

Berechnung der Geschwindigkeit eines Elektrons (klassisch)

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2Ue}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100V \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} C}{9,1 \cdot 10^{-31} kg}} \approx \frac{1}{3} \cdot 10^7 \frac{m}{s}$$

Bei Energien oberhalb ca. 1 MeV wäre das Elektron mit obiger Gleichung schneller als Lichtgeschwindigkeit.

Allerdings muss bei Geschwindigkeiten nahe der Lichtgeschwindigkeit die relativistische Massenzunahme des Elektrons berücksichtigt werden.

Somit muss die Geschwindigkeit des Elektrons relativistisch berechnet.

Relativistisch

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad | \cdot c^2$$

$$m c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

1 MeV kinetische Energie bedeutet eine Gesamtenergie von 1,511 MeV, da die Ruheenergie = 0,511 MeV beträgt. Also ist $m c^2 = 1,511$ und $m_0 c^2 = 0,511$.

Für die Wurzel ergibt sich daraus ein Wert von 0,33819 und nach Ziehung der Wurzel 0,1143702. Dieser Wert von 1 abgezogen gibt 0,8856298 und daraus die Wurzel gezogen dann 0,94 für v/c

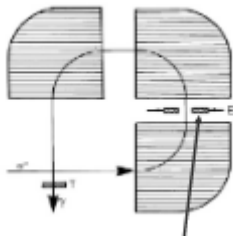
Bei 1 MeV beträgt die Geschwindigkeit des Elektrons somit 94% der Lichtgeschwindigkeit.

Wellenlänge

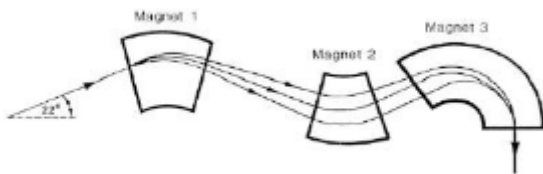
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^9} m = 0,1 m$$

Das Beschleunigungsrohr ist in Driftröhren unterteilt. Die Länge dieser Driftröhren entspricht etwa der Wellenlänge der elektromagnetischen Wellen bei einer Frequenz von 3 GHz:

Allerdings sind die Abstände zu Beginn des Beschleunigungsrohrs etwas geringer und unterschiedlich groß, da die Elektronen noch nicht so schnell sind. Erst nach circa 20 cm liegt der Abstand konstant bei etwa 10 cm.

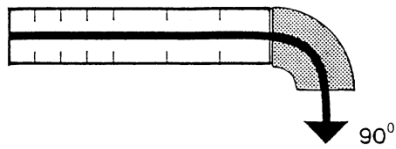


270 Grad Umlenkung



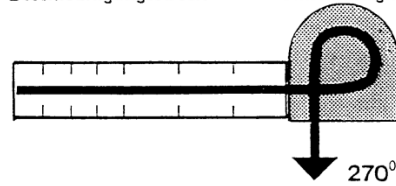
Slalomumlenkung

Beschleunigungsstrecke Umlenkmagnet

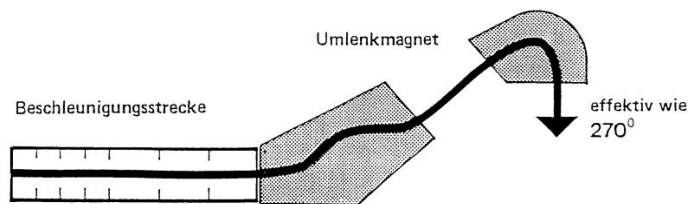


90°-Umlenkung

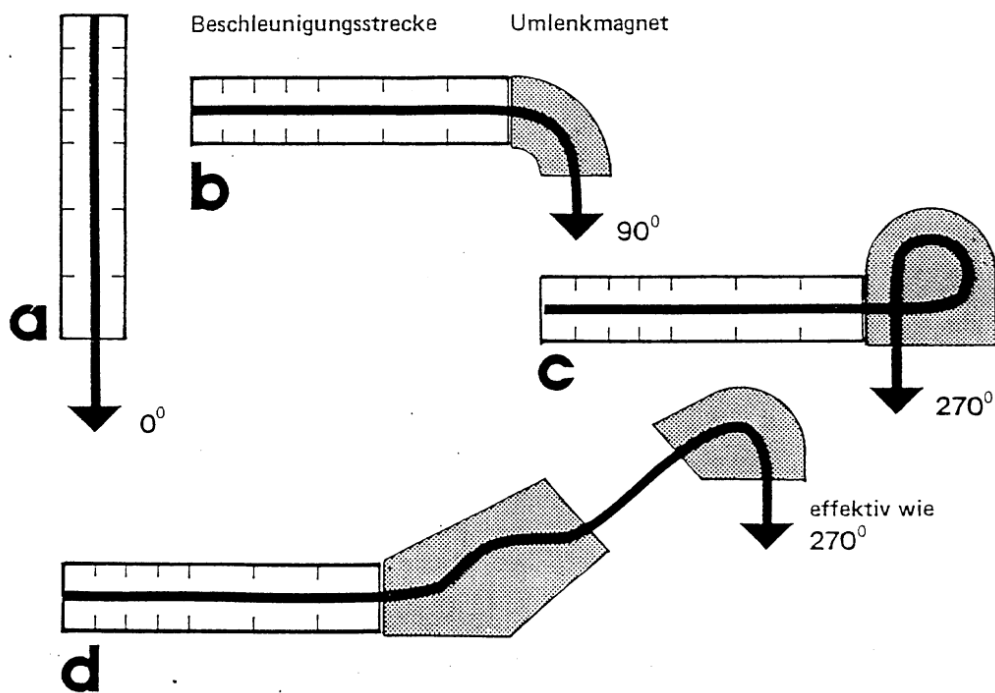
Beschleunigungsstrecke Umlenkmagnet



270°-Umlenkung

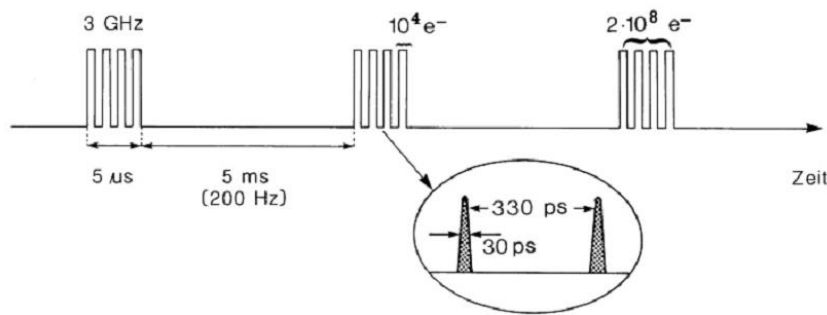


Slalomumlenkung



Die Makropulse haben eine Dauer von $5\mu\text{s}$, die Mikropulse eine Dauer von 30ps . Jeder Makropuls setzt sich dabei aus $2 \cdot 10^4$ Mikropulsen zusammen, was einem Abstand von 330ps pro Mikropuls entspricht (und einer Frequenz von 3GHz wie die Radarwelle).

Jeder Mikropuls enthält dabei 10^4 Elektronen, womit sich insgesamt $2 \cdot 10^8$ Elektronen pro Makropuls ergeben.



Elektronenpulsfolge

DIN-Terminologieportal:

DIN-Terminologie-Portal: Anmeldung mit e-mail-Adresse und Passwort

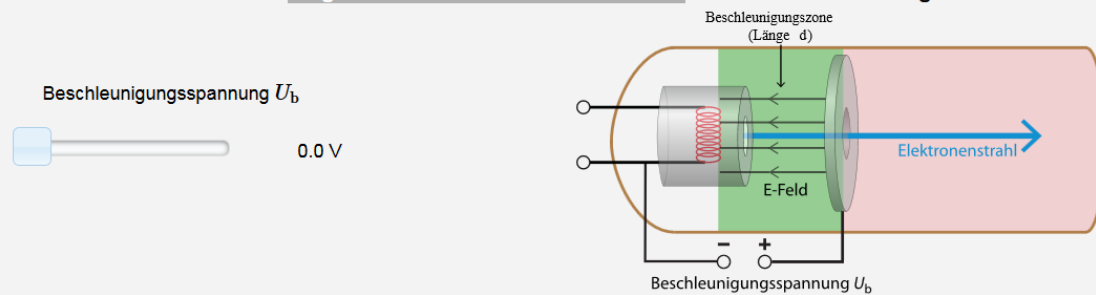
Man muss auf Terminologie gehen, dann DIN-TERMinologieportal, auf Begriffe je Gremium, NA080 für Radiologie eingeben und dann kann man über die einzelnen Buchstaben des Alphabets alle möglichen Begriffe finden.

Normen

Nationale (DIN) Normen sind innerhalb des Klinik- und Uninetzes abrufbar über:

www.redi-bw.de/start/unitu/Perinorm-Web

Vergleich zwischen klassischer und relativistischer Rechnung:



Klassische Berechnung der Endgeschwindigkeit mittels $v_{\text{klassisch}} = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m} \cdot U_b}$

$$v_{\text{klas}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Relativistische Berechnung der Endgeschwindigkeit mittels $v_{\text{relativistisch}} = c \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{U_b \cdot e}{m_e \cdot c^2}\right)^2}}$

$$v_{\text{rel}} = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Berechnung von wichtigen Größen:

Bei welcher Beschleunigungsspannung beträgt die Geschwindigkeit der Elektronen 10% der Lichtgeschwindigkeit?

$$v_{\text{end}} = 0.1 \cdot c = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_e} \cdot U_b}$$

Quadrieren und auflösen nach U_b

$$U_b = \frac{0.01 \cdot c^2 \cdot m_e}{2 \cdot e}$$

Einsetzen von $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ und $e = 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ liefert:

$$U_b = 2559 \text{ V}$$

Bei einer Beschleunigungsspannung von ca. 2543 V erreichen Elektronen 10% der Lichtgeschwindigkeit. Treten höhere Beschleunigungsspannungen auf, so muss in der Regel relativistisch gerechnet werden.

Abweichung zwischen klassischer und relativistischer Rechnung bei $U_b = 2559 \text{ V}$:

$$v_{\text{klassisch}} = 0.1 \cdot c$$

$$v_{\text{relativistisch}} = c \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{U_b \cdot e}{m_e \cdot c^2}\right)^2}} \approx 0.09962 \cdot c$$

absolute Abweichung:

$$0.1 \cdot c - 0.09962 \cdot c = 0.00038 \cdot c \approx 114000 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 410400 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

relative Abweichung:

$$1 - \frac{0.09962}{0.1} = 1 - 0.9962 = 0.0038 = 0.38\%$$

Mit steigender Beschleunigungsspannung nimmt diese Abweichung allerdings stark zu:

