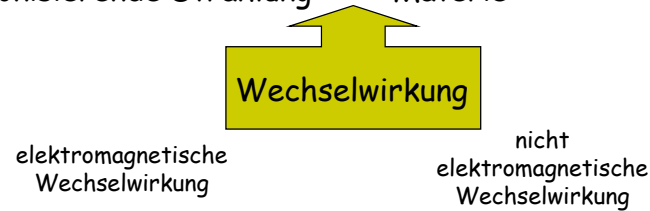


Strahlungsdetektoren

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...
- 5.) ☹ ... usw.

2

Strahlungsdetektoren

Nachweis über nicht elektromagnetische Wechselwirkung mit Materie

- 1.) Neutronendetektor
- 2.) Neutrino-detektor

... usw.

3

Szintillationsdetektor

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

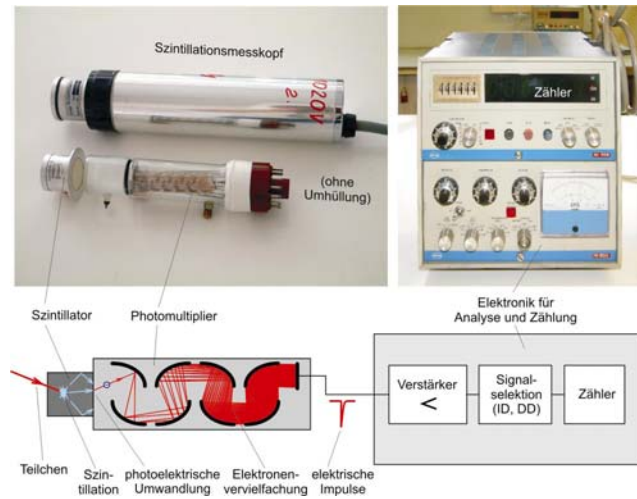
Flüssige Szintillatoren: Anthracen, Stilben, Naphtalen ...

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

siehe Praktikum: Nukleare Grundmessung

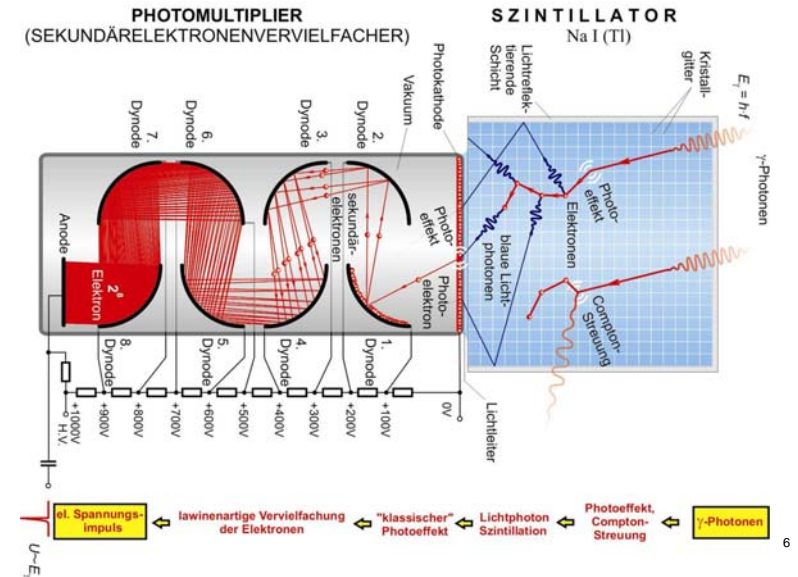
4

Szintillationsdetektor



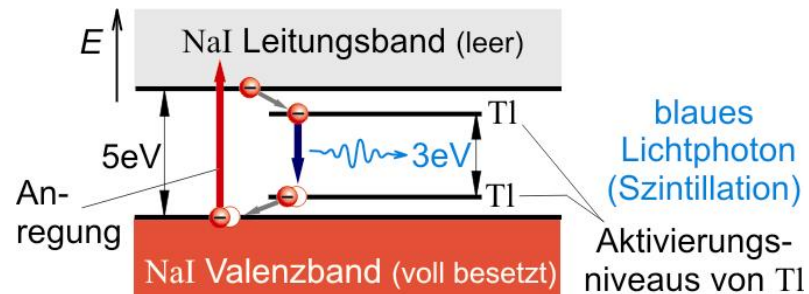
5

Szintillationszähler



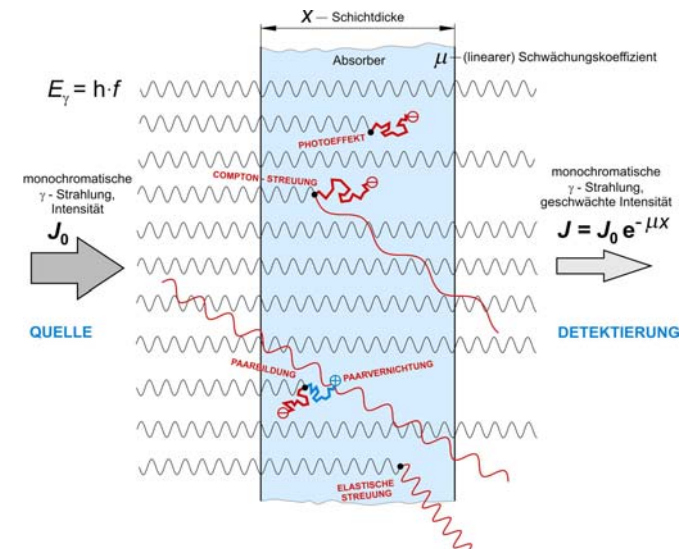
6

Szintillationsdetektor



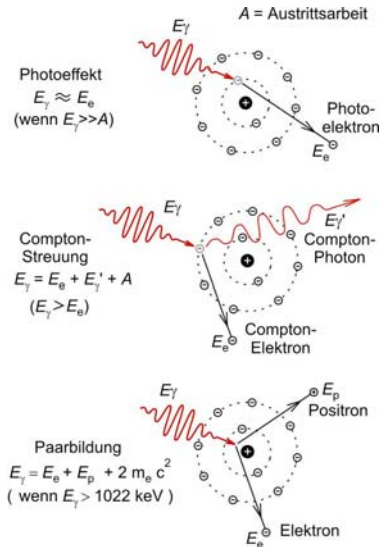
7

Szintillationsdetektor



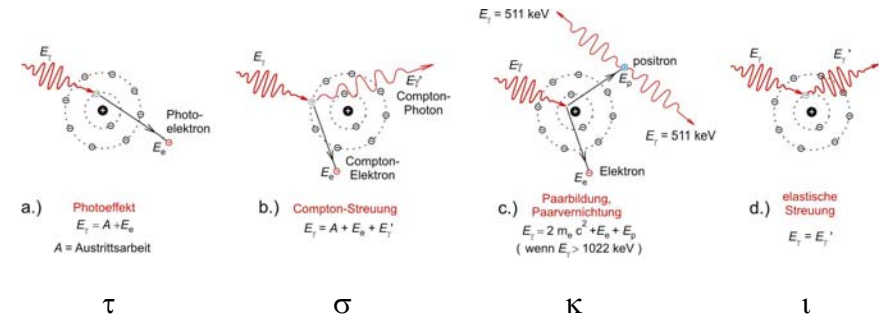
8

Elementarprozesse der Schwächung



9

Elementarprozesse der Schwächung



$$\mu = \tau + \sigma + \kappa + l$$

$$\mu_m = \tau_m + \sigma_m + \kappa_m + l_m$$

Siehe Praktikum: γ -Absorption¹⁰

Physikalische Größen, die den μ beeinflussen

- ✓ ρ Dichte des Mediums/Absorbents
- ✓ Q Qualität des Absorbents
- ✓ Strahlungsart: EMW, Teilchenstrahlung. ($\alpha, \beta, p, n, \dots$)

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

Massenschwächungskoeffizient:

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

μ_m ist von der Dichte unabhängig geworden!

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

11

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

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

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

Massenbedeckung x_m

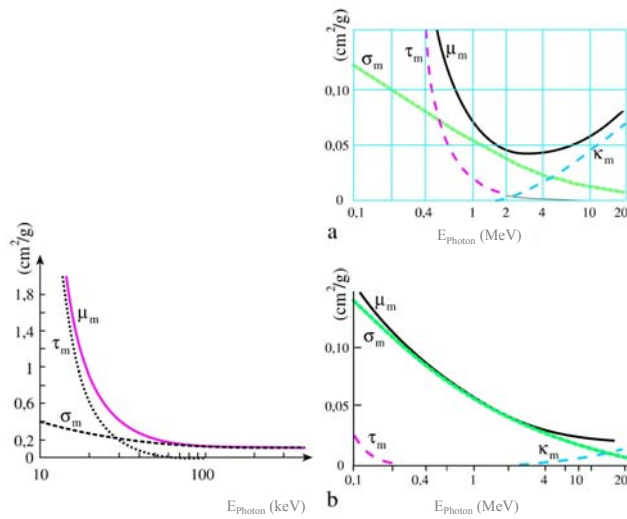
gibt die Masse des Stoffes in einem Prisma mit der Länge x und Querschnitt von 1 cm^2 an

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

Benützung von μ_m ist vorgezogen im Vergleich zum μ .

12

Elementarprozesse der Schwächung



Pb Absorbent
Strahlenschutz

H₂O Absorbent
Modell für
weiche Gewebe

Siehe Praktikum: γ -Absorption

Vorteil:

➤ Szintillationszähler besitzen eine hohe Nachweiseffektivität für γ -Strahlung;

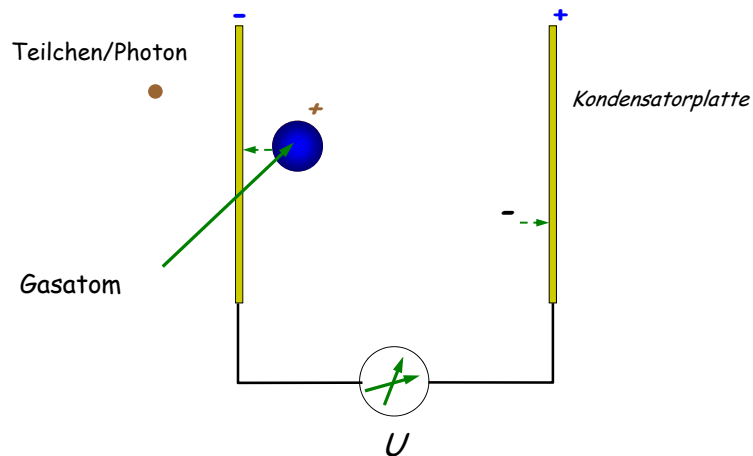
Nachteil:

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

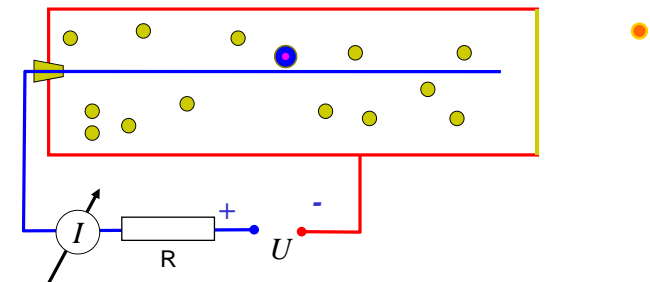
14

Gasionisationsdetektoren

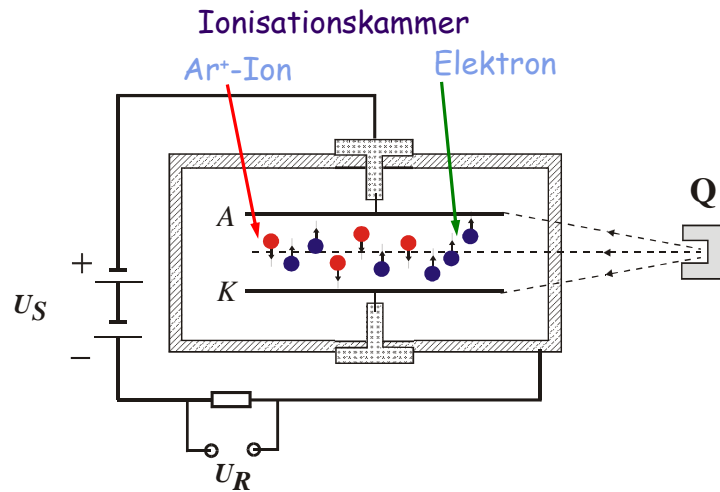
Messprinzip: die Gasionisation liefert elektrisches Signal



15



16

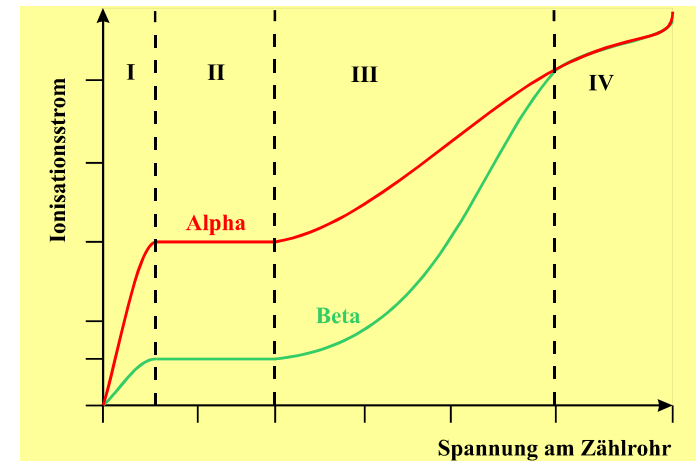


Ar; p ~ 100 mbar
andere Gase, Gasgemische
sind auch benützt

• positiv geladene Teilchen
• negativ geladene Teilchen

17

Spannung-Strom Charakteristik des Ionisationsdetektors

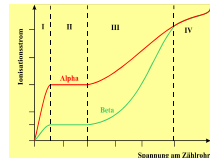


$$U_R = f(U_S, \text{Strahlungsart, Energie, ...})$$

18

Spannungsbereiche für Ionisationskammer

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



ad. I.:

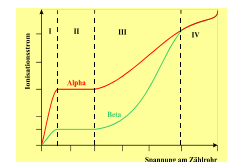
✓Die angelegte Spannung ist zu klein und die entstandenen Ladungen können die Elektroden nicht erreichen.

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

19

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.

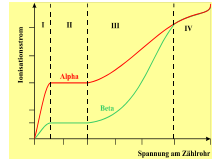


- Der Sättigungsstrom für α -Teilchen ist wegen der unterschiedlichen Ionisationsfähigkeiten grösser als der Sättigungsstrom der β -Teilchen.

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

20

III. Proportionalitätsbereich

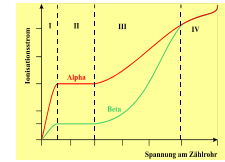


- Es sind weitere Ladungen durch Stoßionisationen erzeugt: Sekundärionisation
- Die Anzahl der durch Sekundärionisation erzeugten Ionen ist proportional zur Anzahl der primär erzeugten Ionen.
- Die Stromstärke ist noch der Teilchenenergie proportional.

21

IV. Geiger-Müller-Bereich

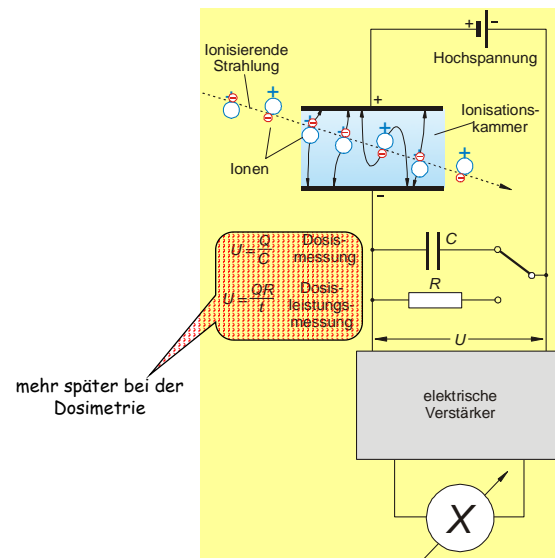
- Die Anzahl der Sekundärionisationen ist so gross, daß es keine Rolle spielt, ob bei der Primärionisation einige Ionen mehr oder weniger entstehen.
- Das Signal ist uniformiert, es ist unabhängig von der Energie der ionisierenden Strahlung
- Die Anzahl der einfallenden Teilchen wird registriert.



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

22

Ionisationskammer



el. Ladung ~
Teilchenenergie

Zahl der el.Signal
~ Teilchenzahl

23

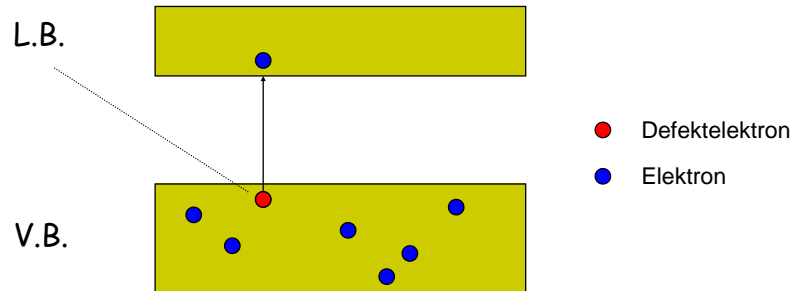
Vorteile:

- *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!!*

24

Halbleiter-Detektor

Halbleiter (Si, Ge)



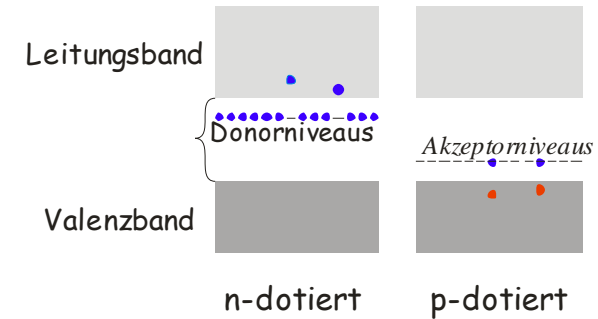
el. Signal \sim Teilchenenergie

siehe Praktikum: γ -Energie

25

Halbleiter-Detektor

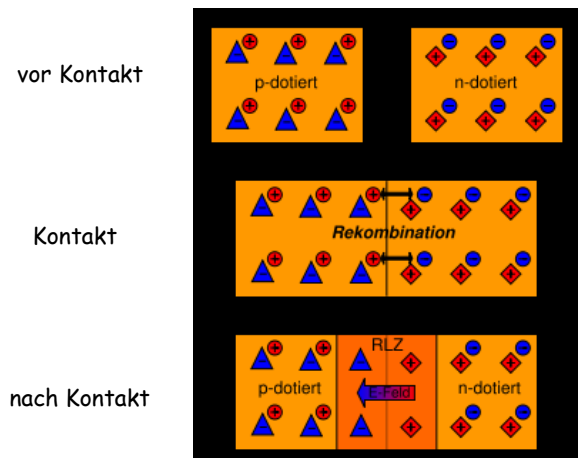
Dotierte Halbleiter



26

Halbleiter-Sperrschicht Detektor

p-n Übergang



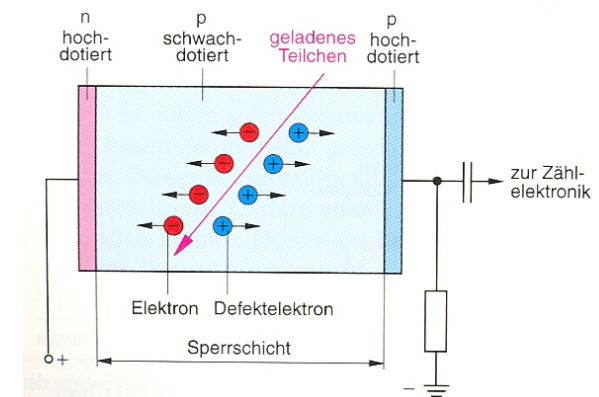
<http://www.zum.de/dwu/depotan/apet101.htm>

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

RLZ - Raumladungszone bzw. Sperrschicht

27

Halbleiter-Sperrschicht Detektor



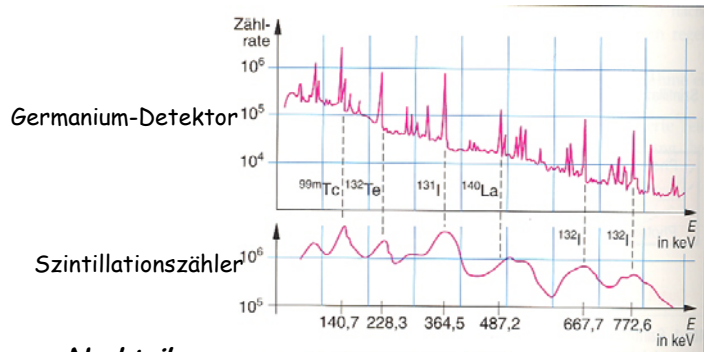
Wird der n-Bereich mit dem + Pol und der p-Bereich mit dem - Pol einer Spannungsquelle verbunden, so verbreitert sich die Sperrschicht. Ein el. Ladung tragendes Teilchen erzeugt in dieser Sperrschicht Elektronen und Defektelektronen. \rightarrow Es kommt zu einem kurzzeitigem Strom.

28

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.

29

Rechenaufgaben:

11. Woche (19-23. 11.): Praktikumsbuch 30-36

12. Woche (26-30. 11.): Praktikumsbuch 24-28

30