

19. 2. 65

H. Hultschig
W. Flauger
J. Koll
H. zur Horst

F 41/4

Hamburg, den 10.2.1965
Dr.Hu/An.

Bericht über den Versuch eines Tests
des DESY-Gas-Cerenkov-Zählers G 2

1. Allgemeines

Der Test war außerordentlich erfolgreich, sofern die Anzahl der dabei erkannten Mängel als Maß für den Erfolg angesehen wird. Der Cerenkov-Zähler G 2 wurde in Besprechungen zwischen Herrn Schultze und einem von uns (Hu) Mitte 1962 für ein DESY-ep-Streuexperiment am internen Target ausgelegt. Er wird dort zum Nachweis des Rückstoßprotons an einem hohen Elektronenuntergrund benutzt. Der Nachweis eines gestreuten Elektrons erfolgt in diesem Experiment durch eine Koinzidenz des Rückstoßprotons mit dem gestreuten Elektron, das mit einem magnetischen Spektrometer nachgewiesen wird. Der Cerenkov-Zähler G 2 ist natürlich auch für andere Experimente geeignet und dem DESY-Magnet-System kleinerer Apertur angepaßt. Er wird daher als Prototyp eines DESY-Normzählers angesehen. Konstruktion und Bau der größeren Cerenkov-Zähler und damit auch des G 2 erfolgt bei DESY von Herrn Schultze und dessen Gruppe.

Der Test erfolgte hinter dem DESY-Paarspektrometer und am Protonenbeschleuniger "Nimrod" in Chilton/Harwell (England) hinter einem Experiment zur Bestimmung des totalen Wirkungsquerschnittes bei der pp-Streuung im Strahl P 4. Herrn Dr. Stafford, Herrn Dr. Salter und dem gesamten P 4-Team vom "Nimrod" sind wir für viele Hilfe und großes Entgegenkommen sehr dankbar. Die Zusammenarbeit mit den englischen Kollegen war wirklich denkbar erfreulich.

2. Anforderungen an den Čerenkov-Zähler im ep-Experiment

2.1 Bekannte und konstante Ansprechwahrscheinlichkeit über dem Querschnitt

In unserem ep-Streuexperiment müssen die Wirkungsquerschnitte absolut bekannt sein. Daher muß auch die Ansprechwahrscheinlichkeit des Čerenkov-Zählers definiert sein. Die Ansprechwahrscheinlichkeit soll außerdem innerhalb des Experiments durch eine geeignete logische Überbestimmung mitgemessen werden (siehe Anhang).

2.2 Relativ große Winkeldivergenz

Die Winkeldivergenz beträgt maximal in vertikaler Richtung ± 25 mrad (Begrenzung durch die Apertur des Maschinenmagneten) und horizontal ± 15 mrad. In den meisten Fällen ist die Divergenz ein Faktor 2-4 kleiner als die Maximale.

2.3 Gute "Auflösung"

Um eine genügende Abtrennung des hohen elektromagnetischen Untergrundes zu erreichen, darf auch von einem windschiefen Teilchen nur wenig Licht in die Ringblende gelangen. Das Verhältnis der Lichtmengen der Untergrundteilchen (10° andere Richtung) zu den echten Teilchen beträgt etwa $V \geq \frac{\Delta\theta}{\theta}$

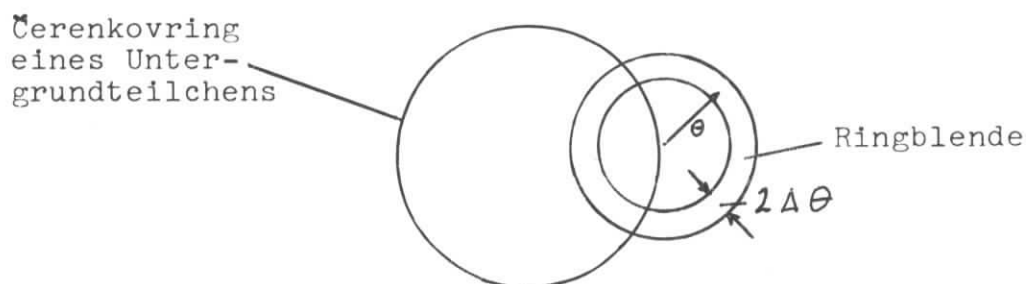


Abb. 1

Dies ist auch aus der Skizze 1 ersichtlich.

2.4 Große Apertur

Die Apertur wird durch den Raumwinkel des Elektronenspektrometers und durch die Begrenzung durch den Maschinenmagneten bestimmt. Sie beträgt maximal 8 cm in horizontaler und 20 cm in vertikaler Richtung.

2.5 Einstellbarer Geschwindigkeitsbereich

Der Impuls des Protons liegt minimal bei $1,5 \text{ GeV}/c$ ($Q^2 = 35 \text{ F}^{-2}$). Dem entspricht ein β von $0,82$. Der entsprechende Brechungsindex ($n = 1,2$) kann mit dem verwendeten F 13 bei -20° C und 50 atm. erreicht werden. Die obere Geschwindigkeitsgrenze liegt nahe bei 1.

3. Parameter des Čerenkov-Zählers

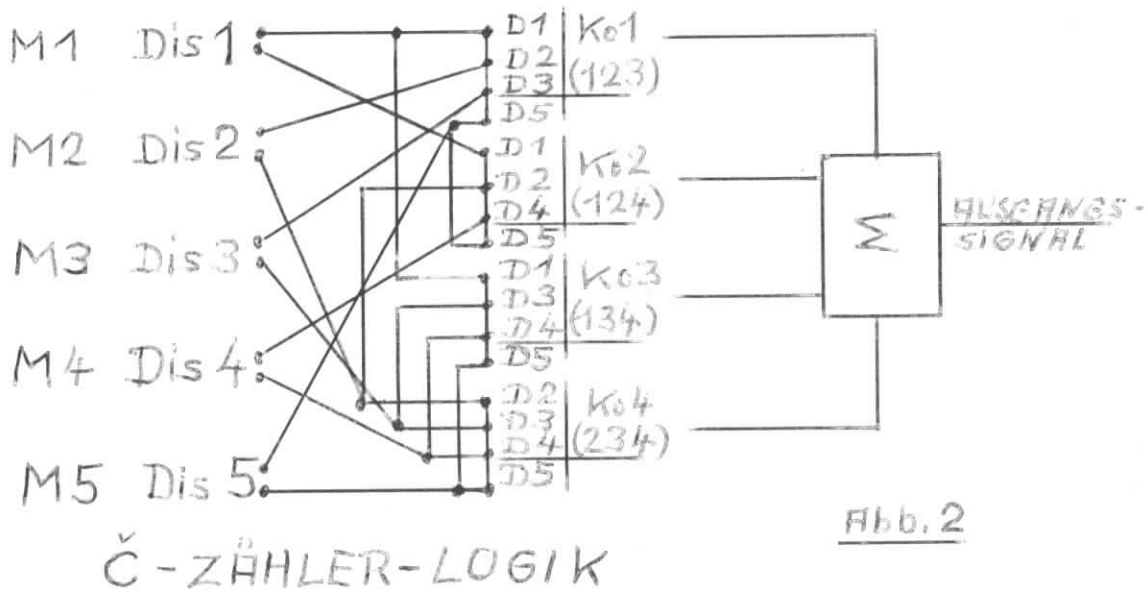
Nach diesen Angaben wurden die Parameter im wesentlichen von Herrn Schultze wie folgt festgelegt:

θ	= 110 - 180 mrad	einstellbar an äußerer Begrenzung durch Irisblende
$\Delta\theta$	$\leq \pm 35$ mrad	
L	= 600 mm	(Länge des Strahlrohres)
N	= 7 - 10	Anzahl der Photoelektronen pro Ringquadrant in einem 56 AVP (insges. 4 Multiplier auf dem Ring)
Füllgas	Frigen 13	
Fokussierung	Spiegel mit $f = 450$	unter 40°

4. Logik

Die Lichtsammlung im Čerenkov-Zähler wurde auf vier Quadranten des Č-Ringes aufgeteilt. In der Logik werden von zwei bis drei Multipliern Koinzidenzen für die Anwesenheit eines echten Teilchens verlangt. Die Summe verschiedener solcher Koinzidenzen gibt dem Ausgangsimpuls der hier verwendeten Elektronik. Das Schaltbild ist in der Abb. 2 angegeben. Im Schaltbild ist ein fünfter Multiplier vorgesehen. Er sieht das Licht aus dem Bereich innerhalb der Lichtblende. Er soll ansprechen, wenn ein hochenergetisches Elektron

einen Schauer auslöst, und dann ein Antikoinzidenzsignal veranlassen. Für die Tests wurde davon abweichend eine Logik verwendet, die gleichzeitig die Messung der Einzelansprechwahrscheinlichkeit aller vier Multipliiert gestattet.



5. Tests

5.1 Mit $\beta \approx 1$ bei DESY

Der erste Test wurde Anfang September 1964 hinter dem DESY-Paarspektrometer durchgeführt. Die Energie des Elektrons lag bei 0,5 bis 2 GeV, je nach der Feldstärke im Paarspektrometer (die Messungen wurden meist parasitär zu Experimenten mit dem Paarspektrometer durchgeführt). Die wesentlichen Ergebnisse waren bei offener Ringblende ($\theta_{\min} = 113 \text{ mrad}$, $\Delta\theta \pm 32 \text{ mrad}$).

Auflösung in voller Logik $\frac{\Delta\beta}{\beta} \approx 1,5 \%$

max. Ansprechwahrscheinlichkeit in voller Logik $n \approx 70 \%$ (Summen von 4 Dreifach-Koinzidenzen)

Diese Messungen wurden von vornherein nur als provisorisch betrachtet und sollten nur prinzipiell eine vernünftige Arbeitsweise des Zählers zeigen. Optische Messungen hatten vorher er-

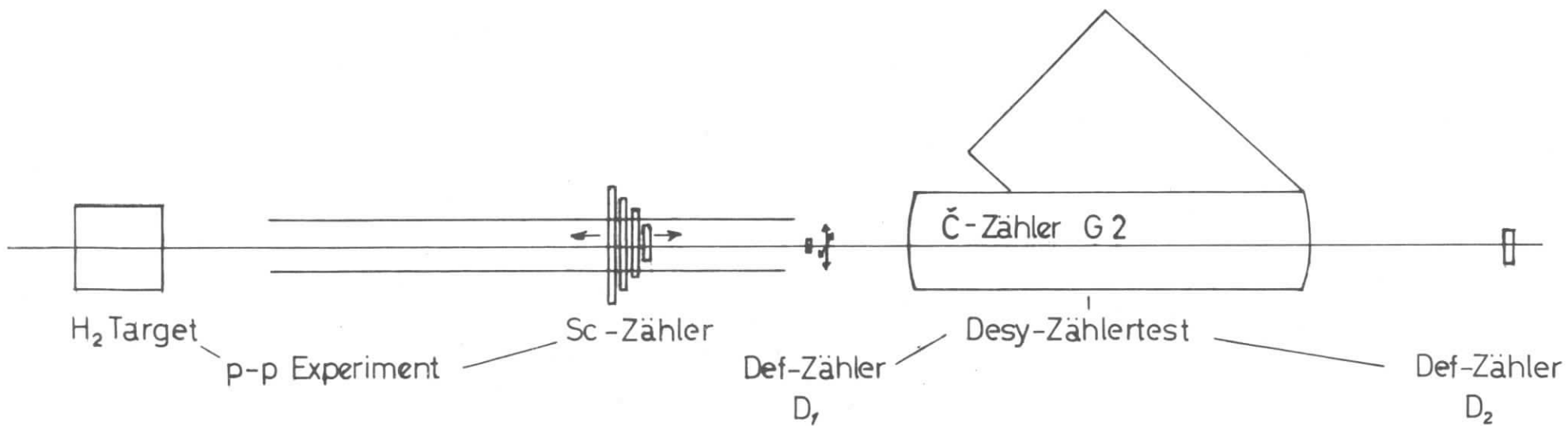
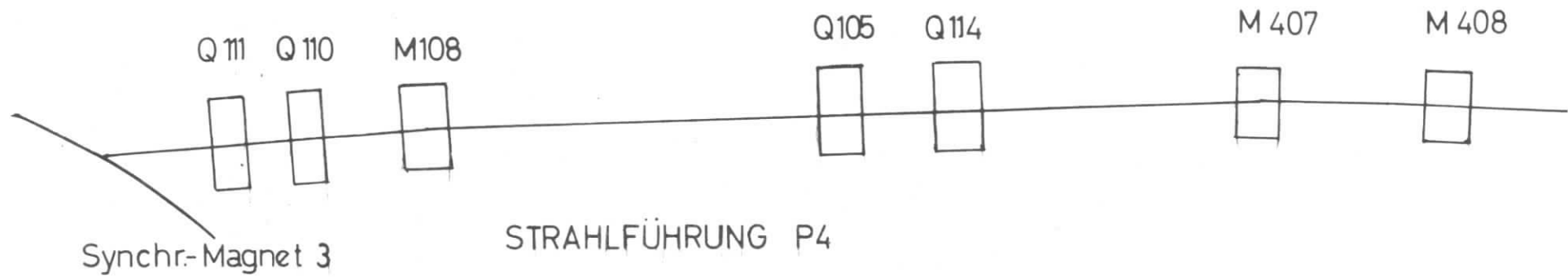


Abb.3

Testanordnung in Harwell

(nicht maßstäblich)

geben, daß der Fokussierungsspiegel (Spiegel 1) optische Fehler hat, die zu einer Unschärfe des Čerenkov-Ringes von ± 40 mrad führen. Bei einem späteren Test sollte vor allem auch die Wirkungsweise des Zählers bei höheren Brechungsindices geprüft werden. Daher wurde dafür ein Protonenstrahl von einem englischen Beschleuniger vorgesehen.

5.2 Mit Protonen zwischen 2 und 8 GeV/C

5.2.1 Anordnung

Die Testanordnung bestand in je einem Definitionszähler vor und nach dem Čerenkov-Zähler (Abstand etwa 2 m). Der erste von diesen Zählern befand sich auf einem DESY-Zählergestell, so daß seine Position vom Kontrollraum aus eingestellt werden konnte. Die Anordnung befand sich hinter einem englischen pp-Streuexperiment. Sie ist in Skizze 3 wiedergegeben. Die Parameter des Strahls betragen etwa

$$\begin{array}{ll} \frac{\Delta \rho}{\rho} & = 1 \% \\ N & 10^4 - 10^5 \text{ Protonen/Puls} \\ {}^1\text{Phys.} & 100 \text{ msec Pulslänge} \\ F_S & 3 \times 8 - 12 \times 30 \text{ cm}^2 \text{ Strahlenquerschnitt} \\ \left. \begin{array}{l} F_{D1} \quad 1,5 \times 2 \text{ cm}^2 \\ F_{D2} \quad 4 \times 4 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} & \text{Querschnitt der Definitionszähler} \end{array}$$

Der Test wurde im Vorbereitungs- und Datensammlungsrun des P4-Teams vorgenommen. Während des ersten Runs wurde die Energie konstant gehalten, aber die Strahlführung eingestellt, so daß der Beam örtlich nicht konstant war. Wegen unserer Definitionszähler waren trotzdem gute Messungen vorzunehmen. Die Strahlzeit in diesem Run betrug etwa 20 Stunden. Im zweiten Run wurde die Energie alle zwei bis fünf Stunden (je nach statistischer Genauigkeit für das P4-Experiment) verändert. Nicht immer konnten alle gewünschten Messungen bei der gleichen Energie vorgenommen werden.

5.2.2 Messungen mit Spiegel 1

Vor diesen Messungen wurde die innere Begrenzung der Ringblende verändert, so daß bei offener Blende

$$\theta_{\min} = 133 \text{ mrad}, \Delta\theta = \pm 22 \text{ mrad}$$

war. Bei diesen Messungen war der Protonenimpuls 7 GeV/c. Die Ergebnisse sind in der Abb. 4 und Abb. 5 angegeben. Man sieht, wie die relativ gute Auflösung der 2er Koinzidenz durch schlechte Justierung der beiden Multiplier zustandekommt. Die Ansprechwahrscheinlichkeit betrug bis zu 98 %.

5.2.3 Messungen mit Spiegel 2

Der Spiegel 2 ist ein Ausschnitt aus einem Araldit-Paraboloid und wurde in Harwell mit Hilfe eines selbstgebastelten Justierapparates eingebaut. Dabei stellte sich heraus, daß auch der Längsspiegel nicht in Ordnung war. Seine zwei Teile bildeten an der Stoßstelle einen Winkel. Abhilfe konnte an Ort und Stelle nicht geschaffen werden. Für achsennahe Teilchen spielt dieser Fehler keine Rolle, weil ohnehin nur ein Teil des Spiegels verwendet wird. Die optischen Fehler des Fokussierungsspiegels 2 führten zu einer Breite des Čerenkov-Ringes von ± 15 mrad. Mit diesem Fokussierungssystem war es sinnvoll, zunächst den Čerenkov-Zähler zum Strahl auszurichten. Vorher wurden die Delays in den einzelnen Multipliern und zu den Definitionszählern nachgeprüft. Die nächsten Kurven (Abb. 7 bis 9) zeigen die Einzelansprechwahrscheinlichkeiten der vier Multiplier in Abhängigkeit vom Brechungsindex für verschiedene Zählerstellungen und für zwei Breiten der Ringblende. Bei Verkleinerung der Ringblende (von 45 mrad auf 20 mrad) werden die Einzelauflösungen entsprechend verbessert. Die Ansprechwahrscheinlichkeit bleibt mit Ausnahme von Multiplier 1 bei 98 %.

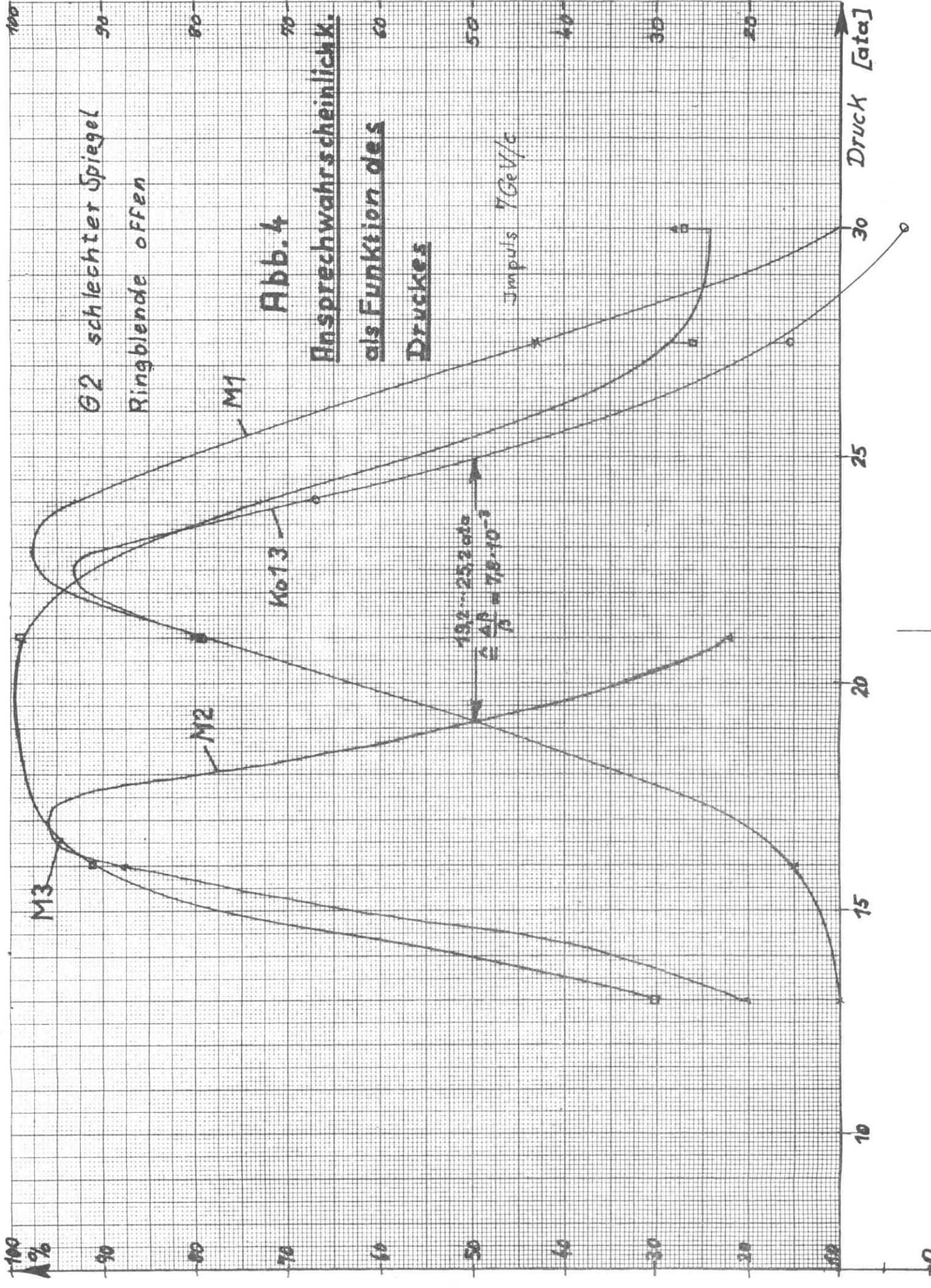


Abb. 4

Ansprechwahrscheinlichk.
als Funktion des
Druckes

G2 schlechter Spiegel
 Ringblende offen

G 2 schlechter Spiegel 21.10.1964 Abb. 5

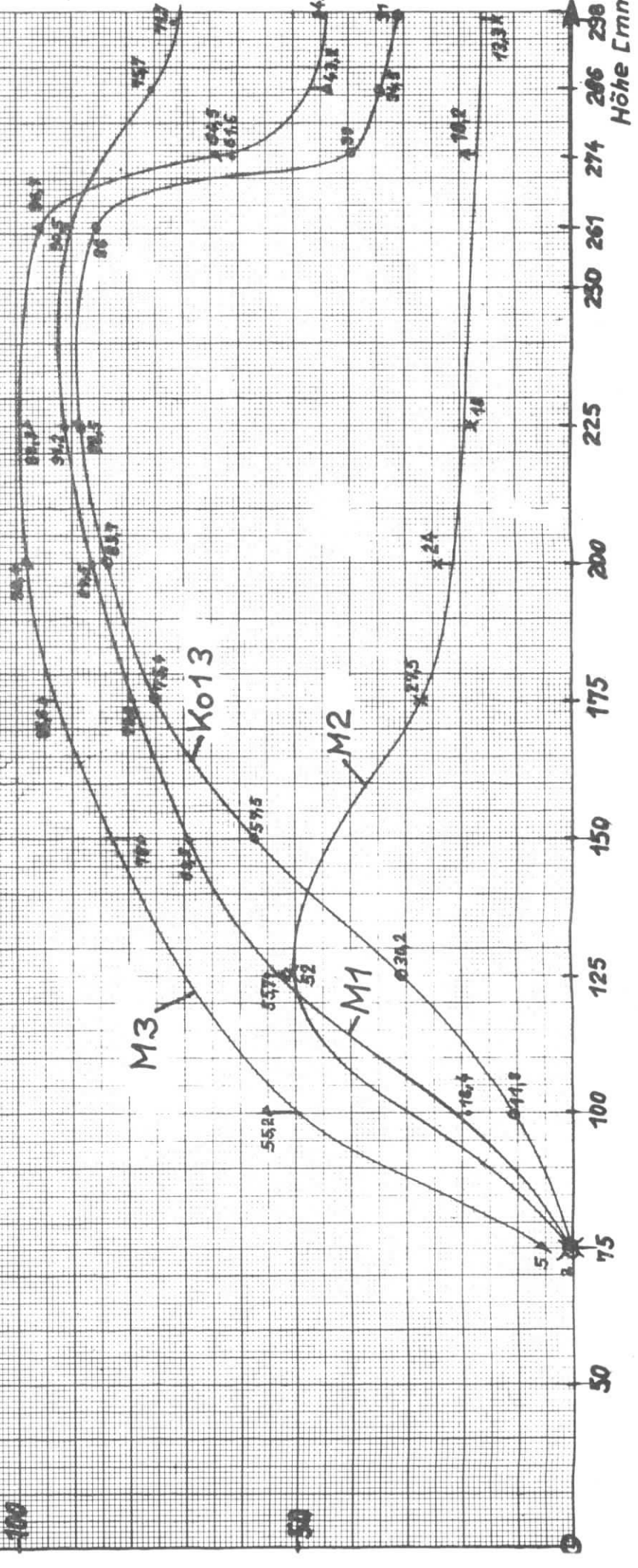
Ansprechwahrscheinlichkeit

Funktion von der Höhe des

Teststrahles

(Der Zählerdurchmesser entspricht
80 mm 280 mm)

Impuls 7 GeV/c

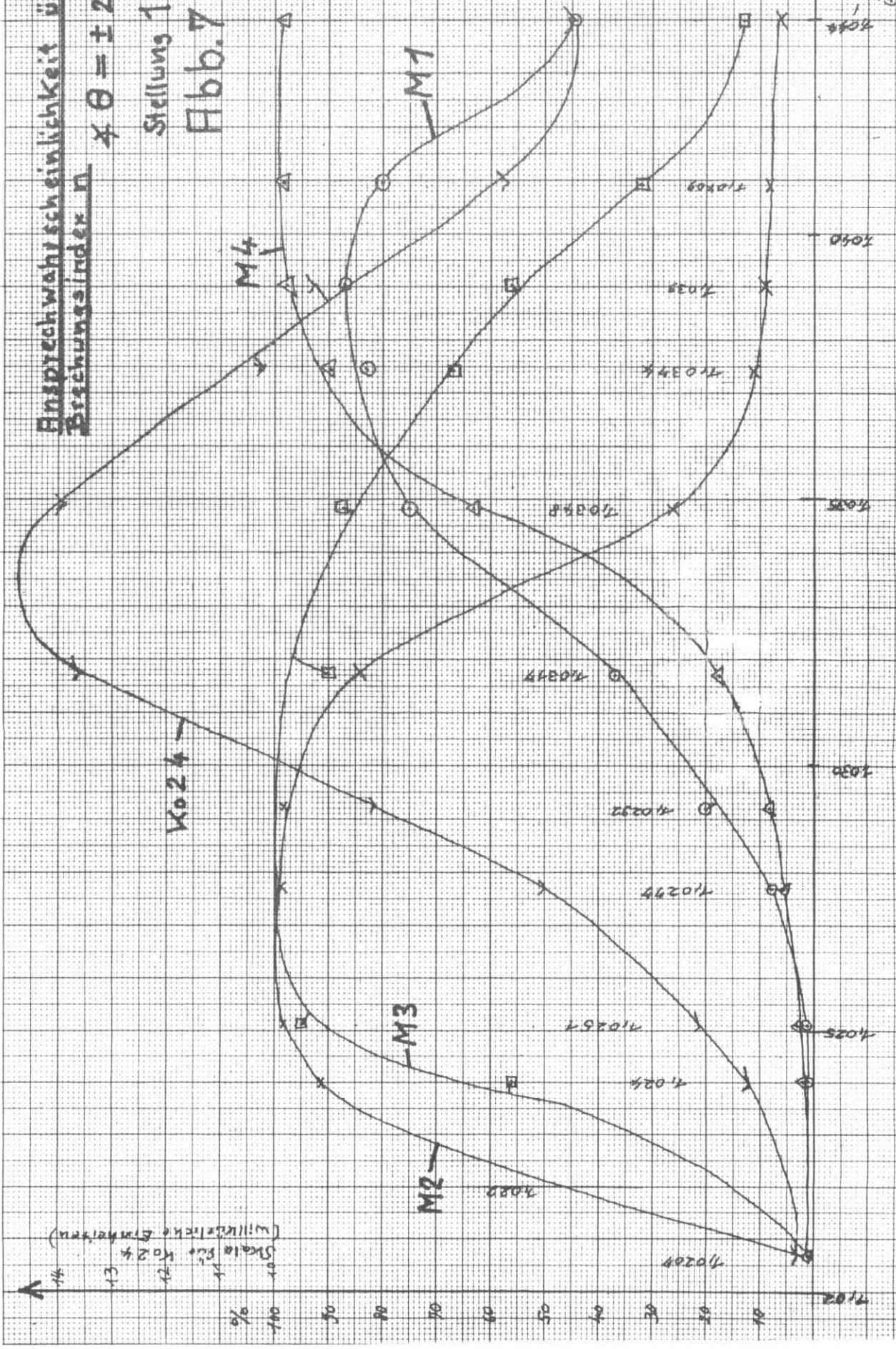


Ansprechwahrscheinlichkeit über
Berechnungsindex n

$\theta = \pm 22 \text{ mrad}$

Stellung 1

Abb. 7



Rutherford Lab, Harwell 26.11.64
BR 1 zu Seite 130
Ringblende offen
Impuls 4, 3 GeV/c
 $\theta = 22 \text{ mrad}$

Ansprechwahrscheinlichkeit
über Brechungsindex n

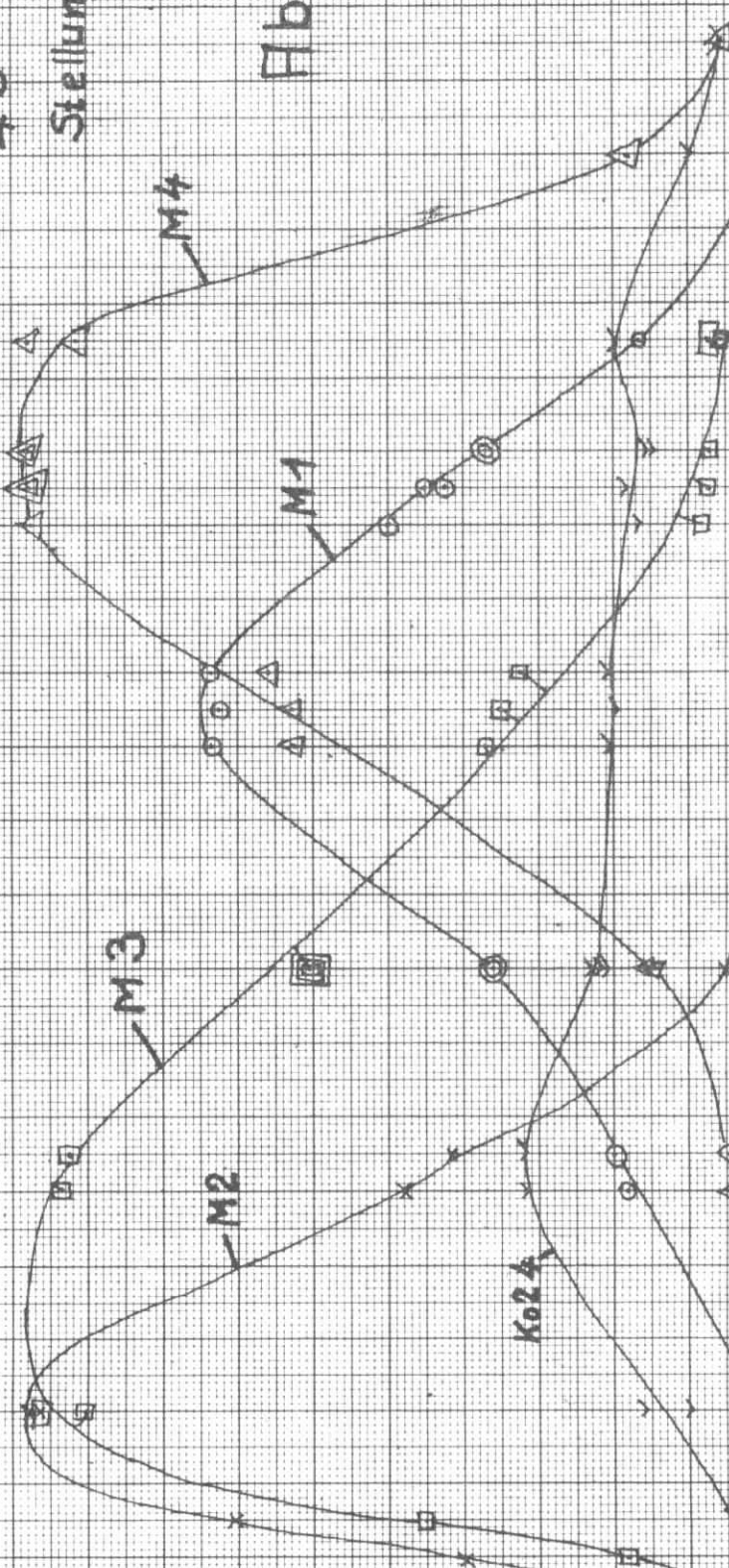
Δ
 $\Delta \theta = \pm 10 \text{ mrad}$
Stellung 1

Abb. 8

x Def. Rate = 100000

Ansprechwahrscheinlichkeit [%]
%
100-110
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

Brechungsindex n []
10220
10230
10240
10250
10260
10270
10280
10290
10300
10310
10320
10330
10340
10350
10360
10370
10380
10390
10400
10410
10420
10430
10440



Multipl. 1 0 K0224 v Ringblende 4,0
" 2 x K0224 v Impuls 4,90 GeV/c
" 3 E
" 4 A

Seite 130-131
Blatt 2

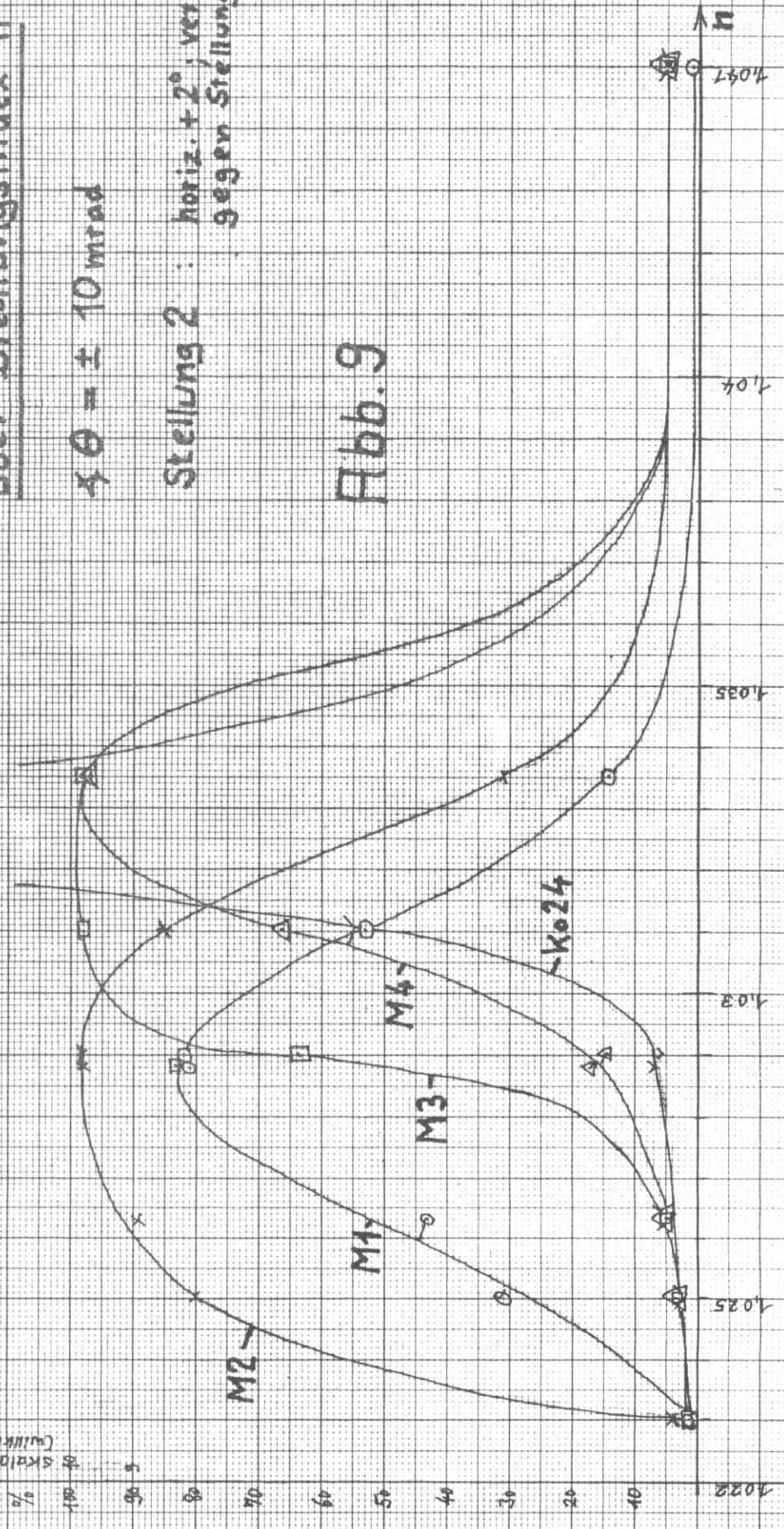
Skala f. Ko24
(multiplikative Einheiten)

Ansprechwahrscheinlichkeit
über Brechungsindex n

$\Delta \theta = \pm 10 \text{ mrad}$

Stellung 2 : horiz. + 2°; vert. - 1,5°
gegen Stellung 1

Abb. 9



Blende 4
Impuls 4,9 GeV/c

Blatt 4

Bei Multiplier 1 ist die optische Auflösung wahrscheinlich so schlecht, daß bei der kleineren Ringblende bereits Licht verlorenght. Die Ergebnisse stimmen etwa mit der optischen Ausmessung überein.

Aus den Messungen in Abhängigkeit von der Zählerstellung kann die richtige Einstellung abgeschätzt werden.

Eine horizontale Verdrehung des Zählers um 100 mrad liefert in den Multipliern der seitlichen Quadranten Ansprechwahrscheinlichkeiten von 0,5 bis 5 % (Ansprchwahrscheinlichkeit auf schiefe Teilchen).

Mit Hilfe eines Vielkanals wurden die Amplitudenspektren der Multiplier aufgenommen. Das Rauschen wurde dabei mit einem geeignet getriggerten linearen Gate (Bucher-CERN) unterdrückt. In günstigen Fällen wird aus den Verteilungskurven die Photoelektronenzahl für einen 56 UVP zu etwa 5 abgeschätzt. Die Lichtausbeute ist also insgesamt um einen Faktor 2 schlechter als vorausberechnet.

Weitere Messungen gaben schlecht reproduzierbare und nicht sinnvolle Ergebnisse. Durch Prüfung aller Einzelteile wurde der Fehler auf den Čerenkov-Zähler lokalisiert. Am Schluß des Runs wurde beim Öffnen des Zählers festgestellt, daß die Aluminiumbedämpfung des Fokussierungsspiegels 2 in kleinen Flittern abblätterte und also das optische System nicht mehr brauchbar war.

5.2.4 Hauptschwierigkeit mit dem Zähler:

Optisches System und Justierung desselben
Große Temperaturdifferenz zwischen einzelnen Meßstellen
(bis zu 15° C)
Undichtigkeiten
Ausfall der Umwälzpumpe
Blendeneinstellung ~~im ersten "Nimrod" Run~~

Verdrahtung der Multiplier und Spannungsteiler (aus thermischen Gründen sind die Spannungsteiler 2 m von den Multipliern entfernt aufgestellt).

6. Schlußbemerkungen

Im Gegensatz zur voll perfektionierten Konzeption des Čerenkov-Zählers wurde er praktisch infolge einiger Schicksalsschläge in improvisierter Kleinarbeit aufgebaut. Die Störanfälligkeit eines so gebauten und doch recht komplexen Gebildes beeinträchtigte die Messungen nicht unerheblich. Gewisse Erfolge der bisherigen Arbeit waren nur möglich, weil die Mitarbeiter bei dem Test keine Mühe scheuten, um die Pannen schnellstens zu beseitigen und den Zähler in ständiger Arbeit am Leben erhielten.-

Zur Beseitigung der Schwierigkeiten mit dem optischen System wird vorgeschlagen, einen geschliffenen Glas-Parabolspiegel von der Firma C. Zeiss zu bestellen. Dieser Spiegel hat bei dem verwendeten Č-Winkel prinzipielle Fehler von $\pm 10 - 15$ mrad. Eine bessere Abbildung ist im Prinzip mit einem Stufenspiegel möglich. Die Herstellung eines solchen Spiegels erscheint jedoch außerordentlich schwierig. Für längere Sicht wird daher an eine grundsätzlichen Veränderung des optischen Systems gedacht.

Dieser Bericht erscheint auf Wunsch von Prof. Stähelin als Nachweis für die am "Nimrod" geleistete Arbeit.

Freunde, nehmt ihn gutwillig auf!!!!

Anhang

Bestimmung der echten Zählrate aus mehreren gleichzeitigen Messungen mit Ansprechwahrscheinlichkeiten $\leq 100\%$

1.) Annahmen:

- a) Zählraten proportionaler Meßstab vorhanden
- b) keine Zufälligen (durch Koinzidenz mit \geq Echten)
- c) keine Verluste in der Logik
- d) Ansprechwahrscheinlichkeit für alle Echten gleich (unabhängig vom Ort)

2.) Bezeichnungsweise:

M echte Zählrate

$M_i = \eta_i \cdot M$ Zählrate im Multiplier i

η_i Ansprechwahrscheinlichkeit im Multiplier i

$Ko_{ik} = \eta_i \cdot \eta_k \cdot M$ Zählrate in einer Koinzidenz zwischen den Multipliern i und k

3.) Berechnung der wahren Zählrate

$$M = \frac{M_1 \times M_2}{Ko_{12}}$$

oder bei Verwendung von Mehrfachkoinzidenzen

$$M = \frac{Ko_{12} \times Ko_{13} \times Ko_{23}}{(Ko_{123})^2}$$