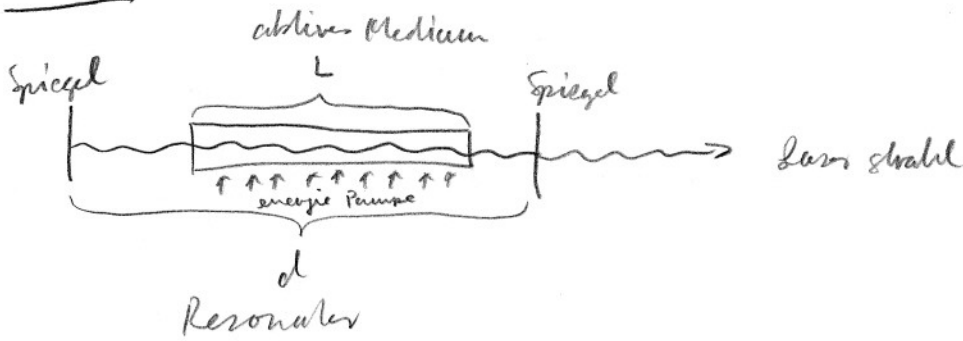
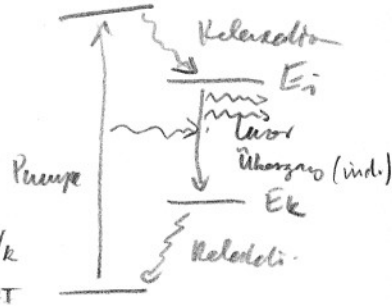


# 8. Laser



- aktives Medium; Energiezufuhr: Besetzungsinversion  
 $N_1 > N_2$  (nicht im thermischen Ggw.)

$$N_1 = e^{-\frac{\Delta E_{12}}{kT}} \quad N_2 \ll N_1 \quad \Delta E \gg kT$$



- Energiepumpe: Blitzlampe, Gasentladung, Strom, andere Laser, etc.

- optischer Resonator

$$E \ll c \cdot (kL)$$

Spiegel  $\approx 100\%$

Rückkopplung

("Feed-back")

Lebenszeit Photon im Res.

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

Photonen Speicher

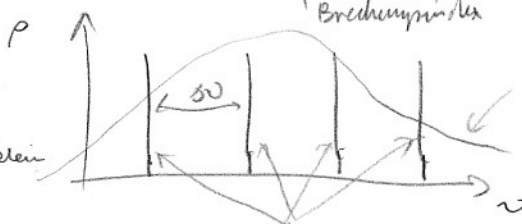
$\omega \gg 1$  in nucleo. Mode

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

$$\nu = m \frac{c}{2L \bar{n}} \quad m \in \mathbb{N}$$

Brechungsindex

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



Gain profile

## 8.1.1. Schwellwertbedingungen

ein. Wellen durch Medium  $l \times z$

$$I(\nu, z) = I(\nu, 0) \cdot e^{-\alpha(\nu) \cdot z} \quad (8.1)$$

Absorptionskoeffizient  $\alpha(\nu) = (N_2 - N_1) \sigma(\nu)$

↑  
Besetzungsdichten

$$\bar{n} \quad N_1 \text{ (angeregter Zst.)} > N_2; \quad \alpha < 0$$

Inversion

d.h. opt. Verstärkung aktives Medium



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

Verluste pro Rundgang:

$$\frac{I(z+d)}{I(z)} = e^{-\gamma}$$

Spiegel Auskopplung (7)

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

$\uparrow$  Streuverluste       $\uparrow$  Leaky

Insgesamt pro Rundgang

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

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

Schwellwertbedingung

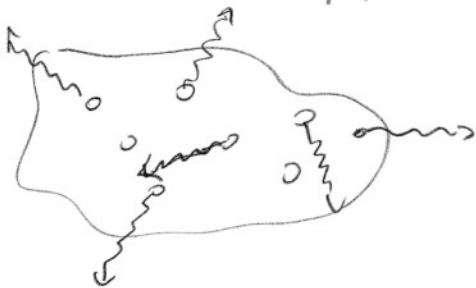
$G(\nu) = 1$       Verstärkung = Verluste

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

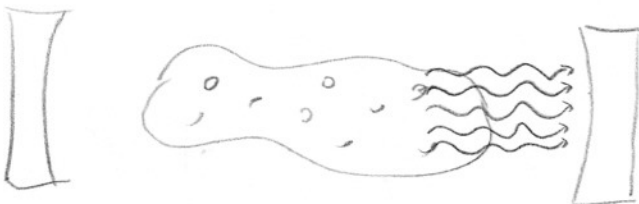
$$\Delta N = \frac{\gamma(\nu)}{2\sigma(\nu)L} \quad (8.6)$$

Laser operation

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



spontane Em. / geübungs



stimulierte Em. / Laser