

# Schwächung von $\gamma$ -Strahlen

## 1 Vorbereitung

- Vorbereitung von Versuch 46
- Schwächung von  $\gamma$ -Strahlung  
Lit.: GERTHSEN, WALCHER 6.4.4.0 Abschnitt 3
- Streuung eines Hertzschen Oszillators (klassische Streuung) (Lit.: GERTHSEN)
- Compton-Streuung, Masse und Impuls des Photons (Lit.: GERTHSEN)  
Man rechne als Hausaufgabe die Formel für die Comptonstreuung in die etwas handlichere Beziehung um

$$\circ \quad \frac{v'}{v} = \frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)} \quad \text{wobei} \quad \alpha = \frac{h v}{m c^2}$$

und berechne die Energie des gestreuten Quants für

- $h v = 661 \text{ keV}$ ,  $m c^2 = 511 \text{ keV}$
  - für Streuwinkel von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$  (schriftlich ins Protokollheft).
- Paarbildung (Lit.: GERTHSEN)
- Zusammensetzung des Schwächungskoeffizienten von Al und Pb  
Lit.: GERTHSEN und Anhang
- Gerätebeschreibung  
NEVA-Dosisleistungsmessgerät

## 2 Aufgaben

Das berührungssicher gekapselte Präparat Cs-137 sendet Gammastrahlen mit einer Energie von 0.661 eV aus. Das Präparat befindet sich zwischen den beiden roten Ringen am Ende des Präparatestabes (siehe Versuch 46). Bei Nichtgebrauch gehört das Präparat in den Bleibehälter.

Zählraten sollen stets – unter Berücksichtigung des Nulleffekts – mit statistischem Fehler angegeben werden. Für die Messungen 2.3 und 2.5 eine Fehlerrechnung durchzuführen.

Inbetriebnahme der Apparatur entsprechend der Gerätebeschreibung. Für die Messungen 2.2–2.5 wird das senkrecht montierte Zählrohr (48-3) benutzt.

### 2.1 Strahlenbelastung am Arbeitsplatz

Zu Beginn des Versuchs ist zu prüfen, ob das Dosisleistungsmessgerät betriebsbereit ist. Während des Versuchs werden die in der Anleitung zu Versuch 46, Abschnitt 2.1.4 beschriebenen Messungen durchgeführt.

## 2.2 Nulleffekt

Der Nulleffekt wird 5 Minuten lang gemessen. Die Betriebsspannung des Zählrohres ist fest eingestellt.

## 2.3 Schwächung von Al, Fe und Pb, gemessen in *sauberer Geometrie*

Hierfür wird das waagrecht montierte Zählrohr (48-2) benutzt. Zuerst misst man den Nulleffekt für dieses Zählrohr (1 m Entfernung vom Präparat, das sich jetzt im Bleikubus befindet). Das Präparat soll so in den Bleikubus geschraubt werden, dass das Präparat (rote Ringe!) mitten vor dem Kollimatorende steht. Der kollimierte Strahl soll das Zählrohr mitten im Fenster der Zählrohrfassung treffen. Es wird an drei Materialien die Schwächung durch Al, Pb und einem dritten Absorber gemessen:

Al:	10 mm – 60 mm in Schritten von	10 mm
Pb:	2 mm – 18 mm in Schritten von	2 mm

Als dritter Absorber kann ein beliebiges am Arbeitsplatz vorhandenes Material verwendet werden (Eisen, Kupfer, Messing, PVC, Teflon oder Pertinax). Messdauer jeweils 2 min. Die Ergebnisse werden halblogarithmisch aufgetragen. Aus zwei (weit auseinanderliegenden) Punkten der mittleren Geraden werden die Schwächungskoeffizienten und die Halbwertsdicke berechnet.

## 2.4 Schwächungskoeffizient von Pb für Cs-137 $\gamma$ -Strahlung in Streugeometrie

Das Präparat befindet sich zwischen den roten Ringen des Präparatestabes. Der Präparatestab ist an seinem äußersten, vom Präparat abgewandten Ende im Präparatehalter festzuklemmen. Das gilt auch für alle folgenden Messungen. Hierdurch soll weitgehend Streuung am Präparatehalter vermieden werden. Abstand Präparat – Zählrohr ca. 20 cm. Messung der Zählrate ohne Absorber und mit Bleiabsorber (48-14) jeweils 2 min. Daraus Berechnung des Schwächungskoeffizienten. Vergleichen Sie die beiden Schwächungskoeffizienten.

## 2.5 Schwächungskoeffizient von Pb für die Streustrahlung

Dieser Versuchsteil soll demonstrieren, dass der Schwächungskoeffizient eine starke Energieabhängigkeit besitzt. Die folgende Messvorschrift erlaubt es, den Schwächungskoeffizienten für  $\gamma$ -Strahlung geringerer Energie als 661 keV zu messen. Dieser Versuchsteil sollte vor der Durchführung wenn möglich mit dem Betreuer diskutiert werden.

Die Intensität der Streustrahlung kann nur durch Differenzmessungen ermittelt werden. Um die Intensität der direkten Strahlung zu mindern, wird diese direkte Strahlung durch einen konischen Bleiabsorber geschwächt. Gemessen wird in den in Abb. 1 beschriebenen vier geometrischen Konfigurationen jeweils 5 min lang. Während dieser Messreihe darf die Lage des Präparates nicht verändert werden!

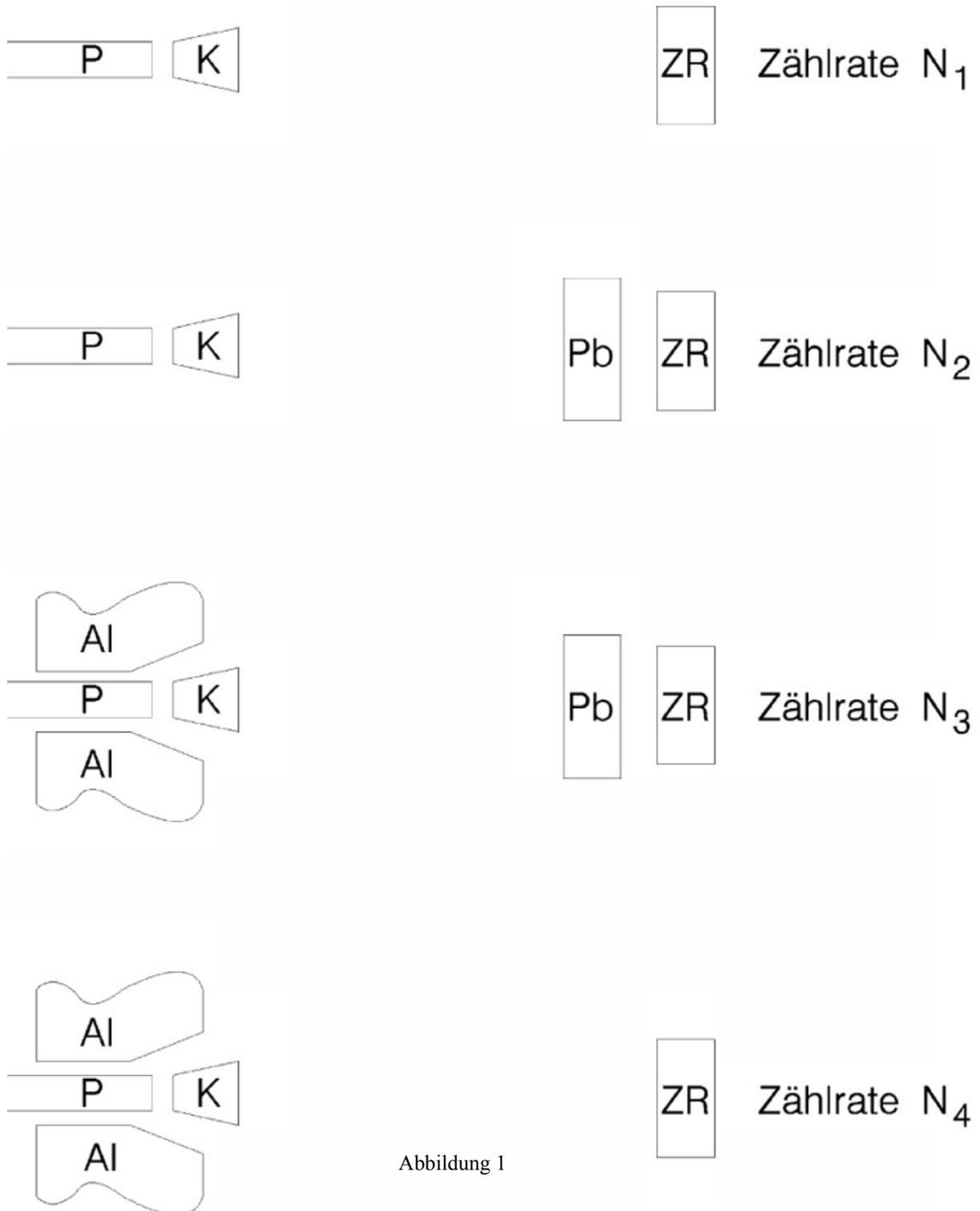


Abbildung 1

In den in Abb.1 skizzierten Anordnungen wird das Präparat P, der Bleikonus K (48-17), die Al-Streuscheibe Al (48-11), der Bleiabsorber Pb (48-19) und das Zählrohr ZR verwendet.

Die das Zählrohr treffende ungeschwächte Streustrahlung bedingt die Zählrate  $N_5 = N_4 - N_1$ . Die das Zählrohr treffende, durch den Bleiabsorber geschwächte Streustrahlung bedingt die Zählrate  $N_6 = N_3 - N_2$ . Aus  $N_5$  und  $N_6$  wird der Schwächungskoeffizient berechnet. Was lässt sich aus dem Verhältnis des Schwächungskoeffizienten der direkten Strahlung (Messung 2.3 und 2.4) und dem der gestreuten Strahlung über die Energie der gestreuten Quanten sagen? Nehmen Sie hierfür die Abb. 2 und 3 im Anhang zu Hilfe.

## 2.6 Streustrahlung

Der Abstand Präparat-Zählrohr wird auf ca. 40 cm vergrößert. Diese Stellung wird für die Messungen 2.4–2.6 beibehalten. Präparat und Zählrohr dürfen also nicht bewegt werden! Dieser Teilversuch besteht aus 3 Messungen:

- a. Messung ohne Streukörper
- b. Die Al-Streuscheibe mit Bohrung (48-11) wird so vor das Präparat geschoben, dass das Präparat mitten in der Streuscheibe steht.
- c. Messung mit der Al-Streuscheibe ohne Bohrung (48-12); Präparatestellung wie unter b., jedoch knapp vor dem Zählrohr.
- d. Messung mit der Pb-Streuscheibe (48-13); Präparatestellung wie unter b. mitten im Streukörper

Messdauer jeweils mindestens 2 min. Wie sind diese Messergebnisse zu deuten? Schriftliche Diskussion im Protokoll.

## 2.7 Einfluss der Geometrie von Streukörpern auf die Streustrahlung

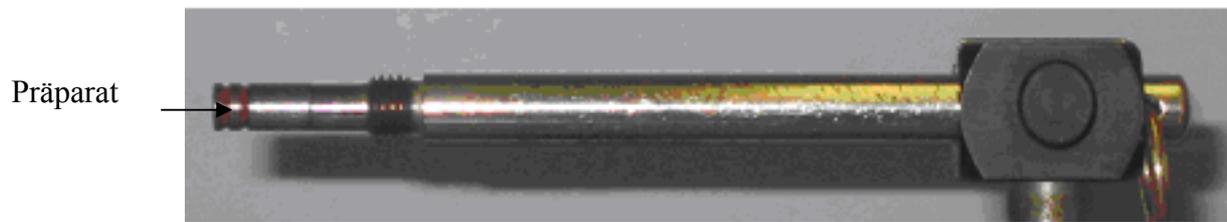
Diese Messungen sollten aus Gründen der Zeitersparnis parallel zur Auswertung der Messungen von 2.5 erfolgen. Zwischen Präparat und Zählrohr werden drei verschiedene jeweils 40 mm dicke Al-Absorber gestellt. Es werden die 5 folgenden Messungen von je 5 min Dauer vorgenommen:

1. Al-Scheibe (48-12) (ohne Bohrung) direkt vor dem Präparat
2. wie 1., jedoch mitten zwischen Präparat und Zählrohr
3. wie 1., jedoch vor dem Zählrohr
4. Al-Konus (48-16) vor dem Präparat
5. Al-Absorber (48-15) vor dem Zählrohr (auf richtige Stellung des Absorbers achten, der die Maße 30 mm × 40 mm hat)

Bilden Sie das Verhältnis der Zählraten, bezogen auf die kleinste Zählrate. Wie lassen sich die 5 Messungen deuten? (Schriftlich im Protokoll).

## 2.8 Abstandsgesetz

Für diesen Teilversuch werden Präparatehalter und Zählrohrhalterung um Streuung an der Tischplatte zu vermeiden auf die Verlängerungsstangen und geschraubt. Das radioaktive Präparat befindet sich zwischen den beiden roten Ringen des Präparatestabes. Der Stab ist mit dem vom Präparat abgewandten Ende im Präparatehalter festzuklemmen. Man untersuche die Abhängigkeit der Zählrate vom Abstand  $d$  zwischen Zählrohrmitte und Präparat. Beginnend bei  $d = 20$  cm wird der Abstand in Schritten von 20 cm bis etwa 100 cm verändert und die zugehörigen Zählraten gemessen.



Bei kleinen Abständen messe man mindestens 1 Minute, bei größeren Abständen entsprechend länger, um den Messfehler nicht zu groß werden zu lassen.

Man trage die auf 1 Minute bezogene Zählrate  $N$  nach Abzug des Nulleffekts in Abhängigkeit von  $d$  auf doppeltlogarithmischem Papier auf. Wenn der Zusammenhang zwischen  $N$  und  $d$  von der Form  $N = c \cdot d^\alpha$  ist ( $c$ : Proportionalitätsfaktor,  $\alpha$  unbekannt), gilt  $\log N = c' + \alpha \cdot \log d$ . Die Messpunkte müssen in der doppellogarithmischen Darstellung also auf einer Geraden liegen, aus deren Steigung der Exponent  $\alpha$  zu berechnen ist. Für kleine und große  $d$  weicht der Verlauf der Messpunkte von der Geraden ab. Diese Messpunkte werden für die Auswertung nicht berücksichtigt. Welches sind die Gründe für diese Abweichung? Welcher Wert von  $\alpha$  ist theoretisch zu erwarten? In die Zeichnung sind die statistischen Fehler der Messpunkte einzutragen.

### 3 Anhang

In den folgenden Abb. 2 und 3 sind die Schwächungskoeffizienten von Aluminium und Blei dargestellt. Es sind dies der totale Schwächungskoeffizient und die Koeffizienten aus dem Compton-Effekt, Photo-Effekt und der Paarerzeugung, aus denen sich der totale Schwächungskoeffizient zusammensetzt.

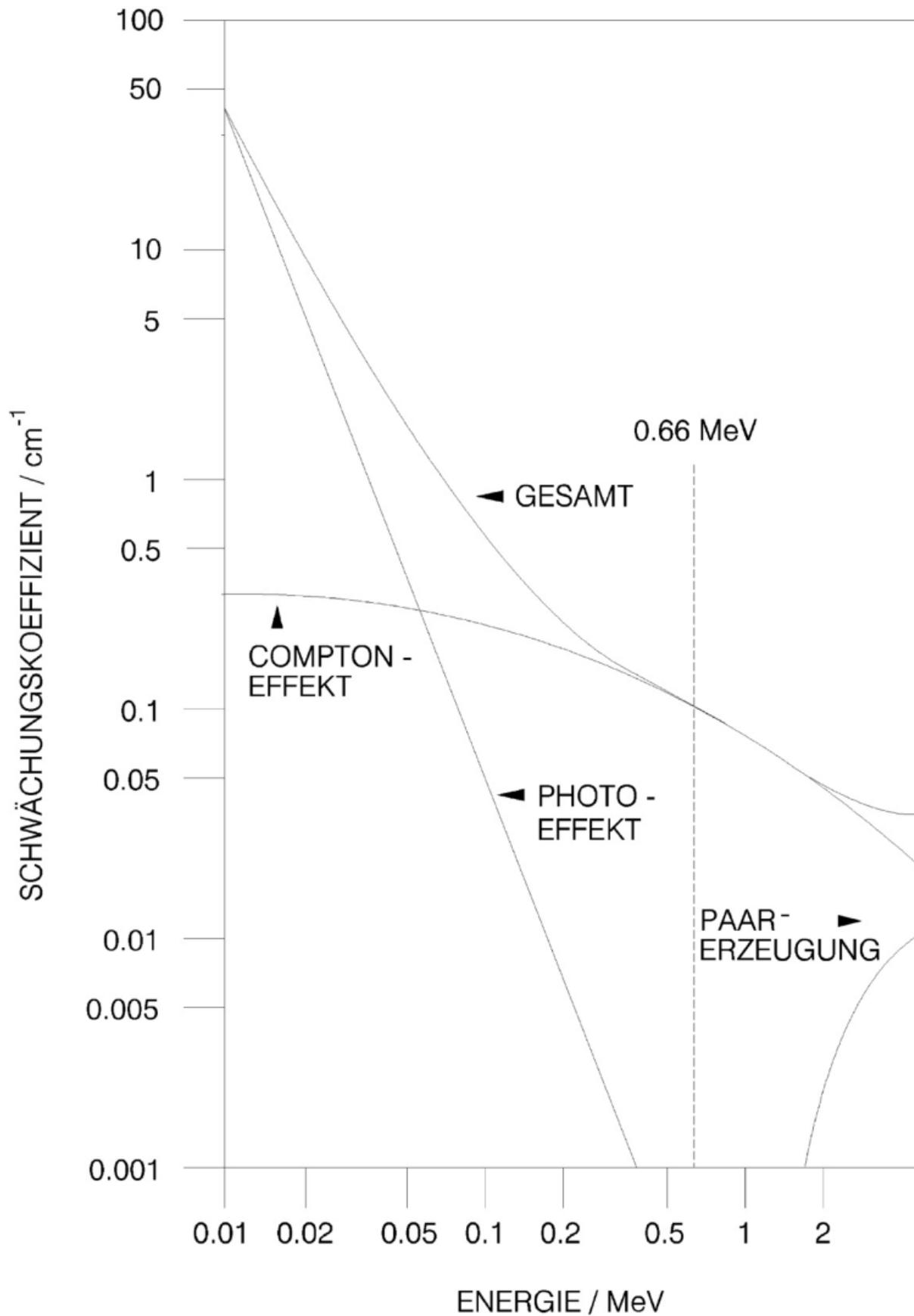


Abbildung 2 Schwächungskoeffizienten von Aluminium

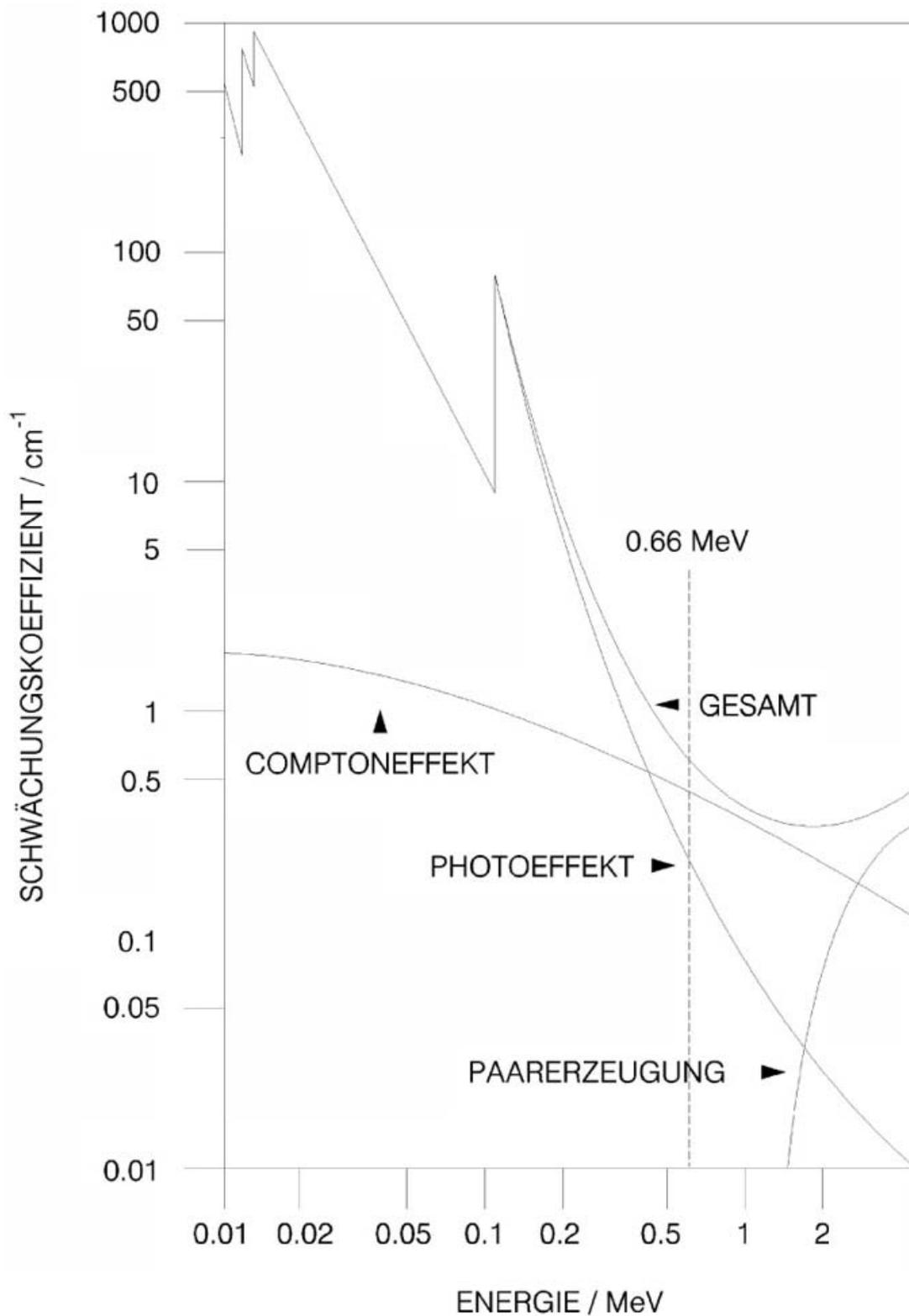


Abbildung 3 Schwächungskoeffizienten von Blei