

# Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik Übungsblatt 4

P. Forck, R. Singh

Sommersemester 2016  
Besprechung am 14.6.2016

## 1 Profilmessungen an verschiedenen Beschleunigern

Geben Sie zu den unten aufgeführten Beschleunigern die passende Method zur transversalen Profilmessung an und benennen Sie das wichtiges Argument für Ihre Wahl.

I Protonenstrahl: typische Strahlbreite von  $\sigma = 3$  mm (Standardabweichung)

- nach der Ionenquelle bei einer Energie von 100 keV und einem Strom von 100 mA
- nach einem LINAC bei einer Energie von 100 MeV mit einem Strom von 100 mA
- nach Ionenquelle bzw. LINAC mit einem Strom von  $10 \mu\text{A}$
- während der Speicherung in einem Synchrotron mit einer Energie von 1 GeV und einem zirkulierenden Strom von 100 mA
- in einem Synchrotron (bzw. einen Speicherring wie z.B LHC als 'circular collider') mit einer Energie von 1 TeV und einem zirkulierenden Strom von 100 mA
- in einer Transport-Strecke in der  $10^{12}$  Protonen aus einem Synchrotron innerhalb von 10 s extrahiert werden; dies entspricht einen Strom von  $I \simeq 10$  nA.

II Elektronenstrahl: typische Strahlbreite von  $\sigma = 0.3$  mm (Standardabweichung)

- nach der Elektronenquelle bei einer Energie von 100 keV und einem Strom von 10 mA
- nach einem LINAC bei einer Energie von 100 MeV mit einem Strom von 10 mA
- nach der Elektronenquelle bzw. LINAC mit einem Strom von  $10 \mu\text{A}$
- in einem Synchrotron mit einer Energie von 1 GeV (z.B. Speicherring einer '3<sup>rd</sup> generation synchrotron light source') und einem zirkulierenden Strom von 100 mA
- nach einen LINAC bei 10 GeV bei dem der Strahl durch einen Undulator läuft und einem Strom von 10 mA
- nach einen LINAC bei 100 GeV bei dem der Strahl auf einen Strahlbreite von nur  $10 \mu\text{m}$  fokussiert wird und mit einem weiteren Strahl kollidiert (realisiert bei einem 'linear collider').

## 2 Berechnung der Strahlmatrix einer Verteilung

Die Ortsablage  $x$  eines Teilchens wird in mm angegeben und der Winkelversatz  $x' = dx/ds$  in mrad. Die Emittanz als Fläche im  $(x, x')$ -Phasenraum wird in mm·mrad angegeben. Ein Strahl bestehe aus drei Ionen mit den Koordinaten

$$x_1 = -4 \text{ mm} \quad x'_1 = 2 \text{ mrad}$$

$$x_2 = 3 \text{ mm} \quad x'_2 = -1 \text{ mrad}$$

$$x_3 = 1 \text{ mm} \quad x'_3 = -1 \text{ mrad}$$

Die Ionen haben die gleiche Energie d.h.  $\Delta p/p = 0$ .

- a) Berechnen Sie die Strahl-Matrix  $\sigma$  über die Berechnung der 2. Momente der Teilchenverteilung. Ist der Stahl konvergent oder divergent?
- b) Berechnen Sie die rms-Emittanz  $\epsilon_{rms}$ .
- c) Der Ionenstrahl hat eine kinetische Energie von  $E_{kin} = 1 \text{ GeV/u}$ . Berechnen Sie die normierte Emittanz  $\epsilon_n$ .
- d) Berechnen Sie die Twiss-Parameter  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ .
- e) Skizzieren Sie die Lage der Emittanz-Ellipse im Phasenraum und Berücksichtigung der charakteristischen Punkte  $x_{max}$ ,  $x'_{max}$ ,  $x_{int}$  und  $x'_{int}$  und tragen Sie die Koordinaten der drei Teilchen ein.
- f) Berechnen Sie die Strahl-Matrix  $\sigma$  nach Durchgang durch die dünne Linse der Brennweite  $f$  am Fokus (d.h. nach einer Drift der Länge  $L = f$ ).
- g) Diskutieren Sie qualitativ die Frage, unter welchen Bedingungen man einen kleinen Strahlbreiten am Fokus erhalten kann.

### 3 Analytische Strahlverteilung

Geben Sie Beispiele für analytische Formeln der Strahlverteilung an. Berechnen Sie explizit die rms-Emittanz der K-V Verteilung durch Berechnung der angegebenen Integrale.