

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.) Gasisationsdetektoren
 - ✓ Ionisationskammer, Proportionalzählrohr, Geiger-Müller Zählrohr...
- 3.) Halbleiterdetektoren:
 - Halbleiter-Sperrschicht Detektor
- 4.) Spurdetektoren:
 - Nebelkammer, Blaskammer, Funkenkammer...

Nachweis über nicht elektromagnetische Wechselwirkung mit Materie

- 1.) Neutronendetektor
- 2.) Neutrinosdetektor

2

Szintillationsdetektor

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

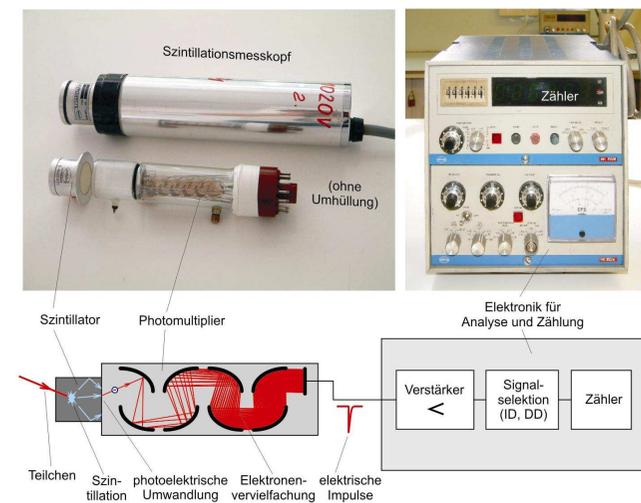
Flüssige Szintillatoren: Anthracen, Stilben, Naphtalen ...

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

siehe Praktikum: Nukleare Grundmessung

3

Szintillationsdetektor

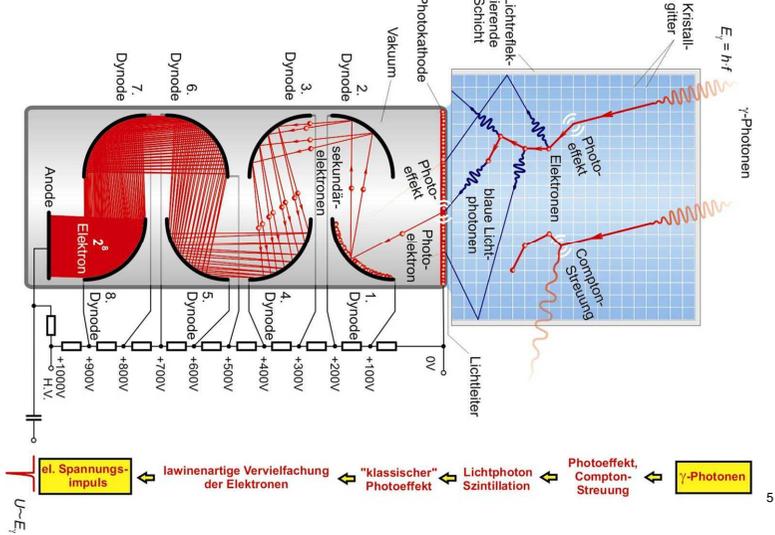


4

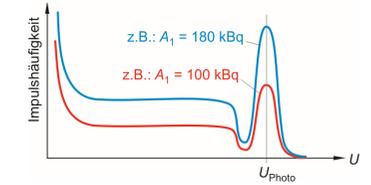
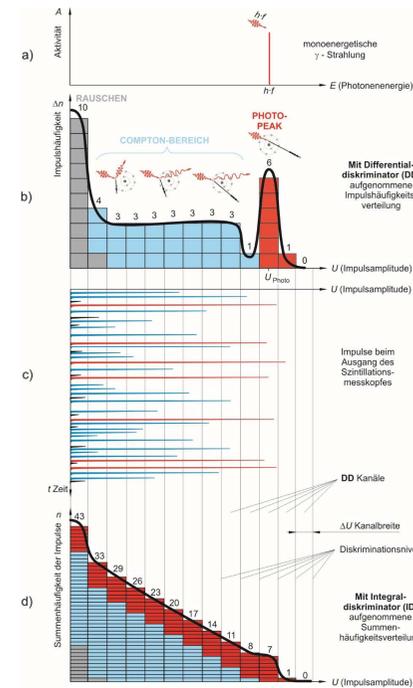
Szintillationszähler

PHOTOMULTIPLIERTOR
(SEKUNDÄRELEKTRONENVERVIELFACHER)

SZINTILLATOR
Na I (TI)



5



$$U_{Photo} \sim E$$

siehe Praktikum: Gamma-Energie

6

Vorteil:

- Szintillationszähler besitzen eine hohe Nachweeffektivität für γ -Strahlung:

Wirkungsgrade für verschiedene Radionuklide Mittelwerte aus Messungen mit 100 cm ² Präparaten	
C-14	ca. 14%
F-18	ca. 18%
P-32	ca. 25%
S-35	ca. 5%
Cl-36	ca. 42%
K-40	ca. 30%
Co-57	ca. 7%
Co-60	ca. 27%
Sr-89	ca. 27%
Sr-90 / Y-90 (auf Sr-90 bezogen)	ca. 42%
Tc-99m	ca. 3%
In-111	ca. 8%
I-123	ca. 7%
I-125	ca. 12%
I-131	ca. 21%
Cs-137	ca. 35%
Au-198	ca. 23%
Tl-204	ca. 43%
Am-241 α	ca. 22%
P-238 α	ca. 12%
U-238 α	ca. 26%



<http://www.graetz.com/como-170.html>

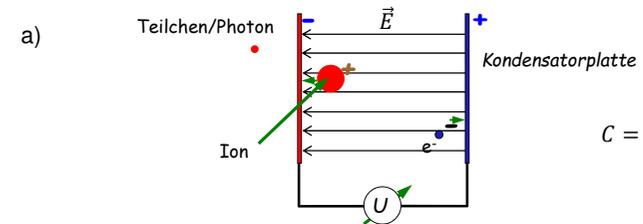
Nachteil:

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

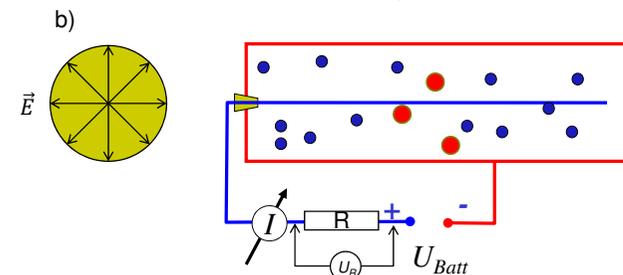
7

Gasionsdetektoren

Messprinzip: die Gasionisation liefert elektrisches Signal



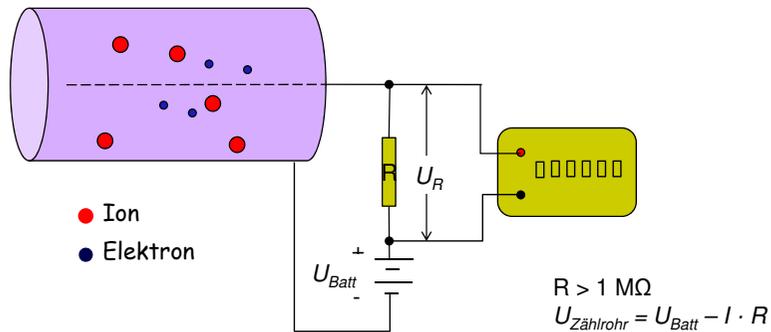
$$C = \frac{Q}{U}$$



$$I = \frac{Q}{t} = \frac{U_R}{R}$$

8

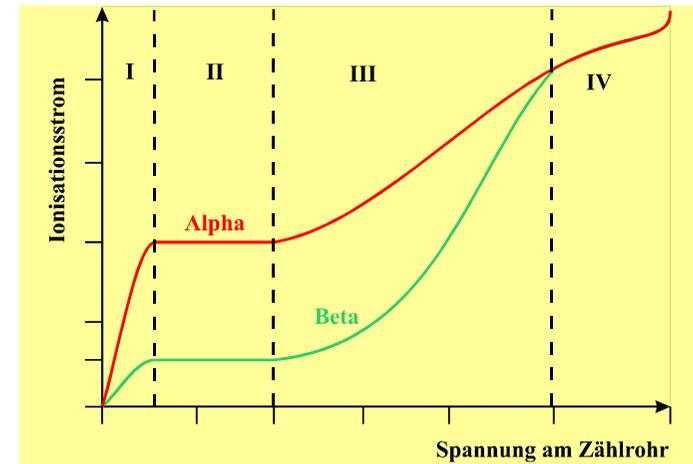
Ionisationskammer



z.B. Ar (90%) und Ethanol (10%)
(Zählgas + Löschgas)

9

Spannung-Strom Charakteristik des Ionisationsdetektors

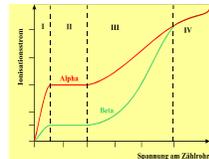


$$U_R = f(U_{\text{Batt}}, \text{Strahlungsart, Energie, ...})$$

10

Spannungsbereiche für Ionisationskammer

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



ad. I.:

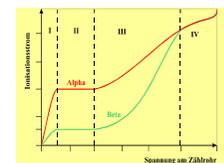
✓ Die angelegte Spannung ist zu klein und die entstandenen Ladungen können die Elektroden nicht erreichen.

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

11

II. Sättigungsbereich (Ionisationskammer-Bereich)

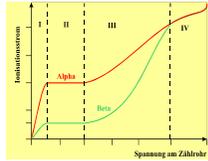
- Es tritt keine Rekombination mehr auf.
- Fast alle Ionen gelangen zu den Elektroden
- Der Sättigungsstrom hängt von der Energie der einfallenden Strahlung ab.
- Der Sättigungsstrom für α -Teilchen ist wegen der unterschiedlichen Ionisationsfähigkeiten grösser als der Sättigungsstrom der β -Teilchen.



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

12

III. Proportionalitätsbereich

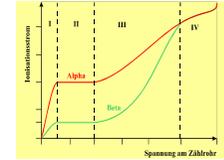


- Es sind weitere Ladungen durch Stoßionisationen erzeugt: Sekundärionisation
- Die Anzahl der durch Sekundärionisation erzeugten Ionen ist proportional zur Anzahl der primär erzeugten Ionen.
- Die Stromstärke ist noch der Teilchenenergie proportional.

13

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.



Das Löschen der Zählrohrentladung:

1. Hoher Zählrohrwiderstand
2. Löschgas
3. Positive Raumladung

$$R > 1 \text{ M}\Omega$$

$$U_{\text{Zählrohr}} = U_{\text{Batt}} - I \cdot R$$

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

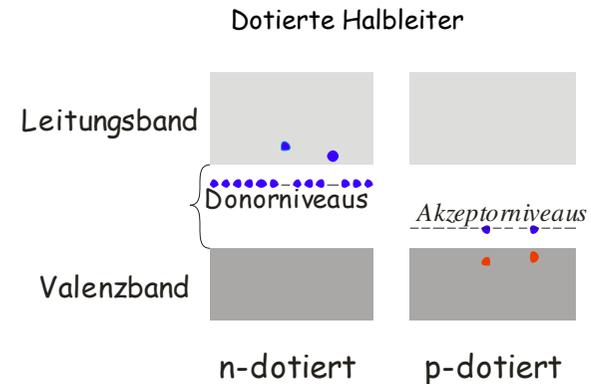
14

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!!*

15

Halbleiter-Detektor

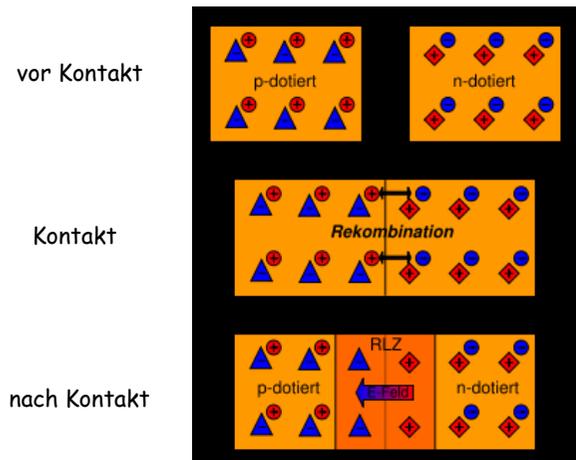


siehe Praktikum: γ -Energie

16

Halbleiter-Sperrschicht Detektor

p-n Übergang



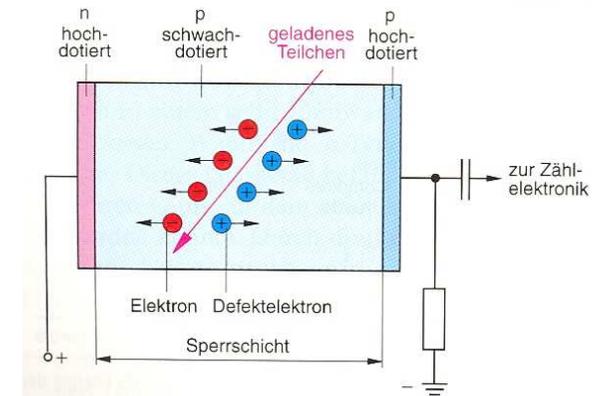
<http://www.zum.de/dwu/depotan/apet101.htm>

Die Kreise symbolisieren bewegliche Majoritätsladungsträger (Elektronen (-) und Löcher (+)), die eckigen Figuren stellen Atomrümpfe dar.

RLZ - Raumladungszone bzw. Sperrschicht

17

Halbleiter-Sperrschicht Detektor



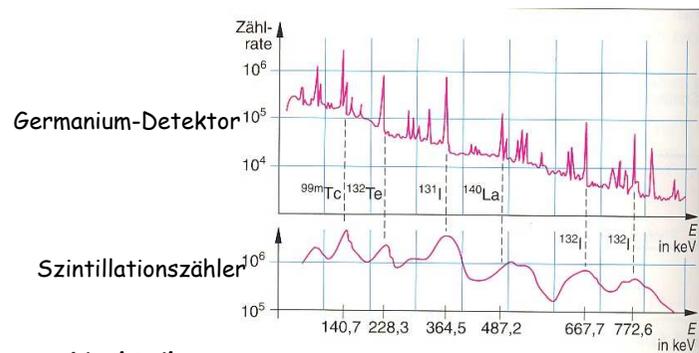
Wird der n-Bereich mit dem + Pol und der p-Bereich mit dem - Pol einer Spannungsquelle verbunden, so verbreitert sich die Sperrschicht. Ein el. Ladung tragendes Teilchen erzeugt in dieser Sperrschicht Elektronen und Defektelektronen. → Es kommt zu einem kurzzeitigem Strom.

18

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.

19