

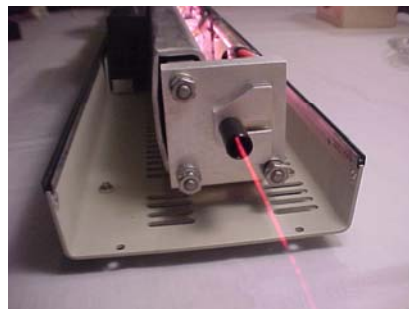
Peer pressure in the laser lab

Prinzip:

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

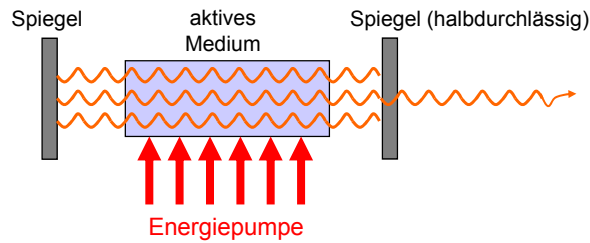
Eigenschaften:

- hochmonochromatisch: $\Delta\nu \approx 1 \text{ Hz}$, $\Delta\nu/\nu \leq 10^{-15}$
→ „zeitliche Kohärenz“
- hohe räumliche Bündelung
→ „räumliche Kohärenz“
- hohe Strahlintensität
(bis 10^{13} W im Puls)
→ hohe Brillanz
(Photonenfluss/ $\Delta\nu$)
- ultrakurze Lichtpulse möglich
($\approx 100 \text{ fs}$)



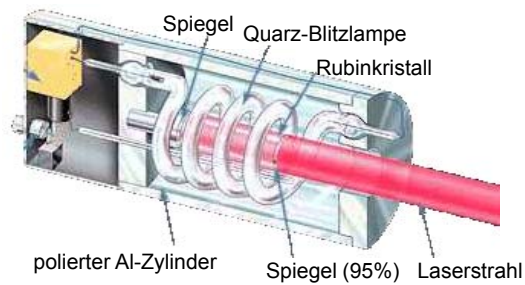
6-4 / 3 Aufbau

Optisch aktives Medium → stimulierte Emission in wenige Moden
 In Fabry-Perot Interferometer → Rückkopplung



Bs.: Rubinlaser

Aktives Medium: Cr^{3+} in Al_2O_3
 $\lambda = 649\text{nm}$ (0.2 ms Pulse)



6-4 / 4 Wiederholung optische Übergänge

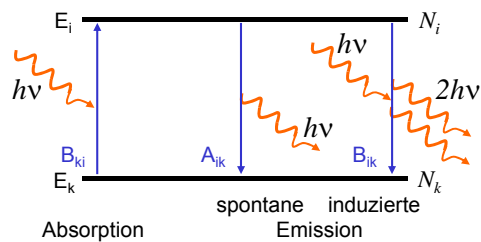
Beschreibung über Einstein-Koeffizienten

In thermischem Gleichgewicht von Atom mit Strahlungsfeld gilt:

$$B_{ik} = \frac{g_k}{g_i} B_{ki}$$

$g_k, g_i \equiv$ Entartungsgrad

$$A_{ik} = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} B_{ik}$$



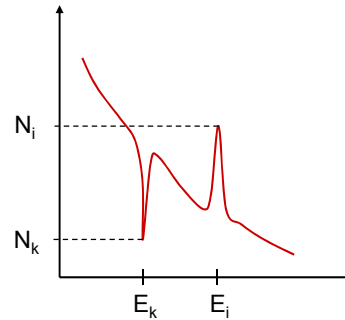
Laserbedingung:

$$N_i - N_k > \frac{8\pi\nu^2 \cdot \delta\nu \cdot \tau}{c^3 \cdot t_0}$$

$\tau \equiv A_{ik}^{-1} \equiv$ natürliche Lebensdauer

$t_0 \equiv$ Lebensdauer von Photon in Laser

→ Inversion notwendig: $N_i > N_k$



Welche Anforderungen an die Konstruktion eines Lasers lassen sich unmittelbar aus der Laserbedingung

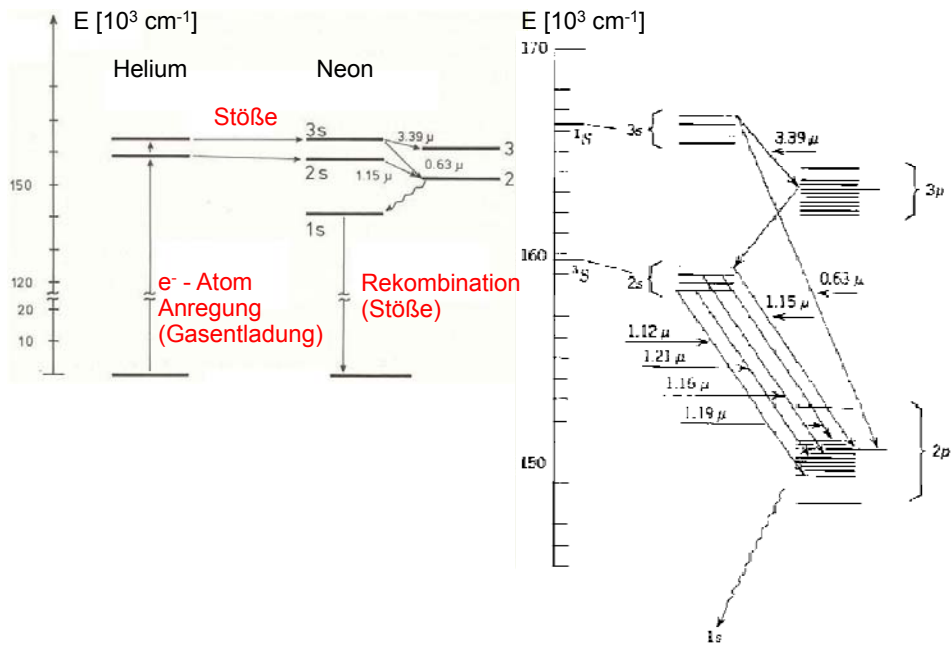
$$N_i - N_k > \frac{8\pi\nu^2 \cdot \delta\nu \cdot \tau}{c^3 \cdot t_0}$$

ableiten?

1. der verwendete optische Übergang sollte eine möglichst kleine Linienbreite besitzen.
2. die Spiegel des Resonators sollten möglichst gut sein.
3. je kürzer die Wellenlänge, desto schwieriger ist die Realisierung eines Lasers.
4. alle diese Punkte gelten.
5. keiner dieser Punkte gilt.

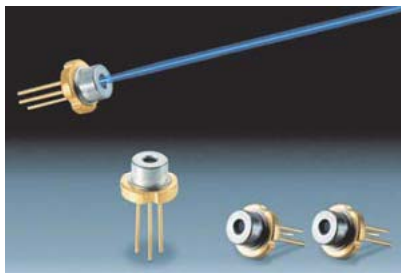
6-4 / 7

Termschema HeNe-Laser



6-4 / 8

Beispiele für Lasertypen



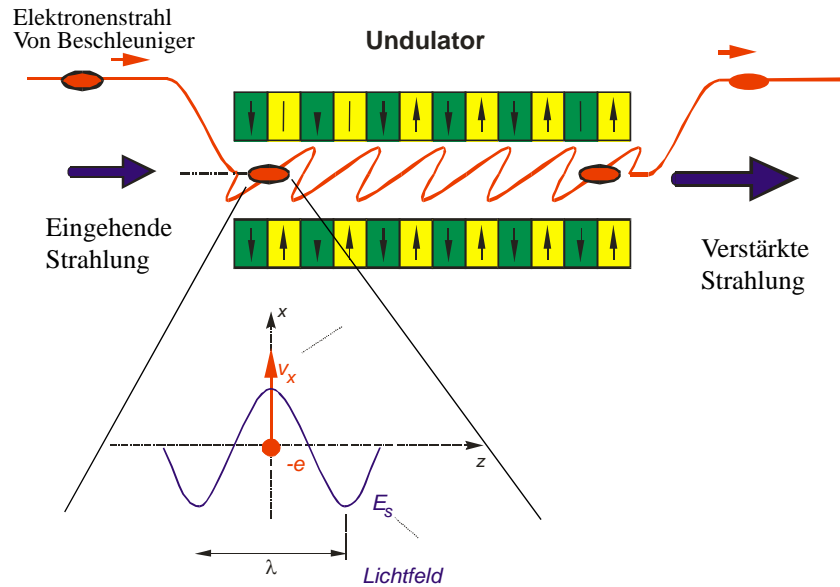
Laserdiode
405 nm
7 mW

National Ignition Facility (USA)
350 nm
 10^{12} W (in 10 ns Puls)



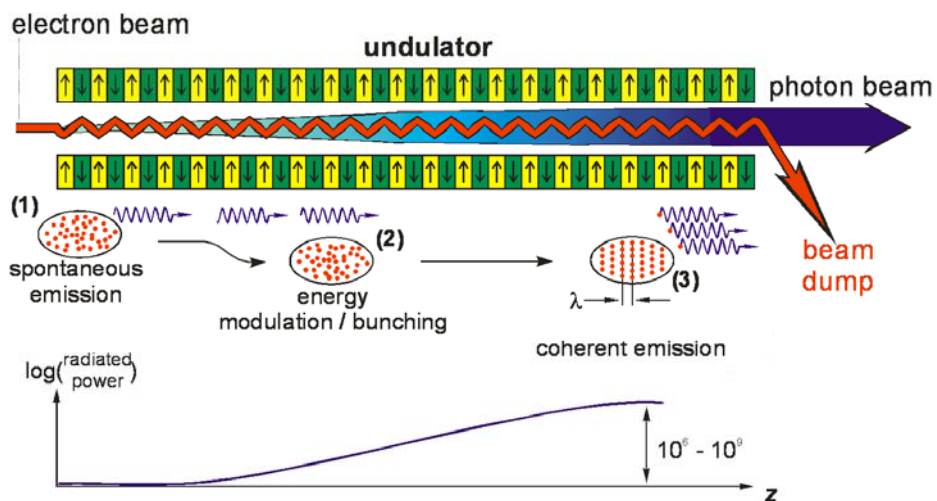
6-4 / 9 Freie-Elektronen-Laser (FEL)

Funktionsprinzip Undulator:



6-4 / 10 Freie-Elektronen-Laser (FEL)

Funktionsprinzip Self-Amplified Spontaneous Emission (SASE) FEL:



6-4 / 11

Freie-Elektronen-Laser (FEL)



FELs bei DESY

VUV-FEL (2004): 20-200 eV

XFEL (2014): 0.2-20 keV

SASE FEL

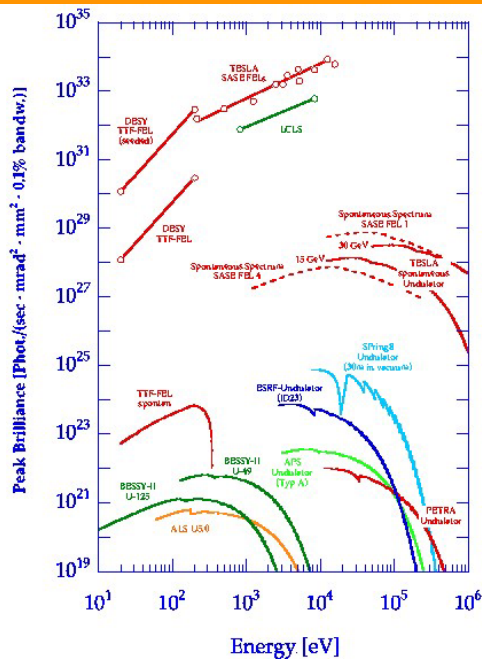
Experimentierhalle

<http://www-hasylab.desy.de/facility/fel>

<http://xfel.desy.de>

6-4 / 12

Freie-Elektronen-Laser (FEL)



FELs bei DESY

VUV-FEL (2004): 20-200 eV

XFEL (2014): 0.2-20 keV

<http://www-hasylab.desy.de/facility/fel>

<http://xfel.desy.de>