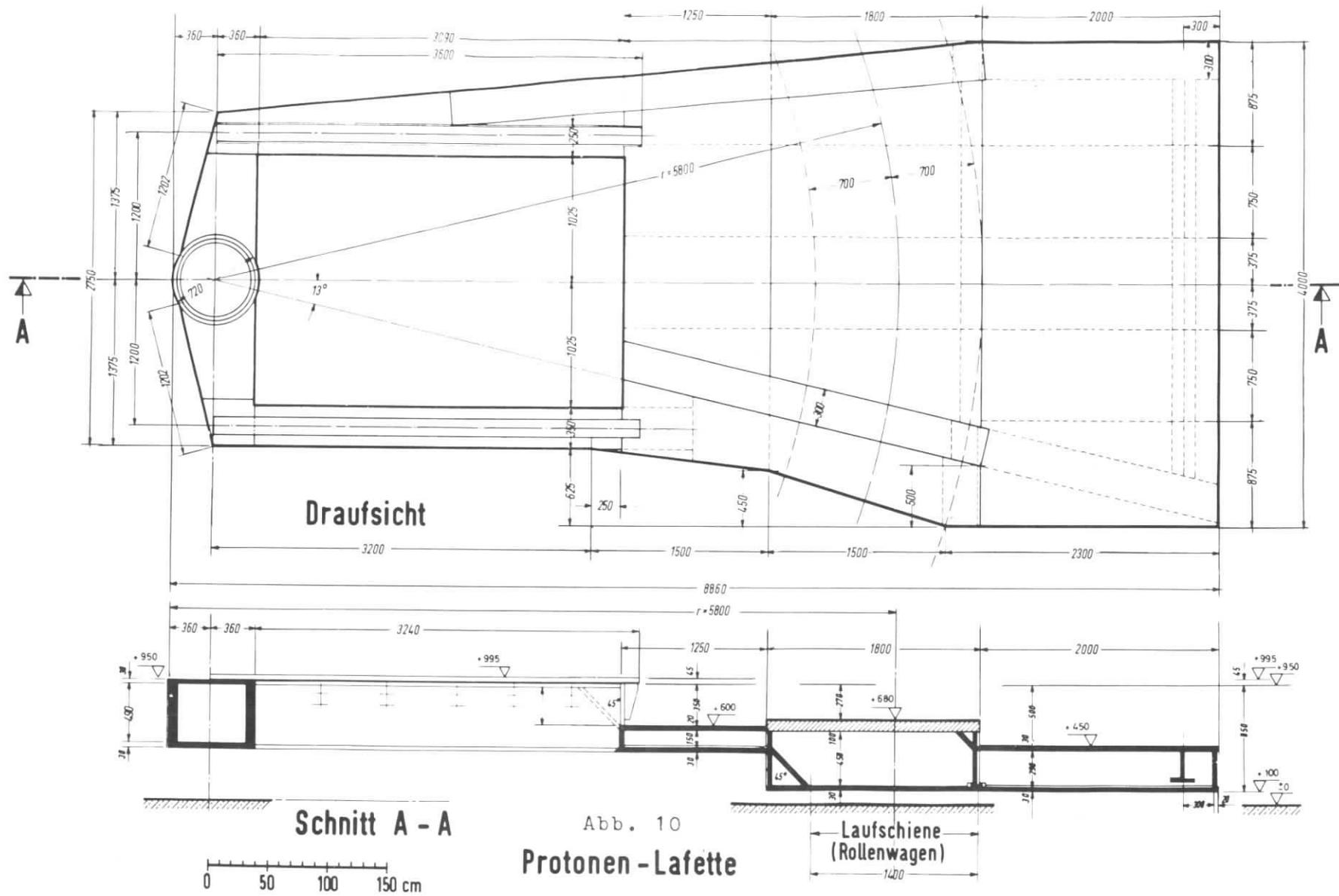


Abb. 10  
Protonen-Lafette

F21/B/MV5  
Kn 172

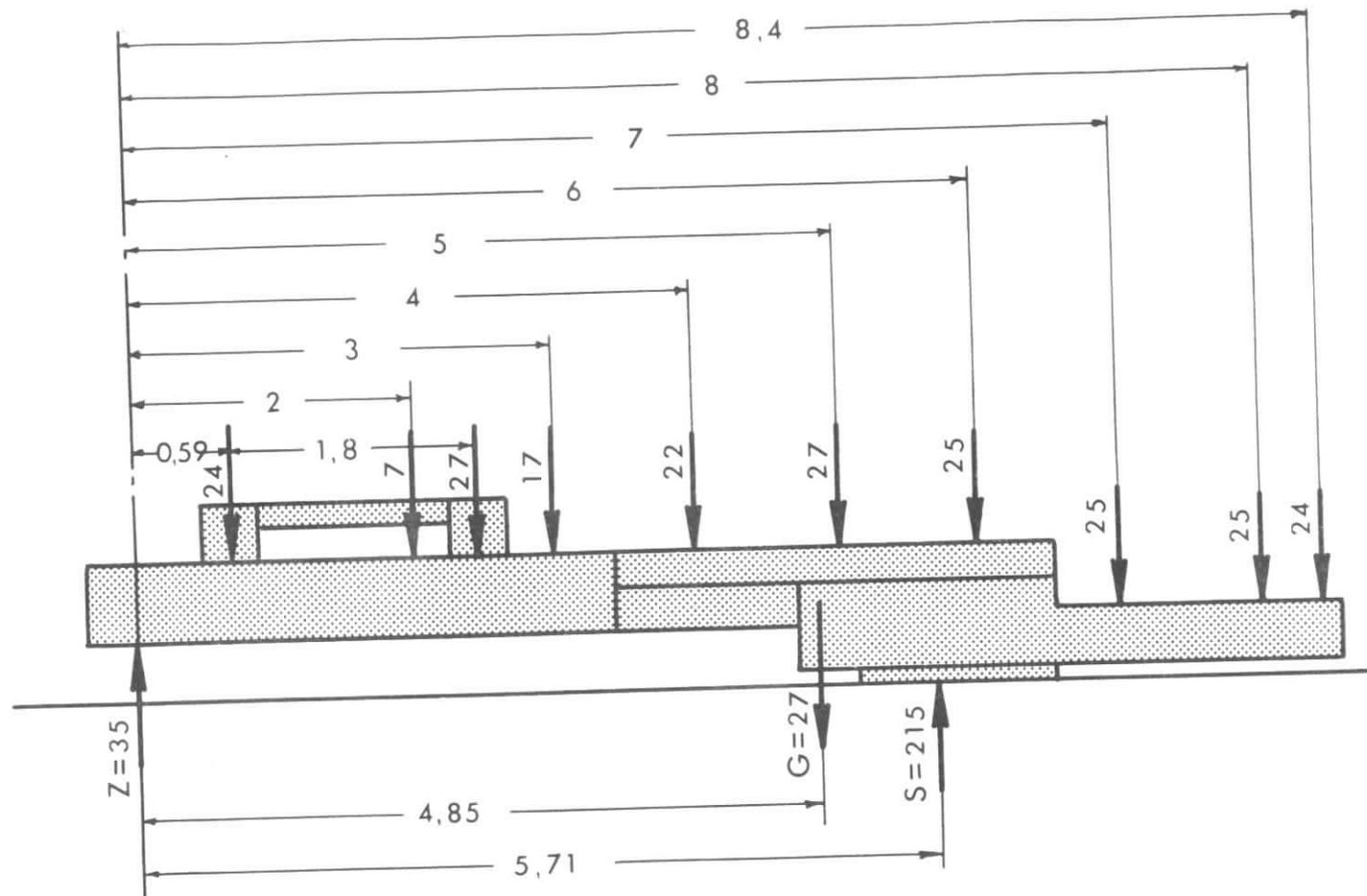


Abb. 11. Belastung der Protonen-Lafette. Die Zeichnung gibt die Belastung der Lafette in Tonnen, sowie den Abstand der Lasten von der Drehachse in Metern an. Im Eigengewicht  $G$  der Lafette ist das Gewicht des Antriebs und Antriebskastens von 3 t nicht enthalten. In der Zeichnung ist der Magnet in der vorderen Stellung. Beim Verschieben des Magneten in die hintere Stellung ist statt 0,59 m 1,47 m zu setzen. Man braucht in dieser Stellung 10 t Abschirmung weniger. Es ist dann die Belastung des Drehzapfens  $Z = 23$  t und der Schiene  $S = 217$  t.

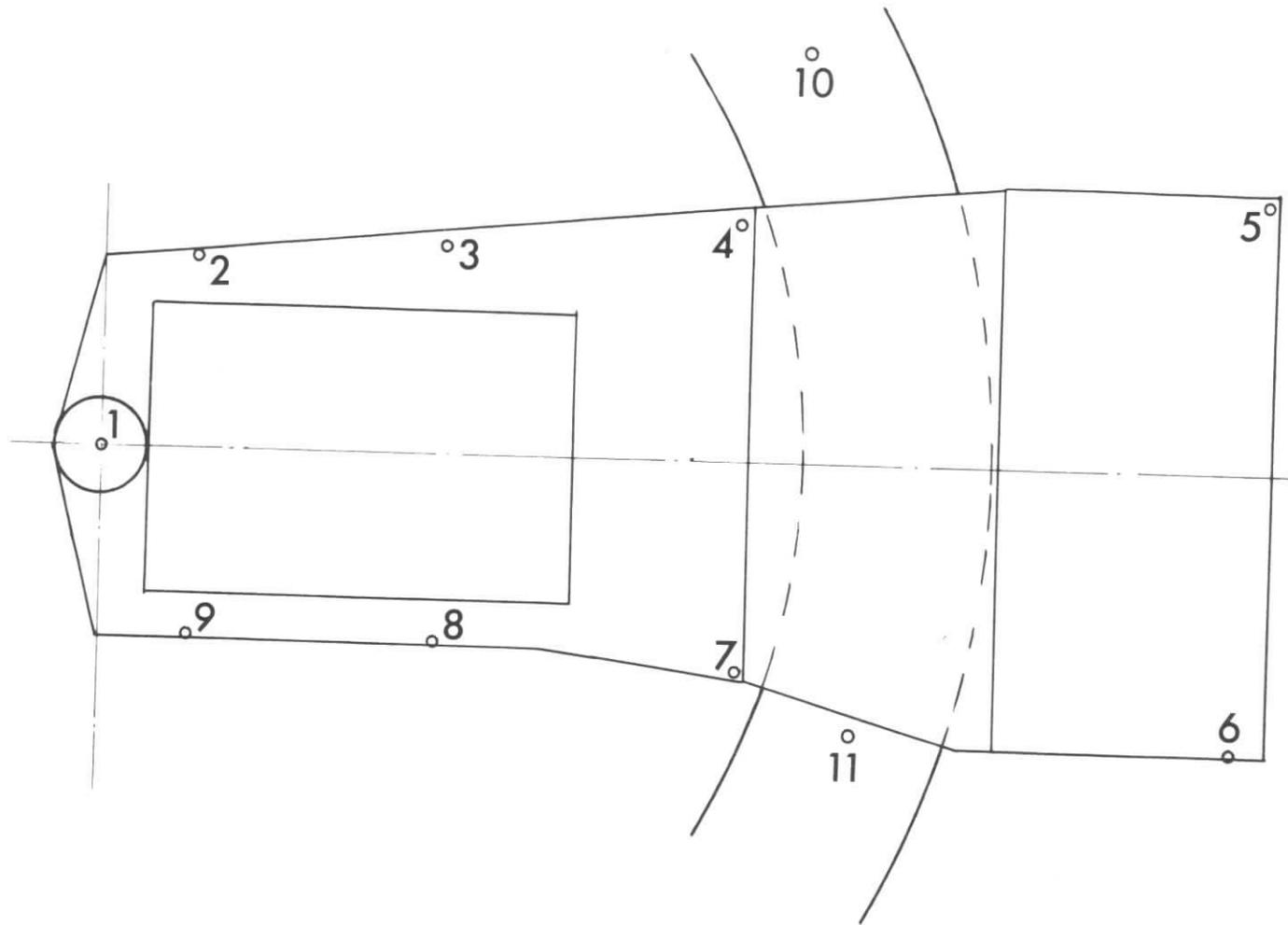


Abb. 12. Absenkung der Protonenlafette unter Belastung.

Die eingezeichneten Punkte senkten sich bei Belastung wie folgt ab:

Punkt:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Absenkung (mm)	0,06	0,85	2,47	4,98	15,02	12,24	3,63	1,68	0,52	-0,96	2,92

An den Punkten 10 und 11 wurde das Anheben (Punkt 10) bzw. Absenken der Schiene gemessen.





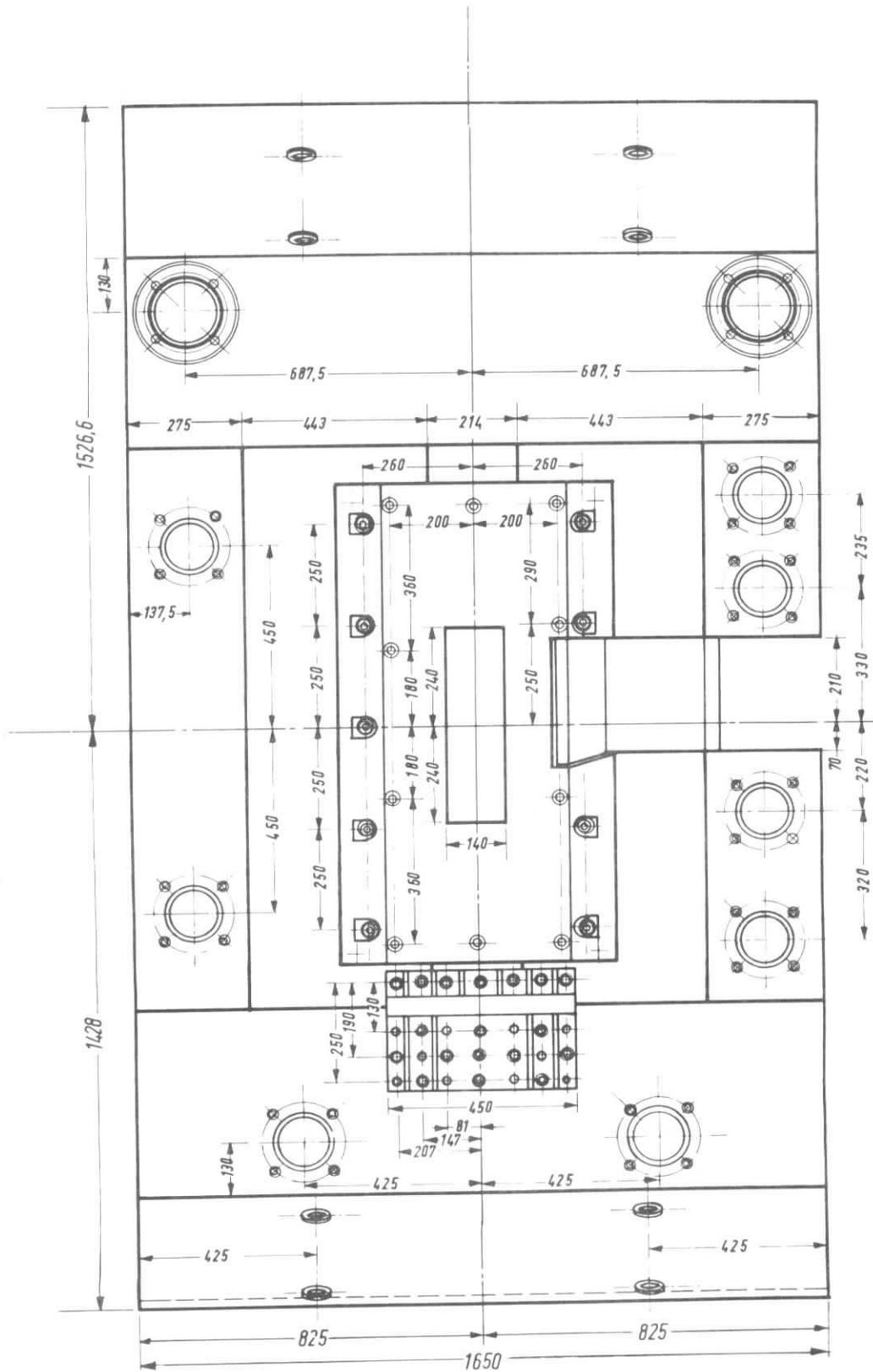


Abb. 15 Spektromettermagnet Typ MV  
Vorderansicht

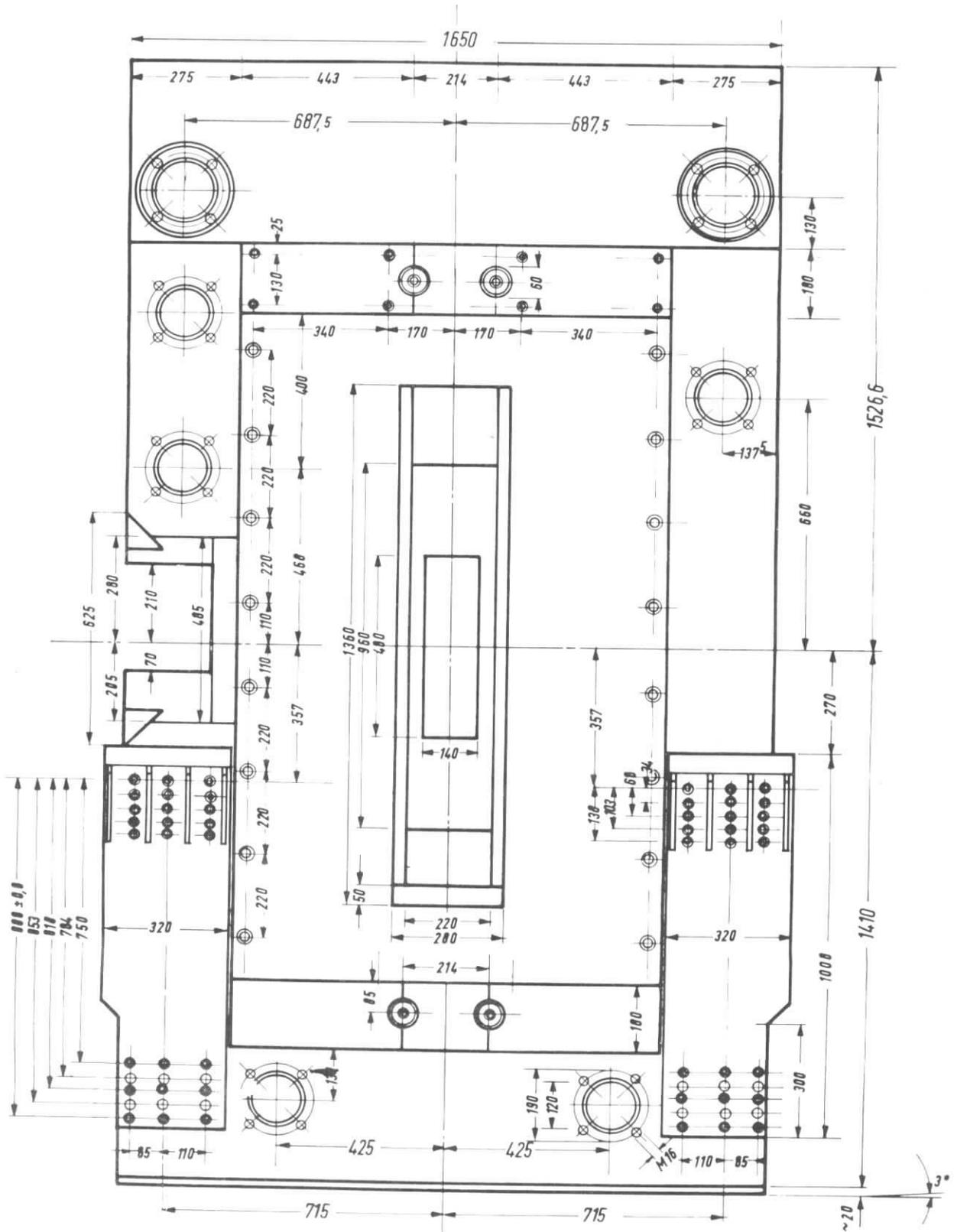


Abb. 16 Spektromettermagnet Typ MV  
Rückansicht

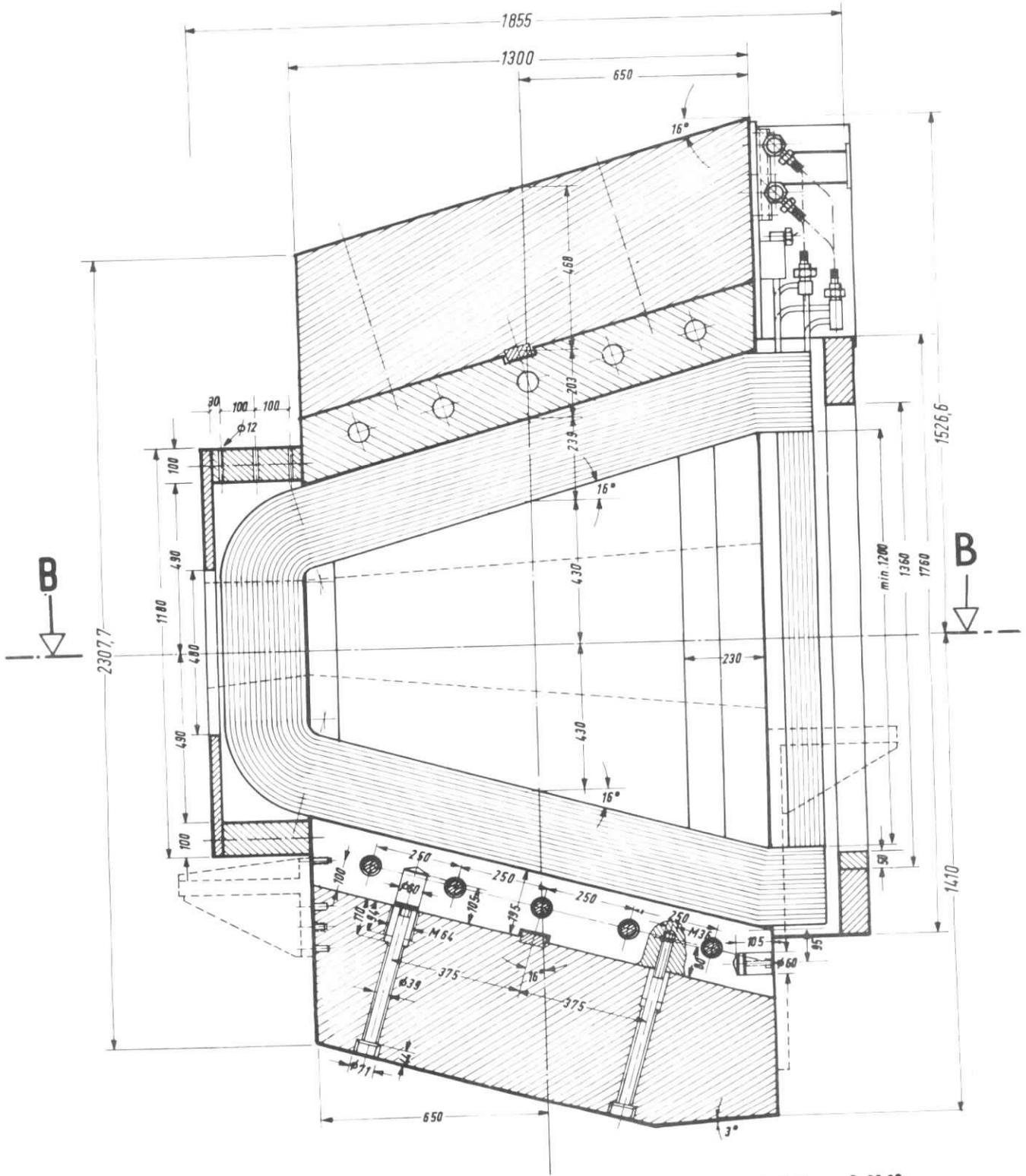


Abb. 17 Spektrometermagnet (Typ MV)  
Schnitt A-A



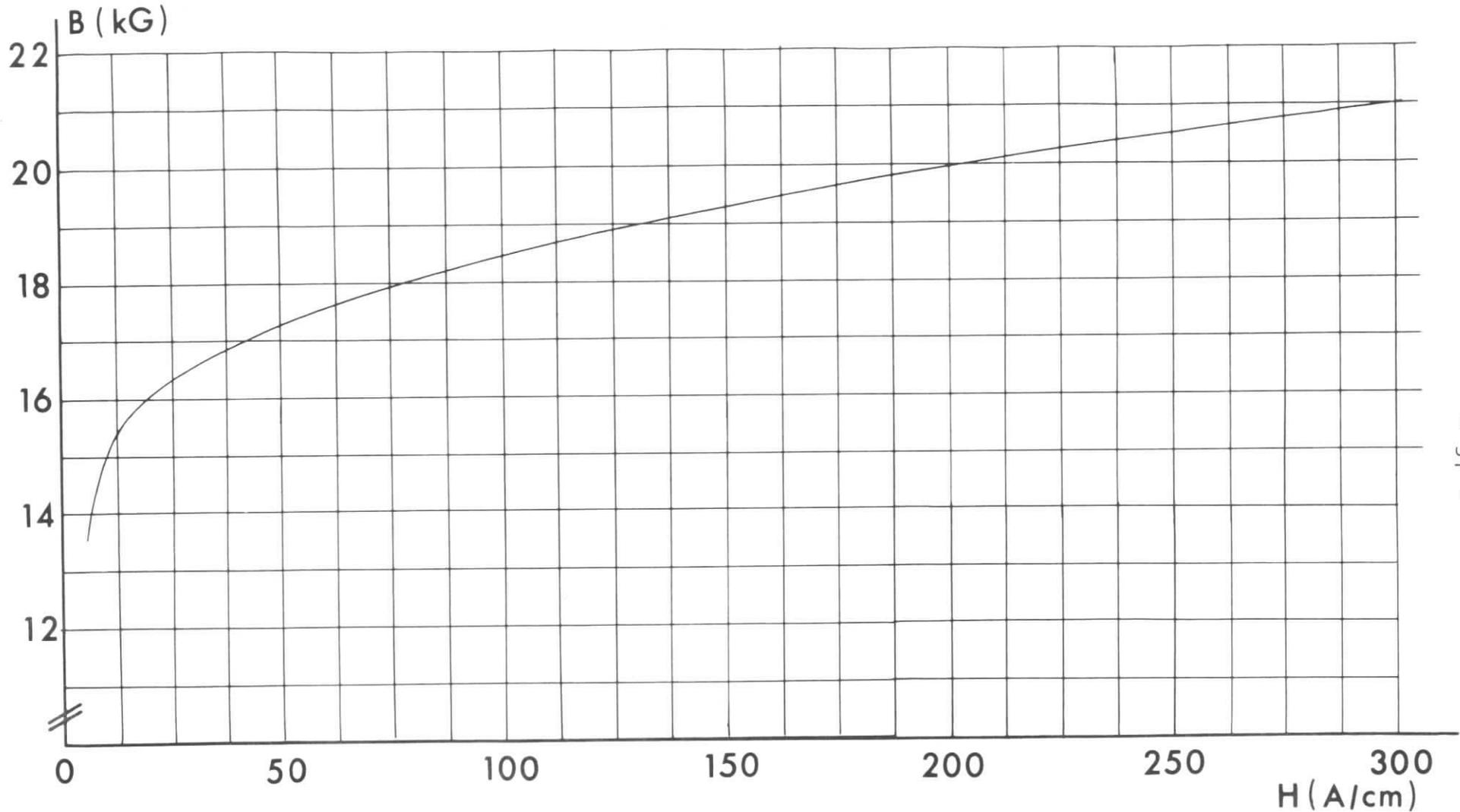


Abb. 19. Magnetisierungskurve für Minimum RA.

Aufgenommen von Fried. Krupp Hüttenwerke AG an einer Probe, die dem fertig geschmiedeten Block für die Pole des Spektrometermagneten MV entnommen ist.

Der Kohlenstoffgehalt ist 0,035%. Als Koerzitivfeldstärke wurde 0,70 A/cm gemessen.

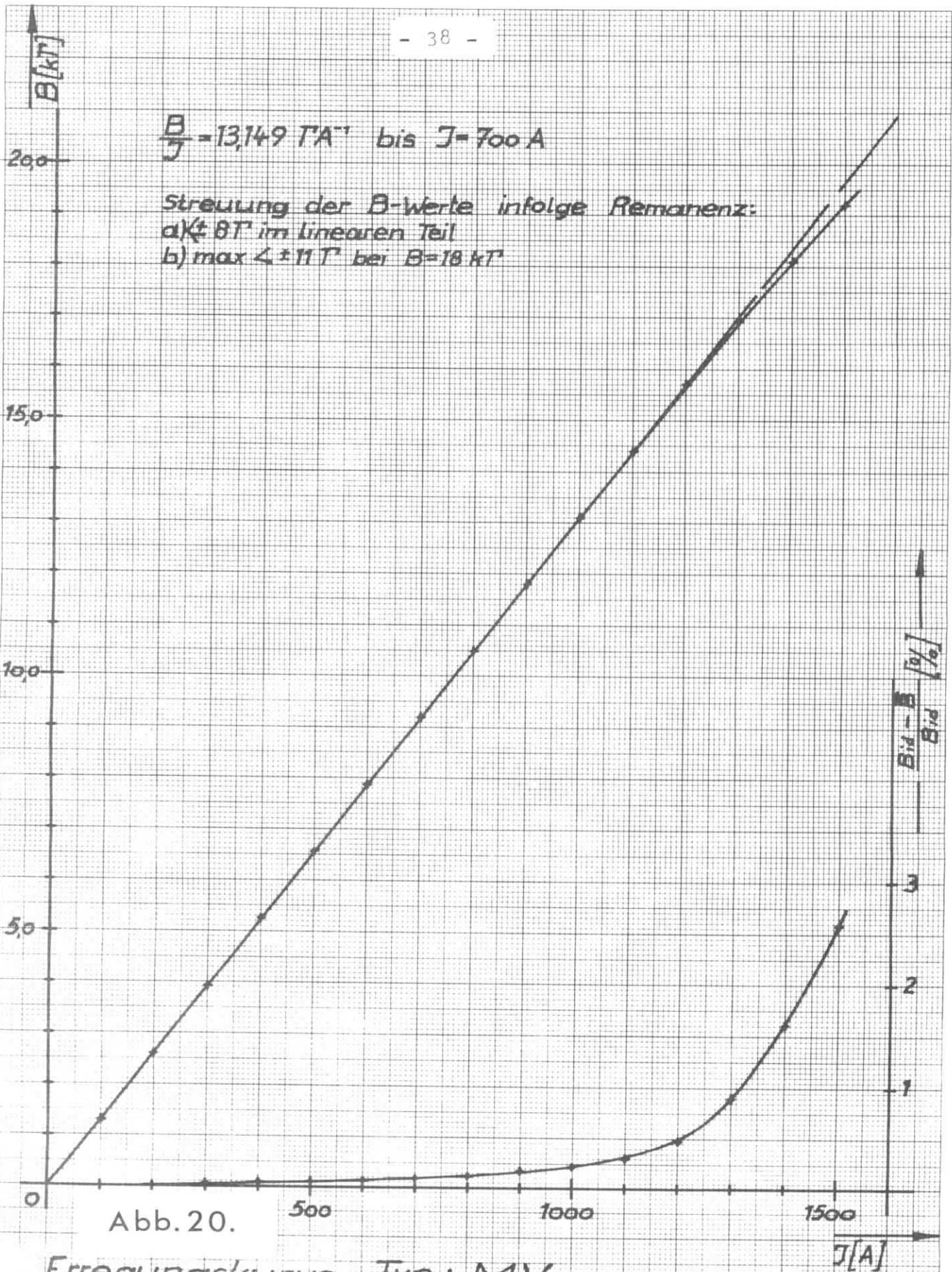


Abb. 20.

Erregungskurve Typ: MV

ohne Eisenkeile

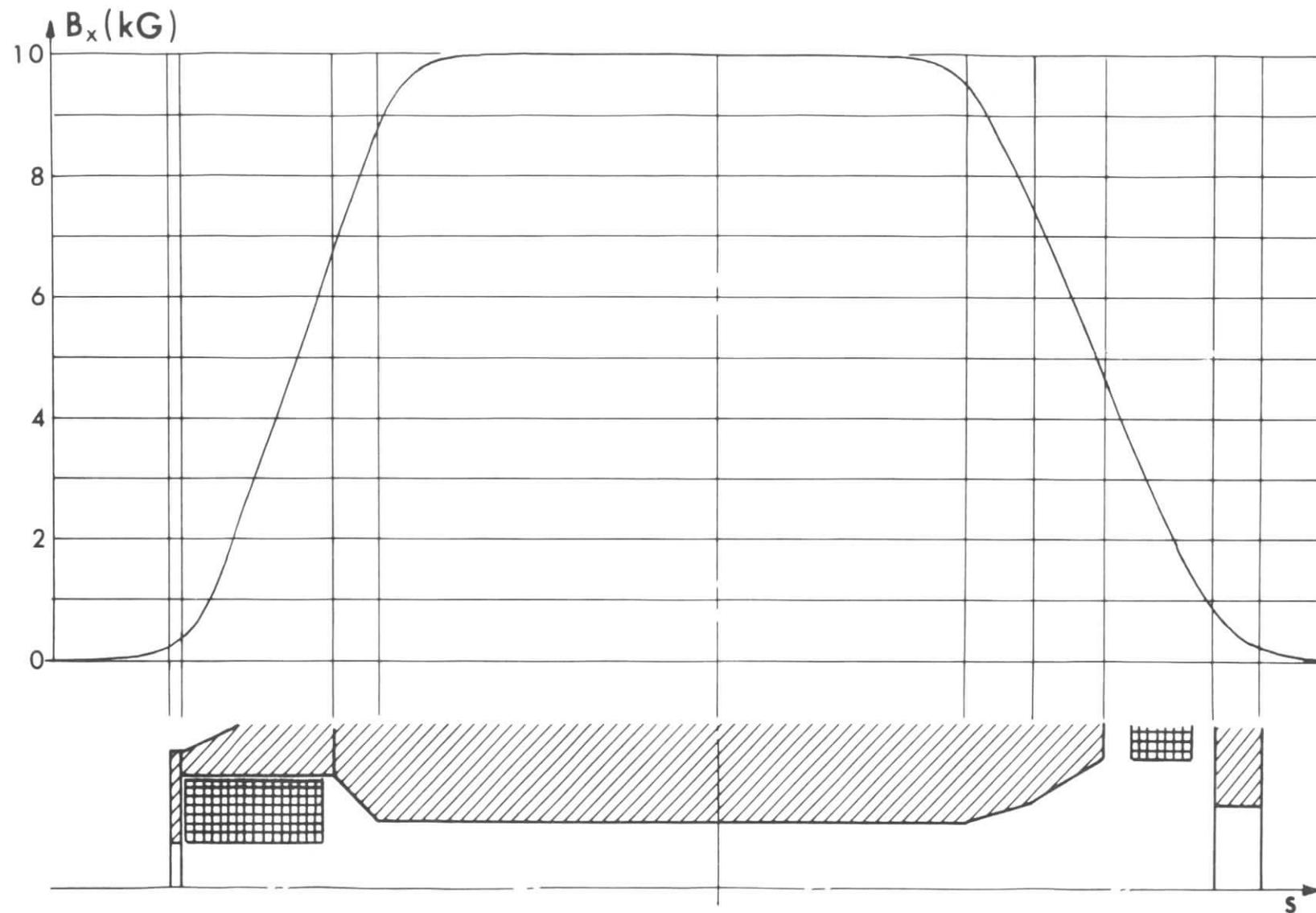


Abb. 21. Stärke der Hauptkomponente  $B_x$  des Magnetfeldes entlang der Mittellinie  $S$  des Magneten. Aus dieser Kurve erhält man eine integrierte magnetische Länge von 1343 mm. Die Zuordnung der Kurve zum Magneten in  $S$ -Richtung ergibt sich aus dem daruntergezeichneten horizontalen Schnitt durch den Magneten, entsprechend Abb. 18.

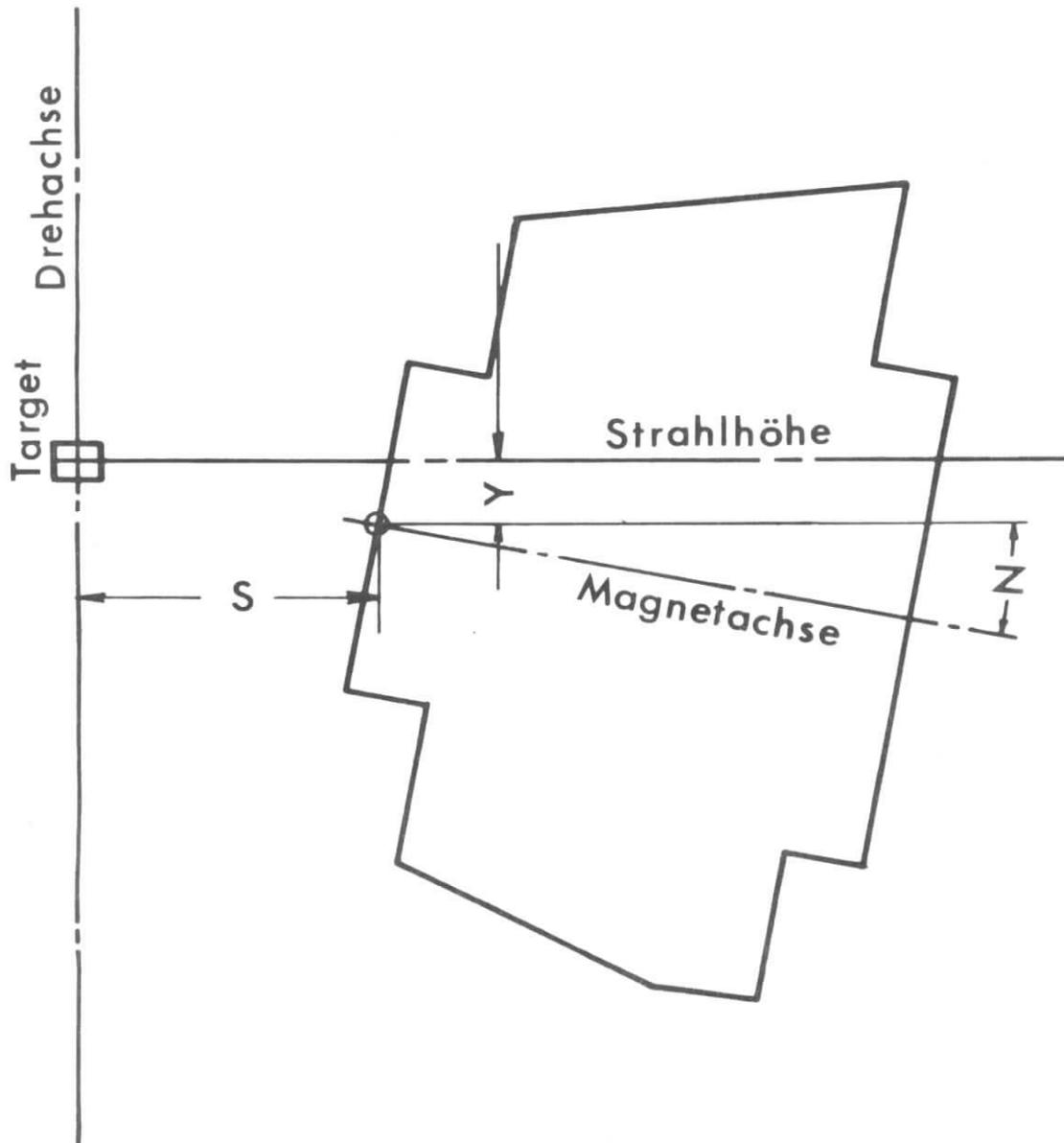


Abb. 22. Aufstellung des Magneten:

Die Aufstellung des Magneten ist durch die Maße S und Y und den Winkel N festzulegen.

Die Justierung und Vermessung durch den Vermessungsdienst erfolgt nach diesen Maßen.

In dieser Zeichnung sind alle drei Größen positiv.

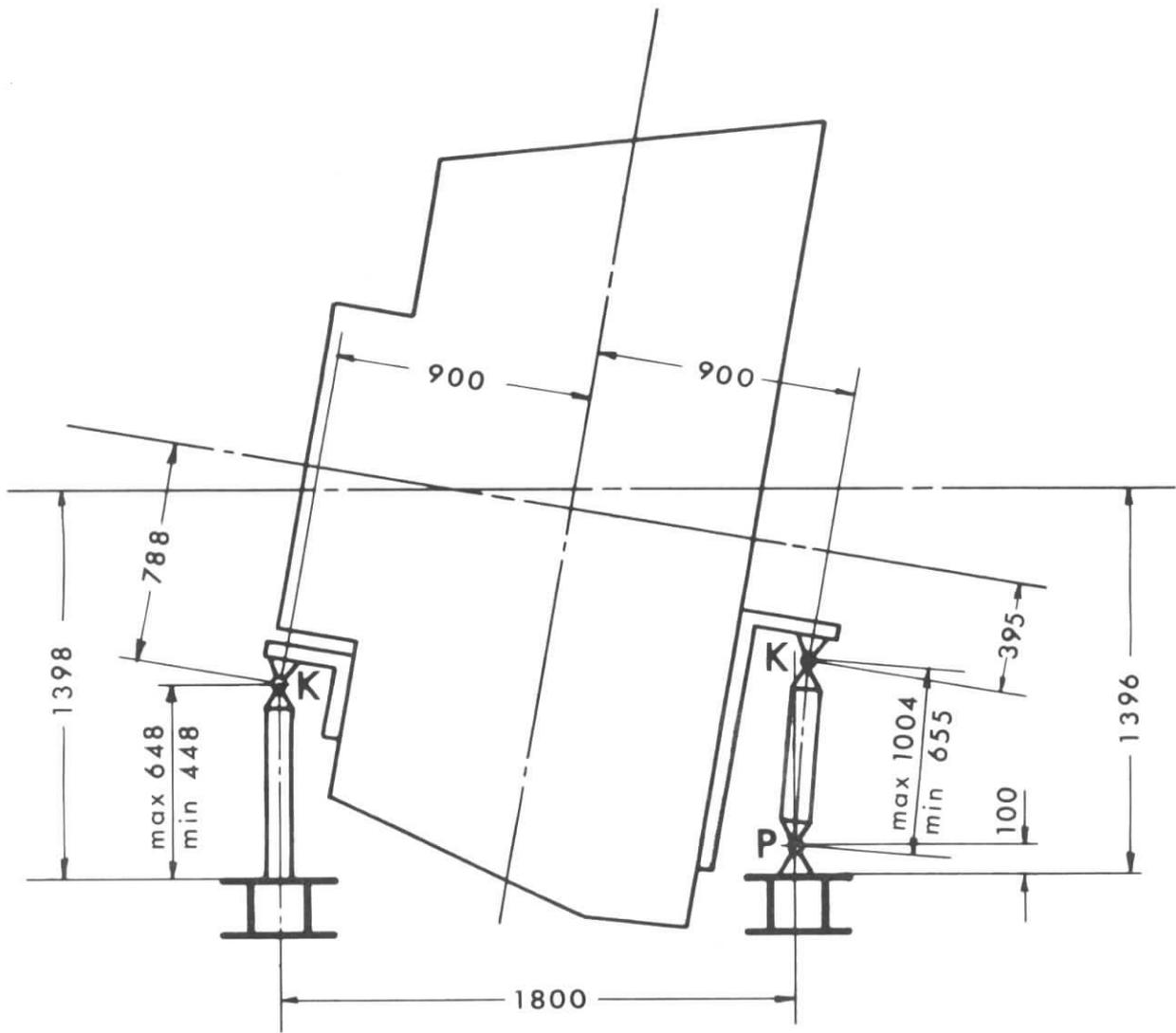
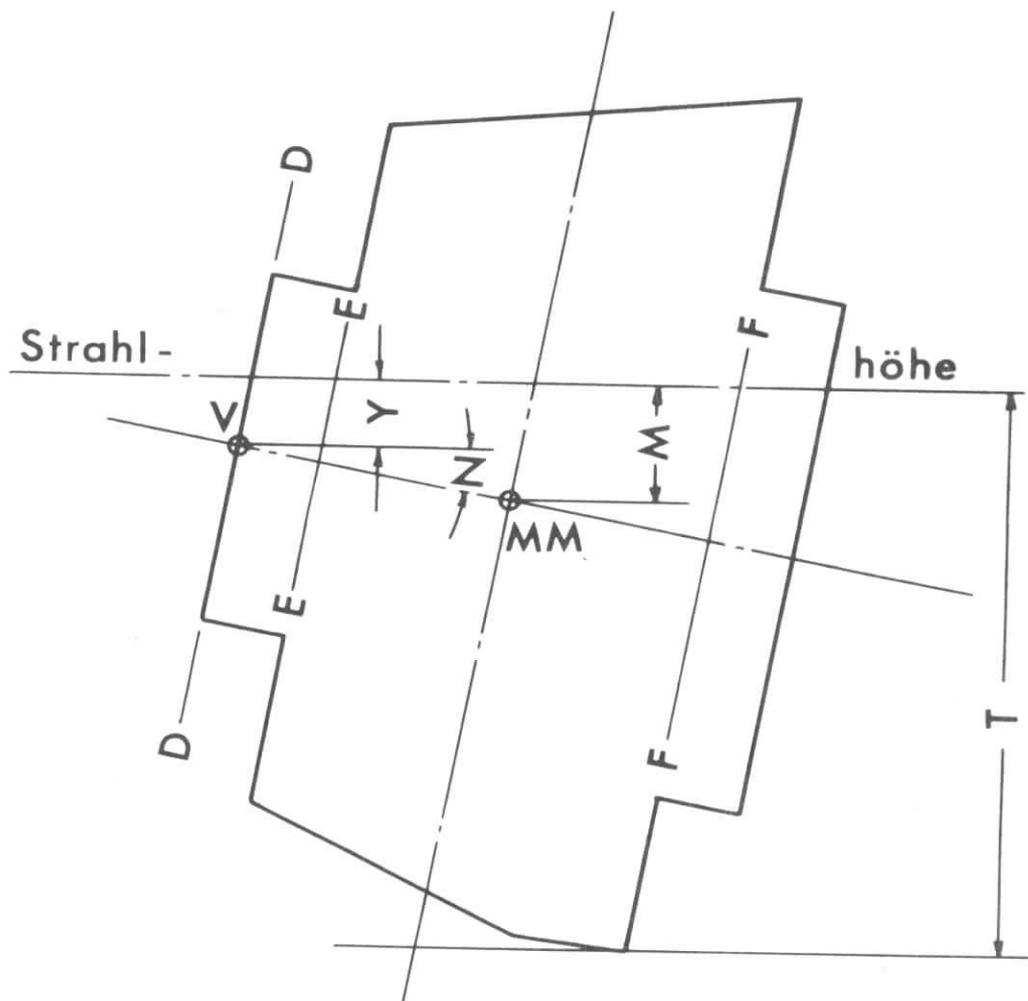


Abb. 23. Justierung des Magneten.

Der Magnet ist auf 3 Hubbeinen gelagert. Das vordere Hubbein steht fest und hat oben ein Kugelgelenk K. Die beiden hinteren Hubbeine haben unten Pendelgelenke P und oben Kugelgelenke K. Die extremen Längen der Hubbeine sind angegeben.



Nr.	Y	N	T	M	d	e	f
1	0	0°	1428	0		70	
2	161	2,73°	1646	205		35	40
3	162	0°	1590	162	38	38	
4	170	-6°	1461	72	40	70	
5	-37	6°	1530	60	62	62	149
6	-36	-2°	1347	-69		23	

Abb. 24. Aufstellung des Magneten.

Die Tabelle enthält einige extreme Aufstellungen des Magneten, wie sie durch Hub und maximale Neigung der Hubbeine möglich sind.

$N = \pm 6^\circ$  darf auf keinen Fall überschritten werden.

MM = Magnetmitte. V = Vermessungsmarke (Mitte der Frontplatte). T ist der Abstand des tiefsten Punktes des Magneten von der Strahlhöhe.

d, e und f sind die minimalen vertikalen Abstände des Strahls vom Eisen im keilförmigen Ausschnitt, gemessen in den Ebenen D-D, E-E und F-F.

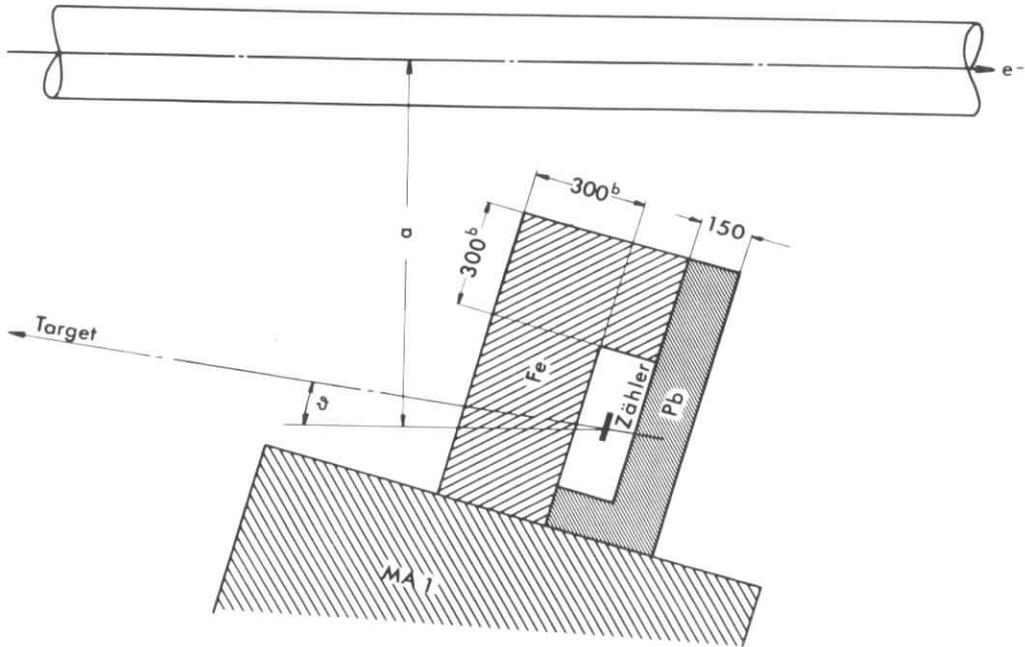
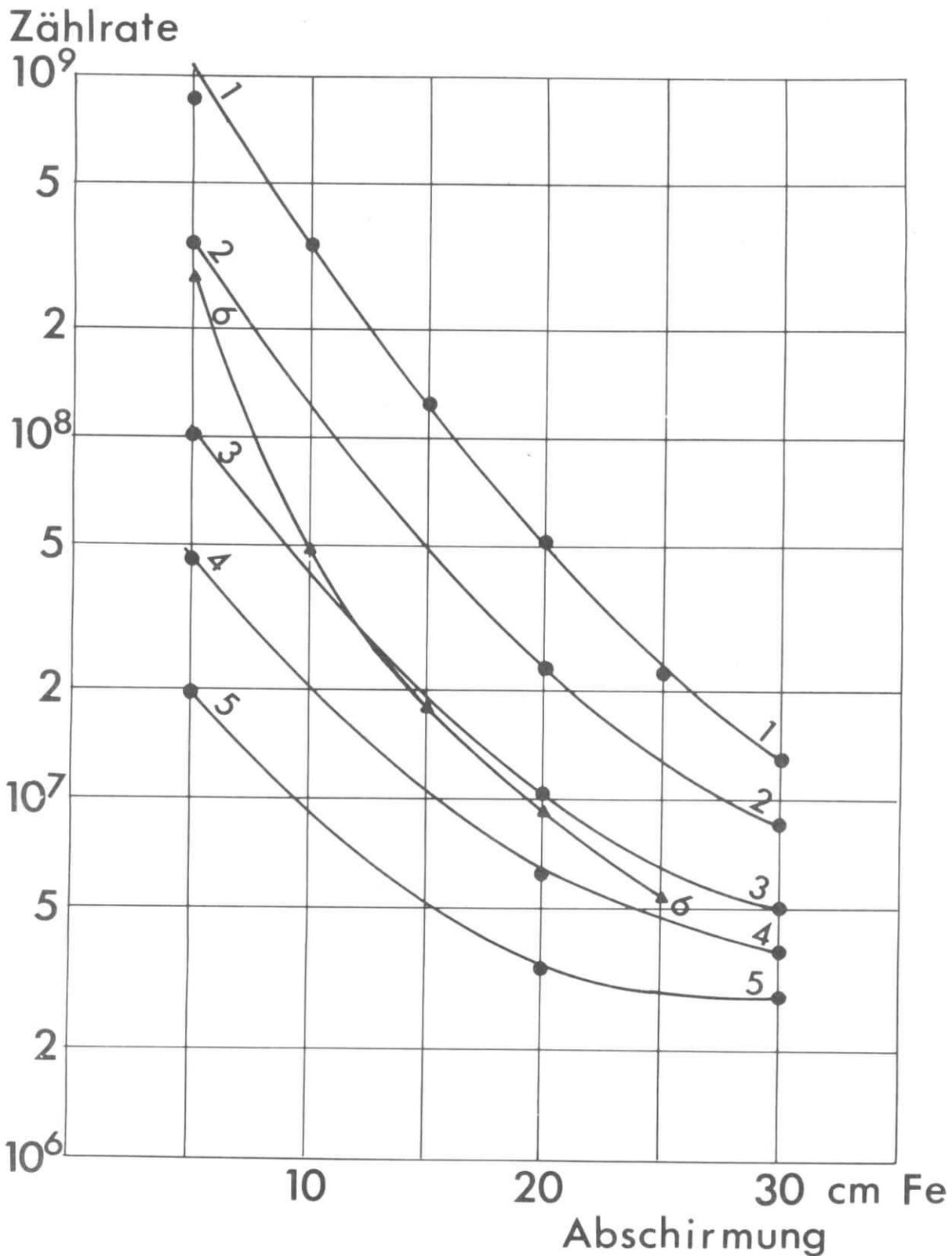


Abb. 25. Aufstellung eines Szintillationszählers zur Untersuchung der notwendigen Dicke von Eisenabschirmung. Der Zähler ( $60 \times 40 \times 5 \text{ mm}^3$ ) wurde in Strahlhöhe aufgestellt. Die mit  $b$  gekennzeichneten Maße wurden bis auf  $50 \text{ mm}$  reduziert. Der Abstand des Zählers vom Target war  $6,75 \text{ m}$ .



Kurve	$\theta$	a(m)	E(GeV)
1	8,50	1	5,5
2	13,50	1,6	5,5
3	23,50	2,7	5,5
4	33,50	3,7	5,5
5	50,90	5,2	5,5
6	8,50	1	1,55

Abb.26. Zählraten des Testzählers in Abb. 25. Es ist auf Zählraten/sec während des Spills für einen Szintillator  $800 \times 150 \times 5 \text{ mm}^3$  umgerechnet. E = Synchrotronenergie

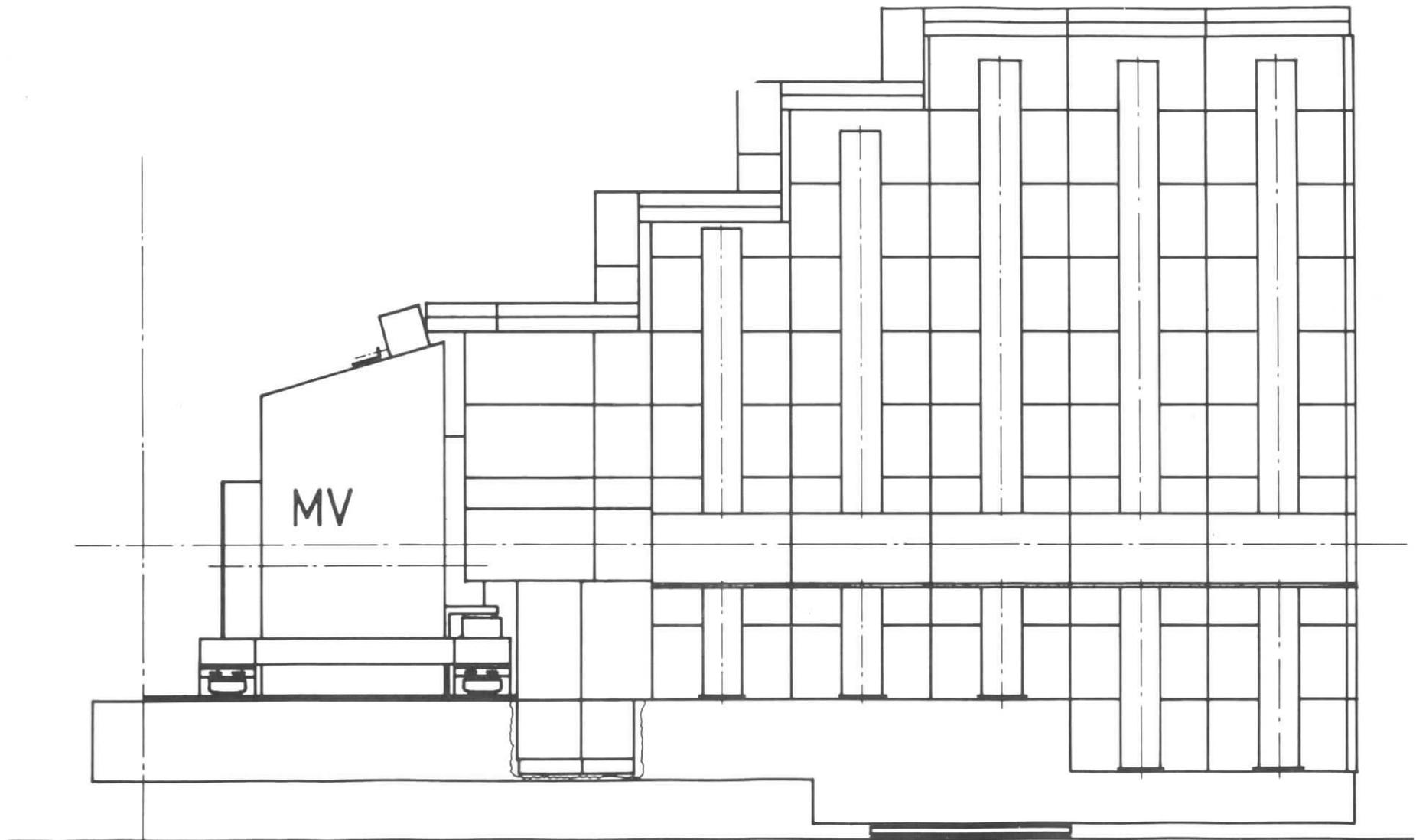


Abb. 27. Aufstellung I der Abschirmung

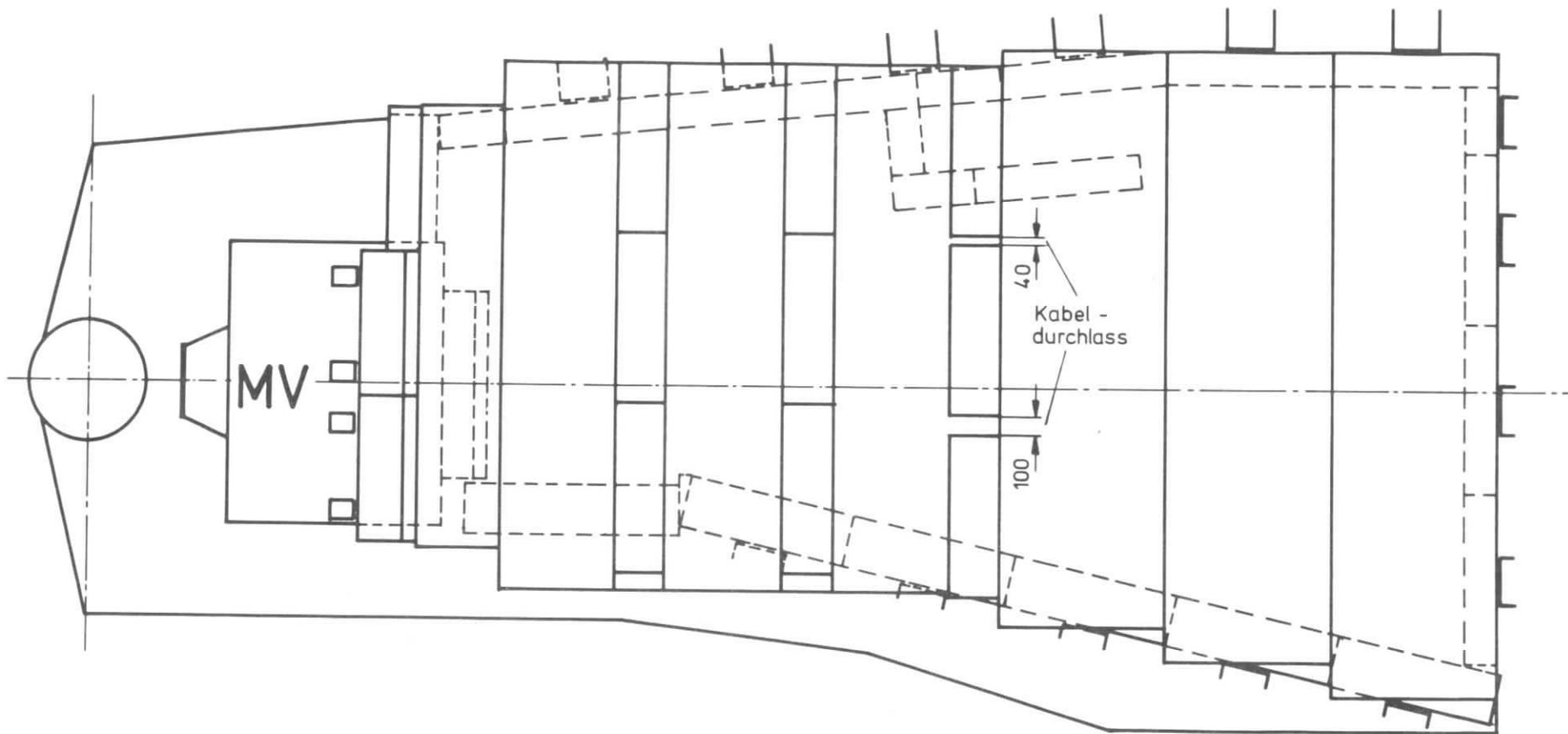
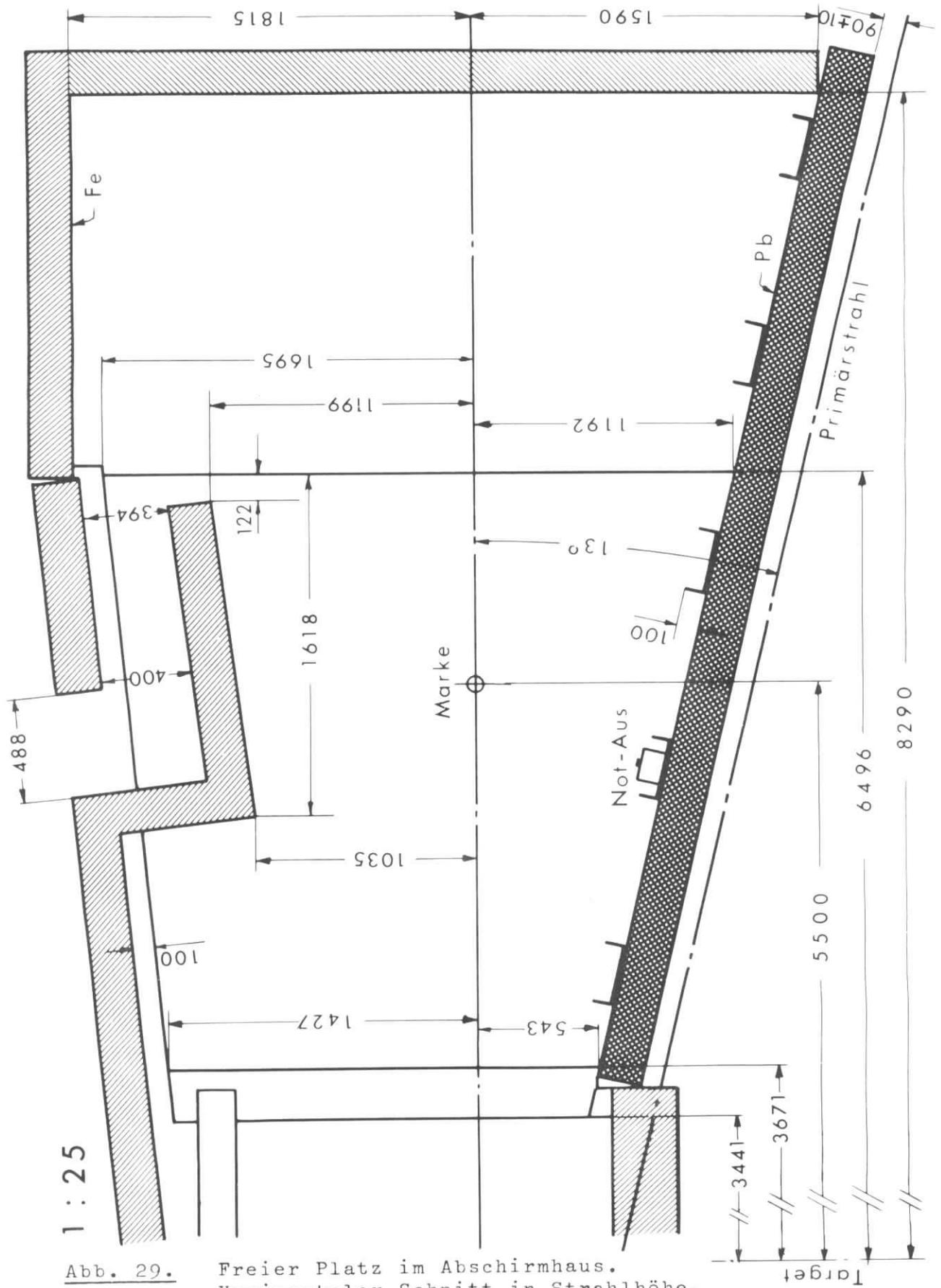


Abb. 28. Aufstellung I der Abschirmung von oben gesehen.



1 : 25

Abb. 29. Freier Platz im Abschirmhaus.  
Horizontaler Schnitt in Strahlhöhe.

- a: Maximale Höhe von Schrauben und Ähnlichem
- b: Die 320 mm zwischen Kran und Abschirmung enthalten keine Sicherheitstoleranz und sind bei unbelastetem Kran gemessen
- c: Die Bodenunebenheit beträgt  $\pm 10\text{mm}$

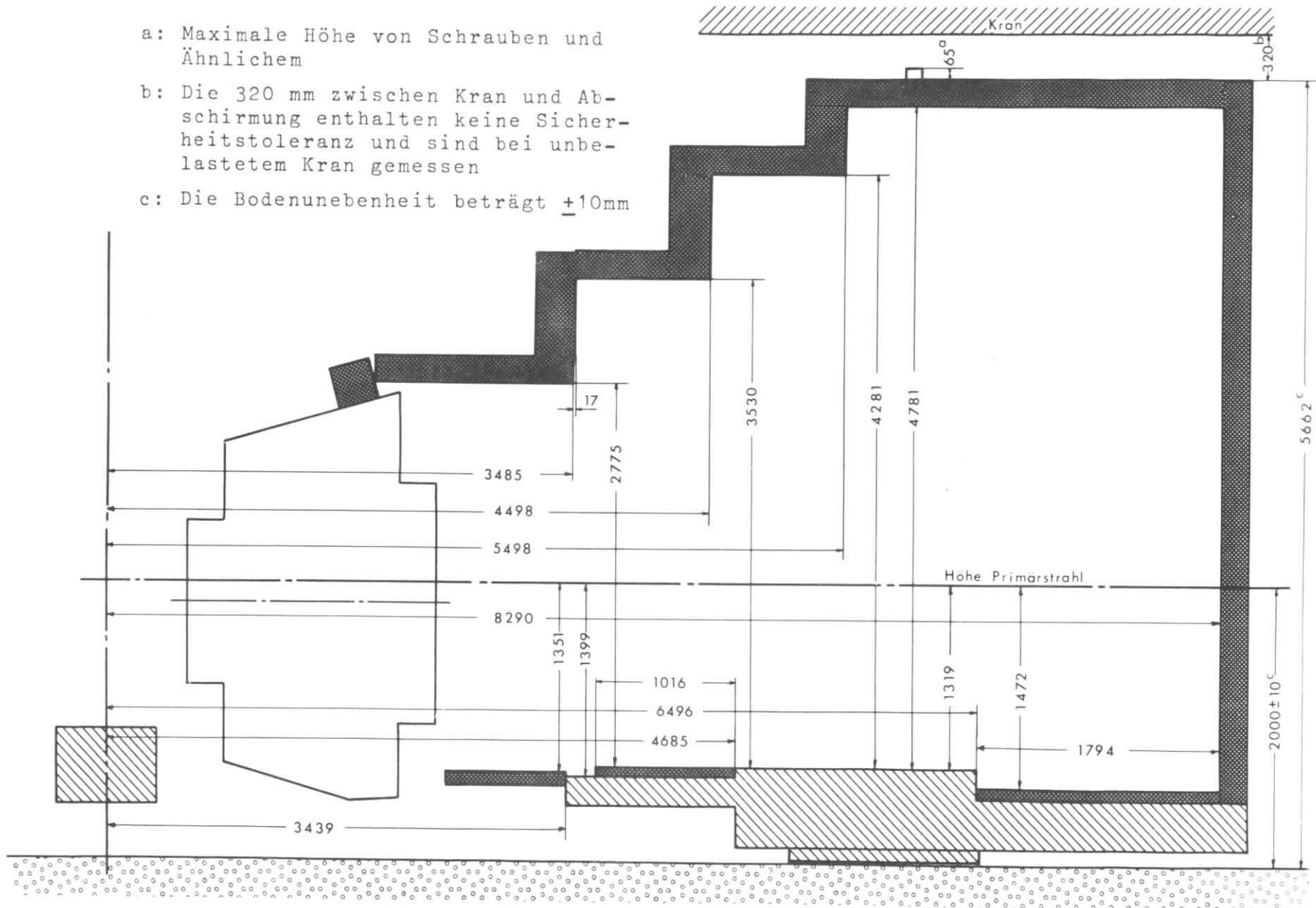
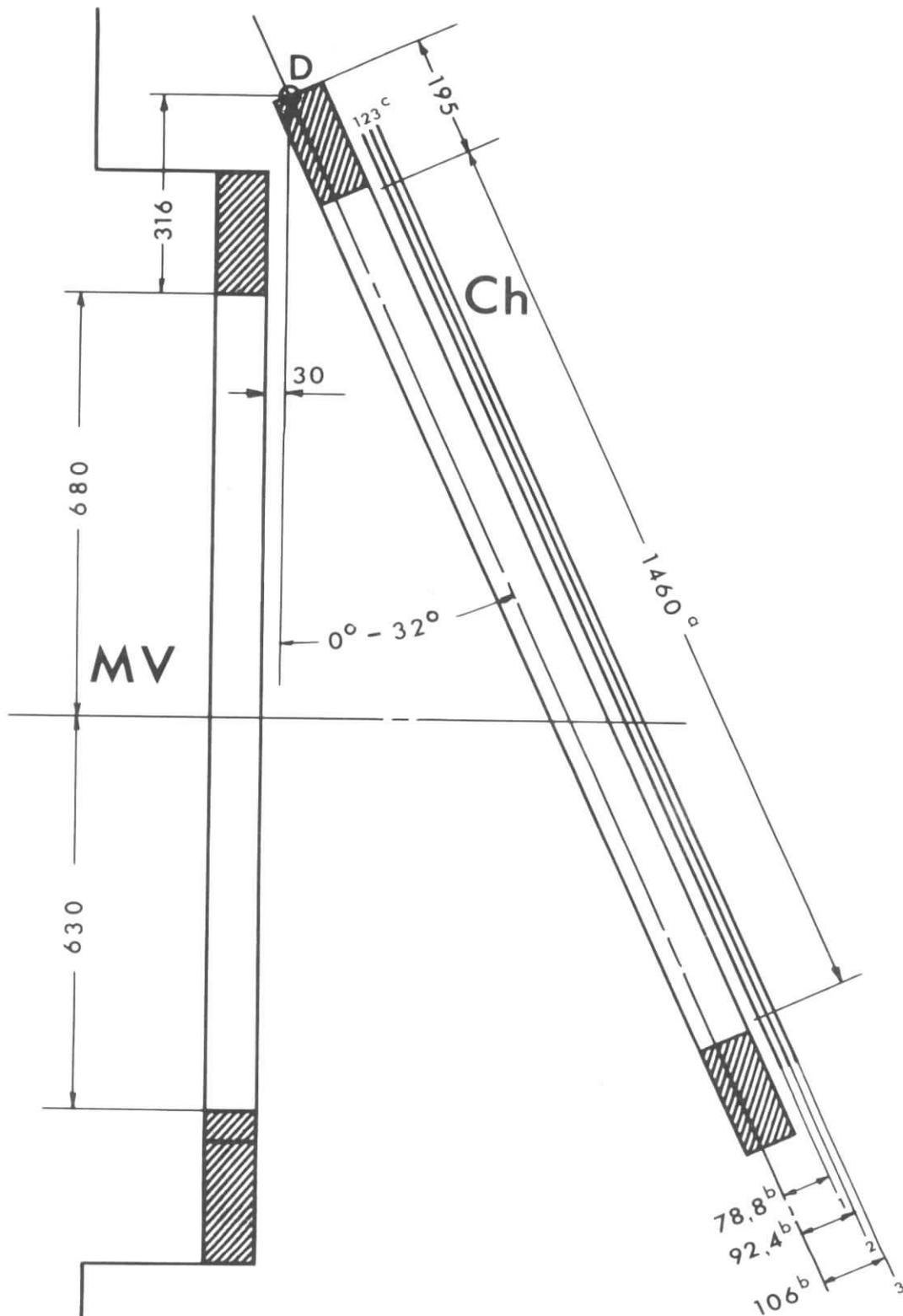


Abb. 30. Freier Platz im Abschirmhaus. Vertikaler Schnitt längs der Mittelachse des Spektrometers.



- a: Öffnung der Kammer. (Horizontal:380) Die brauchbare Öffnung ist 30-40 mm in beiden Richtungen geringer.
- b: Vorläufiges Maß
- c: Nummern der Signalebenen

Abb. 31. Einbau der Charpakammer. Die Kammer ist um D drehbar am MV-Magneten montiert.

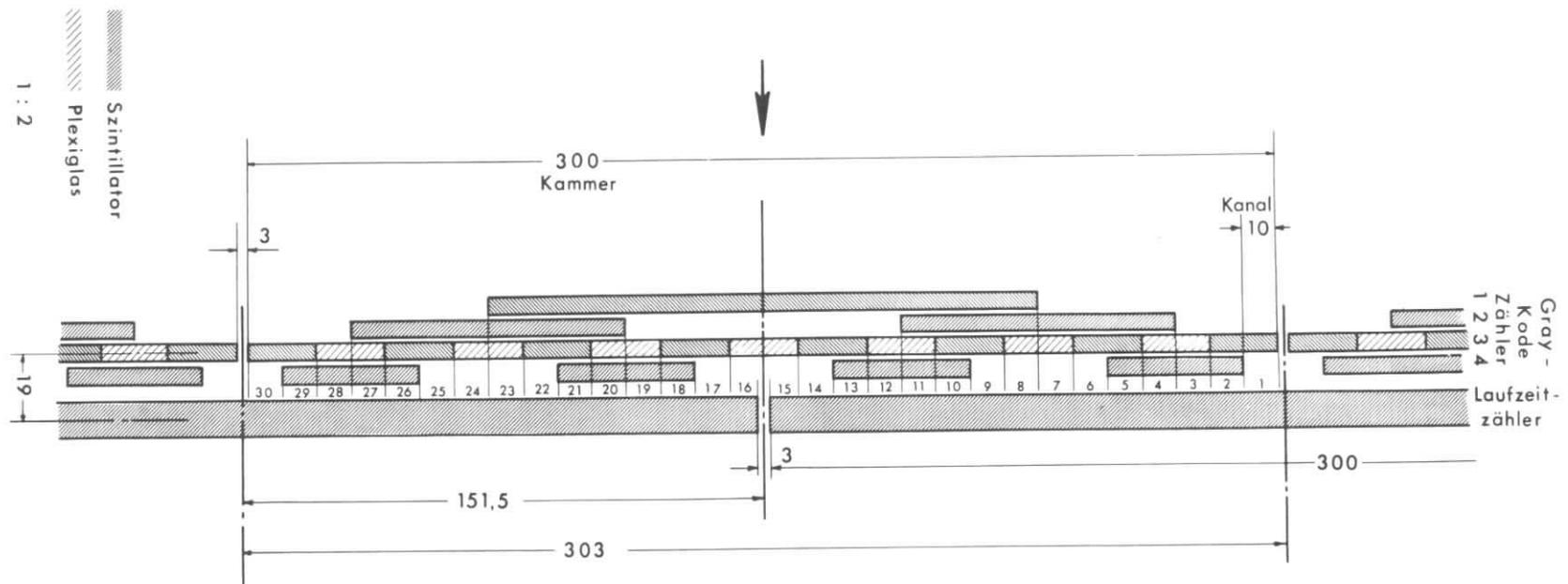


Abb. 32. Ausschnitt aus dem 2. Hodoskop (Vertikaler Schnitt).

Die Abbildung zeigt die Anordnung der Zähler einem Gray-Kode entsprechend. Die ersten 4 Zähler sind auf einem Zählerarm montiert, justiert und zu einer Kammer zusammengefaßt. (Abb. 38 und 39) Jeder Zähler ist mit  $20 \mu$  dicker Aluminiumfolie lichtdicht eingepackt. Die 4 Zähler einer Kammer sind dann noch mit einer gemeinsamen Hülle aus  $150 \mu$  dicker schwarzer PVC-Folie umgeben. Die Laufzeit-zähler haben eine eigene PVC-Hülle aus demselben Material. Die Laufzeit-zähler werden unabhängig von den Kammern auf der Zählerbank montiert und justiert.

40

Abb. 33

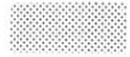
# Zähler 1



Plexiglas klar



" schwarz



Szintillator

1 : 5

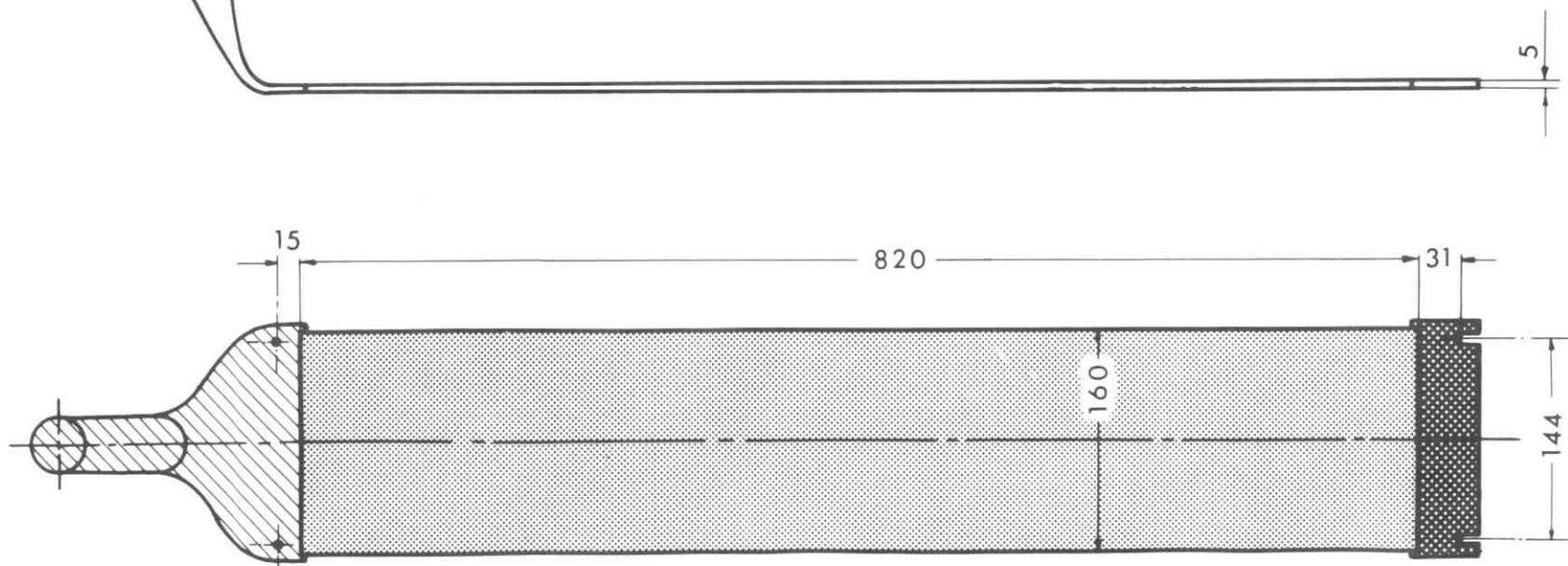


Abb. 34 Zähler 2

-  Plexiglas klar
-  " schwarz
-  Szintillator

1:5

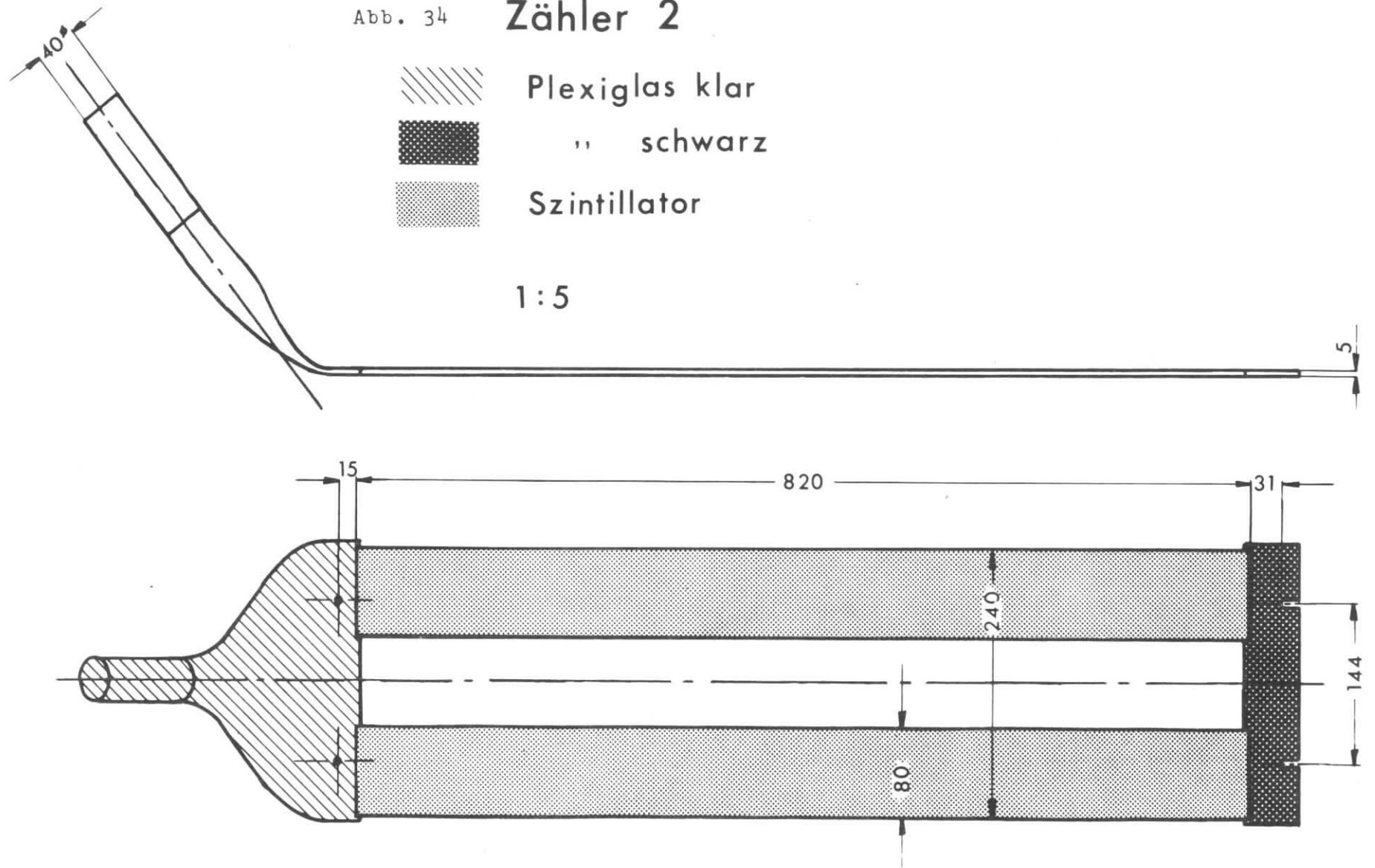
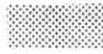


Abb. 35 Zähler 3

-  Plexiglas klar
-  " schwarz
-  Szintillator

1:5

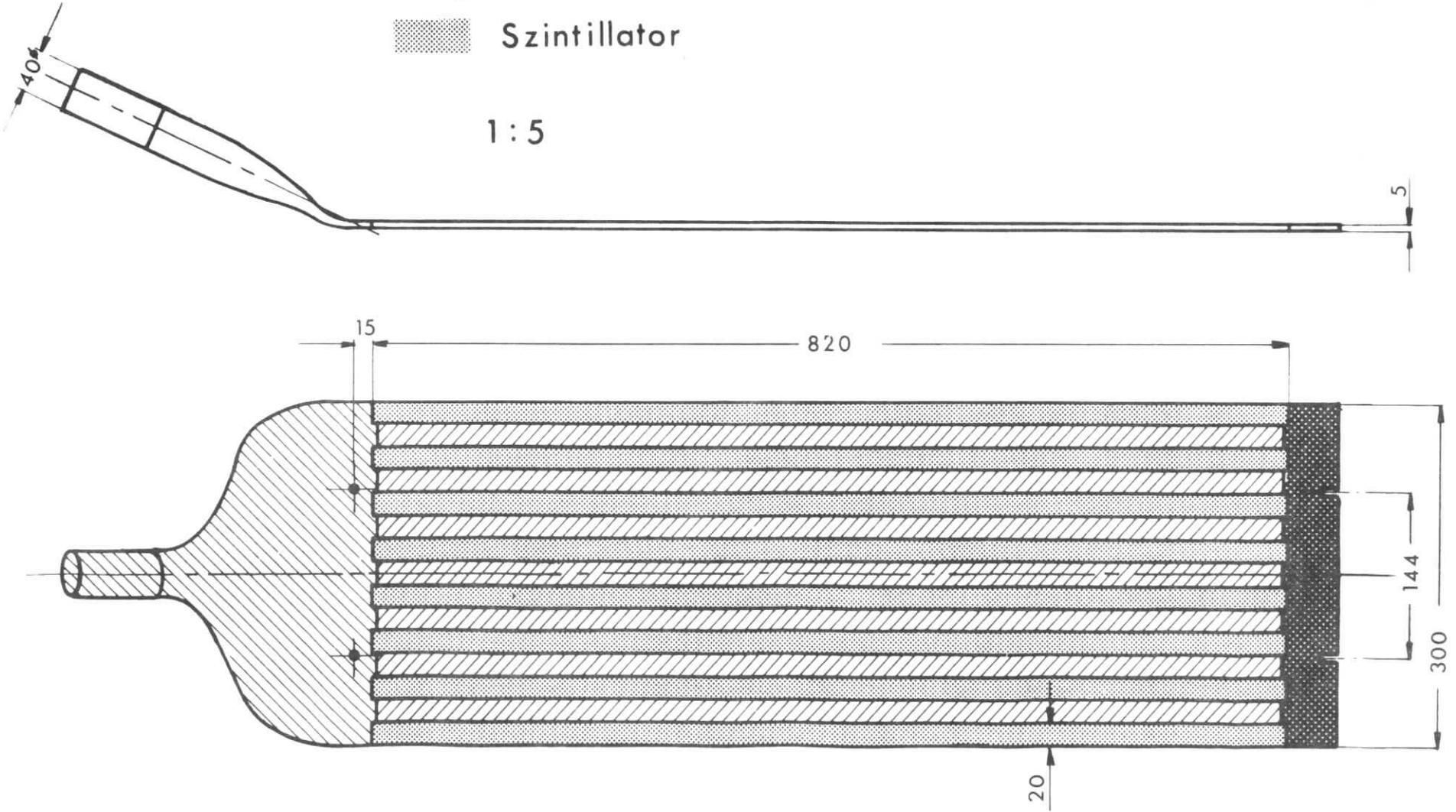
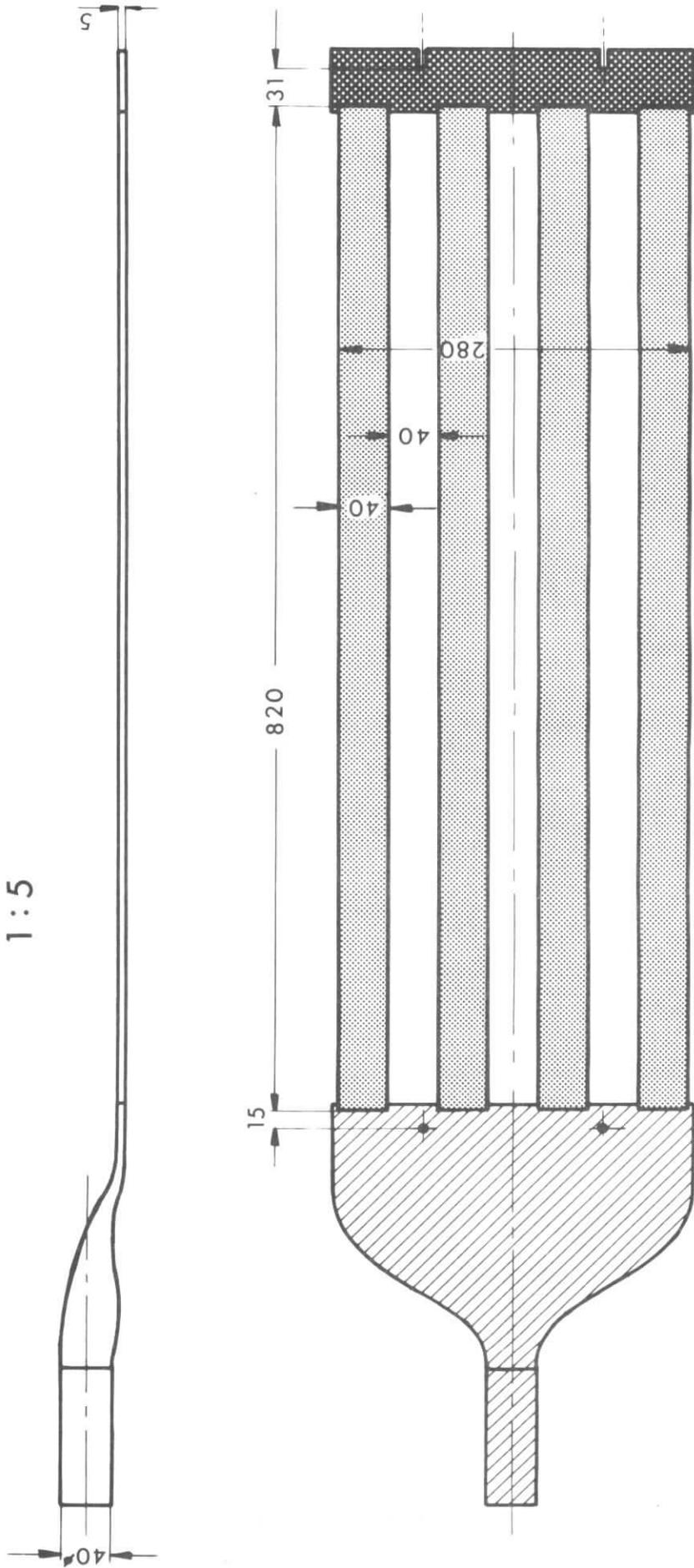


Abb. 36

# Zähler 4

-  Plexiglas klar
-  " schwarz
-  Szintillator

1:5



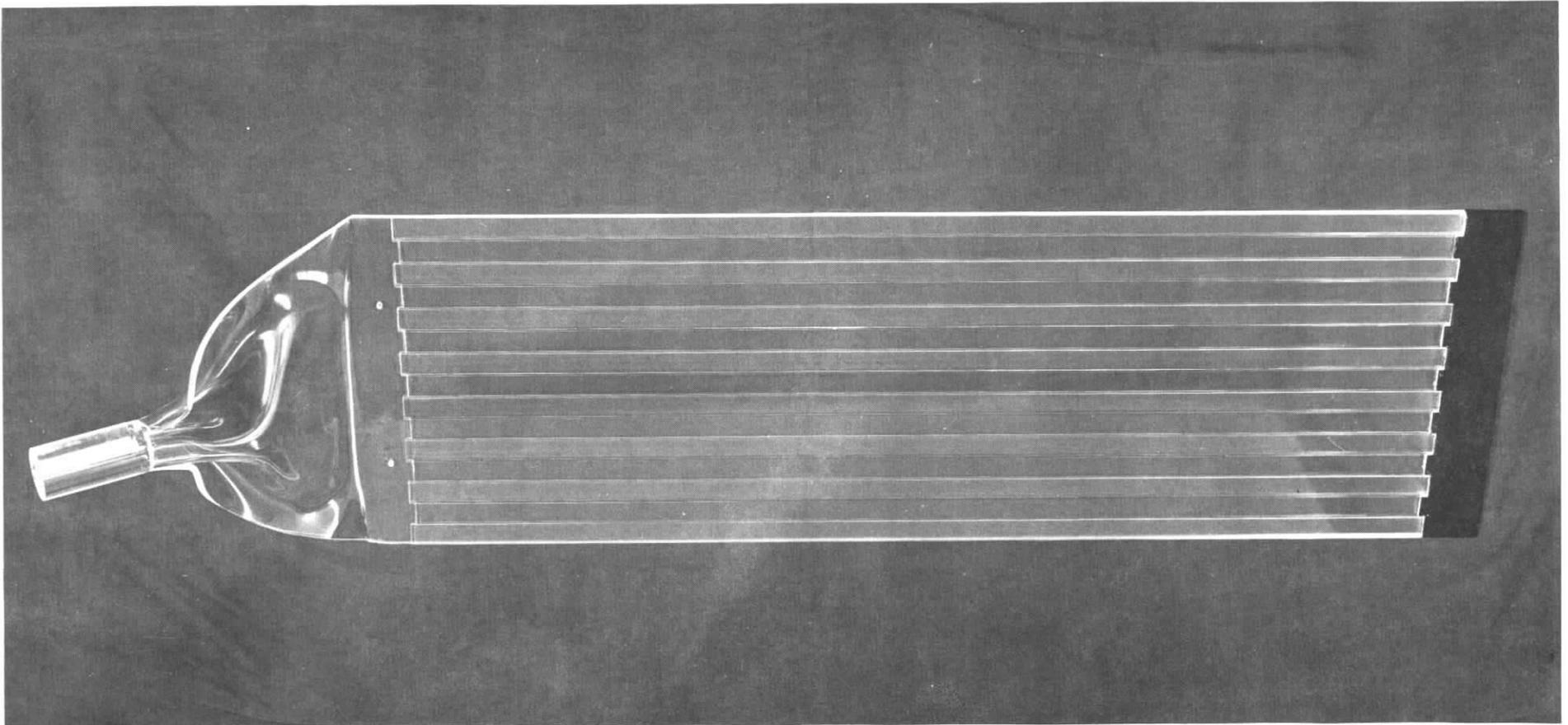
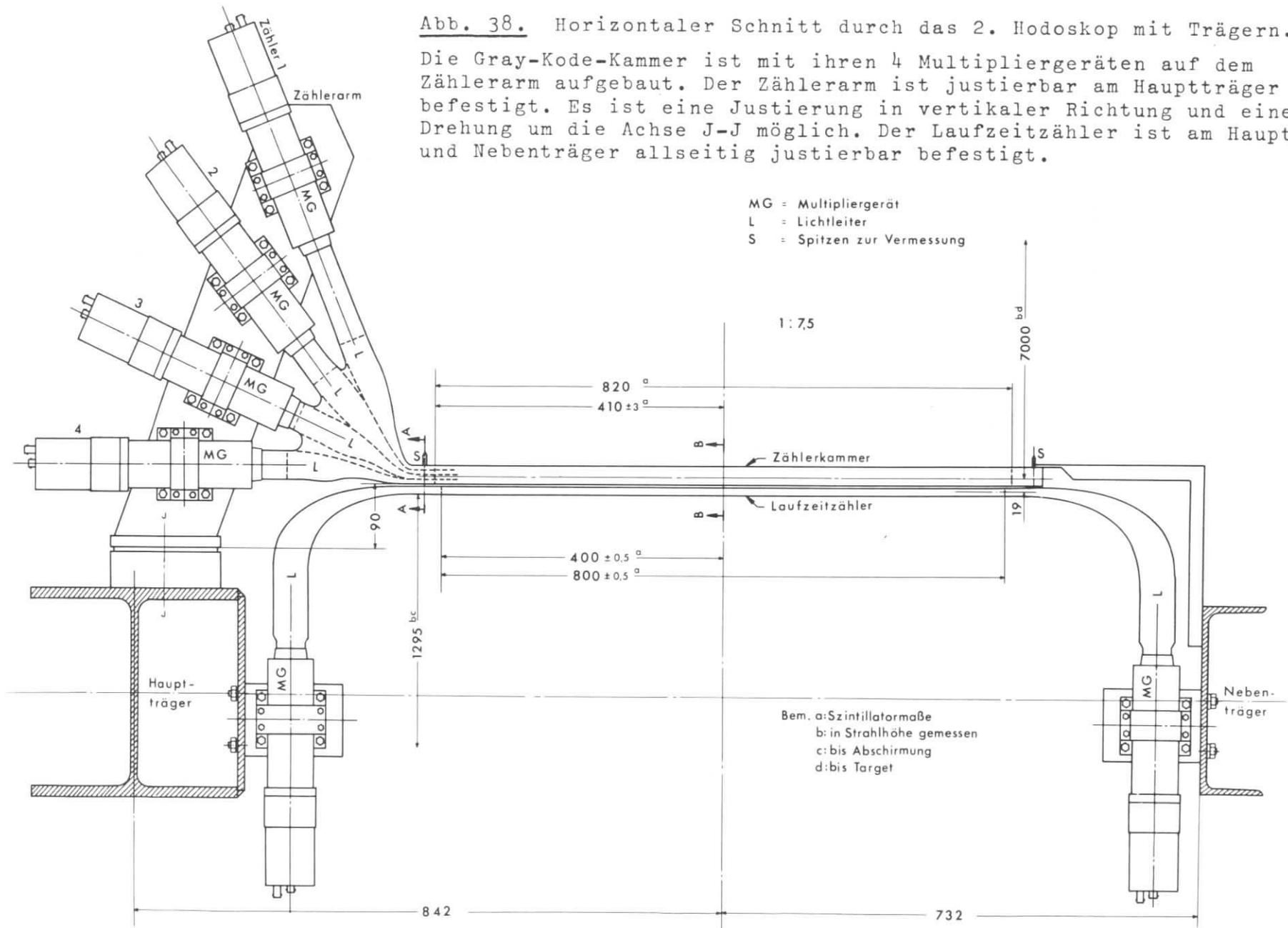
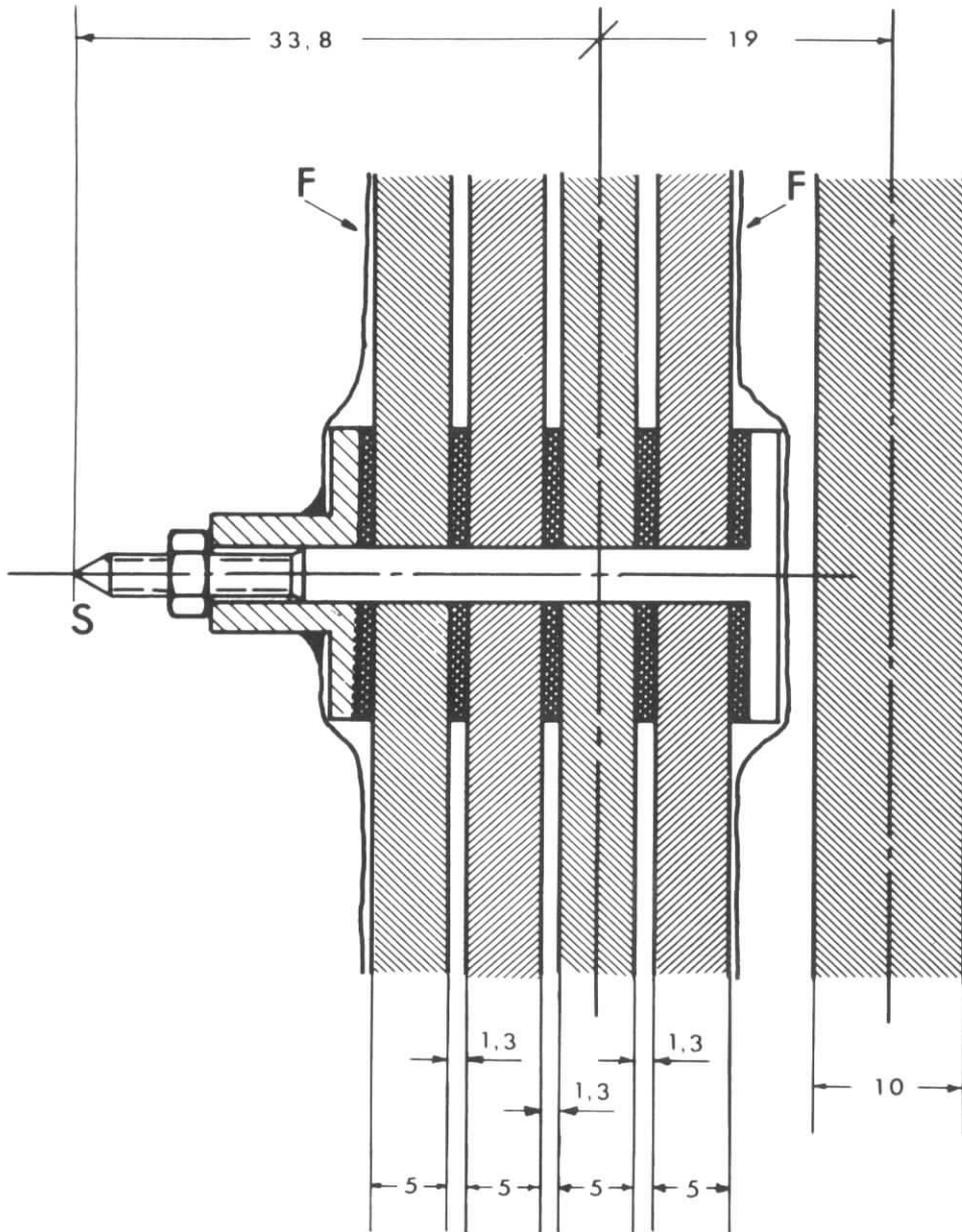


Abb. 37. Photographie von Zähler 3 einer Gray-Kode-Kammer.

Abb. 38. Horizontaler Schnitt durch das 2. Hodoskop mit Trägern.

Die Gray-Kode-Kammer ist mit ihren 4 Multipliegeräten auf dem Zählerarm aufgebaut. Der Zählerarm ist justierbar am Hauptträger befestigt. Es ist eine Justierung in vertikaler Richtung und eine Drehung um die Achse J-J möglich. Der Laufzeitzähler ist am Haupt- und Nebenträger allseitig justierbar befestigt.





Gummi



Plexiglas

F : schwarze Folie

S : Spitze für Vermessung

2 : 1

Abb. 39. Schnitt durch das 2. Hodoskop mit Justierbolzen. Die 4 Zähler einer Kammer werden durch 4 Bolzen zusammengehalten und justiert. Die Meßspitzen der Bolzen ermöglichen eine genaue optische Vermessung. Der Laufzeitähler rechts ist nicht mit der Kammer verbunden. Die eingetragenen Maße sind Sollmaße.



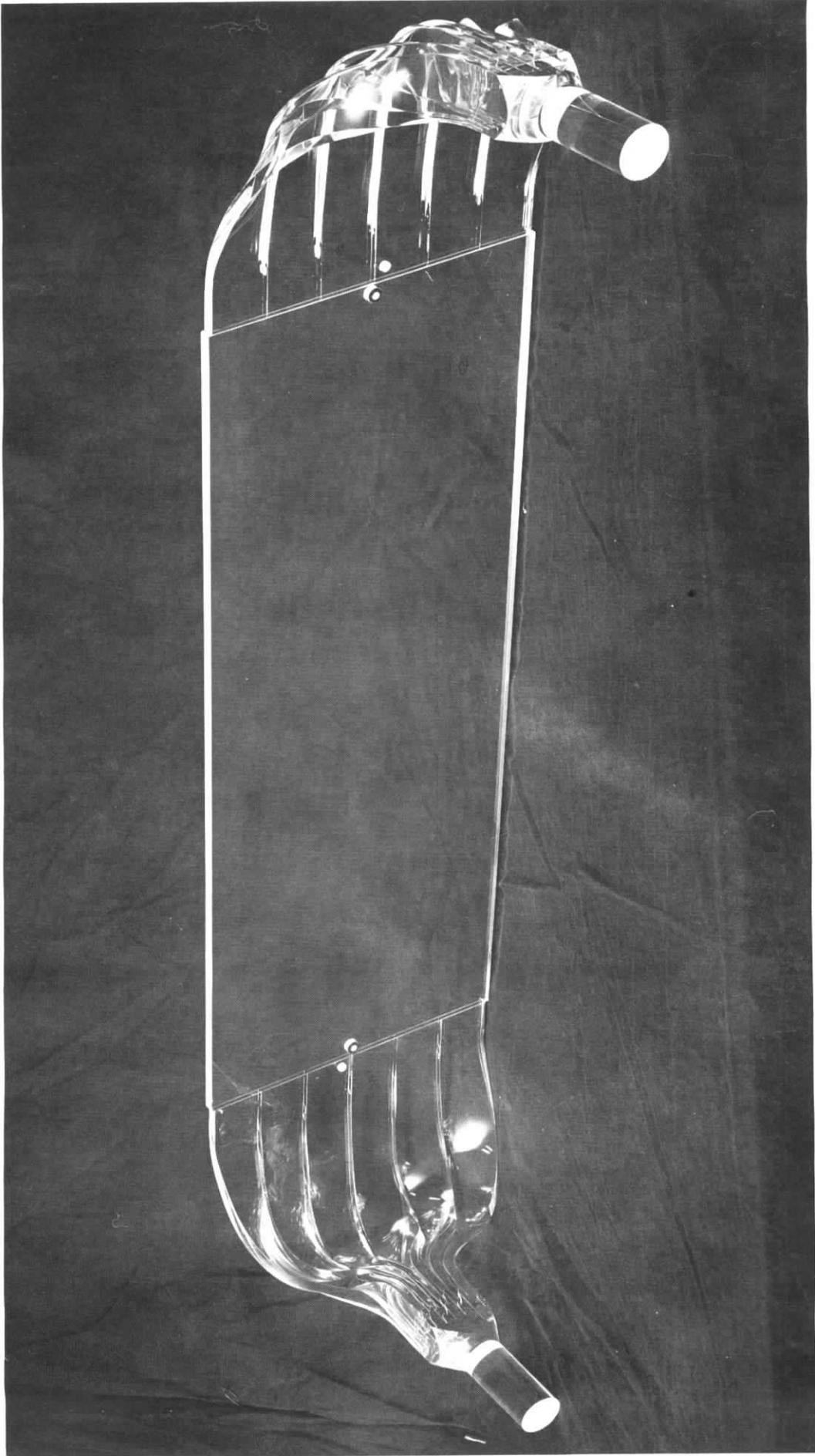


Abb. 41. Photographie eines Laufzeitzählers.

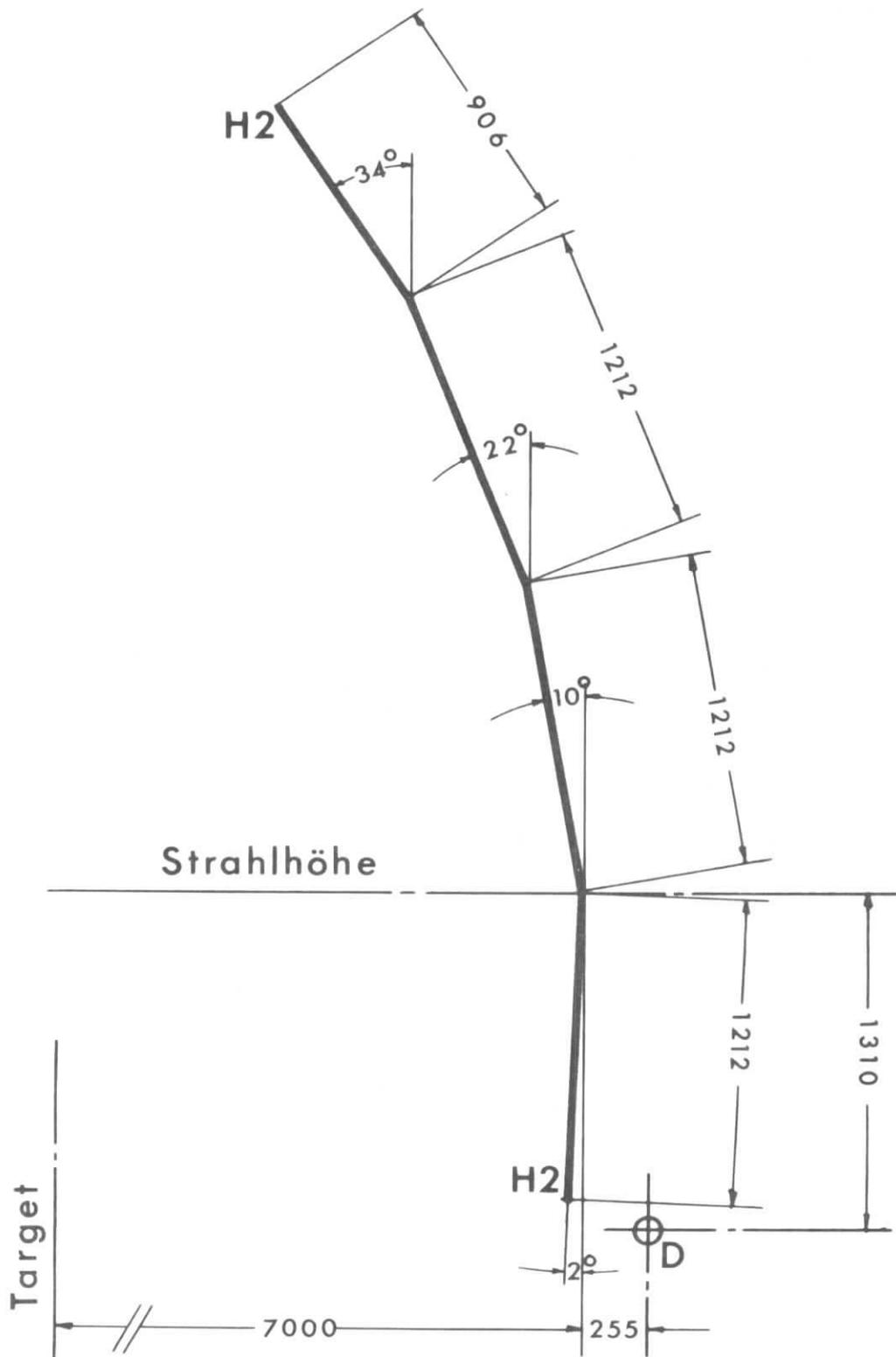


Abb. 42. 2. Hodoskop. Das ganze Hodoskop ist zur Einstellung der Neigung um D drehbar. Die eingetragenen Maße sind Sollmaße. Das Ergebnis der Vermessung der einzelnen Zähler liegt noch nicht vor.

- MA, MB = Ablenkmagnete
- QA, QB, QD, QL = Quadrupolmagnete
- KSp = Korrekturspulen
- K = Kollimator
- SB (1-11) = Strahlbeobachtung
- BS = Strahlverschluß
- FK = Faraday - Käfig
- SEM = Sekundäremissions monitor

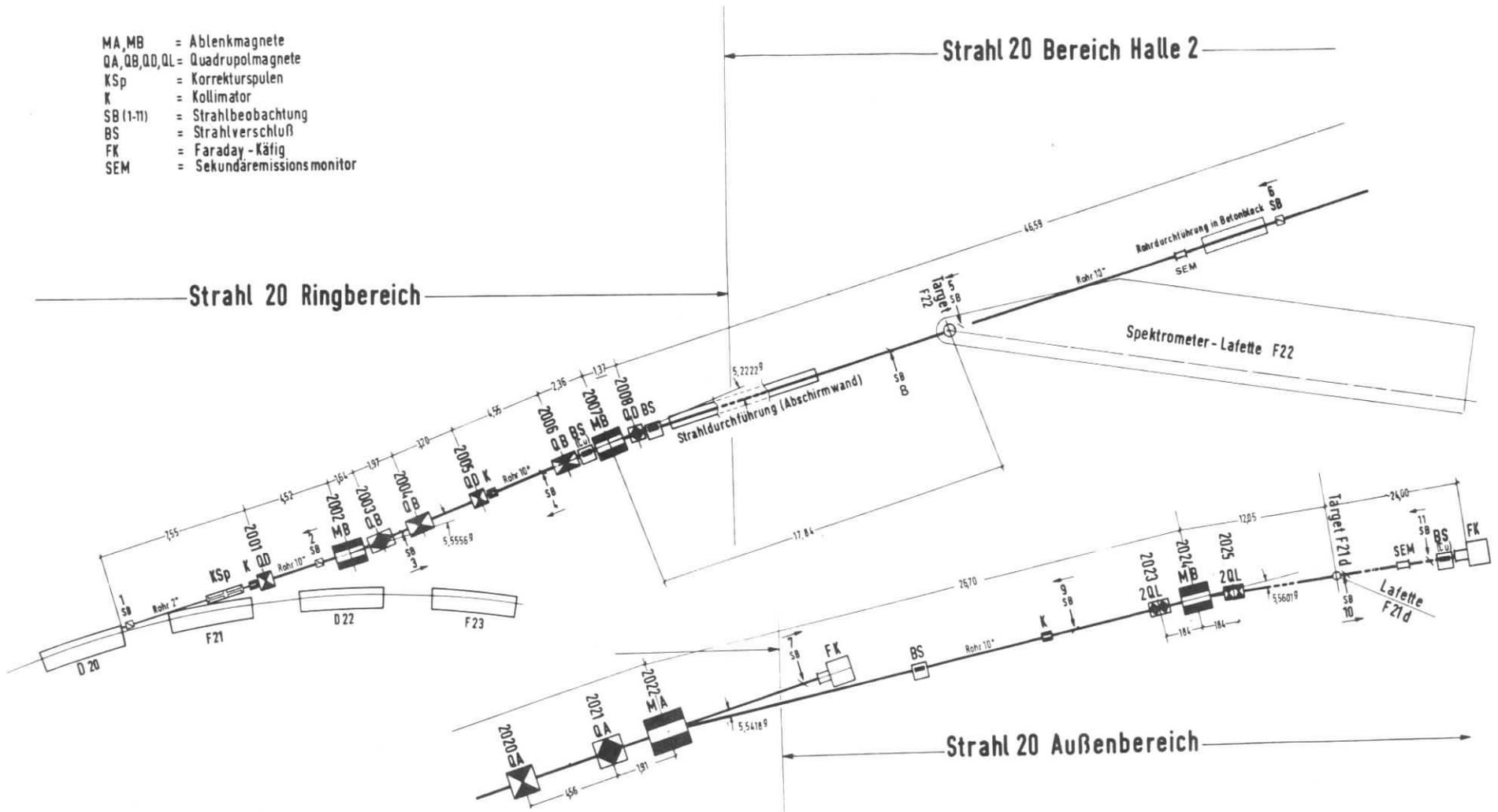


Abb. 43. Strahl 20 Anordnung der Magnete, Strahlbetrachter und Strahlverschlüsse.

Der Strahlverschluß BS(Cu) hinter Magnet 2006 ist ein zusätzlicher Strahlverschluß mit Kupferblock, der gemeinsam mit dem Strahlverschluß hinter Magnet 2008 bedient wird. Mit dem Strahlverschluß BS(Cu) vor dem Faradaykäfig kann dieser vor zu großer Belastung geschützt werden.

STRAHL 20 Rohrweite

1:2,5  
1:500

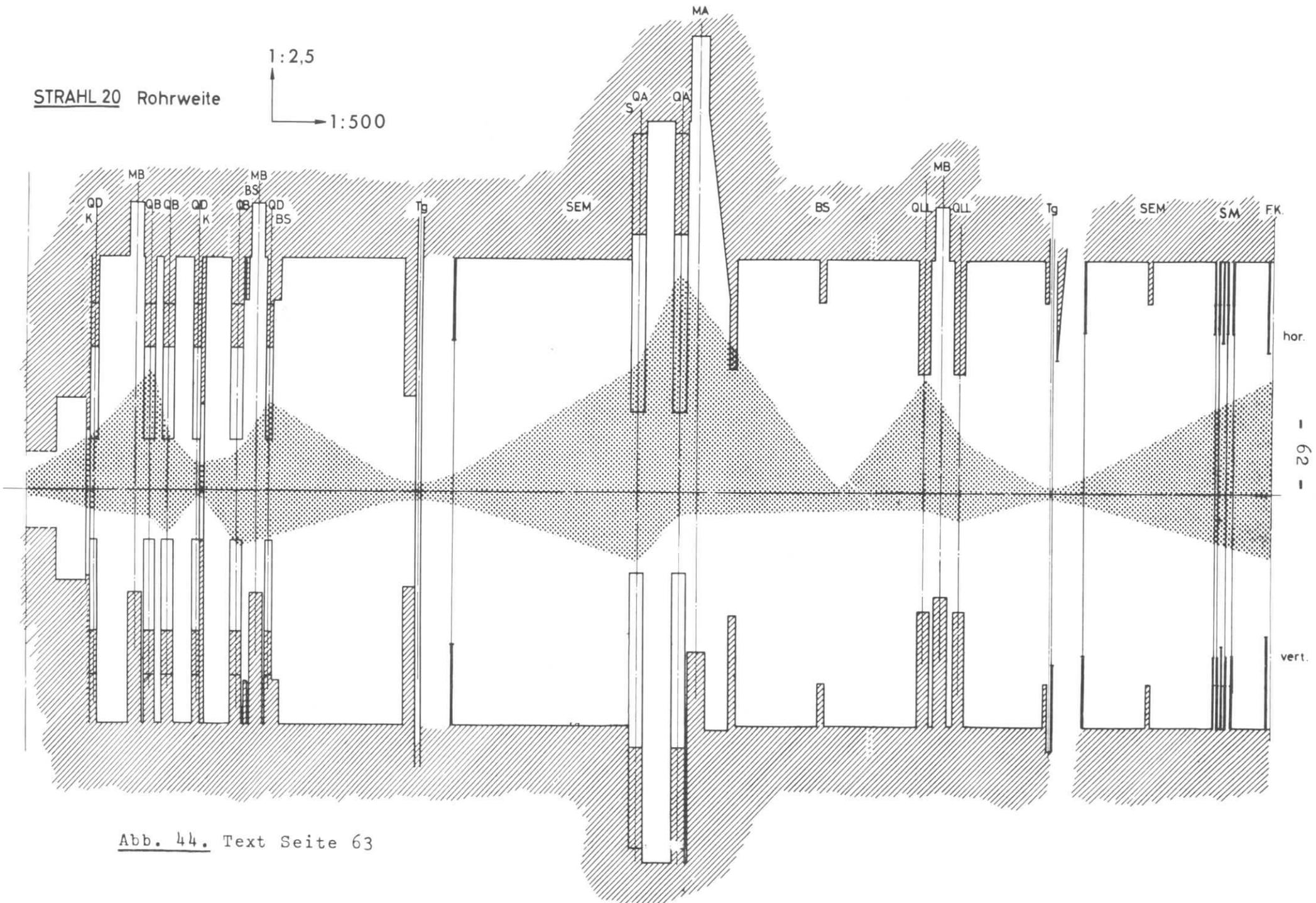


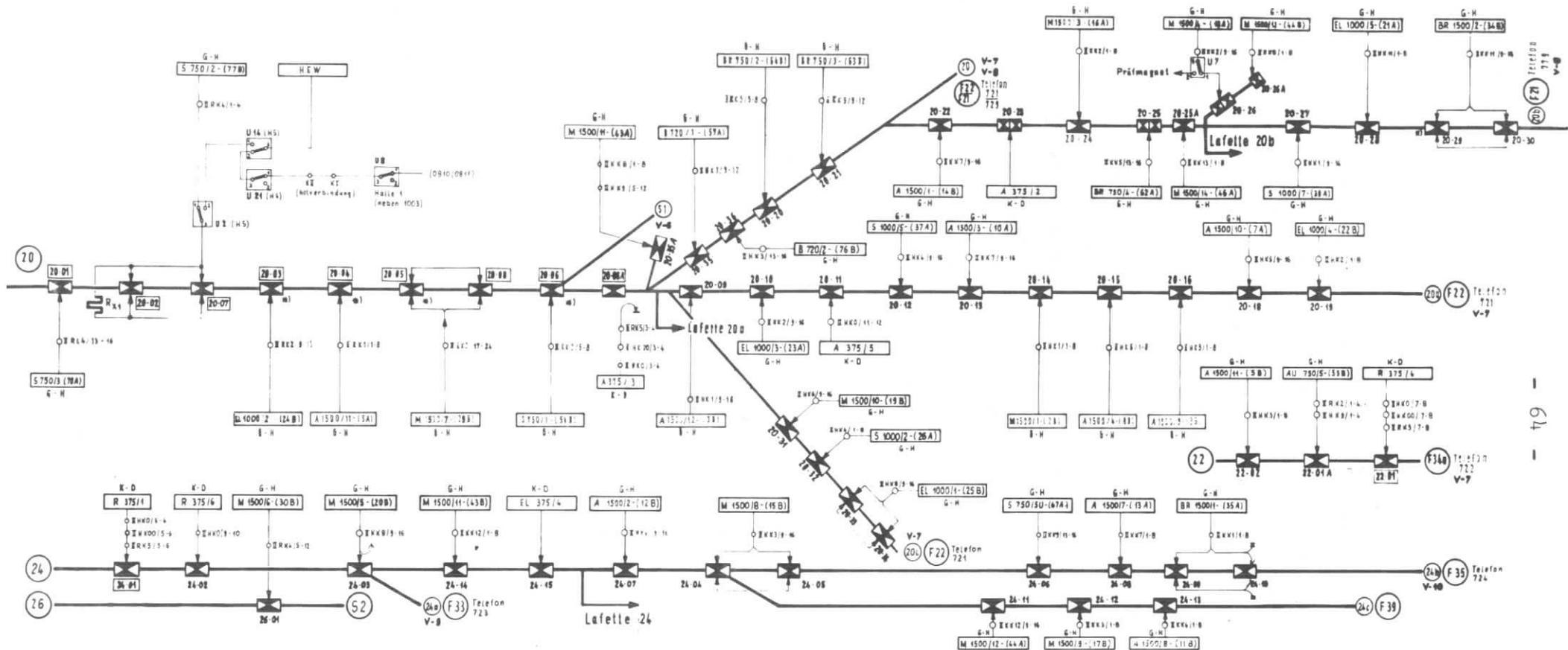
Abb. 44. Text Seite 63

Text zu Abb. 44.

In der Zeichnung sind alle zur Zeit bestehenden Verengungen des normalen Rohrdurchmessers von Strahl 20 eingetragen. Die obere Hälfte des Bildes gibt den horizontalen Schnitt, die untere den vertikalen. Bei den Quadrupolen sind die beiden Koordinaten der Eckpunkte der Vakuumkammern angegeben. Schraffiert ist bis zum Radius des einbeschriebenen Kreises.

Die eingezeichnete Strahlenveloppe nach einem Analogrechnerbild kann nur eine ungefähre Vorstellung über den Strahlverlauf geben, da sie sich schon bei geringfügiger Änderung eines Magneten oder der Emittanz des Strahls ändert.

QA, QB, QD, QLL:	Quadrupolmagnete
MA, MB:	Ablenkmagnete
K:	Kollimator
BS:	Strahlverschluß
Tg:	Target
S:	Schieber
SEM:	Sekundäremissionsmonitor
SM:	Streifenmonitor
FK:	Faradaykäfig



KORREKTUR HALLE II					
1	R 375/1	HKD/5-6	HKD/5-6	RKS/5-6	24-01
2	R 375/4	HKD/7-8	HKD/7-8	RKS/7-8	22-01
3	R 375/6	HKD/9-10	—	—	24-02
4	EL 375/4	—	—	—	24-15
5	EL 375/4	—	—	—	24-15
6	A 375/1	—	—	—	20-11
7	A 375/2	—	—	—	20-23
8	A 375/3	HKD/3-4	HKD/3-4	RKS/3-4	20-06 A
9	A 375/4	HKD/1-2	—	—	—
10	A 375/5	HKD/11-12	—	—	20-11

**Bemerkungen**

- A - ABG
- S - SSW
- R - Relais Magnet
- EL - Elektrolyt
- - Magnet Ring
- ⊕ - Magnet umgekehrt angeordnet
- EB - Erdoberfläche
- GW - Gleichrichterwart
- K-D - Stromkasten in HS
- HS - Hauptkabel Seite

Abb. 45. Zur Zeit gültiger Plan für die Stromversorgung der Strahl- und Experimentiermagnete. Die Reihenfolge der Magnete im Plan entspricht nicht der tatsächlichen Anordnung.

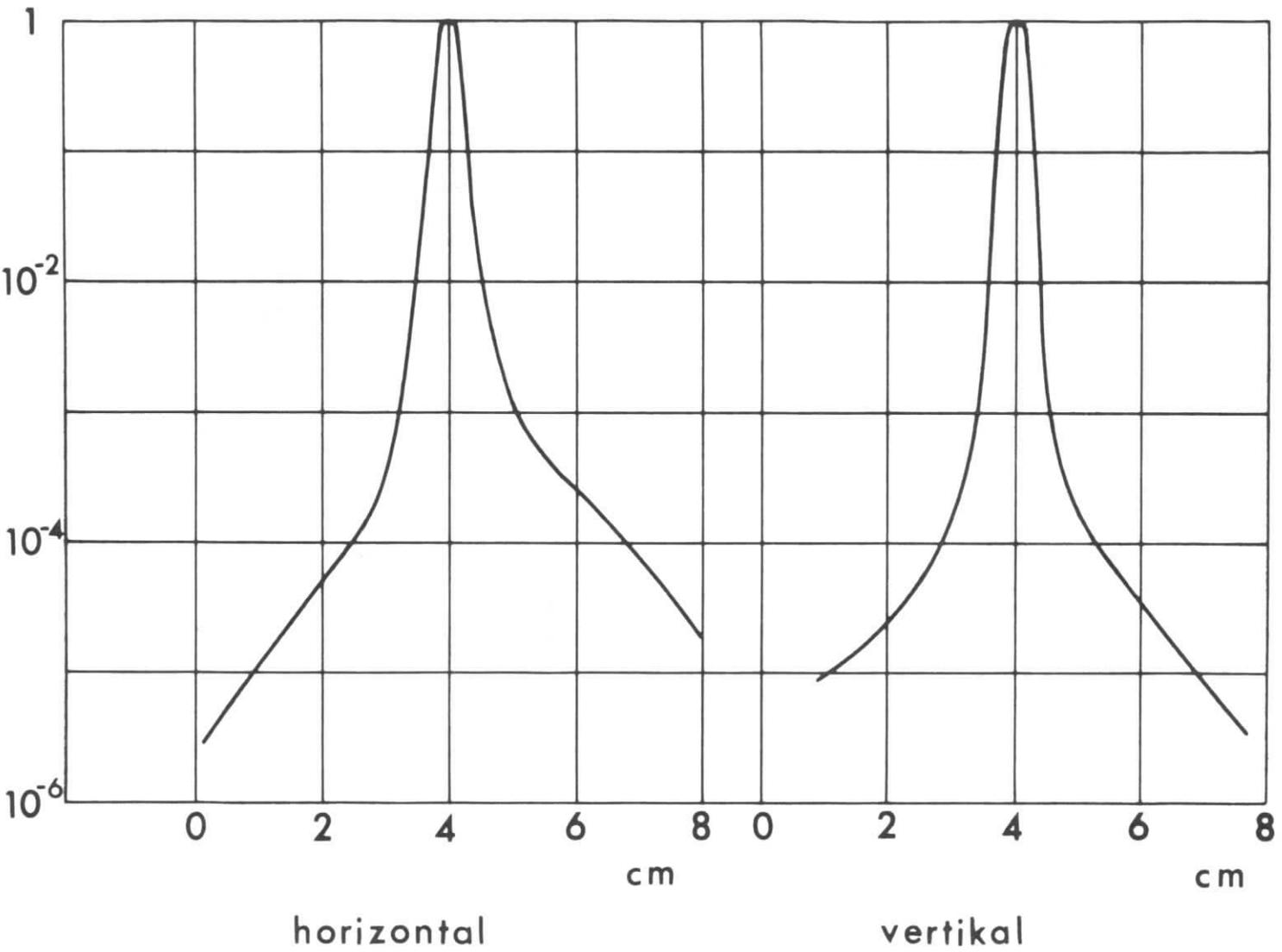


Abb. 46. Profil des Strahls am Target, aufgenommen mit einem Dosimeterglas am 24.10.68 (8.10 Uhr) bei einer Strahlenergie von 3,274 GeV. Die Intensität ist im Maximum auf 1 normiert. Abb. 47 zeigt für dieselbe Aufnahme gleicher Intensität ebenfalls im Maximum auf 1 normiert.

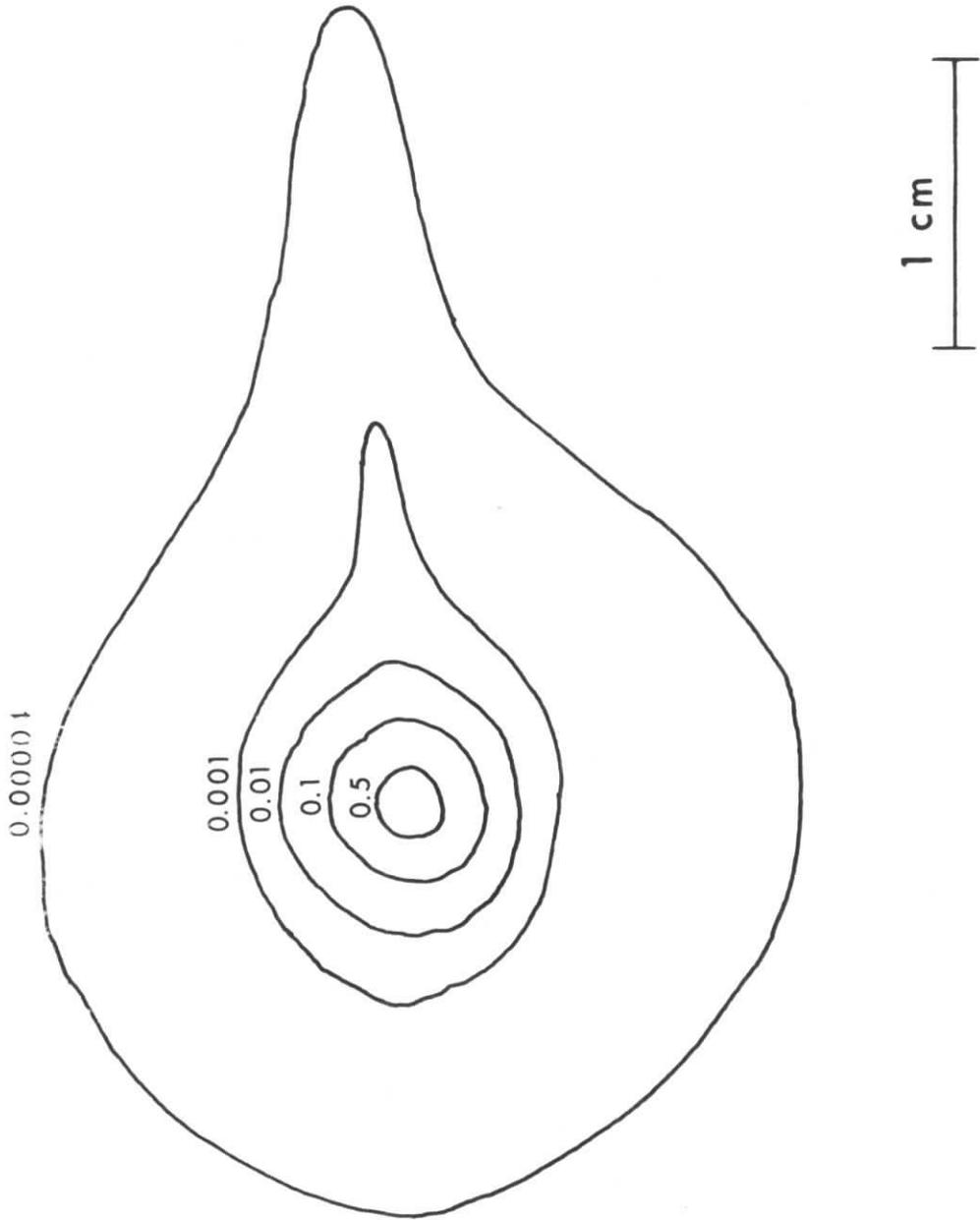


Abb. 47. Text bei Abb. 46

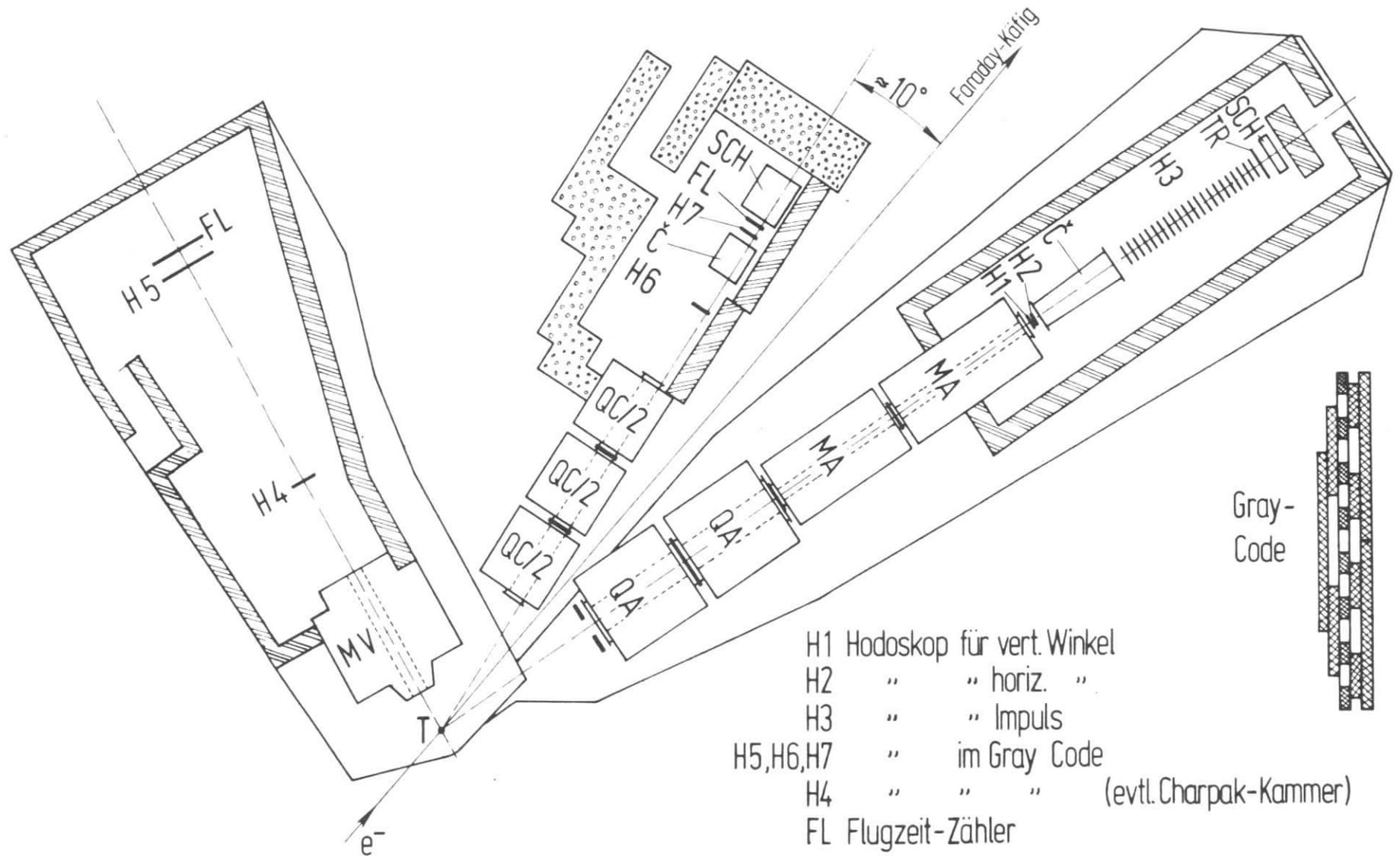


Abb. 48. Derzeitige Anordnung von Protonenspektrometer, Quadrupol-spektrometer und Elektronenspektrometer. Der kleinste Winkel des Protonenspektrometers ist in dieser Anordnung  $54,5^\circ$  zum Primärstrahl.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	Einleitung	1
2.	Allgemeine Beschreibung des Protonenspektrometers	2
3.	Winkelbereich	2
4.	Fundament und Drehzapfen	4
5.	Lafette	5
6.	Magnetwagen	7
7.	Spektrometermagnet, Technische Daten	8
8.	Spektrometermagnet MV, Beschreibung	11
9.	Abschirmung	13
10.	Charpakkammer	14
11.	Gray-Kode-Kammern	14
12.	Laufzeitähler	15
13.	Zweites Hodoskop	16
14.	Strahl 20	16
15.	Platzverhältnisse mit Quadrupolspektrometer Abbildungen	17 18

Verzeichnis der Abbildungen

1.	Protonenspektrometer. Vertikaler Schnitt	18
2.	Grundriß von Halle IIa mit Spektrometern	19
3.	Protonen- und Elektronenspektrometer in engster Stellung	20
4.	Elektronenspektrometer in $10^{\circ}$ -Stellung	21
5.	Drehzapfen	22
6.	Drehzapfenfundament	24
7.	Lage der Laufschiene in Halle IIa	25
8.	Lage der Zugspeichen	26
9.	Verbiegung der Elektronenlafette	27
10.	Protonenlafette	28
11.	Belastung der Protonenlafette	29
12.	Absenkung der Protonenlafette unter Belastung	30
13.	Magnetwagen	31
14.	Spektromettermagnet, Seitenansicht	32
15.	Spektromettermagnet, Vorderansicht	33
16.	Spektromettermagnet, Rückansicht	34
17.	Spektromettermagnet, Vertikaler Schnitt	35
18.	Spektromettermagnet, Horizontaler Schnitt	36
19.	Magnetisierungskurve des Eisens	37
20.	Erregungskurve des Spektromettermagneten	38
21.	Hauptkomponente $B_x$ des Magnetfeldes	39
22.	Aufstellung des Magneten, Vermessung	40
23.	Justierung des Magneten	41
24.	Aufstellung des Magneten, Extremwerte	42
25.	Abschirmtest	43
26.	Zählraten aus Abschirmtest	44
27.	Abschirmung, Seitenansicht	45
28.	Abschirmung von oben	46
29.	Freier Platz im Abschirmhaus, horizontal	47
30.	Freier Platz im Abschirmhaus, vertikal	48
31.	Einbau der Charpak-Kammer	49
32.	Gray-Kode-Anordnung der Zähler	50
33.	Zähler 1 der Gray-Kode-Kammer	51
34.	Zähler 2 der Gray-Kode-Kammer	52

35.	Zähler 3 der Gray-Kode-Kammer	53
36.	Zähler 4 der Gray-Kode-Kammer	54
37.	Photographie von Zähler 3	55
38.	2. Hodoskop, horizontaler Schnitt	56
39.	Justierbolzen der Gray-Kode-Kammer	57
40.	Laufzeitähler	58
41.	Photographie eines Laufzeitählers	59
42.	2. Hodoskop	60
43.	Strahl 20	61
44.	Rohrweite von Strahl 20	62
45.	Stromversorgung für Magnete	64
46.	Strahlprofil	65
47.	Strahlprofil	66
48.	Anordnung mit Quadrupolspektrometer	67