

Interner Bericht

DESY F33-71/1

Januar 1971

DESY-Bibliothek

11. FEB. 1971

Beobachtungen am Quantameter 3, Strahl 24

U. Timm, K. P. Marten

Beobachtungen am Quantameter 3, Strahl 24

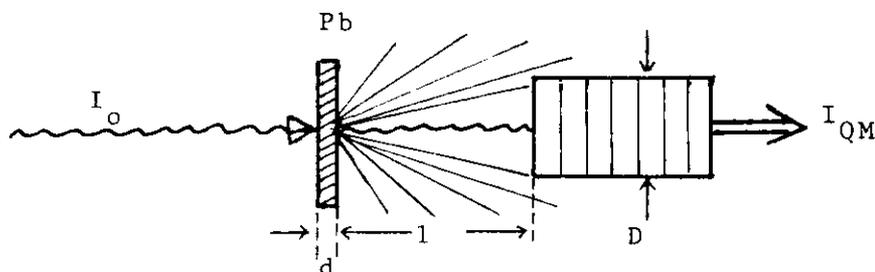
1. Kurzfassung der Beobachtungen

Zur Sicherstellung des Wirkungsquerschnittes der Compton-Streuung am Proton (Experimente 84 und 89) wurde die Eichkonstante des Quantameters mit dem Paarspektrometer überprüft. Dabei wurden zwei Effekte gefunden, die die Eichkonstante scheinbar (a) und tatsächlich (b) verändern:

- (a) Die Bleiplatten der Strahlbeobachtung - unmittelbar vor dem QM - verringern die registrierte Strahlintensität. Der Verlust ist abhängig von Endenergie und Form des Spektrums.
- (b) Die Eichkonstante hat über 2 Jahre um etwa 20 % abgenommen, vermutlich durch herausdiffundierendes He. Ein solcher Effekt wurde bereits am Quantameter Nr. 4 bei der Nacheichung im Jan. 1969 beobachtet.

2. Intensitätsverlust durch Bleiplatten vor dem QM

Vermutungen, daß Effekt (a) existiert, kamen auf während des Shutdowns im Herbst 1970, so daß eine experimentelle Prüfung nicht sofort möglich war. Der Effekt wurde darum mit einem Monte-Carlo-Programm berechnet, unter der Annahme, daß ein Teil der γ -Intensität durch Schauerbildung aus dem Strahl herausgestreut wird, ehe er das QM trifft. Zugrundegelegte Geometrie siehe Abb. 1.



Die verwendeten Maße: $l = 1.6$ m, $D = 24$ cm, Plattendicken $d = 2.5, 5.0, 7.5, 10.0$ mm. Bei der Rechnung wurde für die diskreten Energien $k = 0.1, 0.2, 0.4, 1.0, 3.0, 7.0$ GeV der Reduktions-

faktor $f(k, d)$ gemessen:

$$(1) \quad I_{QM} = f(k, d) \cdot I_o$$

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1	$f(k, d)$	d				
		k	2.5	5.0	7.5	10.0
		0.1	.863	.720	.500	.350
		0.2	.944	.775	.575	.500
		0.4	.960	.8675	.730	.650
		1.0	.962	.961	.888	.750
		3.0	.9957	.993	.956	.925
		7.0	.9985	.995	.987	.970

Abb. 2 zeigt den Einfluß auf ein Rechteckspektrum $I_o(k)$. Das vom QM gesehene Integral verringert sich um den Faktor $F^i(d)$. Der Index i kennzeichnet die Form des Spektrums und dessen

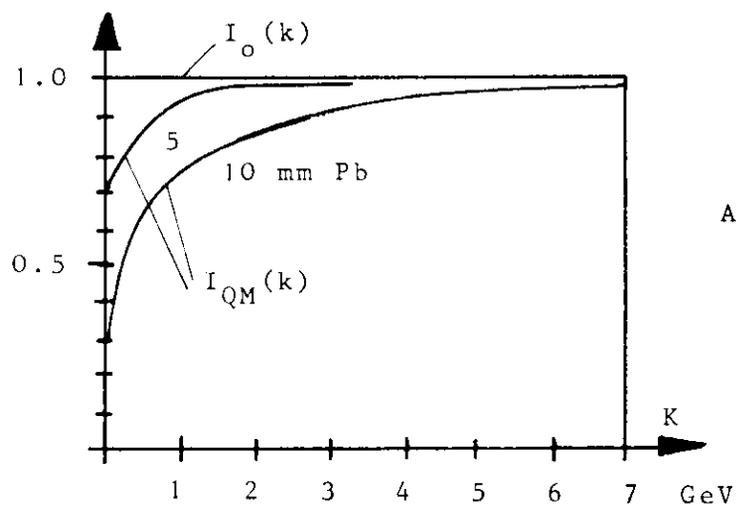


Abb. 2

Maximalenergie k_o :

$$(2) \quad F^i(d) = \int_0^{k_o} f(k, d) \cdot I^i(k) dk / \int_0^{k_o} I^i(k) dk$$

Der Effekt wurde im Dez. 70 an drei typischen Spektren experimentell geprüft:

- I. $k_0 = 7.2$ GeV Spill um 1.7 msec verschoben
- II. $k_0 = 5.5$ GeV Spill auf B_{\max}
- III. $k_0 = 7.2$ GeV polarisierter Strahl, Kante bei 4.2 GeV.

In Tabelle 2 sind die gemessenen Reduktionsfaktoren $F^i(d)$ mit den berechneten (nach Gl.(2)) verglichen:

Tabelle 2 $F^i(d)$, $i = I, II, III$

d [mm Pb]	I		II		III	
	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
2.5	.987±.012	.979	.970±0.017	.975	-	.985
5.0	.960±.007	.963	.946±0.022	.954	-	.974
7.5	.922±.010	.910	.909±0.020	.895	.957±0.010	.932

Die berechneten Reduktionsfaktoren $f(k,d)$ der Tabelle 1 werden durch die Messung bestätigt.

Der Effekt (a) hat die Wirkung, daß Zählraten, bzw. daraus abgeleitete Wirkungsquerschnitte zu hoch erscheinen, und mit dem Faktor $F^i(d)$ korrigiert werden müssen.

Den gleichen Effekt haben natürlich alle Streumediten, die sich zwischen Experiment und QM befinden. Dazu sind im folgenden noch einige Messungen (=) und Schätzungen (≈) für den Strahl 24 angegeben:

3 mm Al, 30 m vor QM	F = 0.995
30 m Luft vor QM	F ≈ 0.992
60 mm H ₂ -Target, Reinig. Magnet	F ≈ 0.993
5 mm Ta-Kreuz, 0.5 mm breit, 35 m vor QM	F = 0.76

3. Kontrolle der QM-Konstanten aus Paarerzeugung

Für die QM im Strahl 24 sind folgende Eichkonstanten bekannt:

QM Nr. 4	$1.53 \cdot 10^{16}$	GeV/Coul	Feb. 68
QM Nr. 4	$1.50 \cdot 10^{16}$	"	Jan. 69
QM Nr. 3	$1.73 \cdot 10^{16}$	"	Jan. 69

Die Eichkonstanten, K_{QM} , wurden geprüft durch Messungen von Spektren mit dem Paarspektrometer.

Der Paarwirkungsquerschnitt für hohe Energien ist gegeben durch:

$$(3) \quad \frac{1}{\tau} \frac{d\sigma_{PP}}{dy} = \left[y^2 + (1-y)^2 \right] \psi_1 + \frac{2}{3} y(1-y) \cdot \psi_2$$

mit: $y = E^+/k =$ relative Energie des Positrons

$$\psi_{1,2} = \psi_{1,2}^N + \psi_{1,2}^e$$

$$\psi_1^N = 4 \left[\log \frac{183}{3\sqrt{Z}} - f(z) \right], \quad \psi_2^N = \psi_1^N - 2/3 \quad (\text{Nukleon-Beitrag})$$

$$\psi_1^e = [28.6 - \frac{8}{3} \ln Z]/Z, \quad \psi_2^e = [27.9 - \frac{8}{3} \ln Z]/Z \quad (\text{Elektron-Beitrag})$$

$$\tau = Z^2 \gamma_0^2 / 137 = Z^2 \cdot 5.80 \cdot 10^{-28} \text{ cm}^2$$

$Z =$ Ordnungszahl

$f(Z) =$ Coulomb-Korrektur [z.B. DESY A2.96]

Mit $d\sigma_{PP}/dy \approx \sigma_{PP}$, und für $y = 1/2$ ergibt sich für zwei verwendete Konverter-Materialien:

$$(4) \quad \begin{aligned} \text{Al} : \quad \sigma_{PP} &= 1.24 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2 \\ \text{Au} : \quad \sigma_{PP} &= 32.6 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Wenn $n(k)$ k die Zahl der Photonen im Intervall Δk ist, dann ist die Zahl der am Konverter erzeugten Elektronenpaare gegeben durch:

$$(5) \quad N_{ee}(k) = n(k) \Delta k \cdot \sigma_{PP} \cdot \frac{\Delta E^+}{k} \cdot \frac{L \rho d}{A}$$

$$\text{mit } L = 6,02 \cdot 10^{23}$$

$\rho, d, A =$ Dichte, Dicke, Atomgewicht des Konverters

Unter Beachtung von $\Delta k/k = (1/2) \cdot (\Delta E^+/E^+)$, $k = 2E^+$ wird definiert

$$(6) \quad \epsilon'' = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta E^+}{E^+} \right)^2 \frac{L \rho d}{A} \sigma_{PP}$$

wo $\Delta E^+/E^+ = 0.015$ das Auflösungsvermögen des Paarspektrometers

ist. Ferner sei

$$(7) \quad N_{\gamma} = \frac{1}{k_0} \int_0^{k_0} k \cdot n(k) dk = \frac{10 \cdot S \cdot 10^{-B} \cdot K_{QM}}{k_0}$$

die Zahl der effektiven Quanten, S = Zahl der Integratorsweeps, B = Integratorbereich. Die Form eines Spektrums ist charakterisiert durch

$$(8) \quad f(k) = \frac{k \cdot n(k)}{N_{\gamma}} = \frac{I(k)}{I_T},$$

wo I(k) die Intensität in beliebigem Maßstab ist, I_T das totale Integral über I(k).

Wenn man noch die Zählraten normiert auf S = 1, B = 7 (Integriertorkonstanten), so erhält man mit (6), (7), (8) als Paarausbeute

$$(9) \quad N'_{ee}(k) = \epsilon'' \frac{I(k)}{I_T} \cdot \frac{K_{QM} \cdot 10^{-6}}{k_0}$$

Die gemessenen Spektren N'_{ee}, 0 ≤ k ≤ k₀, werden auf I(k) normiert durch einen Faktor SCAL, so daß

$$(10) \quad N'_{ee}(k) = I(k)/SCAL$$

Ein Anpassungsprogramm liefert somit für jedes Spektrum den Wert I_T · k₀ / SCAL. Für die Quantameterkonstante folgt dann mit (9), (10):

$$(11) \quad K_{QM} = \frac{I_T \cdot k_0 \cdot 10^6}{SCAL \cdot \epsilon''}$$

Die verwendeten Konverter, d und ε'', sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tabelle 3 Konverterdicke d, Ausbeute ε''

Konv. Nr.	≤ 1.11.1970		≥ 1.11.1970	
	d	ε'' · 10 ⁸	d	ε'' · 10 ⁸
2	-	-	20.3 μ AL	0.855
3	10.2 μ AL	0.430	57.8 μ AL	2.43
4	59.2 μ AL	2.49	115.6 μ AL	4.85
5	10.83 μ AU	11.68	10.5 μ AU	11.32

Gezielte Eichmessungen wurden erst nach Klärung des Effektes (a), dh. $\geq 1.11.70$, gemacht. Bei allen früheren Spektren mußten einige Zusammenhänge rekonstruiert werden, insbesondere die Zahl der Bleiplatten vor dem QM. Eine Zusammenstellung von Bestimmungen der Quantameter-Konstante nach Gl.(11) findet sich in Tabelle 4.

Tabelle 4 Meßwerte für QM-Konstante

Kennz. des Spektrums	Datum	$\frac{I_{T_o}^k}{SCAL}$	Konv.Nr.	$K_{QM} \cdot 10^{-16}$
Nr.53	Okt. 68	1780	5	1,53
RUNS 1867 1879	Juni 69	385	4	1,55
Nr.9, Typ I	Dez. 69	382	4	$1,53 \cdot F^I(d)$
Nr.14, Typ II	Feb. 70	400	4	$1,61 \cdot F^{II}(d)$
Nr.27, Typ III	März 70	357	4	$1,43 \cdot F^{III}(d)$
Nr.50,51,52	Dez. 70	119	2	$1,39 \pm 0.05$

Wenn man für $d = 5$ mm annimmt erhält man in Abb. 3 den zeitlichen Verlauf von Eichwerten und Meßwerten.

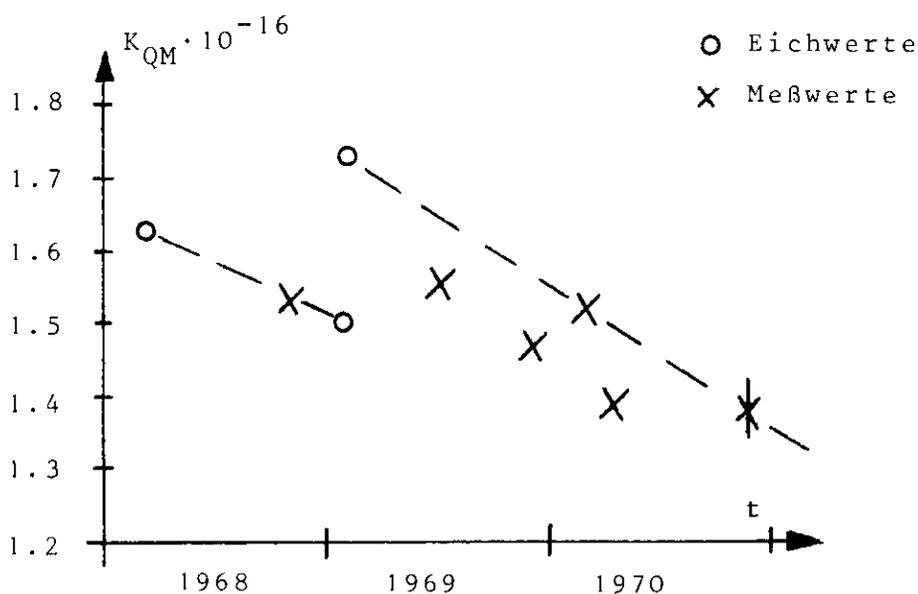


Abb.3

Daraus ergibt sich eine zeitliche Abhängigkeit der Konstanten, wie auch schon bei QM 4, 1968, vermutet wurde.

Der Effekt (b), $K_{QM} = K_{QM}^0 \cdot \varphi(t)$, hat die Wirkung, daß Zählraten und daraus abgeleitete Wirkungsquerschnitte zu klein werden, sie müssen mit dem Faktor $1/\varphi(t)$ korrigiert werden.

Eine genaue Untersuchung über die zeitliche Abhängigkeit der Quantameterkonstanten ist erforderlich.

Bei allen Messungen vor Dez. 70 ist uns nicht bekannt, ob und wieviele Bleiplatten in der Strahlbeobachtung benutzt wurden. Sicher ist darum nur die im Dez. 70 bestimmte Konstante $K_{QM} = 1.39 \pm 0.05$. An diesem Wert müssen noch zwei systematische Korrekturen angebracht werden:

Strahlungskorrektur: -1.9 % (DESY 66/16)

30 m Luftstrecke: -0.8 %

Damit wird:

$$K_{QM} = (1.35 \pm 0.05) \cdot 10^{16} \text{ GeV/Coul, Dez. 70, QM Nr. 3}$$

Eine Nacheichung dieses Quantameterwertes durch S2 am Elektronenstrahl Ende Januar 71 ergab den vorläufigen Wert $K_{QM} = (1.35 \pm 0.03) \cdot 10^{16}$ GeV/Coul. Damit bestätigt sich die beobachtete Abnahme der Konstanten durch zwei unabhängige Methoden.

