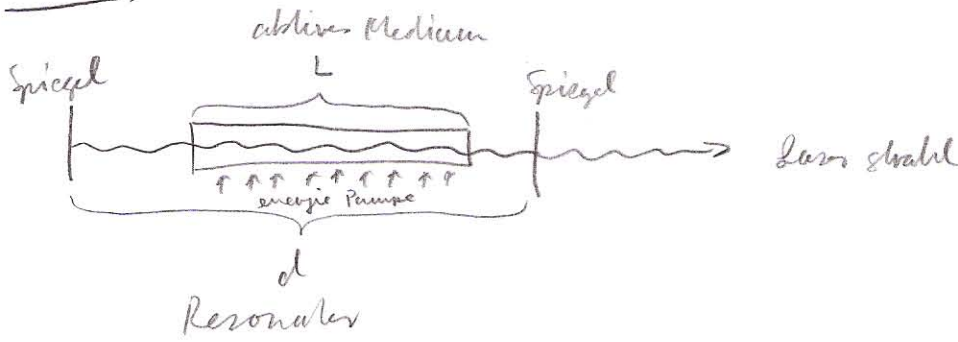
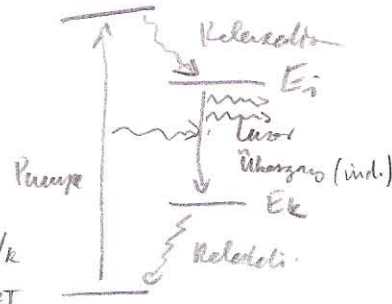


8. Laser



- aktives Medium; Energiezufuhr: Besetzungsinversion  
 $N_i > N_k$  (nicht im thermischen Ggw.)

$N_i = e^{-\Delta E/kT}$   $N_k \ll N_i$   
 $\Delta E \gg kT$



- Energiepumpe: Blitzlampe  
 erzeugt Inversion Gasentladung  
 Strom  
 andere Laser  
 etc.

- optischer Resonator

$E \ll c/L$

Spiegel  $\approx 100\%$

Rückkopplung

("feed-back")

Lebenszeit Photon im Res.

$\Delta t = \frac{2L}{c} \frac{1}{T} \sim 100 \frac{2L}{c}$ ,  $\Delta \nu \propto \frac{1}{\Delta t}$  klein

Photonen speichern

$\omega \gg 1$  in nucleo. Mode

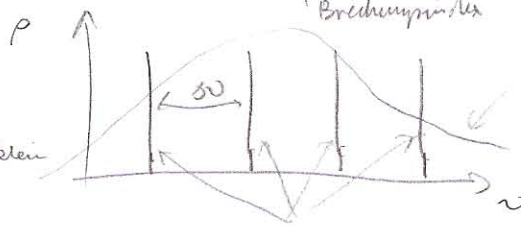
$k = m \frac{\pi}{L} = \frac{2\pi}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{2L}{m}$

$\nu = \frac{c}{\lambda}$

$\nu = m \frac{c}{2Ln}$   $m \in \mathbb{N}$

Brechungsindex

$\Delta \nu \sim \text{GHz}$



Gain profile

8.11. Schwellwertbedingungen

em. Wellen durchs Medium  $nz$

$I(\nu, z) = I(\nu, 0) \cdot e^{-\alpha(\nu) \cdot z}$

(8.1)

Absorptionskoeffizient  $\alpha(\nu) = (N_k - N_i) \sigma(\nu)$

$\uparrow$   
 Besetzungsdichten

für  $N_i$  (angeregte Zhl.)  $> N_k$ ;  $\alpha < 0$

Inversion

d.h. opt. Verstärkung aktives Medium



Rundgang:  $G(\nu) = \frac{I(\nu, 2L)}{I(\nu, 0)} = e^{-2\alpha(\nu)L} > 1$  (8.3)

Verluste pro Rundgang:

$$\frac{I(zd)}{I(0)} = e^{-\gamma}$$

Spiegel Auskopplung (7)

$$\gamma = \gamma_R + \gamma_{str} + \gamma_B \quad (8.4)$$

$\uparrow$   $\uparrow$   $\uparrow$   
 Streuverluste Resonanz

Transparenz pro Rundgang

$$G(\nu) = \frac{I(\nu, zL)}{I(\nu, 0)} = e^{-(2\alpha(\nu)L + \gamma)} \quad (8.5)$$

$G(\nu) \geq 1 \rightarrow$  Verstärkung überwiegt Verluste, Invers. nimmt zu bis Inversion abgebaut wird, Aufbau Inversion durch Pumpe kompensiert durch Abbau durch induzierte Emission

Schwellwertbedingung

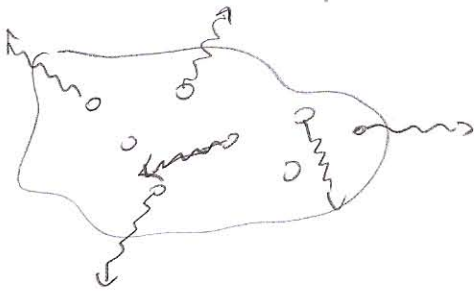
$G(\nu) = 1$      Verlusten = Verluste

$$2\alpha(\nu)L + \gamma = 2(N_k - N_i) \sigma(\nu)L + \gamma = 0$$

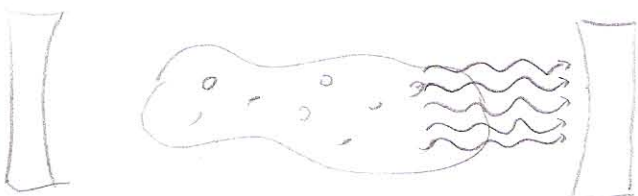
$$\Delta N = \frac{\gamma(\nu)}{2\sigma(\nu)L} \quad (8.6)$$

Laser operation

spontan emittierte Photonen, in die Resonator Mode  $\rightarrow$  vervielfacht durch induzierte Emission durch Resonator feedback  
 nicht in Res. Moden emittiert  $\rightarrow$  weg, kein feedback. (Verluste größer als Verstärkung)  
 Photonen in Resonator Mode  $\rightarrow$  immer größere Photonen Familien ( $\Delta N > N_{sch.}$ )  
 Wachsen so lange an, bis Abbau der Inversion durch induzierte Emission gerade durch Energiepumpe (Aufbau Inversion) kompensiert wird.



Spontane Em. / Gütebereich



stimulierte Em. / Laser