

Interner Bericht
DESY D3/37
September 1981

ABSCHÄTZUNG DES BEITRAGES ZWEIFACH
GESTREUTER ELEKTRON/PHOTON-STRAHLUNG
ZUR DOSIS IN EXPERIMENTIERGEBIETEN

von

H. Dinter

Titel	Titel	Bibliothek
Prop. nr.	Prop. nr.	Library
Zusatz	5. 11. 81	
Leihort		
Loan place		

DESY behält sich alle Rechte für den Fall der Schutzrechtserteilung und für die wirtschaftliche Verwertung der in diesem Bericht enthaltenen Informationen vor.

DESY reserves all rights for commercial use of information included in this report, especially in case of filing application for or grant of patents.

**“Die Verantwortung für den Inhalt dieses
Internen Berichtes liegt ausschließlich beim Verfasser“**

Interner Bericht

DESY D3/37

September 1981

Abschätzung des Beitrages zweifach
gestreuter Elektron/Photon-Strahlung
zur Dosis in Experimentiergebieten

H. Dinter

Abschätzung des Beitrages zweifach
gestreuter Elektron/Photon-Strahlung
zur Dosis in Experimentiergebieten

H. Dinter

Summary:

The contribution of scattered stray radiation to the dose within an experimental area is estimated. The results are applied to the shielding and beam-shutter arrangement of HASYLAB. In an appendix a collection of spectra of stray radiation is presented.

1. Einleitung

Die Abschirmung von Experimentiergebieten muß so dimensioniert sein, daß darin bei laufendem Beschleuniger und geschlossenem Strahlverschluß gefahrlos gearbeitet werden kann.

Dabei genügt es im allgemeinen, als Quelle der Strahlung einen Punkt (oder eine Linie) zu betrachten, in dem der primäre Strahl mit Materie (zum Beispiel der Vakuumkammer) in Wechselwirkung tritt.

Bei manchen Experimentiergebieten kann der Strahlverschluß aus Platzgründen nicht unmittelbar vor der Wanddurchführung stehen, oder die Wanddurchführung ist nicht genügend lang, um einen guten Kollimator darzustellen. Dann kann zweifach gestreute Strahlung ins Experimentiergebiet gelangen (Fig.1).

Das ist zum Beispiel bei der Anordnung der Strahlverschlüsse von HASYLAB im DORIS-Beschleunigertunnel der Fall. Die Frage, ob und wie weit zweifach gestreute Strahlung im Experimentiergebiet berücksichtigt werden muß, ist deshalb speziell für diesen Fall für 2 typische Geometrien behandelt.

Bei Abschirmüberlegungen dieser Art spielen oft die Spektren der Streustrahlung eine große Rolle. Deshalb sind im Anhang eine Reihe solcher Spektren sowohl für geladene Teilchen (Elektronen und Positronen) als auch für Photonen und für eine Reihe von Beobachtungswinkeln angegeben.

2. Rechnungen

Die Wechselwirkungen der Teilchen im Material wurden mit dem Programm EGS (Elektron-Gamma-shower; Lit.1) verfolgt. Die aus dem Material austretenden Teilchen wurden wie in Lit.2 analysiert und aus den Teilchenfluenzen wurden mit Hilfe von Konversionskoeffizienten (Lit.3) die Dosen berechnet.

Die Abschneideenergien sind 1 MeV kinetische Energie für geladene Teilchen und 20 keV für Photonen.

Als primäre Quelle wird angenommen, daß ein (eindimensionaler) Elektronenstrahl von 3 GeV unter einem kleinen Winkel (2°) auf eine 2 mm dicke Eisenplatte trifft (Target 1). Das ist eine Standardannahme für Abschirmberechnungen (für die auch Quellterme gemessen wurden; Lit.4), die den Fall des an der Wand der Vakuumkammer streifenden Strahls simuliert.

Aus der Streustrahlung, die aus diesem Target austritt, wurden die Teilchen aussortiert, die unter 5° zum Strahl emittiert werden ($\pm 1^\circ$ in der Horizontalen und $\pm 2.86^\circ$ in der Vertikalen; entspricht 3.5 msr). Die Spektren der so selektierten geladenen Teilchen und der Photonen sind in Fig.2 und 3 abgebildet. Dieses divergente Strahlenbündel wurde darauf wieder zu eindimensionalen Strahlen vereinigt (Elektronen und Photonen getrennt), die als Eingangsstrahlen für den 2. EGS-Lauf und die 2. Targets dienten.

Für den 2. Streuvorgang wurden 2 Target-Konfigurationen gewählt, wie sie für Experimentiergebiete typisch sind:

1. Sekundäre Strahlung trifft frontal auf den Rand eines Abschirmblockes (z.B. auch Strahlverschluß). Untersucht wird die (tertiäre) Strahlung, die das Target unter kleinen Winkeln verlässt (Fig.4).
2. Sekundäre Strahlung trifft unter kleinen Winkeln seitlich auf einen Abschirmblock. Dadurch wird (tertiäre) Strahlung "reflektiert" (Fig.5).

Entfernungen und Targetabmessungen wurden soweit wie möglich den Verhältnissen an DORIS angepasst. Sie sind in den Fig. 4 und 5 angegeben.

Als Ergebnis wurde nach der Dosis in 6.5 m Entfernung gefragt, die von Teilchen hervorgerufen wird, die die Oberfläche des 2. Targets unter 3° ($\pm 2.86^\circ$ horizontal und $\pm 2.86^\circ$ vertikal; entspricht 10 msr) verlassen.

3. Ergebnisse

Nach einer CPU-Zeit von 130 min (IBM 370/168) hat bei Geometrie 1 kein einziges Teilchen zur Dosis beigetragen. In der Tabelle 1 ist deshalb eine Dosis als obere Grenze angegeben, die je einem Elektron, hervorgerufen von der geladenen Komponente und von der Photonkomponente der Sekundärstrahlung, entspricht.

Bei der Geometrie 2 tragen nach 270 min CPU-Zeit immerhin 1680 geladene Teilchen und 5696 Photonen zur Dosis bei. Damit ist eine statistische vernünftige Rechnung möglich.

Für den DORIS-Betrieb wurden folgende Werte zugrunde gelegt:

- | | | | |
|---------------|------------|---|----------------------------------------------|
| 1. Injektion: | Energie | : | 3 GeV |
| | Intensität | : | $1 \cdot 10^9$ e ⁻ /Puls |
| | Rate | : | 50/6 Pulse/sek. |
| | | | ($\rightarrow 8,3 \cdot 10^9$ e/s oder 4 W) |
| 2. Dump des | Energie | : | 3 GeV |
| gespeicherten | Strom | : | 50 mA |
| Strahls: | | | ($\rightarrow 3,1 \cdot 10^{11}$ e) |

Die Werte der Rechnungen (Dosis pro primäres Elektron), sowie Dosis-bzw. Dosisleistungswerte für die beiden Betriebszustände von DORIS sind in der Tabelle 1 angegeben.

4. Folgerungen

Es zeigt sich, daß die Energie der Streustrahlung (sekundäre Strahlung) klein genug ist, so daß gestreute (tertiäre) Teilchen aus einem 2. Target wie in Geometrie 1, im Experimentiergebiet vernachlässigt werden können.

Bei Geometrie 2 sind die berechneten Dosen höher. Doch selbst bei den äußerst pessimistischen Annahmen (punktförmiger Dump bzw. punktförmige Quelle bei der Injektion), die in Wirklichkeit nicht realisierbar sind, ergeben sich keine katastrophal hohen Werte. Bei dem Versuch, während der Injektion maximale Dosislei-

stungswerte im Experimentiergebiet zu erhalten, ergaben sich gemessene Werte bis zu 1 mrem/h.

Wenn man die Annahmen berücksichtigt, die den Rechnungen zugrunde liegen, sind gemessene und berechnete Dosisleistungswerte durchaus im Einklang.

Die Konzeption der HASYLAB-Abschirmung ist somit gerechtfertigt.

5. Anhang

Bei Abschirmproblemen tritt häufig als Strahlungsquelle der am Vakuumrohr streifende Elektronenstrahl auf. Dieser Fall wurde in Rechnungen simuliert mit einem eindimensionalen Elektronenstrahl, der unter einem kleinem Winkel ϕ auf eine ebene Eisenplatte trifft; (linke Seite der Figur 4 oder 5).

Im Anhang sind eine Reihe von Spektren abgebildet (Fig.6 bis 9), sowohl der geladenen Komponente der Streustrahlung (Elektronen und Positronen) als auch der Photonen-Komponente.

Alle Spektren wurden von 1660 primären Elektronen der Energie 3 GeV erzeugt, die unter dem Winkel $\phi = 2^\circ$ auf eine Eisenplatte der Dicke 2 mm treffen.

Die Spektren wurden unter Streuwinkel θ zwischen 5° und 90° zur Strahlrichtung gewonnen ($\Delta \Omega = 10 \text{ msr}$: $\pm 2.86^\circ$ horizontal und $\pm 2.86^\circ$ vertikal).

Die Abschneideenergien sind für Elektronen 1 MeV kinetische Energie und für Photonen 20 KeV.

In den Tabellen 2 und 3 sind die Intensitäten der Spektren in verschiedenen Energieintervallen in Abhängigkeit der Streuwinkel aufgeführt, normiert auf 1000 e^- der Energie 3 GeV (Raumwinkel wie oben $\Delta \Omega = 10 \text{ msr}$).

Literatur:

1. R.L. Ford, W.R. Nelson, SLAC-Report NO. 210, June 1978
2. H. Dinter, Computer Techniques in Radiation Transport and Dosimetry, (ed. W.R. Nelson, T.M. Jenkins), Plenum Press 1980, p. 197 ff.
3. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 21, 1973
4. H. Dinter, K. Tesch, Nucl. Instr. Meth. 143 (1977) 349

Bildunterschriften

- Fig. 1: Geometrisches Beispiel für zweifach gestreute Strahlung in einem Experimentiergebiet.
- Fig. 2: Energiespektrum geladener Teilchen (Elektronen und Positronen) der Streustrahlung hinter Target T1 von Geometrie 1 oder 2 der Fig. 4 oder 5. Normiert auf 1000 primäre Elektronen von 3 GeV.
 $\theta = 5^\circ \pm 1^\circ$ (hor) $\pm 2.86^\circ$ (vert)
- Fig. 3: Energiespektrum der Photonen; sonst wie Fig. 2.
- Fig. 4: Geometrie 1 :
Sekundäre Strahlung trifft senkrecht (nahe am Rand) auf einen Abschirmblock.
- Fig. 5: Geometrie 2 :
Sekundäre Strahlung trifft unter kleinem Winkel auf einen Abschirmblock.
- Fig. 6: Energiespektrum der geladenen Teilchen der Streustrahlung, normiert auf 1660 primäre Elektronen der Energie 3 GeV.
Ordinate : Anzahl der Elektronen/3 MeV.
- (1) Streuwinkel $\theta = 5^\circ$
 - (2) $\theta = 10^\circ$
 - (3) $\theta = 15^\circ$
 - (4) $\theta = 20^\circ$
- Fig. 7: Wie Fig. 6, jedoch:
- (1) $\theta = 30^\circ$
 - (2) $\theta = 45^\circ$
 - (3) $\theta = 60^\circ$
 - (4) $\theta = 90^\circ$

Fig. 8: Energiespektrum der Photonen der Streustrahlung
normiert auf 1660 primäre Elektronen der Energie 3 GeV.
Ordinate : Anzahl der Photonen/50 keV

- (1) $\theta = 5^\circ$
- (2) $\theta = 10^\circ$
- (3) $\theta = 15^\circ$
- (4) $\theta = 20^\circ$

Fig. 9: Wie Fig. 8, jedoch:

- (1) $\theta = 30^\circ$
- (2) $\theta = 45^\circ$
- (3) $\theta = 60^\circ$
- (4) $\theta = 90^\circ$

TABELLE 1

BERECHNETE DOSEN FUER ZWEIFACH GESTREUTE STRAHLUNG

	GEOMETRIE 1	GEOMETRIE 2
DOSIS PRO PRIM. E- INJEKTION	< 1.0 E-17 REM	1.0 E-15 REM
DUMP	< 0.3 MREM/H	30 MREM/H
	< 3.0 E-3 MREM	0.3 MREM

TABELLE 2

SPEKTREN GELADENER TEILCHEN

THETA IN GRAD	E - BEREICH IN MEV					SUMME
	1.5 ... 15.	15. ... 30.	30. ... 60.	60. ... 120.	> 120.	
5.	64	105	284	400	262	1115
10.	84	113	178	118	13	506
15.	95	87	100	18	0	300
20.	93	79	30	4	0	206
30.	84	28	2	1	0	115
45.	51	4	0	0	0	55
60.	31	0	0	0	0	31
90.	17	0	0	0	0	17

DIE TEILCHENZAHLEN SIND AUF EINEN PRIMAREN STRAHL VON
1000 ELEKTRONEN NORMIERT.

TABELLE 3

PHOTONEN - SPEKTREN

THETA IN GRAD	E - BEREICH IN MEV							SUMME
	0.02 .. 0.2	0.2 .. 0.5	0.5 .. 1.0	1.0 .. 2.0	2.0 .. 5.0	5.0 .. 10.	> 10.	
5.	465	562	540	500	764	540	1269	4640
10.	164	145	147	147	178	111	144	1036
15.	89	95	67	60	71	33	19	434
20.	60	64	48	49	51	19	7	318
30.	33	35	28	22	14	5	0	137
45.	33	30	21	16	3	0	0	103
60.	15	25	16	1	2	0	0	59
90.	10	19	21	1	0	0	0	51

DIE TEILCHENZAHLEN SIND AUF EINEN PRIMAREN STRAHL VON
1000 ELEKTRONEN NORMIERT.

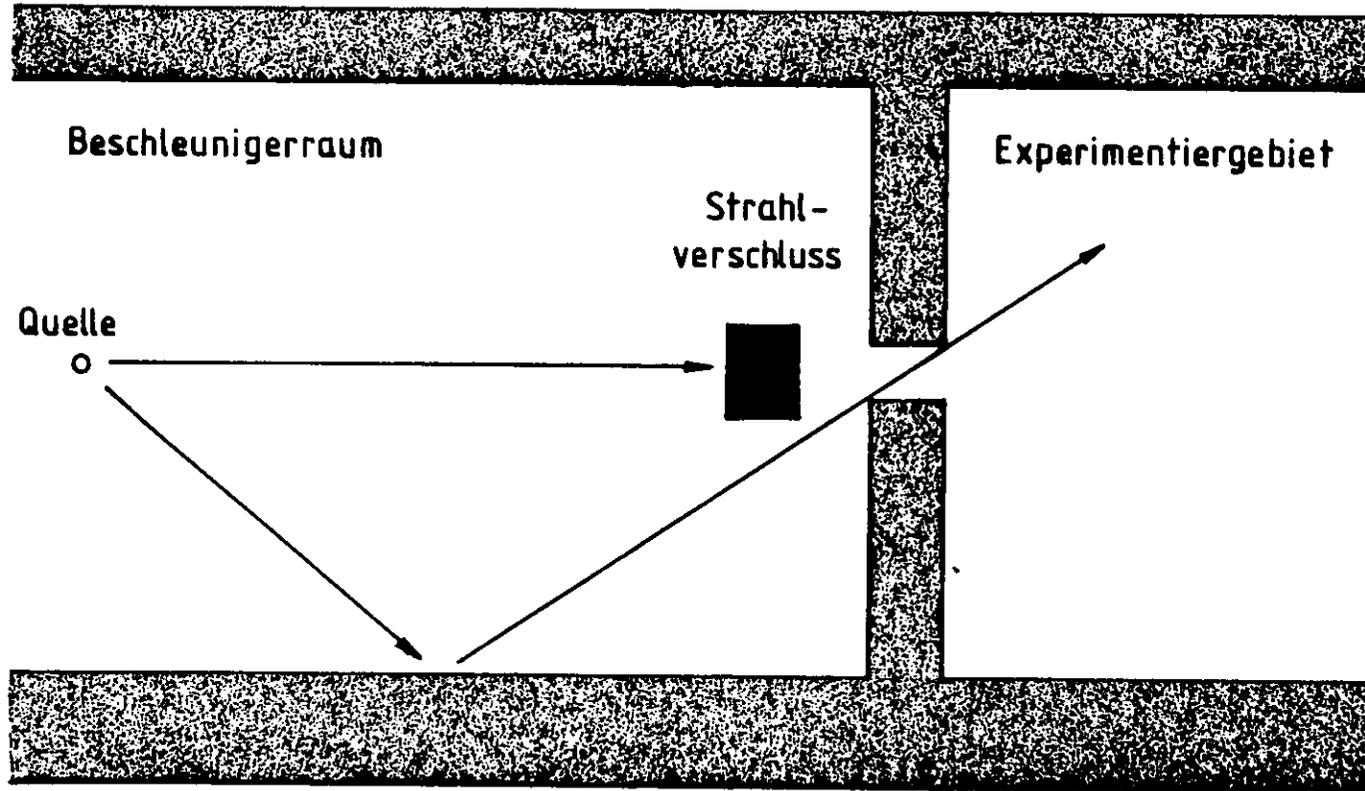
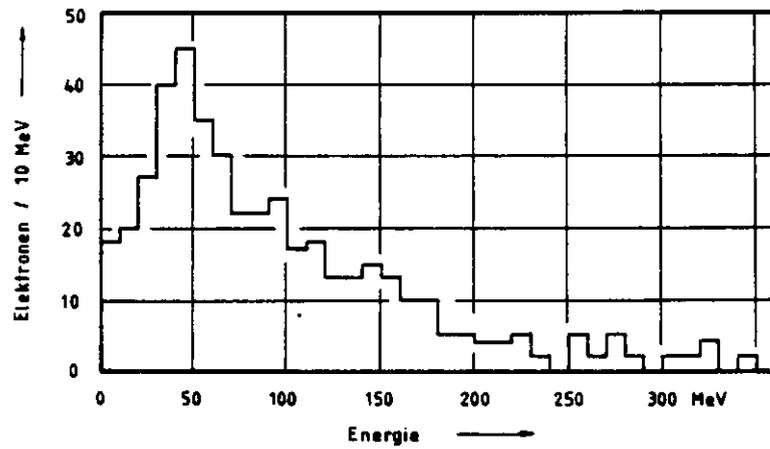
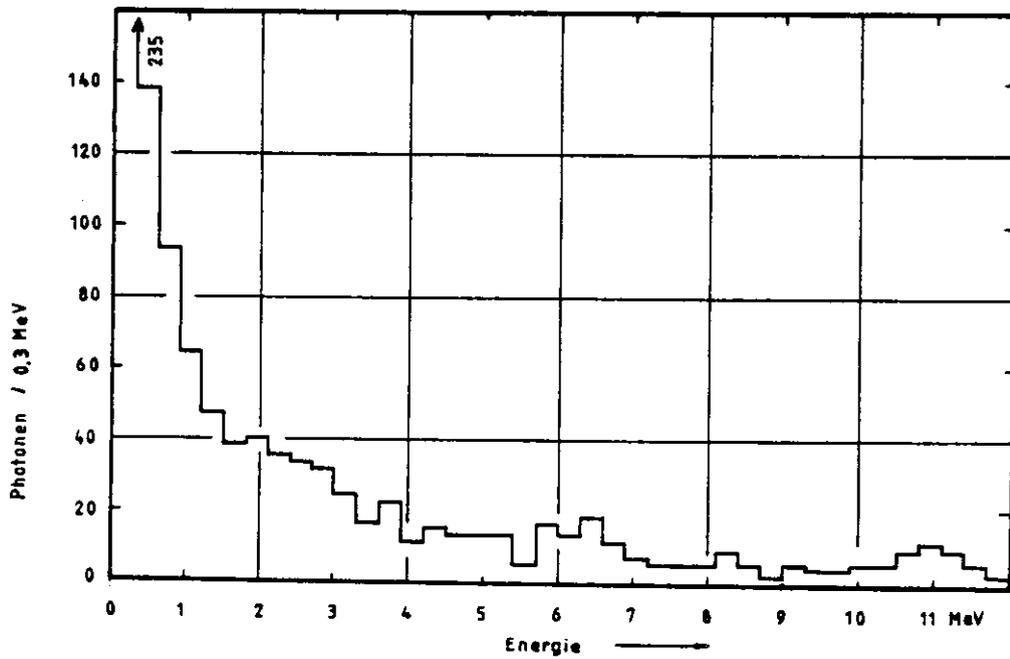


Fig. 1



Spektrum der Streustrahlung:
Elektronen / Positronen $\theta = 5^\circ$

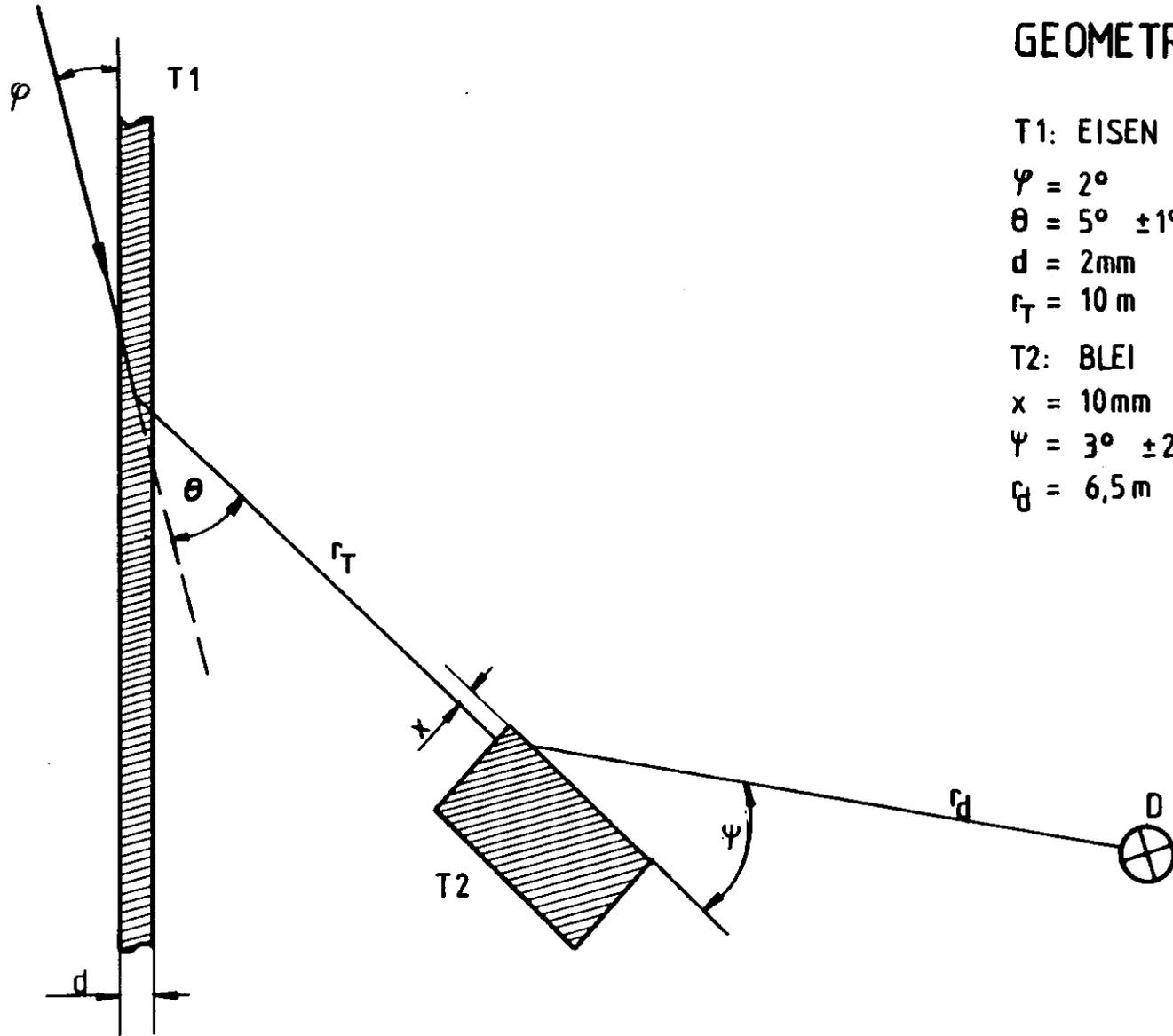
Fig. 2



Spektrum der Streustrahlung:
Photonen $\theta = 5^\circ$

Fig. 3

e^- - Strahl



GEOMETRIE 1

T1: EISEN

$\varphi = 2^\circ$

$\theta = 5^\circ \pm 1^\circ_{\text{hor}} \pm 2,86^\circ_{\text{vert}}$

$d = 2\text{mm}$

$r_T = 10\text{m}$

T2: BLEI

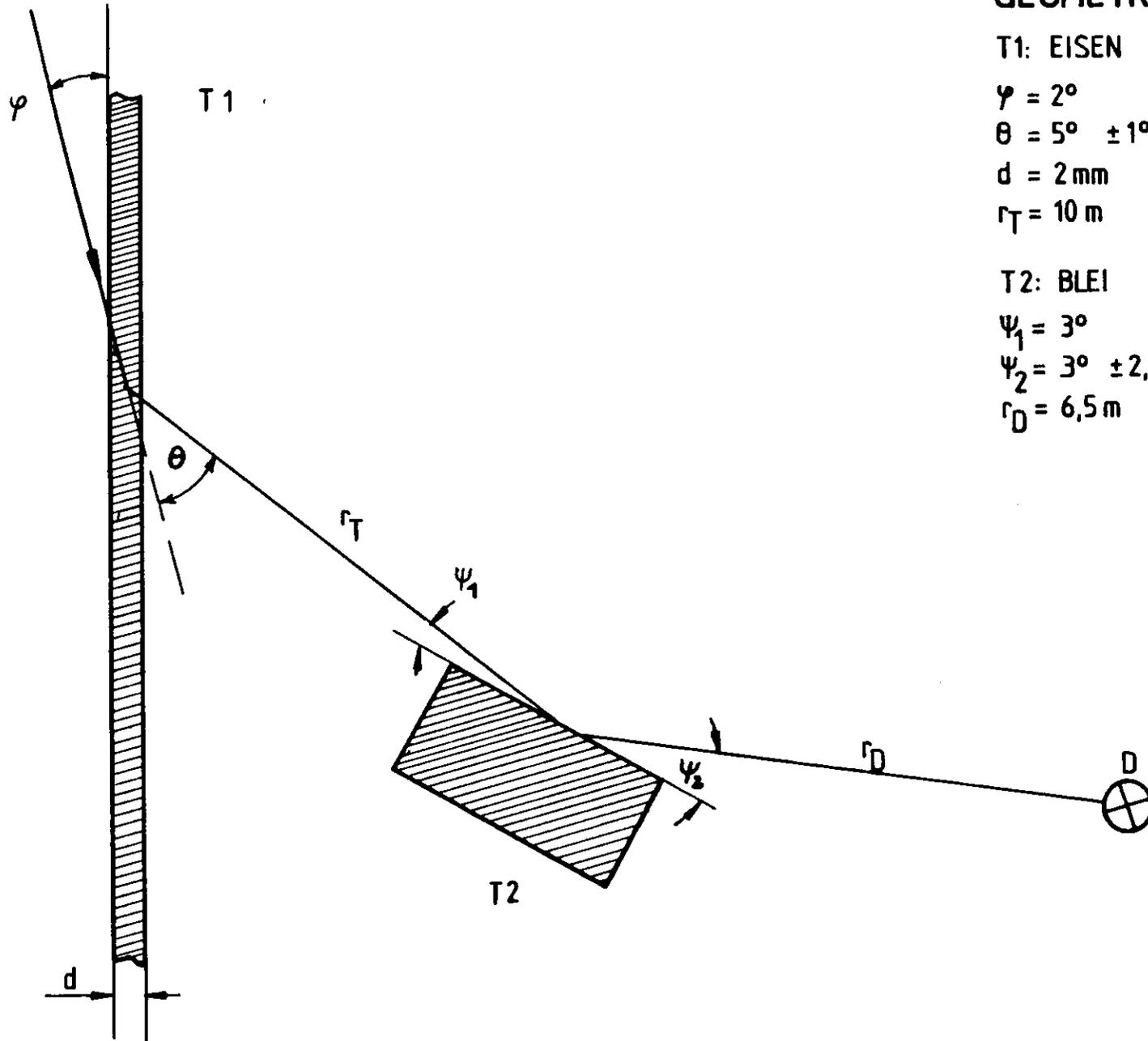
$x = 10\text{mm}$

$\psi = 3^\circ \pm 2,86^\circ_{\text{hor}} \pm 2,86^\circ_{\text{vert}}$

$r_D = 6,5\text{m}$

Fig. 4

e^- - Strahl



GEOMETRIE 2

T1: EISEN

$$\varphi = 2^\circ$$

$$\theta = 5^\circ \pm 1^\circ_{\text{hor}} \pm 2,86^\circ_{\text{vert}}$$

$$d = 2 \text{ mm}$$

$$r_T = 10 \text{ m}$$

T2: BLEI

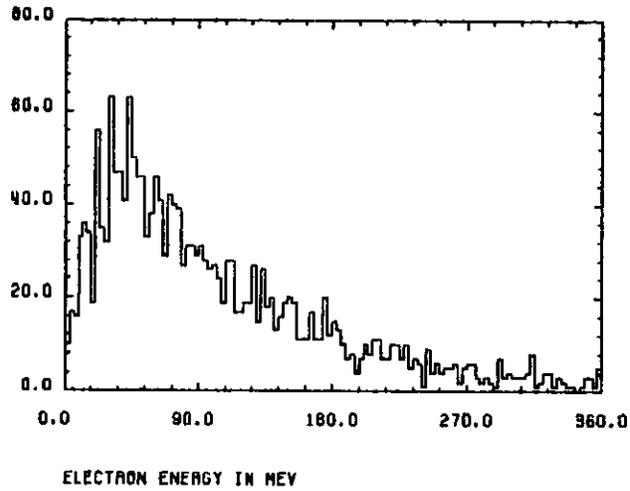
$$\psi_1 = 3^\circ$$

$$\psi_2 = 3^\circ \pm 2,86^\circ_{\text{hor}} \pm 2,86^\circ_{\text{vert}}$$

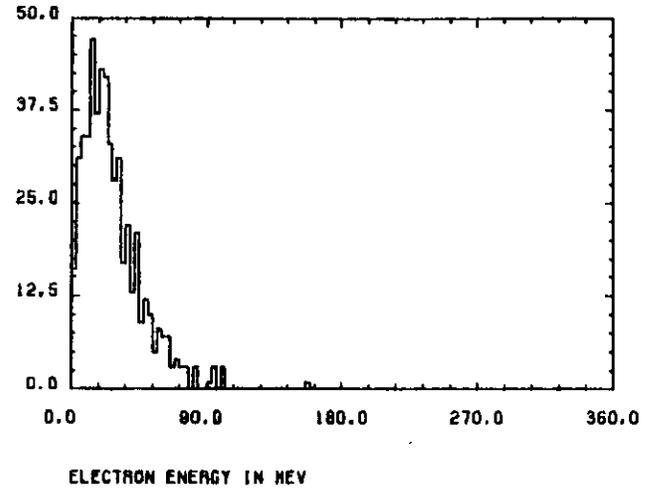
$$r_D = 6,5 \text{ m}$$

Fig. 5

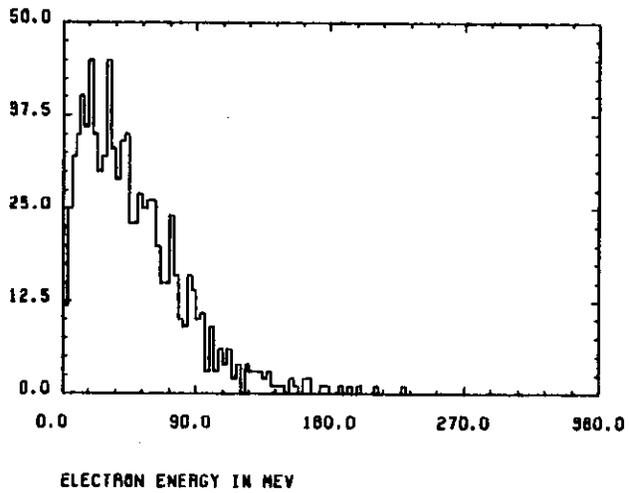
(1)



(3)



(2)



(4)

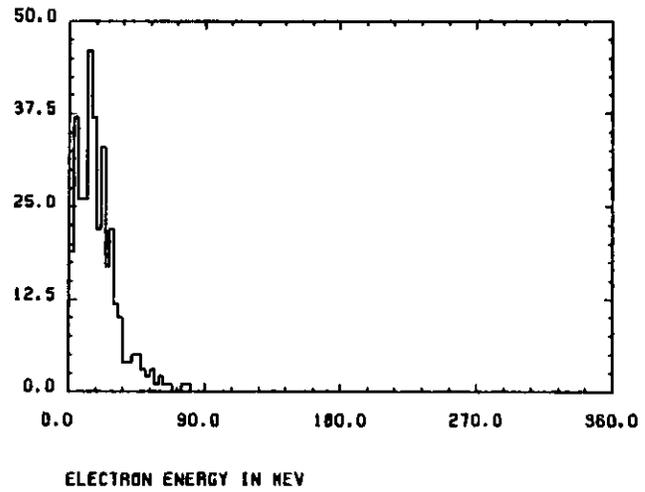
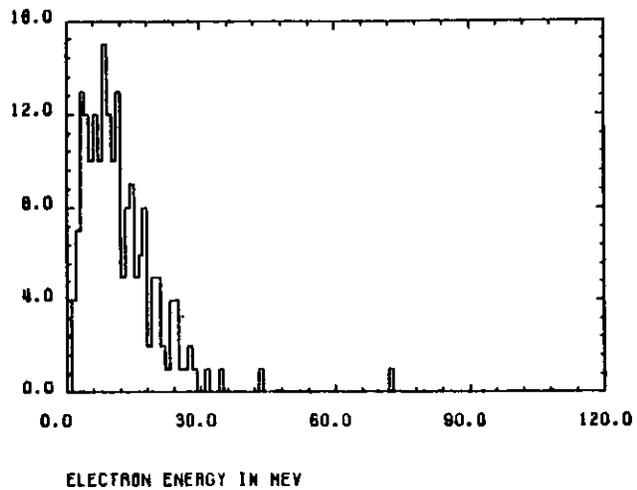
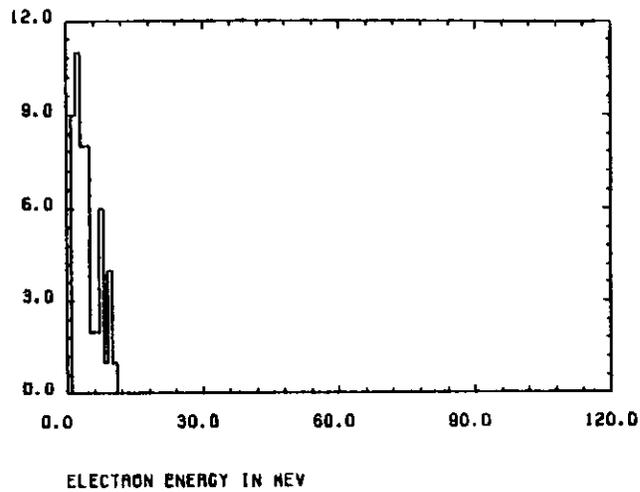


Fig. 6

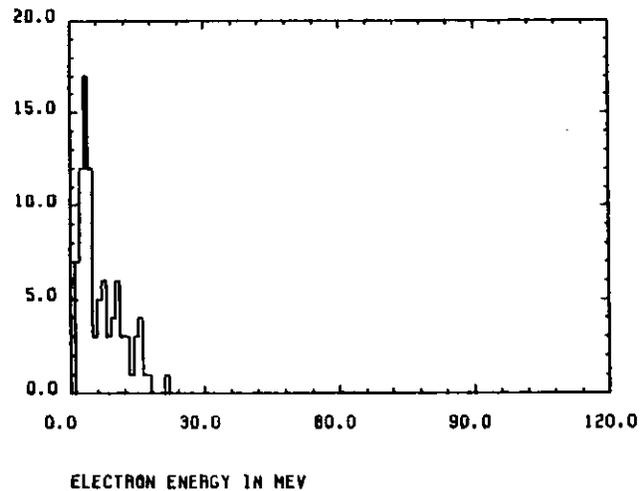
(1)



(3)



(2)



(4)

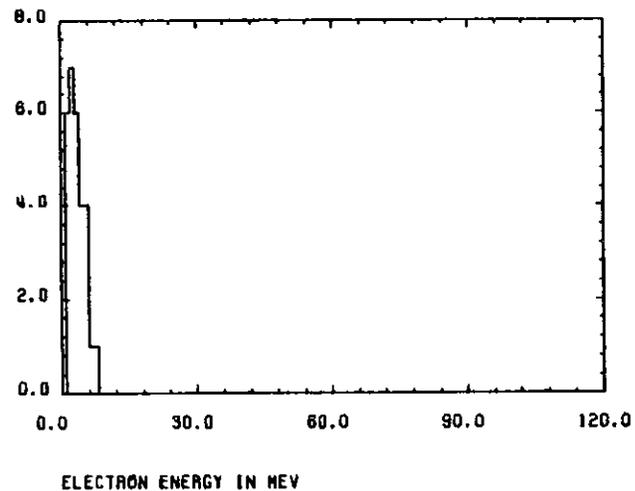
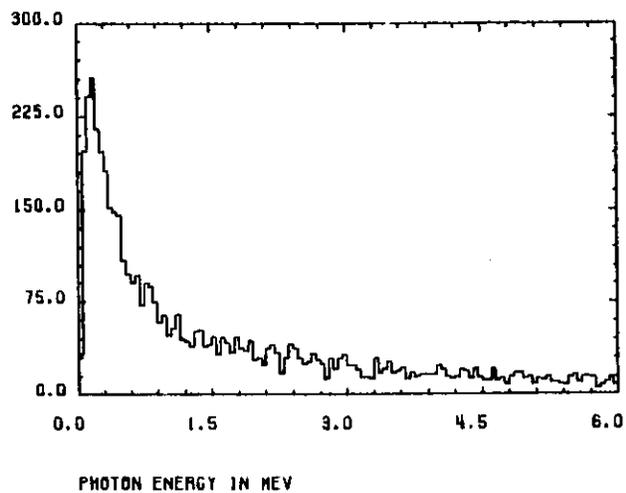
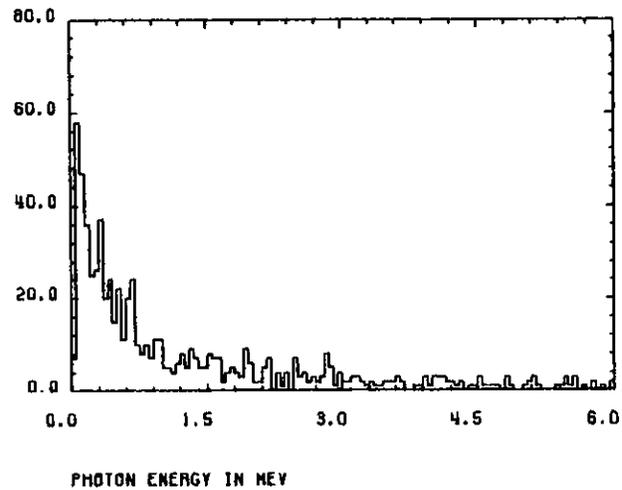


Fig.7

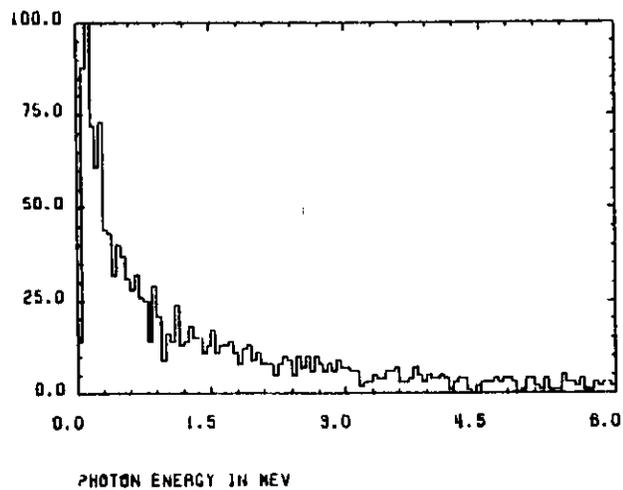
(1)



(3)



(2)



(4)

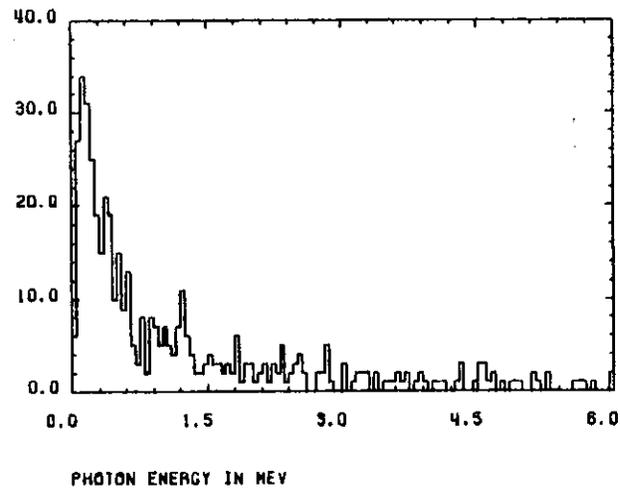
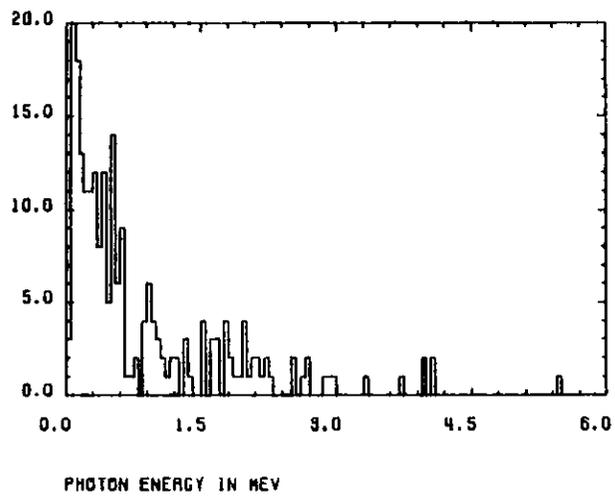
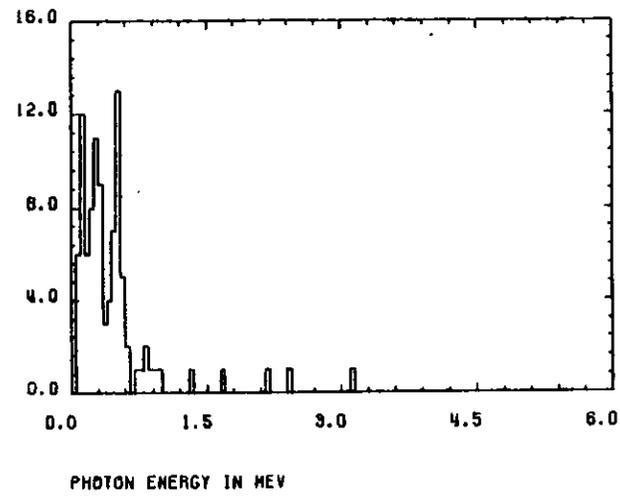


Fig. 8

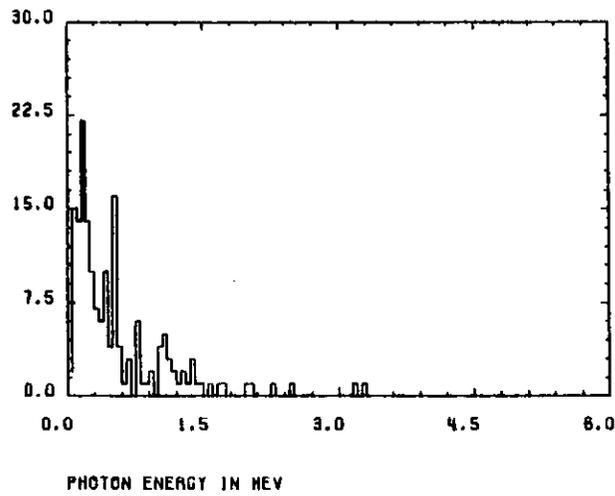
(1)



(3)



(2)



(4)

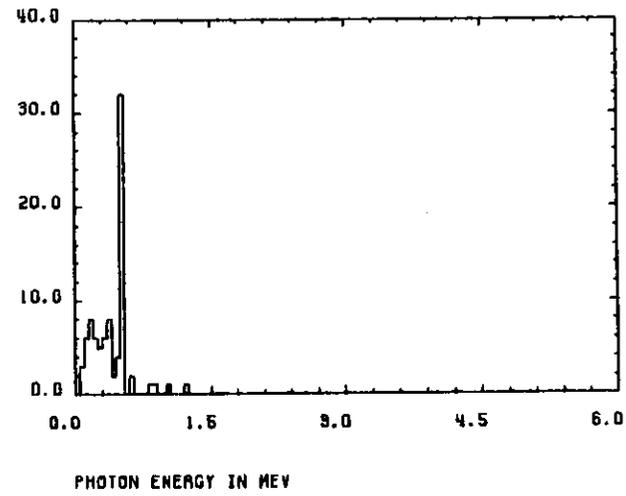


Fig.9