



Name, Vorname:	Matrikelnummer:	Studiengang:
----------------	-----------------	--------------

**Klausur: WP-Lasertechnik, Sommersemester 2020, 28.07.2020**

**Dozent: Dr. Thomas Hebert**

**AUSWERTUNG**

<b>Aufgabe</b>	<b>Erreichte Punkte / max. Punkte</b>	<b>Aufgabe</b>	<b>Erreichte Punkte / max. Punkte</b>
1	/ 10	6	/ 10
2	/ 5	7	/ 10
3	/ 20		
4	/ 10		
5	/ 5	<b>GESAMT Punkte</b>	<b>/ 70</b>

Name, Vorname:	Matrikelnummer:	Studiengang:
----------------	-----------------	--------------

**Klausur: WP-Lasertechnik, Sommersemester 2020, 28.07.2020**

**Dozent: Dr. Thomas Hebert**

**Aufgabe 1:**

- a) Erklären Sie die Begriffe „Absorption“, „induzierte Emission“ und „spontane Emission“ und ihre Bedeutung beim Laser. **(5 Punkte)**
- b) Skizzieren Sie das Energieschema eines 4-Niveau Lasers und zeichnen Sie auch den Pump- sowie den Laserübergang ein. Was muss für das obere Laserniveau gelten? **(5 Punkte)**

**Aufgabe 2:**

Beschreiben Sie einen Diodenlaser-gepumpten Nd:YAG Laser.  
(Zeichnen Sie eine Skizze und erklären Sie die verschiedenen Komponenten).  
**(5 Punkte)**

**Aufgabe 3:**

Was ist Licht?

- a) Gehen Sie ein auf Wellenbild und Teilchenbild. **(5 Punkte)**
- b) Skizzieren Sie (Grafik) eine Lichtwelle (elektromagnetische Welle), die sich in z-Richtung ausbreitet. **(3 Punkte)**
- c) Geben Sie für den Fall der ebenen Welle die Formel für  $\mathbf{E}(\mathbf{z},t)$  an und erklären Sie alle in dem Ausdruck enthaltenen Größen. **(3 Punkte)**
- d) Was weiß man über die Eigenschaften der schwingenden physikalischen Größen der Lichtwelle? **(3 Punkte)**
- e) Was heißt in diesem Zusammenhang „linear polarisiertes“ Licht? **(3 Punkte)**
- f) Geben Sie den Zusammenhang (Formel) zwischen einer Lichtwelle mit der Wellenlänge  $\lambda$  und der zugehörigen Photonenenergie  $E_{\text{Photon}}$  an. **(3 Punkte)**

Name, Vorname:	Matrikelnummer:	Studiengang:

**Aufgabe 4:**

Skizzieren Sie in einer Grafik die a) Abhängigkeit der Laserleistung von der Pumpenergie. **(5 Punkte)**

b) Welche physikalische Größe beeinflusst beim Halbleiterlaser diesen Verlauf stark? **(5 Punkte)**

**Aufgabe 5: (12 P)**

Ein kontinuierlicher He-Ne-Laser hat bei 632,8 nm eine dopplerverbreiterte Übergangsbandbreite von ungefähr 1,4 GHz. Der Brechungsindex  $n$  ist gleich 1.

- a.) Wie lang darf der Resonator höchstens sein, damit ein axialer Ein-Moden-Betrieb möglich ist? (4 P)
- b.) Skizzieren Sie die Linienbreite des Übergangs und die zugehörigen axialen Resonatormoden. (4 P)
- c.) Geben Sie die Energie eines Laserphotons in Joule (J) und in eV an. (4 P)

**Aufgabe 6:**

Das Datenblatt für einen CO<sub>2</sub> Laser gibt an: Pulsdauer =  $10 \cdot 10^{-6}$  s; Durchschnittliche Laserleistung 500 W, Pulswiederholfrequenz 100Hz.

a) Wie hoch sind die Spitzenleistung  $P_{\text{Puls}}$  **(5 Punkte)** und b) die Energie  $E_{\text{Puls}}$  eines einzelnen Laserpulses? **(5 Punkte)**

**Aufgabe 7:**

He-Ne-Laser haben in der Regel einen Resonator, der aus zwei Hohlspiegeln gebildet wird.

- a) Erklären Sie in diesem Zusammenhang den Begriff *Strahltaile* und deren Lage anhand einer Skizze. **(5 Punkte)**
- b) Skizzieren Sie die Intensitätsverteilung  $I(\mathbf{r})$  des Laserstrahls für den Fall, dass der Laser im TEM<sub>00</sub> Mode arbeitet ( $\mathbf{r}$  beschreibt den Abstand von der optischen Achse des Resonators); wie nennt man dieses Profil und wie ist hier der *Strahlradius* definiert? **(5 Punkte)**

Name, Vorname:	Matrikelnummer:	Studiengang:
----------------	-----------------	--------------

**„Formelsammlung Lasertechnik Klausur 2020“ 1/2**

*Ebene elektromagnetische Welle (E-Feld):*  $E_{xy}(z,t) = E_{0,xy} \cdot \cos(kz - \omega t + \varphi)$

*Zusammenhang Frequenz, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit:*  $c = \lambda \cdot f$

*Energieder Photonen:*  $E = hf$

**Lasertechnik:**

*Spektralfunktion des Laserlichts:*  $S(f) = \frac{c}{f_0} \sqrt{\frac{m}{2\pi kT}} \exp\left(-\frac{mc^2(f-f_0)^2}{2kT f_0^2}\right)$

*Halbwertsbreite:*  $\delta = 2 \frac{f_0}{c} \sqrt{\frac{2kT}{m} \ln 2}$

*Boltzmann – Konstante:*  $k = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

*Longitudinale Moden:*

*Frequenz:*  $f = m \cdot \frac{c}{2nL}$ ,  $m$ : ganzzahlig,  $n$ : Brechungsindex

*Frequenzabstand der Moden:*  $\Delta f = \frac{c}{2nL}$

*Transversale Moden:*

*Strahlradius:*  $w_{pl} = w_{00} \sqrt{2p+l+1}$ ,  $w_{mn} = w_{00} \sqrt{m+n+1}$

*Divergenzwinkel:*  $\Theta_{pl} = \Theta_{00} \sqrt{2p+l+1}$ ,  $\Theta_{mn} = \Theta_{00} \sqrt{m+n+1}$

*Modenfrequenz:*  $f_{plq} = \frac{c}{2L} \left( q + \frac{2p+l+1}{\pi} \cdot \arccos \sqrt{g_1 g_2} \right)$   
 $(2p \rightarrow m, l \rightarrow n)$

*Grundmode Gauß – Profil:*  $I(r) = I(0) \exp\left(-\frac{2r^2}{w^2}\right)$

Name, Vorname:	Matrikelnummer:	Studiengang:
----------------	-----------------	--------------

**„Formelsammlung Lasertechnik Klausur 2020“ 2/2**

Strahlgeometrie (Grundmode) und Resonatorbedingungen:

Resonatorparameter:  $g_i = 1 - \frac{L}{R_i}$ ,  $i=1, 2$ .

Stabilitätskriterium:  $0 \leq g_1 \cdot g_2 \leq 1$

Strahltaile:  $w_0 = \left( \frac{L \cdot \lambda}{\pi} \right)^{1/2} \cdot \left( \frac{g_1 g_2 (1 - g_1 g_2)}{(g_1 + g_2 - 2 g_1 g_2)^2} \right)^{1/4}$

Rayleigh-Länge:  $z_R = \frac{w_0^2 \pi}{\lambda}$

Lage der Strahltaile:  $t_1 = \frac{g_2 (1 - g_1) L}{g_1 + g_2 - 2 g_1 g_2}$ ,  $t_2 = L - t_1$

Strahlradius am Spiegel 1:  $w_1 = \left( \left( \frac{\lambda L}{\pi} \right)^2 \frac{g_2}{g_1} \frac{1}{1 - g_1 g_2} \right)^{1/4}$

Strahlradius am Spiegel 2:  $w_2 = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} w_1$

Divergenzwinkel:  $\Theta = \frac{\lambda}{\pi w_0}$

Strahlradius:  $w(z) = w_0 \cdot \sqrt{1 + \left( \frac{z}{z_R} \right)^2}$

Laserpulse:

Maximale Pulsleistung:  $P_{\max} = \frac{W}{\tau}$ ,  $W$ : Pulsenergie,  $\tau$ : Pulsdauer

Mittlere Pulsleistung:  $P_m = \frac{W}{T} = W \cdot f$ ,  $T$ : Pulsabstand

**ENDE**

Name, Vorname:	Matrikelnummer:	Studiengang:
----------------	-----------------	--------------