

ÜBUNGEN
zur „Beschleunigerphysik Teil 2“
TU Dortmund Sommersemester 2020

– **BLATT 2** –

Benedikt Büsing (benedikt.buesing @ tu-dortmund.de)
Stephan Kötter (stephan.koetter @ tu-dortmund.de)
Daniel Krieg (daniel.krieg @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Mi 22.04.2020
Abgabe per Email bis Di 28.04.2020 bis 12:00

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. mit LaTeX, Word, gescannt) per Email einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, in der PDF-Datei und dem Python-Skript aufführen. Betreff der Email: „[BP2020 Uebung] Abgabe Blatt 2, Namen“*

Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

- a) Warum ist die Brillanz einer Synchrotronstrahlungsquelle viel höher als die einer Röntgenröhre? Warum erreicht man andererseits mit einer Röntgenröhre leichter hohe Photonenenergien?
- b) Synchrotronstrahlung wurde erstmals an einem Elektronensynchrotron mit 70 MeV Endenergie beobachtet, daher der Name. Warum aber sind solche Synchrotrons, auch wenn sie auf höhere Energie beschleunigen, keine guten Synchrotronstrahlungsquellen?

Aufgabe 2: Synchrotronstrahlung (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 (NY, USA). 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 Größe der Fotodiode übersteigt die vertikale Ausdehnung des Strahls). Die Strahlenergie ist 1,5 GeV, der Biegeradius im Magneten beträgt 3,33 m, der Ringumfang 115,2 m. Welche Leistung trifft bei einem Strahlstrom von 100 mA auf die Fotodiode, wenn sie im Vakuum montiert wird? Erwarten Sie einen großen Unterschied für eine Fotodiode außerhalb der Vakuumkammer?
- c) In Speicherringen wird Synchrotronstrahlung normalerweise „inkohärent“ emittiert, die abgestrahlte Energie ist proportional zur Elektronenzahl. Angenommen, man könnte auf wundersame Weise 1/1000 der Elektronen in einem 10-mA-Elektronenpaket bei DELTA zu „kohärenter“ Strahlung veranlassen, wobei die Energie proportional zum Quadrat der Elektronenzahl ist. Um welchen Faktor würde sich die abgestrahlte Energie erhöhen?

Aufgabe 3: Emission von Synchrotronstrahlung (4 Punkte)

Mit dieser Aufgabe soll die Emission von Synchrotronstrahlung eines relativistischen Elektrons auf einer Kreisbahn veranschaulicht werden. Der Umfang der Kreisbahn sei 100 m, das Elektron bewege sich fast mit Lichtgeschwindigkeit.

- a) Stellen Sie die Elektronenbahn grafisch dar, indem Sie Punkte auf einem Kreis im Abstand von z.B. 1 Grad durch eine Linie verbinden oder eine Funktion verwenden, die Kreise zeichnet.
- b) Stellen Sie die „Wellenfronten“ der Strahlung durch Kreise 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.

Die Synchrotronstrahlung sollte in dieser Darstellung als spiralförmige „Schockwelle“ erscheinen.

Senden Sie Ihren Übungsassistenten neben Ihrem Python-Code auch Ergebnisse in Form aussagefähiger Bilder in einem gängigen Format (png, jpg oder pdf).