# Laserphysik

**WS 2018/19** **9. Übung** **08.01.2019**

**Aufgabe 1**

Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse

Ein Laser besteht aus einem Fabry-Perot-Resonator mit einem Spiegelabstand von $L = 1{,}2$ m. Die Reflektivität der Spiegel beträgt $R_1 = 1$ und $R_2 = 0{,}8$. In diesem Resonator befindet sich ein $d = 20$ cm langes verstärkendes Medium, dessen Brechungsindex $n = 1{,}8$ beträgt. Die Endflächen des Mediums sind für die Laserwellenlänge antireflektionsbeschichtet. Das Verstärkungsprofil mit einem maximalen Wirkungsquerschnitt $\sigma = 10^{-20}$ cm$^2$ bei der Wellenlänge $\lambda = 1$ $\mu$m ist homogen mit einer vollen Halbwertsbreite von $\Delta\nu_{\mathrm{FWHM}} = 10$ THz verbreitert.

a) Berechnen Sie den Frequenzabstand der longitudinalen Moden des Systems.

b) Wie groß muss die Besetzungsinversion $\Delta N_{\mathrm{Sch}}$ des Mediums sein, um bei $\lambda = 1$ $\mu$m die Laserschwelle zu erreichen?

c) Wie groß ist die volle Verstärkungsbandbreite (Frequenzbereich mit Gesamtverstärkung $G \geq 1$) des Systems für eine Besetzungsinversion $\Delta N = 1{,}5\,\Delta N_{\mathrm{Sch}}$? (*Hinweis:* das System befindet sich weit unterhalb der Sättigungsintensität $I_s$.)

d) Wie viele Moden liegen innerhalb der Verstärkungsbandbreite ?

e) Nehmen Sie ab jetzt vereinfachend an, dass alle longitudinalen Moden oberhalb der Schwelle in Phase schwingen und eine konstante Feldamplitude von $E_0 = 5$ V/cm im Resonator aufweisen. Alle anderen Moden sollen nicht angeregt sein. Welche Spitzenintensität hat der im Resonator umlaufende Lichtimpuls? Welche mittlere Intensität beobachtet man außerhalb des Resonators?

f) Welches zeitliche Profil besitzt der im Resonator umlaufende Lichtimpuls? Wie groß ist das Zeitintervall zwischen dem Impulsmaximum und der ersten Nullstelle der Intensität? Wie hoch ist die Intensität im ersten Intensitätsmaximum außerhalb des im Resonator umlaufenden Lichtimpulses?

**Aufgabe 2**

Regenerativer Verstärker für Femtosekunden-Lichtimpulse

Ein Titan-Saphir($Ti^{3+}$:$Al_2O_3$)-Laserstab ($d = 1$ cm) soll als Verstärkermedium (einmalig impulsiv invertiert) für 100 fs-Lichtimpulse bei $\lambda = 800$ nm eingesetzt werden. Der Wirkungsquerschnitt für Verstärkung beträgt $\sigma = 3 \times 10^{-19}$ cm$^2$ und die spontane Lebensdauer $\tau = 3{,}9$ $\mu$s. Das Linienprofil sei gaußförmig und erstrecke sich von 700 nm bis 1000 nm (FWHM). Der Lichtimpuls ist in einem Resonator bestehend aus zwei Endspiegeln (Reflektivität = 100 %) im Abstand von $L = 1$ m gefangen und durchläuft somit mehrfach das Verstärkermedium.

a) Wie hoch ist die Dotierdichte der $Ti^{3+}$-Ionen, wenn der Impuls im Kleinsignalfall (d.h. ohne Sättigung) pro Umlauf um den Faktor zwei verstärkt wird?

b) Wieviel Impulsenergie kann maximal für ein Gauß-Bündel mit $w_0 = 300$ $\mu$m erreicht werden?

c) Wieviel Energie besaß der Lichtimpuls, der 20 Umläufe vorher in den Resonator eingebracht wurde, mindestens?

d) Welche minimale Impulsdauer hat der verstärkte Impuls für ein $\Delta\nu_{\mathrm{FWHM}} = 200$ THz breites Spektrum des Eingangsimpulses ?