

# Hausübungen 5 zur Vorlesung „Kern- und Teilchenphysik“

Humboldt–Universität zu Berlin, WS 2009/2010,

Prof. Th. Lohse, U. Schwanke, O. M. Kind

Ausgabe: 9. November 2009

Abgabe: 16. November 2009

## Aufgabe 1: Teilchenbeschleuniger LEP und LHC (50 %)

Am CERN (Centre Europeen pour la Recherche Nucleaire) in Genf wird gegenwärtig in einem unterirdischen Tunnel von 27 km Umfang der Proton-Proton-Speicherring **LHC** (Large Hadron Collider) in Betrieb genommen. Bis Ende 2001 war im selben Tunnel der der Speicherring **LEP** (Large Electron Positron Collider) installiert, in dem Elektronen ( $e^-$ ) mit Positronen ( $e^+$ ) kollidierten. Die Tabelle gibt einen Überblick über einige Eigenschaften der jeweils verwendeten Teilchenstrahlen und der Ablenkmagnete.

	LEP	LHC
Teilchen	$e^+e^-$	$pp$
Energie pro Strahl	100 GeV	7 TeV
Teilchen pro Strahl	$10^{12}$	$10^{14}$
Vertikaler Strahlradius	$5 \mu\text{m}$	$17 \mu\text{m}$
Horizontaler Strahlradius	$250 \mu\text{m}$	$17 \mu\text{m}$
Magnetfeld	0.1 T	8 T

- Welche Geschwindigkeit müsste eine Mücke (Ruhemasse 2 mg) erreichen, um die selbe kinetische Energie wie ein Proton im LHC zu haben?
- Wie groß ist die gesamte Energie beider Strahlen im LHC? Welche Geschwindigkeit müsste ein Lastwagen (30 t) der gleichen kinetischen Energie haben? Was folgt daraus für den Fall, dass ein Protonstrahl verloren geht und das Strahlrohr durchdringt?
- Die maximal erreichbare Energie bei LEP von 100 GeV war begrenzt durch die maximale elektrische Leistung, die zur Kompensation der in Form von Synchrotronstrahlung verlorenen Energie aufgewendet werden kann. Wie groß wäre die dadurch bedingte maximale Energie des Protonstrahles von LHC? Beachten Sie dabei die höhere Teilchenzahl im LHC. Warum ist die bei LHC tatsächlich erreichbare Energie viel niedriger?

## Aufgabe 2: Erhaltungssätze (50 %)

Betrachten Sie folgende hypothetischen Reaktionen:

- |  |   |
|--|---|
| a) $\mu^+ \rightarrow \pi^+ \bar{\nu}_\mu$ | b) $\tau^+ \rightarrow \rho^+ \bar{\nu}_\tau$ |
| c) $\Lambda \rightarrow \bar{n} \pi^0$     | d) $p \pi^+ \rightarrow p p$                  |
| e) $e^- \rightarrow \nu_e \gamma$          | f) $Z \rightarrow \bar{\nu}_e \nu_e$          |
| g) $\tau^- \rightarrow \pi^0 e^- \nu_\mu$  | h) $\pi^+ \rightarrow \gamma e^+ \nu_e$       |
| i) $n \rightarrow p \pi^0$                 | j) $e^- p \rightarrow \nu_e n$                |
| k) $e^+ e^- \rightarrow p \bar{n} \pi^-$   | l) $\tau^+ \rightarrow \mu^+ \gamma$          |

Welche Reaktionen sind erlaubt und welche sind verboten? Bitte begründen Sie Ihre Antwort und diskutieren Sie jeweils die Energiebilanz, die Bilanzen der Leptonen-, Flavour- und Baryonzahlen und die Bilanz der elektrischen Ladung.

Optional: Welche Wechselwirkungsarten müssen (in führender Ordnung) an den erlaubten Reaktionen beteiligt sein? Versuchen Sie, die Feynmandiagramme für die erlaubten Prozesse zu zeichnen.