

6. Beschleuniger

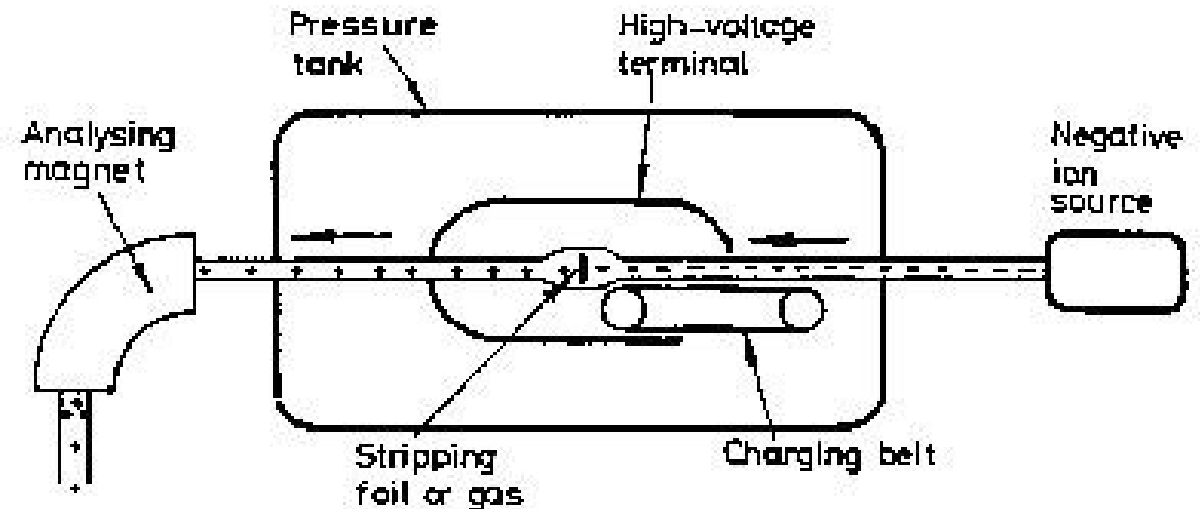
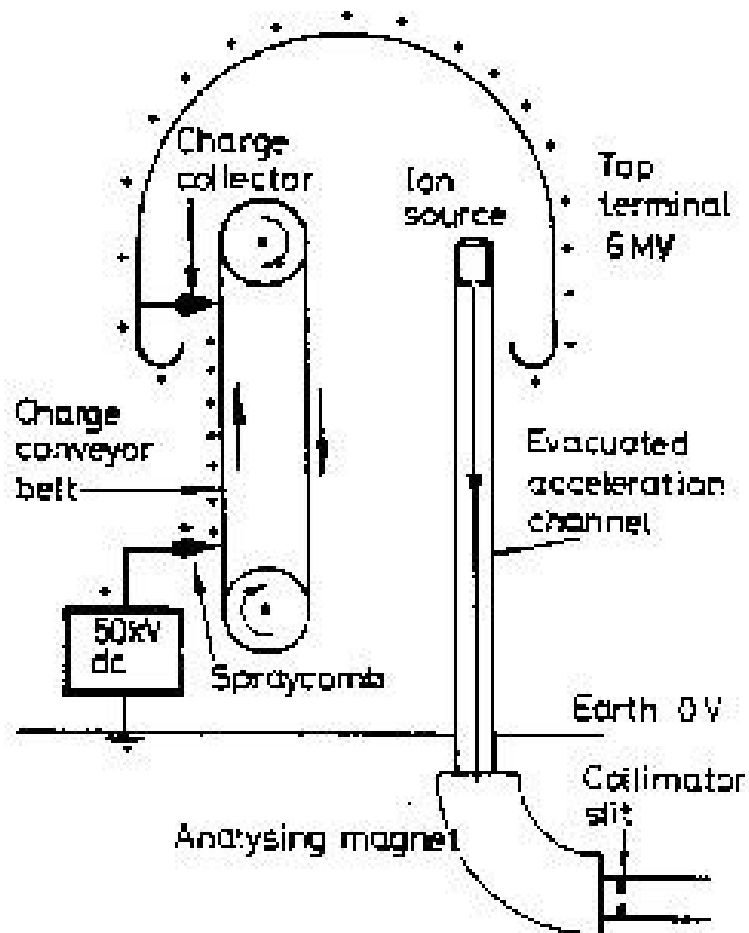
- Auflösungsvermögen $\Delta x \approx \frac{\lambda}{2}$ de Broglie-Wellenlänge
 $\lambda = h/p = hc/\beta E$
- höchste Energie aus Kernprozessen $\approx 10 \text{ MeV}$
 \rightarrow Beschleunigung von Teilchen
- Prinzip: Energiegewinn ΔE aus
 Potentialdifferenz ΔU

$$\Delta E = q \cdot \Delta U$$

6.1 Elektrostatische Beschleuniger

Hochspannung mit
van der Graeff - Generator

Tandem van de Graeff
Beschleuniger



Tandem-Beschleuniger in Garching



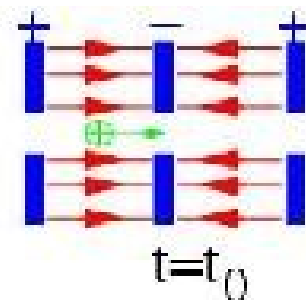
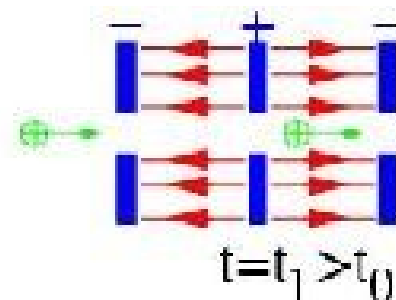
6.2 HF-Linienbeschleuniger

*

- statisches E-Feld ist konservativ, d.h. $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$
 \rightarrow zeitabhängige E-Felder für Beschleunigung

- Strahlpakete (bunches)

- Strahlpaketlänge: $l \ll \frac{v}{f_{HF}}$

 $t=t_0$  $t=t_1 > t_0$

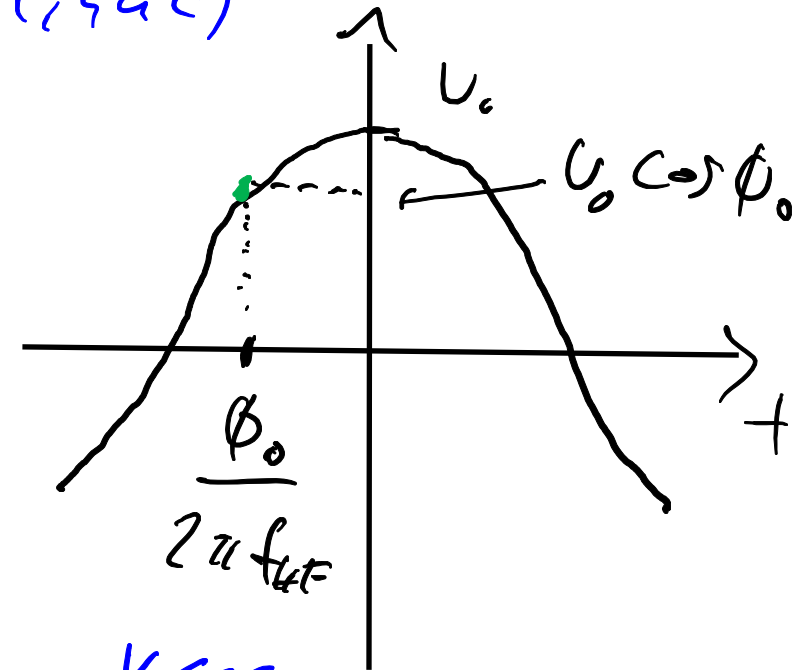
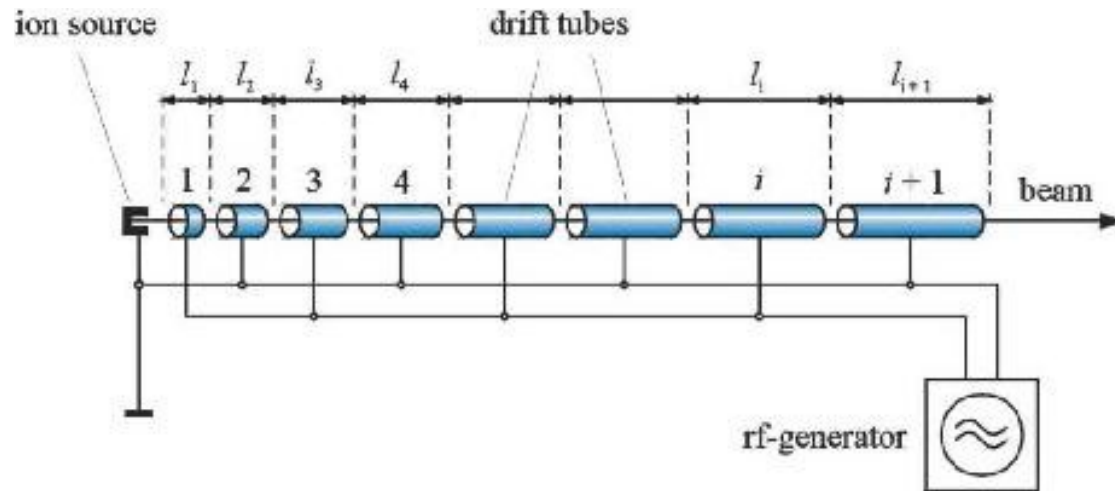
- Abstand der Strahlpakete:

$$L_B = n \cdot \frac{v}{f_{HF}}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$U_{HF} = U_0 \cdot \cos(2\pi f_{HF} \cdot t)$$



- Prinzip: Linearbeschleuniger (linac)



$$E_{kin, i} = i \cdot q U_0 \cos \phi_0 \quad v \ll c \quad \approx \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$\text{Flugzeit } i \rightarrow i+1: \bar{t}_i = \frac{l_i}{v_i} = \frac{T_{HF}}{2} = \frac{1}{2 f_{HF}}$$

$$v \ll c \Rightarrow l_i = \frac{1}{f_{HF}} \sqrt{\frac{q U_0 \cos \phi_0}{2 m}} v_i$$

$$v \approx c \Rightarrow l_i = \frac{c}{2 f_{HF}}$$

Alvarez-Struktur: geschlossene Struktur
 \rightarrow keine Abstrahlung

6.3 Kreisbeschleuniger

- Viele Formen: Zyklotron, Betatron, ...
- Synchrotron

• Designprinzip: $R = \frac{p}{qB} \stackrel{!}{=} \text{const}$

$\Rightarrow B \sim p = \gamma m v \sim \gamma$

- Umlauf / Zyklotron-

frequenz: $f_{\text{uml}} = \frac{v}{2\pi R}$

$\Rightarrow f_{\text{HF}} = h \cdot f_{\text{uml}}, h = 1, 2, 3, \dots$

- Strahlführung durch

- Quadrupolmagnete

($\hat{=}$ Zylinderlinsen)

- Phasenfokussierung

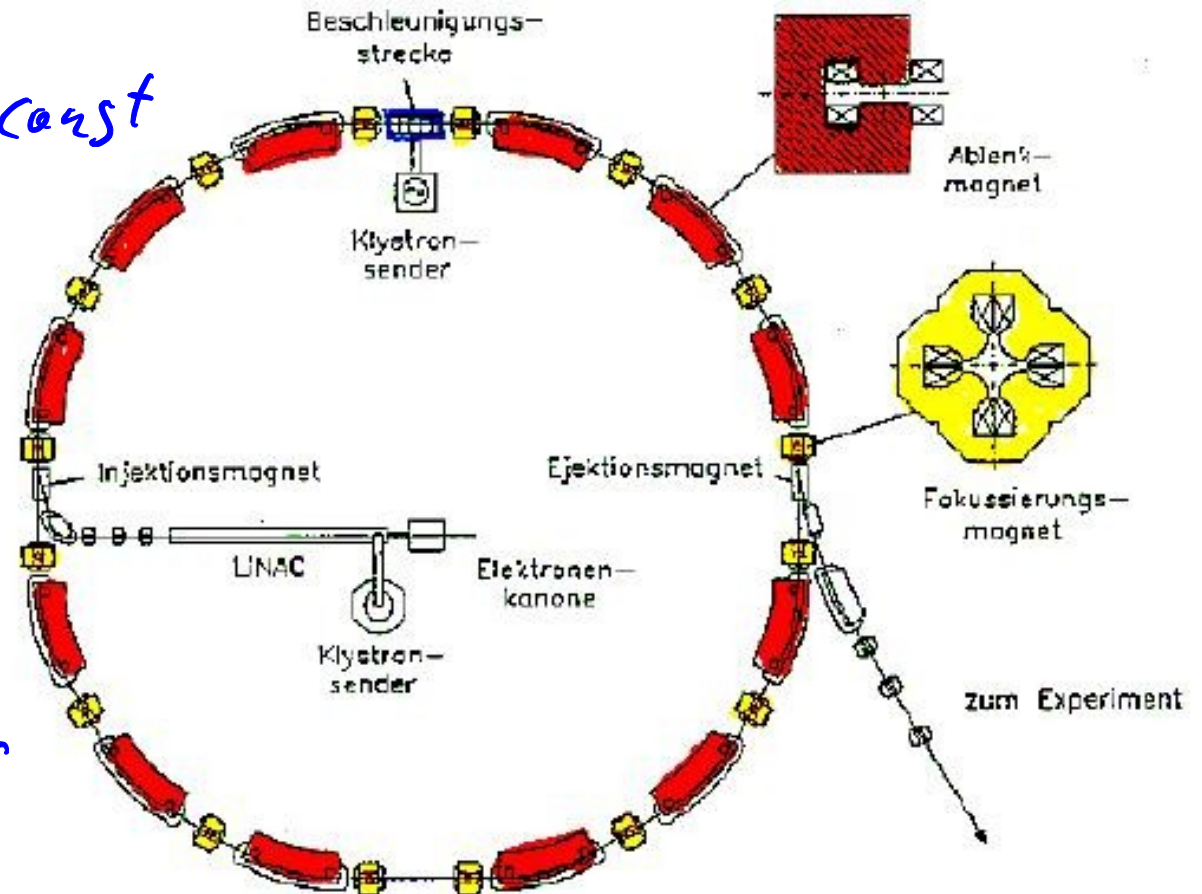


Fig. 1.16 Prinzipieller Aufbau eines modernen Synchrotrons. Die Bahn wird durch Ablenkmagnete mit homogenem Feld festgelegt, während die Fokussierung des Strahls durch gesonderte Magnete besorgt wird. Die Beschleunigung geschieht durch eine oder mehrere kurze HF-Strukturen. Die Teilchen werden von einem Vorbeschleuniger (Linac oder Microtron) geliefert.

- Synchrotronstrahlung limitiert Maximalenergie

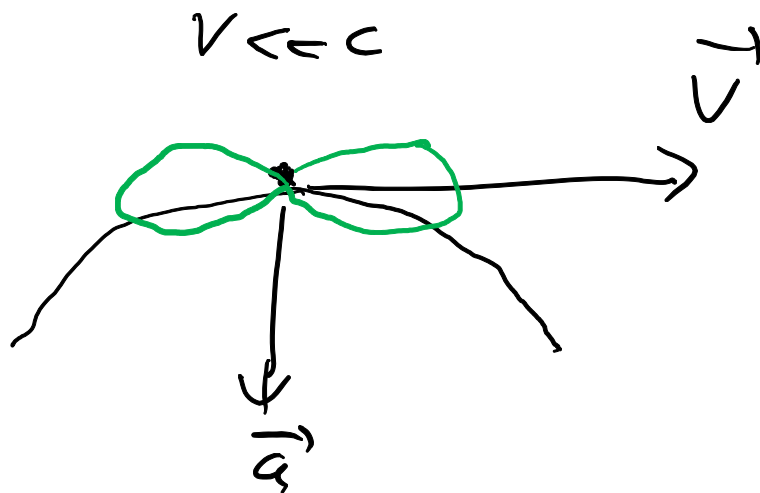
bei e^+e^- -Kreisbeschleunigern

- Energieverlust pro Umlauf

$$\Delta E \sim \frac{e^2}{R} \left(\frac{E}{mc^2} \right)^4 = \frac{e^2}{R} \gamma^4$$

$$\Delta E \approx 88,5 \text{ keV} \frac{(E[\text{GeV}])^4}{R[\text{m}]}$$

- Abstrahlungscharakteristika



Dipolcharakteristika

