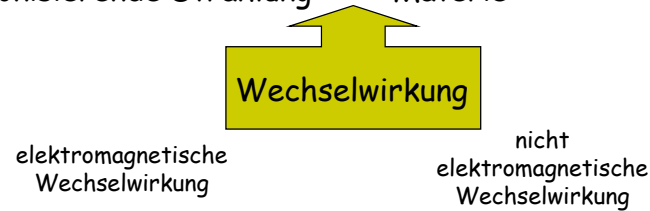


Strahlungsdetektoren

ionisierende Strahlung \leftrightarrow Materie



Die Basis aller Messungen (auch Beobachtungen) ist die **Wechselwirkung** mit dem zu messenden System.
Ohne Wechselwirkung ist es **NICHT** möglich, Information zu gewinnen.

1

Strahlungsdetektoren

Nachweis über elektromagnetische Wechselwirkung mit Materie

- 1.) Szintillationsdetektoren:
✓ Szintillationszähler NaI(Tl)
- 2.) Gasionisationsdetektoren
Ionisationskammer, Proportionalzählrohr, Geiger-Müller Zählrohr...
- 3.) Halbleiterdetektoren:
Halbleiter-Sperrschicht Detektor
- 4.) Spurdetektoren:
Nebelkammer, Blasenkammer, Funkenkammer...

Nachweis über nicht elektromagnetische Wechselwirkung mit Materie

- 1.) Neutronendetektor
- 2.) Neutrिनodetektor

2

Szintillationsdetektor

Feste Szintillatoren: Cu- und Mg-haltiges ZnS
Tl-haltiges NaI

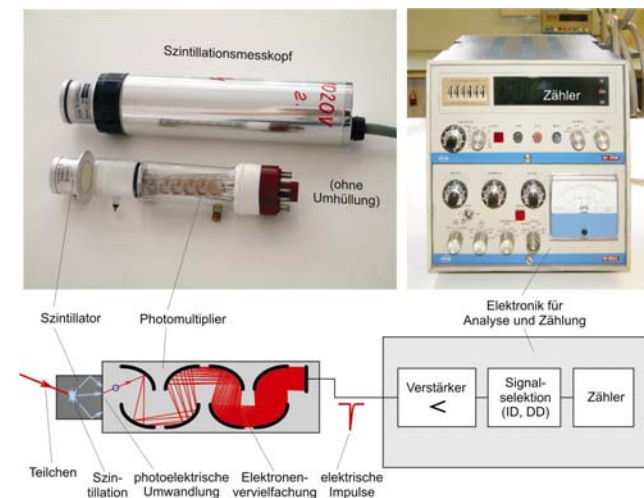
Flüssige Szintillatoren: Anthracen, Stilben, Naphtalen ...

Die Größe des Lichtimpulses \sim Energie, welche die Ionisation auslöst
Die Zahl der Impulse \sim Aktivität des Präparates

siehe Praktikum: Nukleare Grundmessung

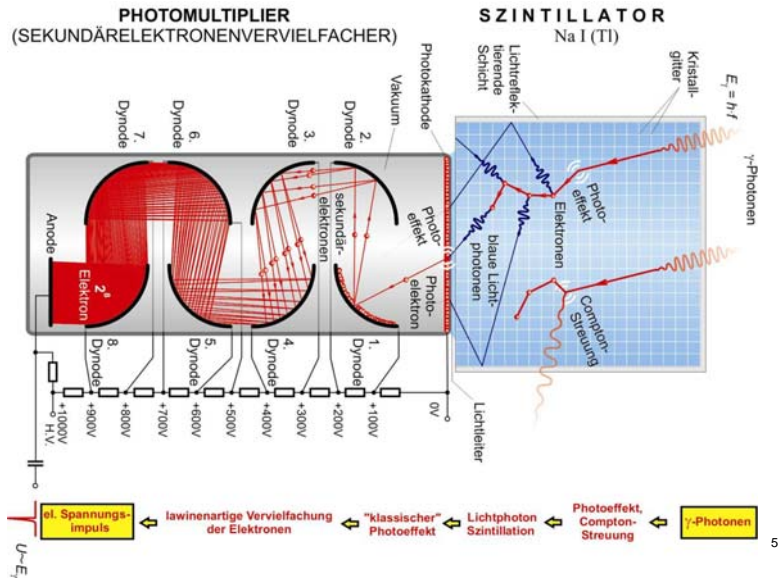
3

Szintillationsdetektor



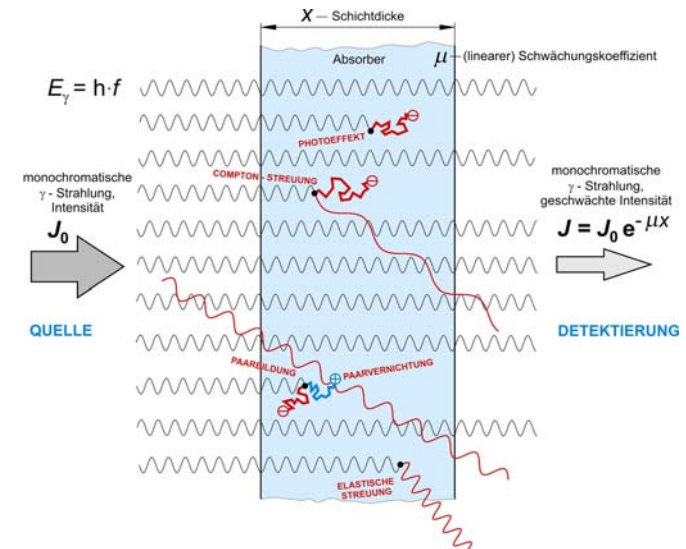
4

Szintillationszähler



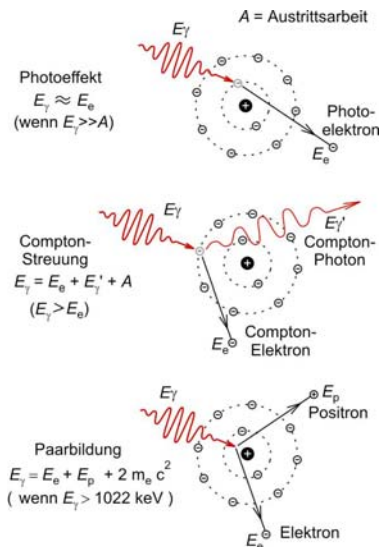
5

Szintillationsdetektor



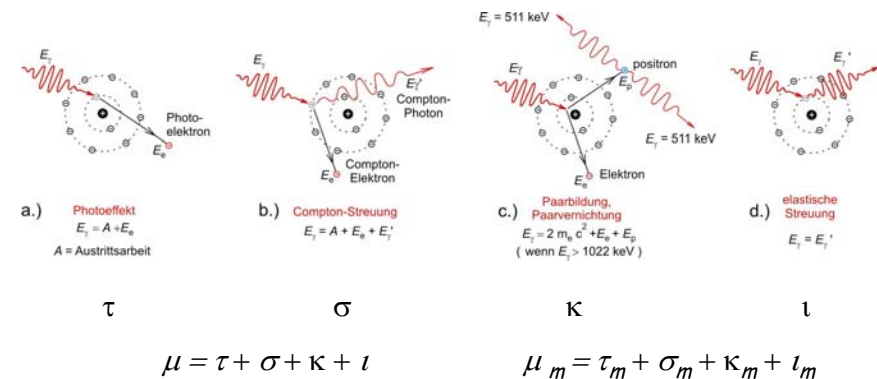
6

Elementarprozesse der Schwächung



7

Elementarprozesse der Schwächung



siehe Praktikum: γ -Absorption ⁸

Physikalische Größen, die den μ beeinflussen

- ✓ ρ Dichte des Mediums/Absorbents
- ✓ Q Qualität des Absorbents
- ✓ Strahlungsart: EMW, Teilchenstrahlung. (α , β , p , n , ...)

$$\mu = \mu(\rho, Q, \text{Strahlungsart, Energie, ...})$$

Massenschwächungskoeffizient:

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

μ_m ist von der Dichte unabhängig geworden!

Maßeinheit:

$$\frac{\text{cm}^{-1}}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}} = \frac{\text{cm}^2}{\text{g}}$$

9

den Exponenten $\mu \cdot x$, kann man mit dem μ_m umschreiben :

$$\mu \cdot x = \frac{\mu}{\rho} \cdot \rho \cdot x = \mu_m \cdot x_m \longrightarrow x_m = x \cdot \rho$$

$$\text{Maßeinheit: } \text{cm} \cdot \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$$

Massenbedeckung x_m

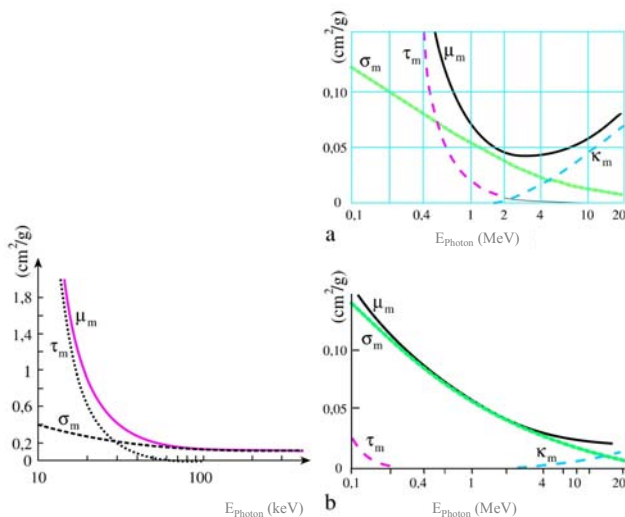
gibt die Masse des Stoffes in einem Prisma mit der Länge x und Querschnitt von 1 cm^2 an

$$D_m = D \cdot \rho \quad D_m: \text{Halbwertsmasse}$$

Benützung von μ_m ist vorgezogen im Vergleich zum μ .

10

Elementarprozesse der Schwächung



Pb Absorbent
Strahlenschutz

H₂O Absorbent

Modell für
weiche Gewebe

11

siehe Praktikum: γ -Absorption

Vorteil:

- *Szintillationszähler besitzen eine hohe Nachweiseffektivität für γ -Strahlung;*

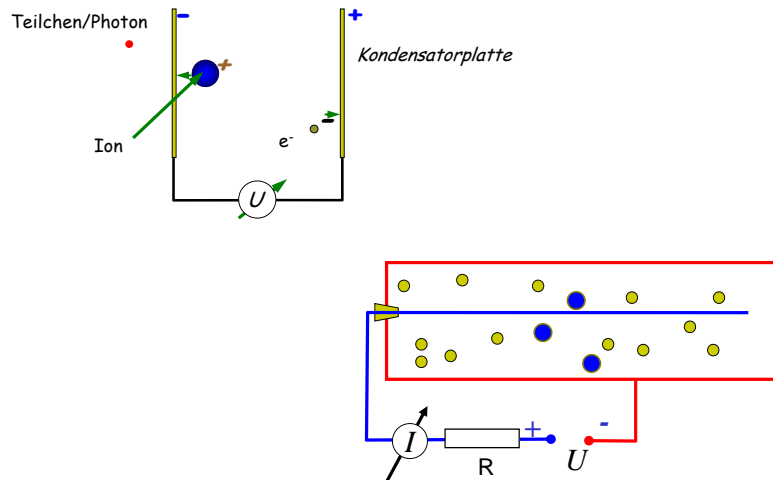
Nachteil:

- *Ihr Nachteil besteht in der relativ geringen Energieauflösung $\Delta E/E$ von ca. 10%.*

12

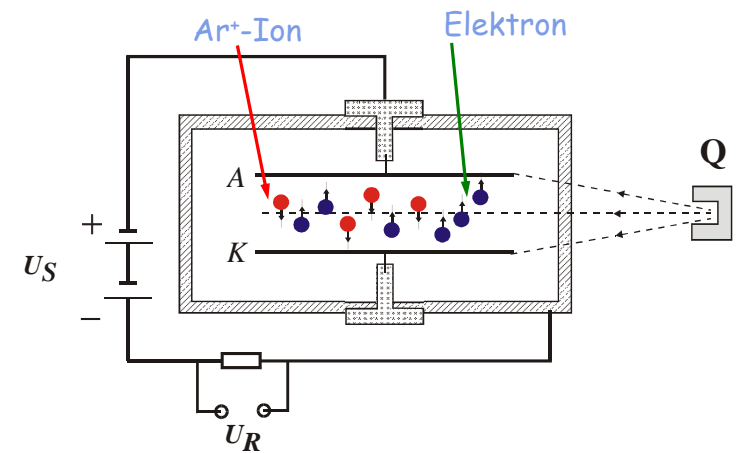
Gasionisationsdetektoren

Messprinzip: die Gasionisation liefert elektrisches Signal



13

Ionisationskammer

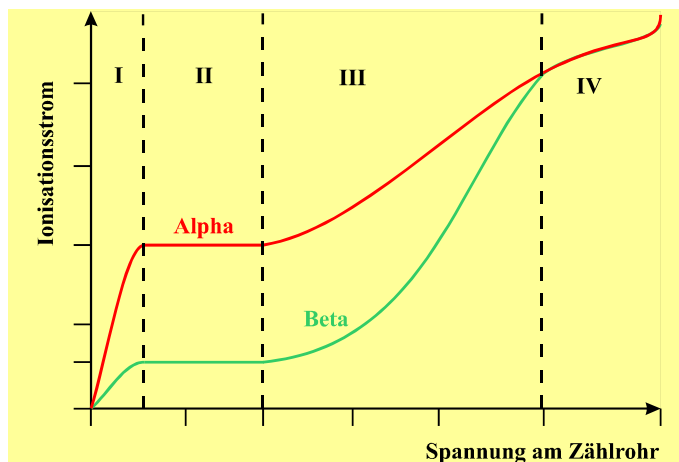


Ar; p ~ 100 mbar
andere Gase, Gasgemische
sind auch benutzt

• positiv geladene Teilchen
• negativ geladene Teilchen

14

Spannung-Strom Charakteristik des Ionisationsdetektors

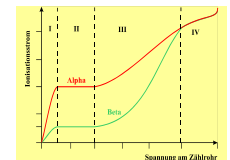


$$U_R = f(U_S, \text{Strahlungsart, Energie, ...})$$

15

Spannungsbereiche für Ionisationskammer

- I. Rekombinationsbereich
- II. Sättigungsbereich (Ionisationskammer-Bereich)
- III. Proportionalitätsbereich
- IV. Auslösebereich (G-M-Bereich)



ad. I.:

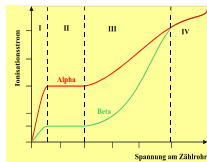
✓ Die angelegte Spannung ist zu klein und die entstandenen Ladungen können die Elektroden nicht erreichen.

✓ Daher kann es geschehen, dass sich einige Ar^+ -Ionen wieder mit Elektronen zu neutralen Ar-Atomen vereinigen. Dieser Prozess wird **Rekombination** genannt.

16

II. Sättigungsbereich (Ionisationskammer-Bereich)

- Es tritt keine Rekombination mehr auf.
- Fast alle Ionen gelangen zu den Elektroden
- Der Sättigungsstrom hängt von der Energie der einfallenden Strahlung ab.
- Der Sättigungsstrom für α -Teilchen ist wegen der unterschiedlichen Ionisationsfähigkeiten grösser als der Sättigungsstrom der β -Teilchen.

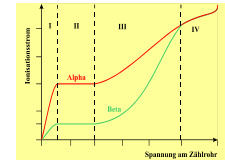


Bereich, in dem keine Rekombination mehr stattfindet und das elektrische Feld noch nicht zu stark ist, weitere sekundäre Ionisationen verursachen zu können.

17

III. Proportionalitätsbereich

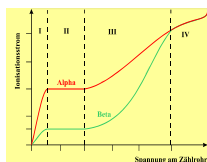
- Es sind weitere Ladungen durch Stoßionisationen erzeugt: Sekundärionisation
- Die Anzahl der durch Sekundärionisation erzeugten Ionen ist proportional zur Anzahl der primär erzeugten Ionen.
- Die Stromstärke ist noch der Teilchenenergie proportional.



18

IV. Geiger-Müller-Bereich

- Die Anzahl der Sekundärionisationen ist so gross, daß es keine Rolle spielt, ob bei der Primärionisation einige Ionen mehr oder weniger entstehen.
- Das Signal ist uniformiert, es ist unabhängig von der Energie der ionisierenden Strahlung
- Die Anzahl der einfallenden Teilchen wird registriert.



Allgemeine Bemerkung:
Wegen des Durchdringungsvermögens der Gamma/Röntgen-Strahlungen besitzt die GM-Röhre nur einen Wirkungsgrad von 0,1% .

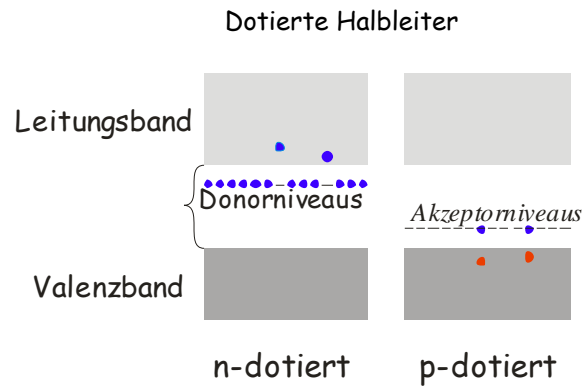
19

Vorteile:

- *seit mehr als 100 Jahren sind die Ionisationsvorgänge untersucht — ausführliche theoretische und praktische Kenntnisse;*
- *Messvolumen von mm³ - Liter;*
- *ermöglicht absolute Messung — Kalibrationsmessungen der anderen Detektoren/Dosimeter;*
- *Messung der sehr großen Dosiswerten;*
- *Schließen zur Energiedosis in Geweben.*
- *Echzeitmessung bei der Strahlentherapie!!*

20

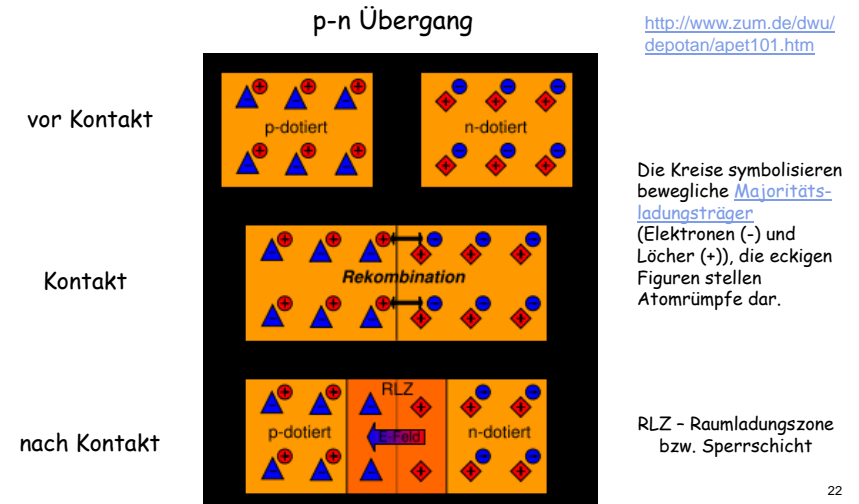
Halbleiter-Detektor



siehe Praktikum: γ -Energie

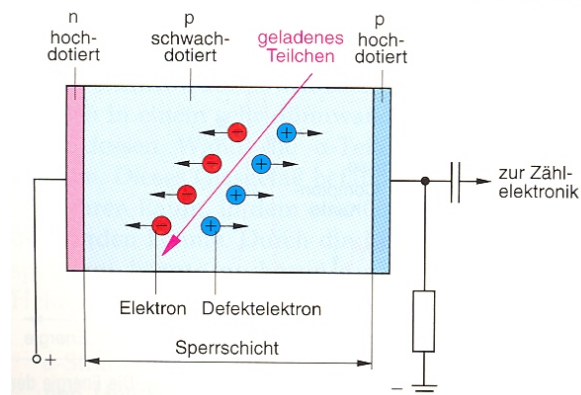
21

Halbleiter-Sperrschicht Detektor



22

Halbleiter-Sperrschicht Detektor



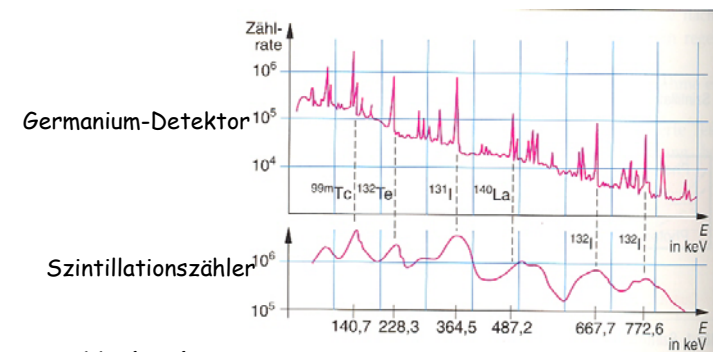
Wird der n-Bereich mit dem + Pol und der p-Bereich mit dem - Pol einer Spannungsquelle verbunden, so verbreitert sich die Sperrschicht. Ein el. Ladung tragendes Teilchen erzeugt in dieser Sperrschicht Elektronen und Defektelektronen. → Es kommt zu einem kurzzeitigem Strom.

23

Halbleiter-Sperrschicht Detektor

Vorteile:

- Im Halbleiter können auch Teilchen höherer Energie vollständig abgebremst werden. (wegen der höheren Dichte)
- Sie besitzen eine gute Energieauflösung $\Delta E/E$ von weniger als 1%.



Nachteil:

- Sie sind sehr temperaturempfindlich.

24