

ÜBUNGEN
zur „Beschleunigerphysik Teil 2“
TU Dortmund Sommersemester 2020

– **BLATT 6** –

Benedikt Büsing (benedikt.buesing @ tu-dortmund.de)
Stephan Kötter (stephan.koetter @ tu-dortmund.de)
Daniel Krieg (daniel.krieg @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Mi 20.05.2020
Abgabe per Email bis Di 26.05.2020 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 6, Namen“*

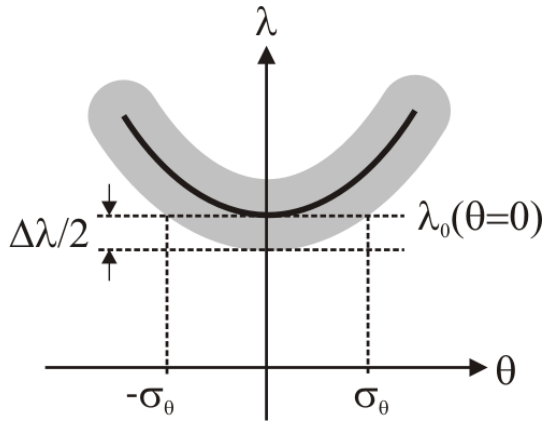
Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

- a) Bei einigen Speicherringen entsteht durch Wechselwirkung mit einem Laserpuls eine kurze Lücke in der longitudinalen Elektronenverteilung, die zur kohärenten Emission von Terahertz-Strahlung führt. Erklären Sie ohne Rechnung, warum durch nicht vorhandene Elektronen Strahlung entsteht.
- b) Coherent Harmonic Generation: Gemäß der Form der Laserpulse ist die Amplitude der Energiemodulation longitudinal normalverteilt. Wo ist die Dichtemodulation am meisten ausgeprägt, wenn der r_{56} -Wert der Schikane (i) gerade ausreicht, um kohärente Emission zu erzeugen, (ii) wesentlich größer ist? Wie wird das Spektrum der kohärent emittierten Strahlung aussehen?

Aufgabe 2: Winkelverteilung der Undulatorstrahlung (4 Punkte)

Die Wellenlänge $\lambda_0(\theta)$ der fundamentalen Undulatorlinie ist unter einem Beobachtungswinkel θ relativ zur Achse rotverschoben (s. Skizze auf der Rückseite). Die Standardabweichung der Winkelverteilung wird üblicherweise als $\sigma_\theta \approx \frac{1}{\gamma} \sqrt{\frac{1 + K^2/2}{2N}}$ angegeben, d.h. sie wird mit zunehmender Zahl N der Undulatorperioden kleiner (γ ist der Lorentzfaktor, K der Undulator-Parameter). Zeigen Sie, dass sich diese Breite der Winkelverteilung aus der spektralen Halbwertsbreite $\Delta\lambda/\lambda \approx 1/N$ der Undulatorlinie herleiten lässt, wenn man bedenkt, dass die Angabe von σ_θ nur für die Wellenlänge $\lambda_0(\theta = 0)$ gilt (sie bedeutet nicht, dass außerhalb dieses Winkelbereichs keine rotverschobene Strahlung emittiert wird).

(bitte wenden)



Skizze zu Aufgabe 2

Aufgabe 3: Undulatorstrahlung, Fortsetzung (5 Punkte)

Erweitern Sie das Programm aus Übungsblatt 5 zur Berechnung der Undulatorstrahlung, indem Sie Beobachtungspunkte zulassen, die nicht auf der Undulatorachse liegen. Dadurch ändert sich der Betrag r des momentanen Abstandsvektors vom Elektron zum Beobachter sowie dessen Richtung, ausgedrückt durch den Einheitsvektor \vec{n} .

- Verifizieren Sie mit den Parametern aus Übungsblatt 5, dass bei einer horizontalen oder vertikalen Verschiebung des Beobachtungspunkts die geraden Harmonischen im Undulatorspektrum sichtbar werden.
- Verifizieren Sie durch Erstellung eines Spektrums auf der Undulatorachse und mindestens zwei weiteren Spektren unter verschiedenen Beobachtungswinkeln θ die winkelabhängige Rotverschiebung $\Delta\lambda = \lambda_u \theta^2 / 2$ der fundamentele Wellenlänge, wobei λ_u die Undulatorperiode ist.
- Erstellen Sie die horizontale Winkelverteilung der fundamentalen Undulatorlinie, der zweiten und der dritten Harmonischen bei der zentralen Wellenlänge der jeweiligen Linie auf der Achse durch Berechnung der Strahlungsintensität (in willkürlichen Einheiten) an mindestens zehn verschiedenen (und sinnvoll gewählten) Beobachtungspunkten.

Teilen Sie den Übungsassistenten Ihre Beobachtungen sowie deren Interpretation mit und schicken Sie wie immer aussagefähige Bilder, die mit Ihrem Programm erzeugt wurden.