



1. Einleitung

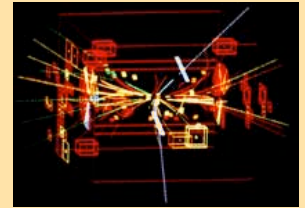
Detektoren in der Hochenergiephysik

Univ.Doz.DI.Dr. Manfred Kramer

Institut für Hochenergiephysik der ÖAW, Wien

1. Einleitung

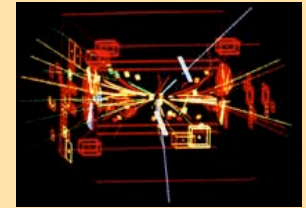
Inhalt



- 1.1 Meßaufgaben
- 1.2 Prinzip einer Messung
- 1.3 Wichtige Einheiten und Größenordnungen

1.1 Meßaufgaben

Allgemeines

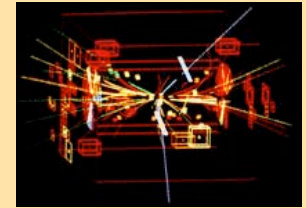


Meßaufgaben für Experimente in der Hochenergiephysik

- ★ Aufgabe:
Detektion und Untersuchung von
(bei hochenergetischen
Prozessen entstandenen)
Elementarteilchen
- ★ Ein idealer Detektor lokalisiert alle
Teilchen und bestimmt ihren
vollständigen Energie-Impuls-
Vektor.
- ★ Daraus leitet man ab:
 - Identität des Teilchens,
 - Masse m ,
 - Ladung Q ,
 - Lebensdauer τ ,
 - Spin,
 - Zerfallskanäle, ...
- Information über die Eigen-
schaften der einem Prozeß
zugrundeliegenden
Wechselwirkungen

1.1 Meßaufgaben

Beispiele zur Bestimmung von Teilcheneigenschaften



- ★ Teilchenmasse m : indirekte Bestimmung aus dem Impuls p und der Energie E oder der Geschwindigkeit v

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

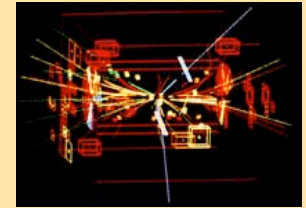
$$p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

- ★ Energiemessung E : durch vollständige Absorption in Kalorimetern

- ★ Impuls p : über Ermittlung des Krümmungsradius im Magnetfeld
- ★ Geschwindigkeit v : durch Flugzeitmessung, RICH, etc.
- ★ (Vorzeichen der) Teilchenladung: aus Flugbahnkrümmung innerhalb eines Magnetfeldes
- ★ Lebensdauer τ : aus Messung der Zerfallsstrecke

1.2 Prinzip einer Messung

Allgemeines



Eine Messung erfolgt durch eine Wechselwirkung des zu messenden Teilchens mit dem Detektor.

Dies bewirkt zweierlei:

1. Erzeugung eines meßbaren Signals
(z.B. durch Ionisation, Anregung - Szintillation, Wärme, ...)
2. Veränderung der Teilcheneigenschaften
(Energieverlust, Änderung der Flugbahn durch Streuung, Absorption)

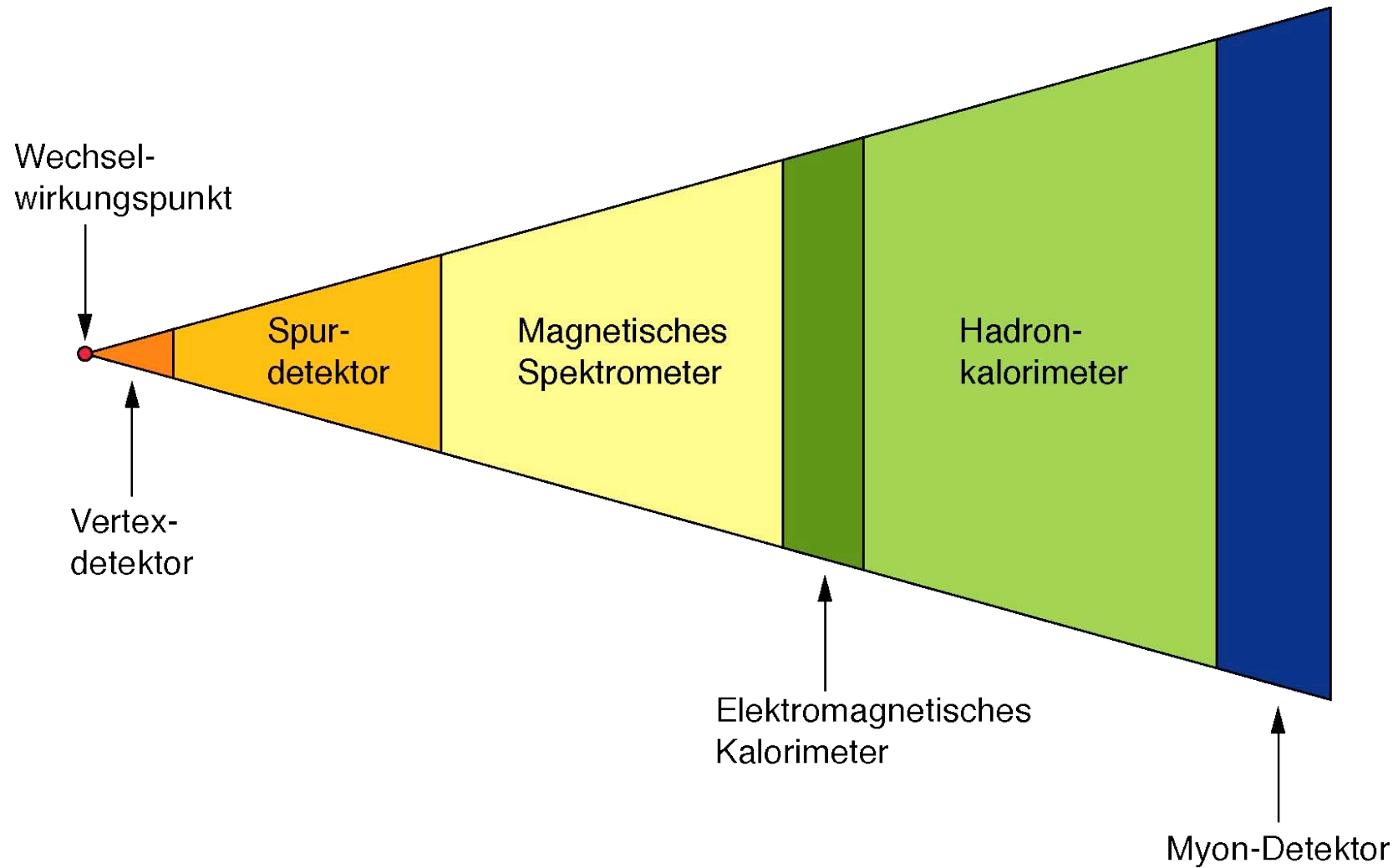
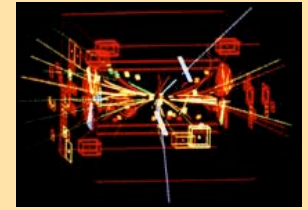
Vier Wechselwirkungen sind bekannt:

1. Elektromagnetische Ww.
2. Schwache Ww.
3. Starke Ww.
4. Gravitation

- ★ Nicht alle Teilchen unterliegen allen Wechselwirkungen.
- ★ Verschiedene Nachweismethoden für unterschiedliche Energiebereiche benötigt.
- Es gibt keinen Detektor, der alle Erfordernisse erfüllt. Man benötigt mehrere Detekortechnologien und -konzepte.

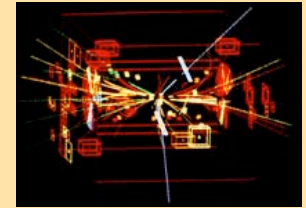
1.2 Prinzip einer Messung

Typischer Aufbau eines Experiments



1.3 Einheiten und Größenordnungen

Einheiten 1



Ladungen in Einheiten der Elementarladung e .

Geschwindigkeiten meist in Einheiten von c

Wirkungen (= Energie·Zeit) in Einheiten von \hbar , d.h. man setzt $c = \hbar = 1$.

→ $[E] = [p] = [1/L] = [1/t]$... alles dieselbe Dimension

Für diese Größen ist eine Einheit frei wählbar. Man wählt meist das **eV**.

1 eV ist jene Energie, die ein Teilchen mit Ladung e beim Durchgang durch eine Potentialdifferenz von 1 Volt gewinnt.

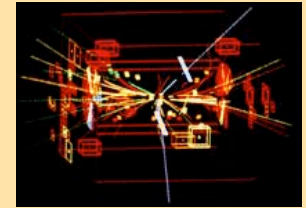
Für Umrechnung in SI-Einheiten:*

- $c = 2.997\,924\,58 \cdot 10^8$ m/s
- $\hbar = 1.054\,571\,68 \cdot 10^{-34}$ Js
- $e = 1.602\,176\,53 \cdot 10^{-19}$ C (→ 1 eV = $1.602\,176\,53 \cdot 10^{-19}$ J)
- $\hbar c \approx 197$ MeV fm

*URL: physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html

1.3 Einheiten und Größenordnungen

Einheiten 2 / Wichtige Größenordnungen



Wirkungsquerschnitte werden üblicherweise in barn angegeben:

$$1 \text{ barn} = 10^{-28} \text{ m}^2$$

Typische Längen:

- Atomskala : $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$
- Kernskala: $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$

Beachte:

$$1/\text{MeV} = 197 \cdot 10^{-15} \text{ m} = 6.58 \cdot 10^{-22} \text{ s}$$

Typische Energien:

- UV-Licht: $\approx 3 \text{ eV} - 400 \text{ eV}$
- Röntgenstrahlen:
 $0.1 \text{ keV} - \text{einige } 100 \text{ keV}$
- Elektronmasse: 0.511 MeV
- Protonmasse: 938.27 MeV

Typische Beschleuniger-Schwerpunkts-Energien:

- SPS: 630 GeV
- LEP: $90-200 \text{ GeV}$
- LHC: $\approx 14 \text{ TeV}$