

**ÜBUNGEN**  
zur Vorlesung „Instrumente der modernen Physik“  
TU Dortmund Sommersemester 2019

– **BLATT 7** –

Daniel Krieg ( daniel.krieg @ tu-dortmund.de )  
Carsten Mai ( carsten.mai @ tu-dortmund.de )  
Vorbesprechung am Mi 29.05.2019, Abgabe am Mo 05.06.2019.

*Maximal drei Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einsenden. Die Lösungen zu Programmieraufgaben bitte als kommentiertes Python-Skript (\*.py), zu Verständnis- und Rechenaufgaben als PDF-Dokument (z.B. LaTeX, Word, gescannt) per Email an die zwei Übungsleiter einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, dem PDF und dem Python-Skript aufführen. Betreff der Email: „[Instrumente19 Übung] Abgabe Blatt 7, <Namen>“*

**Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)**

- a) Warum ist es prinzipiell einfacher, mit einer Röntgenröhre eine hohe Photonenenergie zu erreichen als mit einer Synchrotronstrahlungsquelle?
- b) Bei Synchrotronstrahlungsquellen ist der Photonenstrahl aufgrund der Lorentztransformation ins Laborsystem sehr gut gebündelt und dadurch viel intensiver als bei einer Röntgenröhre. Hätte man denselben Vorteil, wenn man die Strahlen aus einer Röntgenröhre mit speziellen Spiegeln auf einen kleinen Fleck fokussieren würde?

**Aufgabe 2: (3 Punkte)**

- a) Die erste Beobachtung von Synchrotronlicht im sichtbaren Spektralbereich geschah im Jahr 1947 am 70-MeV-Elektronen-Synchrotron der *General Electric Company* in Schenectady/New York. In der Publikation [F. R. Elder et al., Phys. Rev. 71 (1947), 829] wird auch erwähnt, dass bei 30 MeV Strahlenergie kein Licht beobachtet wurde. Ist das bei einem angegebenen Bahnradius von 29,3 cm plausibel?
- b) Die Intensität von Synchrotronlicht aus einem Dipolmagneten bei DELTA soll ohne fokussierende Optik mit einer quadratischen Fotodiode der Kantenlänge 1 cm beobachtet werden, die 10 m vom Quellpunkt aufgestellt wird. Die Strahlenergie ist 1,5 GeV, der Biegeradius im Magneten beträgt 3,33 m, der Ringumfang 115,2 m. Ferner sei angenommen, dass die Größe der Photodiode die vertikale Ausdehnung des Strahls übersteigt. Welche Leistung trifft bei einem Strahlstrom von 100 mA auf die Photodiode, wenn sie im Vakuum montiert wird?
- c) Wie groß ist die kritische Photonenenergie  $E_c = \hbar \cdot \omega_c$  bei DELTA? Expecten Sie einen großen Unterschied gegenüber der Leistung in b) für eine Fotodiode außerhalb der Vakuumkammer?

(bitte wenden)

### Aufgabe 3: Synchrotronstrahlung (4 Punkte)

Mit dieser Aufgabe soll die Emission von Synchrotronstrahlung durch ein relativistisches Elektron auf einer Kreisbahn veranschaulicht werden. Das Elektron bewege sich fast mit Lichtgeschwindigkeit  $c$ .

- a) Zeichnen Sie mit Python die Elektronenbahn als Kreis mit Umfang  $U = 100$  m.
- b) Stellen Sie „Wellenfronten“ der Strahlung durch Kreise grafisch dar, deren Mittelpunkte die Quellpunkte der Strahlung auf der Elektronenbahn sind. Die Radien entsprechen der Entfernung, die das Licht seit der Emission zurückgelegt hat. Beginnen Sie an einem Punkt der Kreisbahn zur Zeit  $t = 0$  (Emissionsradius 0 m) und zeichnen Sie weitere Kreise für Quellpunkte im Abstand von 5 Grad entlang der Bahn, die das Elektron zu vergangenen Zeitpunkten  $t < 0$  über 2 Umläufe hinweg passiert hat.

In dieser Darstellung entsteht eine spiralförmige „Schockwelle“, bei der die Kreise dicht beieinander liegen, d.h. die vom Elektron emittierte Strahlung ist hier besonders stark zu kurzen Wellenlängen Doppler-verschoben.

Noch ein Hinweis zur Programmierung:

Sie können Kreise z.B. dadurch darstellen, dass Sie Punkte entlang des Umfangs, z.B. in Abständen von 1 Grad, miteinander verbinden. Da sich diese Operation oft wiederholt, bietet es sich an, sie in einer selbst erstellten Funktion auszuführen.

Wenn Sie alternativ auf diese nützliche Übung verzichten wollen, können Sie Kreise auch mit einer Matplotlib-Funktion darstellen. Sie hat den offensichtlichen Namen `matplotlib.patches.rectangle`.