



Am Kernforschungszentrum CERN im Grenzland zwischen der Schweiz und Frankreich ist im September 2008 der größte Teilchenbeschleuniger der Welt in Betrieb gegangen. Forscher wollen hier unter anderem den Urknall simulieren.

Der Durchmesser des Beschleunigers beträgt 27km

Aufgabe: Bei einem Probelauf soll ein Strahl Protonen mit 99,999999% der Lichtgeschwindigkeit durch den Teilchenbeschleuniger geschickt werden. Aufgrund relativistischer Effekte nimmt dabei die Masse des Protons zu.

- Leite aus den Formeln für die Zentralkraft und die Lorentzkraft eine Beziehung für die Magnetfeldstärke  $B$  her. **10P**
- Berechne  $B$  und vergleiche dieses mit dem Erdmagnetfeld **15P**

### Benötigte Größen:

Ruhemasse des Protons:  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$  kg

Stärke des Erdmagnetfeldes :  $B_{Erde} = 1,9 \cdot 10^{-5}$  T

### Benötigte Formeln:

$$F_{\text{Zentralkraft}} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

$$F_{\text{Lorentzkraft}} = e \cdot v \cdot B$$

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

<b>Klausuraufgaben</b>	<b>LHC in CERN (mit Relativitätstheorie)</b>	© Jörn Schneider 2008
------------------------	--------------------------------------------------	--------------------------

- a) Bewegt sich ein Teilchen auf der Kreisbahn, so sind Zentralkraft und Lorentzkraft vom Betrag her gleich groß.

$$F_{\text{Zentralkraft}} = F_{\text{Lorentzkraft}}$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r} = e \cdot v \cdot B \quad | \div (e \cdot v)$$

$$\frac{m \cdot v^2}{r \cdot e \cdot v} = B$$

$$\Rightarrow B = \frac{m \cdot v}{r \cdot e}$$

- b) Das Proton bewegt sich mit annähernd Lichtgeschwindigkeit. Daher nimmt die Masse deutlich zu. Die Massenzunahme berechnet sich mit der Formel:

$$m = \frac{m_{0, \text{Proton}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$m = \frac{1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{\sqrt{1 - \frac{0,999999999^2 \cdot c^2}{c^2}}}$$

$$m = \frac{1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{\sqrt{1 - 0,999999999^2}}$$

$$m = 1,1827 \cdot 10^{-23} \text{ kg}$$

Eingesetzt in die Formel für das Magnetfeld erhält man:

$$B = \frac{1,1827 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot 0,999999999 \cdot c}{13500 \text{ m} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}}$$

$$B = 1,639 \text{ T}$$

**Das Magnetfeld ist ungefähr 100.000 mal stärker als das Erdmagnetfeld.**