

Teilchenuntersuchung in Feldern



DESY - Hamburg

„Deutsche Elektronen-Synchrotron“

Forschungseinrichtung zur
Grundlagenuntersuchung
in der Elementarteilchenphysik

+ medizinische Anwendungen !

Zur Untersuchung von Elementarteilchen müssen diese auf große Geschwindigkeiten (Energie) gebracht und gezielt auf gewünschte Bahnen abgelenkt werden.



Beschuss eines Targets mit einem Teilchenstrahl

Zusammenstoß zweier Teilchenstrahlen

Elektrische Felder

Elektrische Kräfte wirken stets längs der elektrischen Feldlinien.

Teilchen können beschleunigt (verzögert) und abgelenkt werden.

- ▶ Die Bewegungsenergie der Teilchen verändert sich.

Magnetische Felder

Magnetische Kräfte (Lorentzkraft) wirken stets senkrecht zur Bewegung.

Teilchen können nur aus ihrer Bahn abgelenkt werden.

- ▶ Die Bewegungsenergie der Teilchen bleibt unverändert.

Teilchenbeschleuniger:

Mit Hilfe von **Teilchenbeschleunigern** werden geladene Elementarteilchen auf extrem große Geschwindigkeiten gebracht.

Ihre Bewegungsenergien können mehrere GeV (10^9 eV) besitzen.

Bei diesen Geschwindigkeiten müssen relativistische Massenzunahmen berücksichtigt werden.

Man unterscheidet:

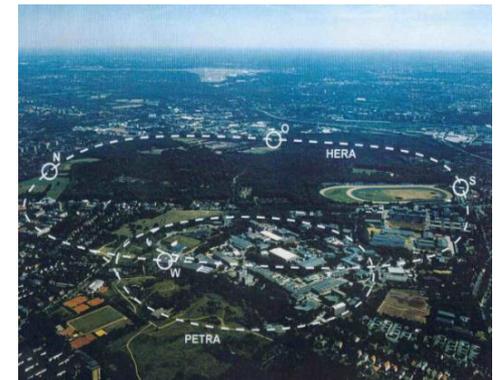
Linearbeschleuniger

und

Kreisbeschleuniger

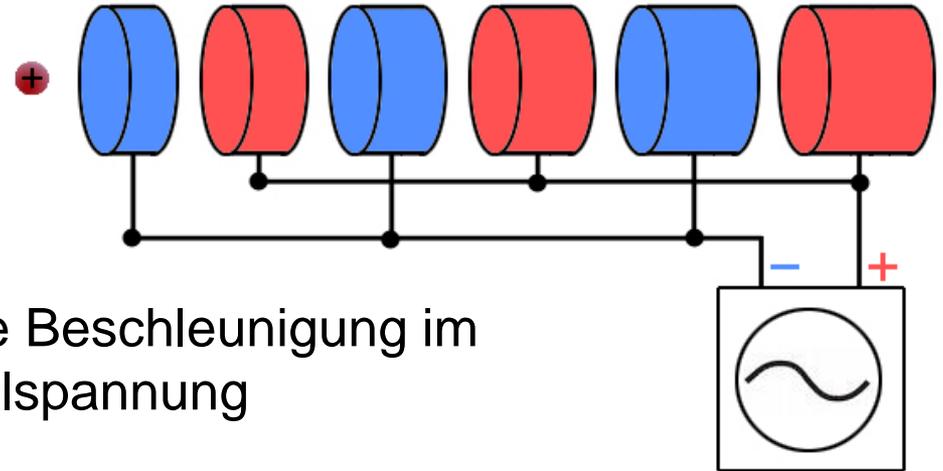


Zyklotron



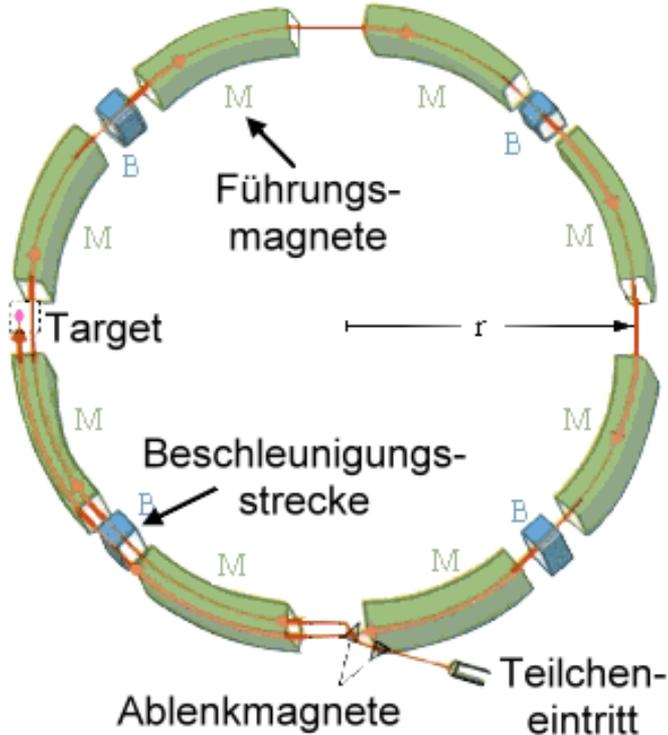
Synchrotron

Linearbeschleuniger:



- mehrstufige Beschleunigung auf einer geradlinigen Bahn der Teilchen
- zwischen der Röhren erfolgt die Beschleunigung im elektrischen Feld einer Wechselspannung
- In den Röhren bleibt die Geschwindigkeit konstant, da keine elektrische Kraft wirkt (Faraday-Käfig)
- während die Teilchen die Driftröhre durchlaufen wird das elektrische Feld umgepolt
- Die Frequenz muss der Durchlaufzeit der Teilchen zwischen und durch die Röhren angepasst werden
- mit zunehmender Geschwindigkeit werden die Driftröhren länger
- erreichbaren Geschwindigkeiten (Energie) nur begrenzt
- sehr lange Beschleunigungsstrecken erforderlich

Synchrotron:

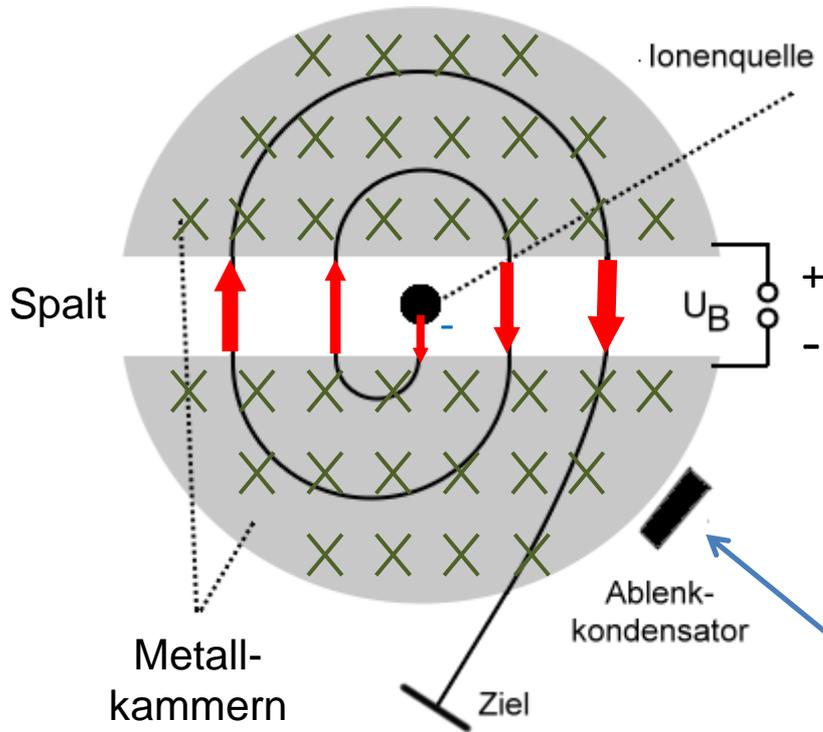


- wechselnden Abschnitte aus Beschleunigungsstrecken (B) und Führungsmagneten (M)
- **Beschleunigungsstrecken** Erhöhen die Bewegungsenergie, **Führungsmagnete** ändern die Bewegungsrichtung
- Die Flussdichte in den Führungsmagneten muss der zunehmenden Geschwindigkeit der Teilchen angepasst werden.

► Synchronisation

- Teilchen werden i.R. aus einem Linearbeschleuniger in ein Synchrotron geschossen
- Ringkanäle mit großen Durchmessern (lange Wegstrecken)
- Bahnen müssen nicht kreisförmig sein

Zyklotron:

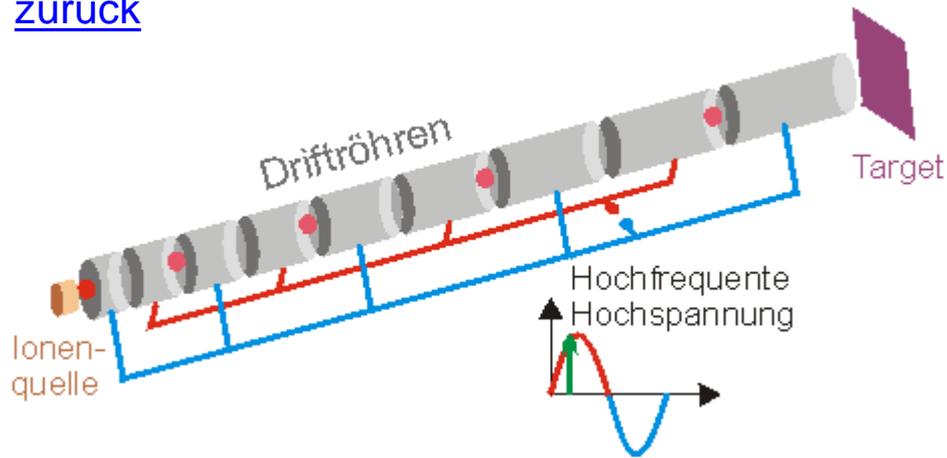


- Beschleunigung der Teilchen (**negative Ionen**) im Spalt zwischen den Metallkammern (Dynoden) durch angelegte Spannung
- Ablenkung auf eine Halbkreisbahn im **Magnetfeld** im Inneren der Dynoden
- Nach Umpolung erneute Beschleunigung und Ablenkung
- Nach genügend großer Energie (Durchmesser) erfolgt die Ablenkung aus dem Zyklotron

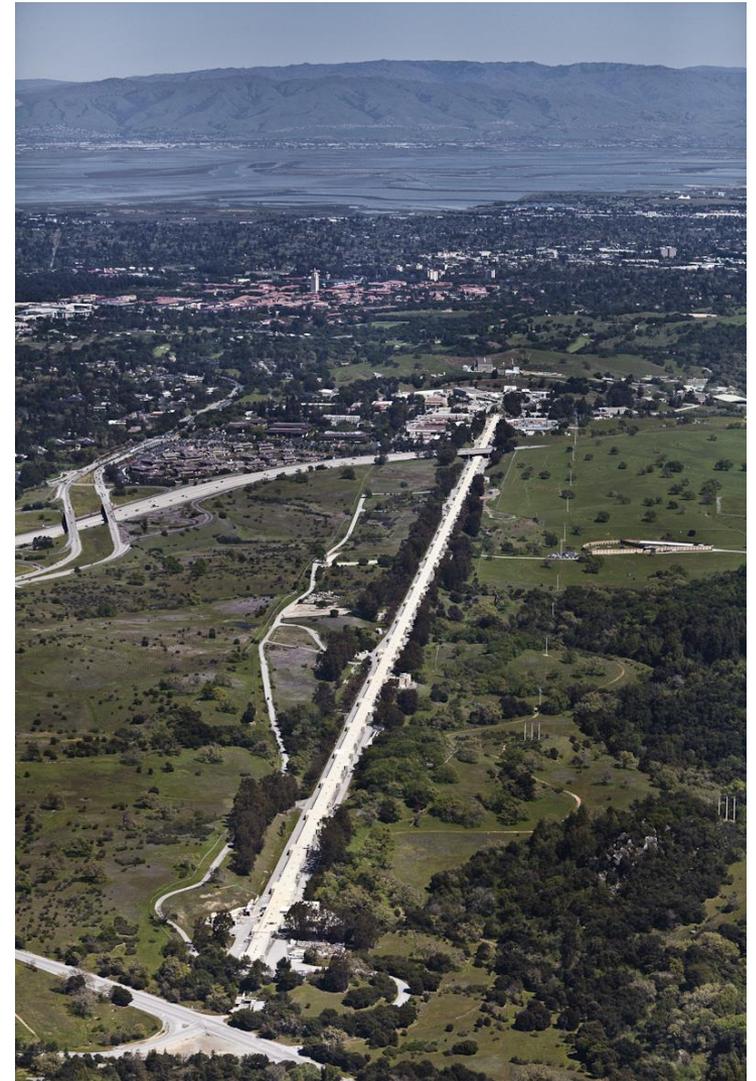
→ Bei **$B = \text{konstant}$** bleibt die Umlaufzeit mit zunehmender Geschwindigkeit konstant

→ Bei kleineren Abmessungen können größere Wegstrecken und damit größere Geschwindigkeiten der Teilchen erzielt werden.

[zurück](#)



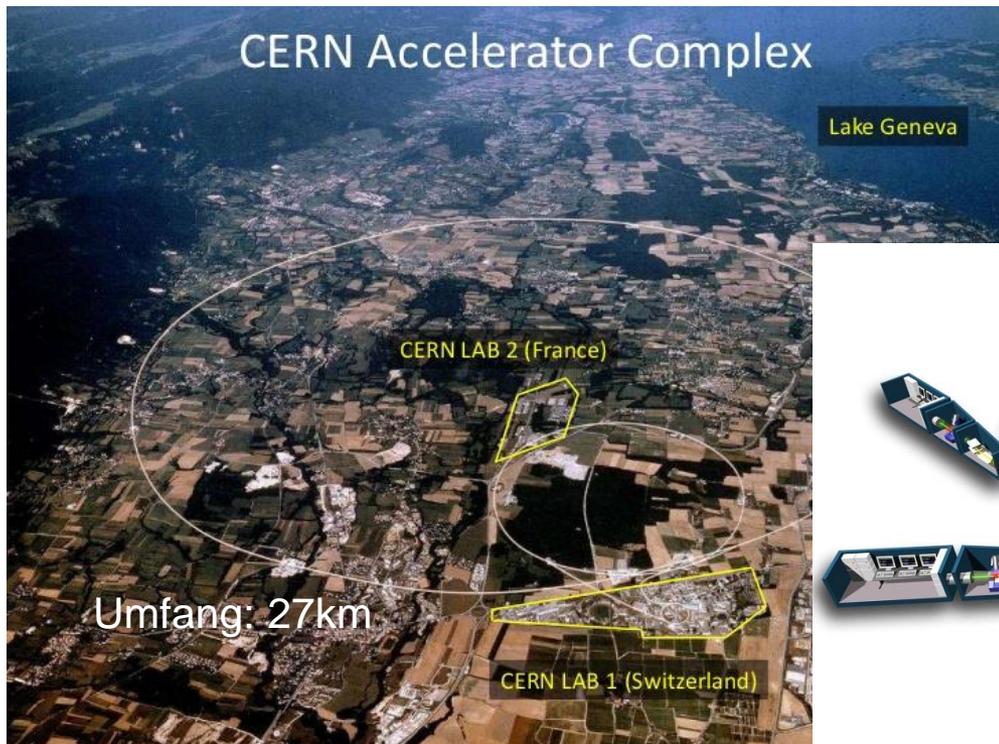
Medizinischer Elektronen-Linearbeschleuniger zur Krebstherapie



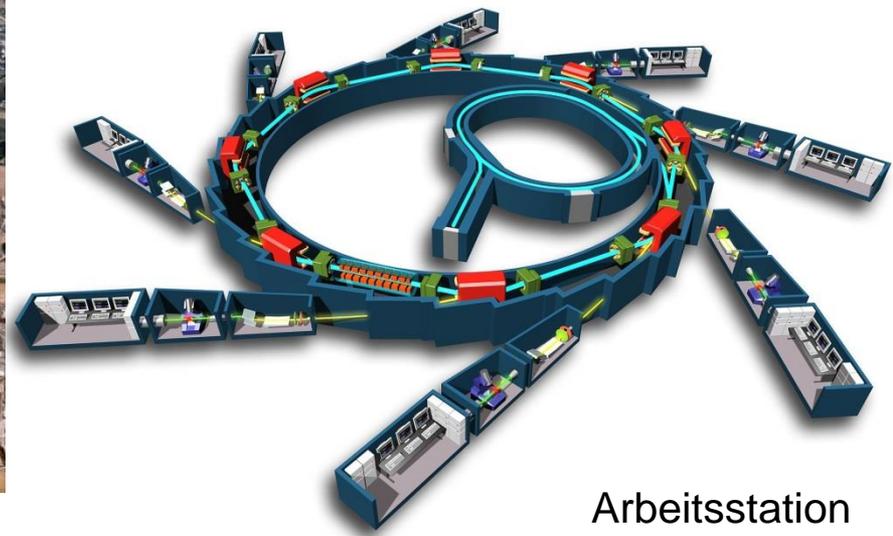
Der längste Linearbeschleuniger der Welt (3 km) in Kalifornien



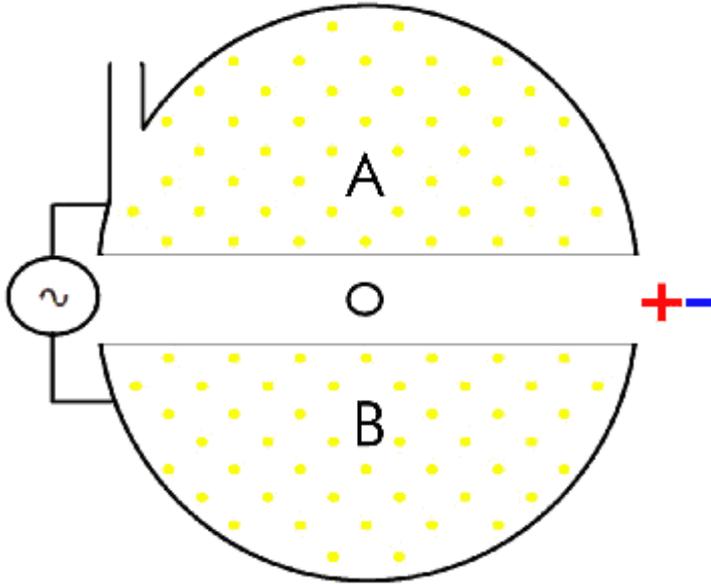
Geladene Teilchen hoher kinetischer Energie verbleiben im Speicherring bis sie zur Verwendung aus dem Synchrotron herausgelenkt werden.



Unterirdischer Speicherring am CERN (Schweiz)

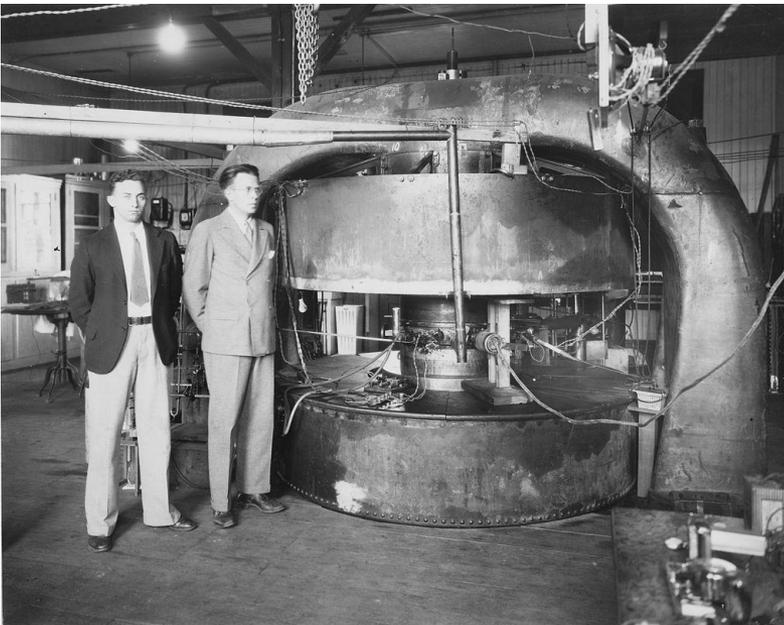


Arbeitsstation



Protonenzyklotron

- direkte Gewebebehandlung (Bestrahlung)
- Erzeugung von Neutronenstrahlung



1930:
erstes 27-Inch Zyklotron