



32. Lektion

Laser

Lernziel:

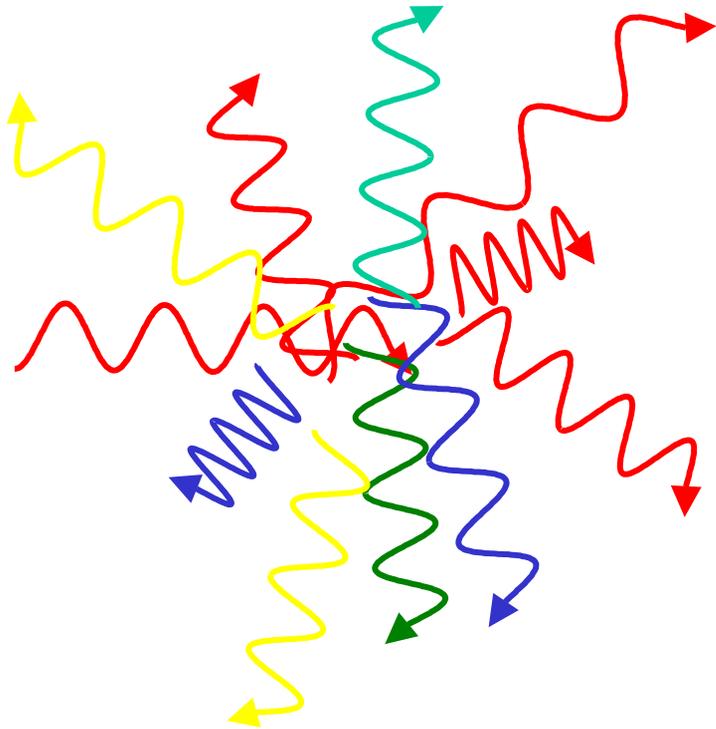
**Kohärentes und
monochromatisches Licht
kann durch stimulierte
Emission erzeugt werden**

Begriffe:

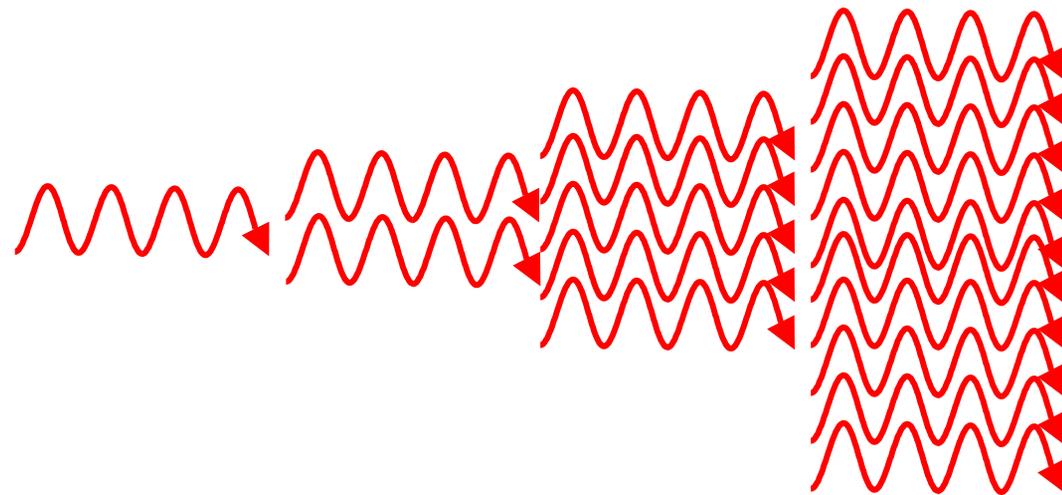
- Kohärente und inkohärente Strahlung
- Thermische Besetzung und Besetzungsumkehr
- Stimulierte Emission
- Spontane Emission
- Gaslaser Festkörperlaser

Wirkungsweise des Lasers

Light amplification by stimulated emission of radiation



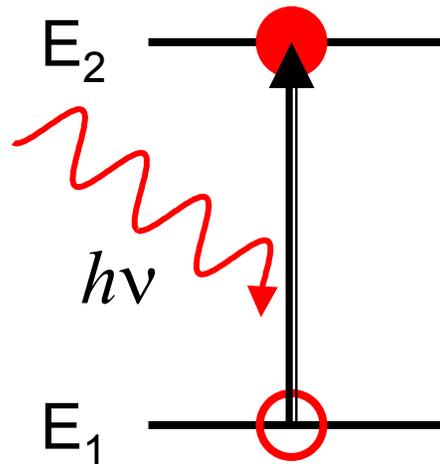
Inkohärente thermische
Strahlung von einer
Glühbirne



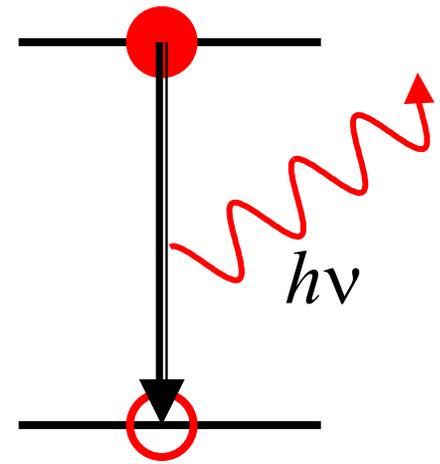
Räumlich und zeitlich
kohärente und monochro-
matische Strahlung

Drei Arten der Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Atomen

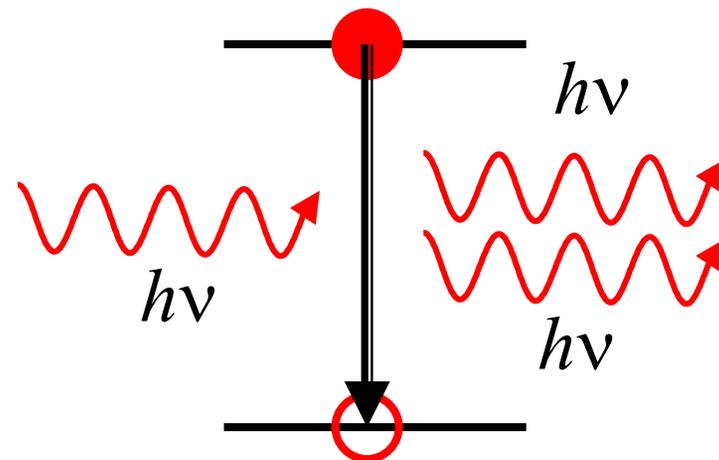
Absorption



Spontane Emission

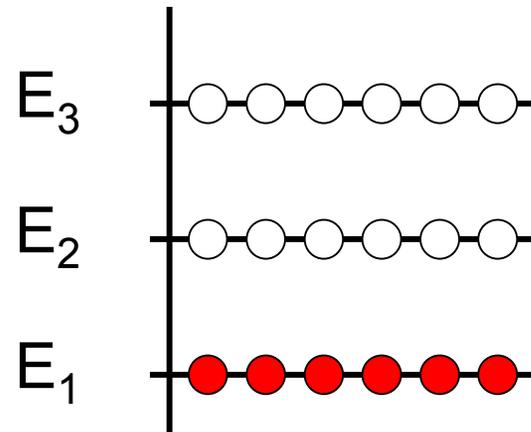


Stimulierte Emission

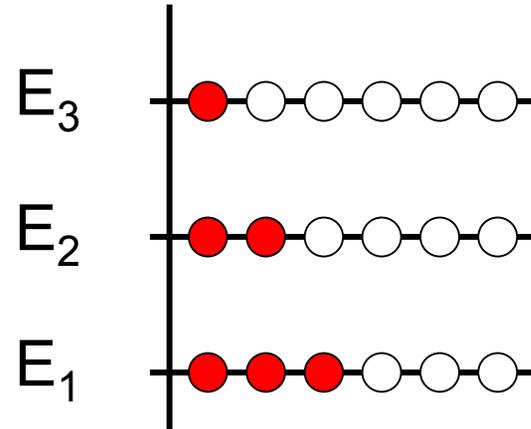


Thermische Besetzung von Energie- niveaus

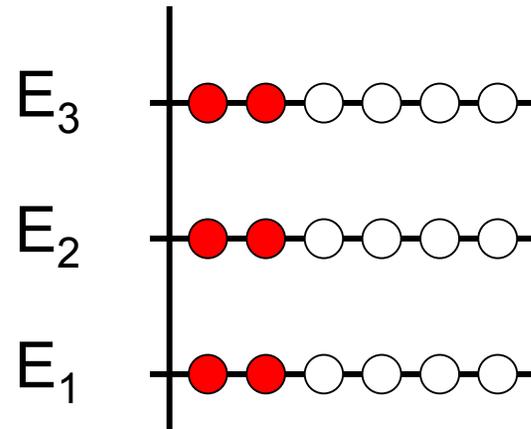
$T = 0$



$T > 0$

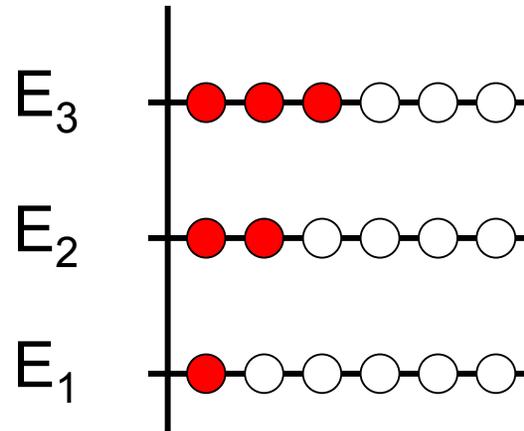


$T = \infty$



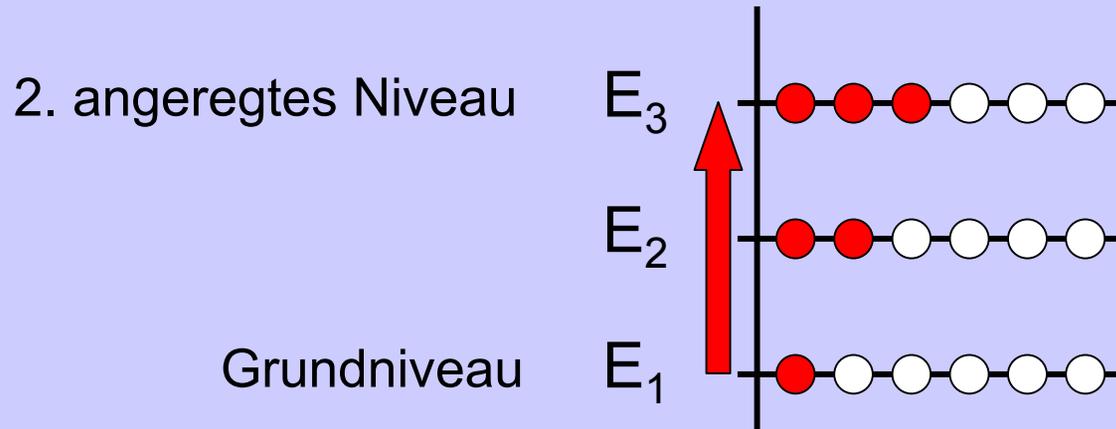
Besetzungs- umkehr oder Inversion

Dieser Zustand ist thermisch
nicht realisierbar:

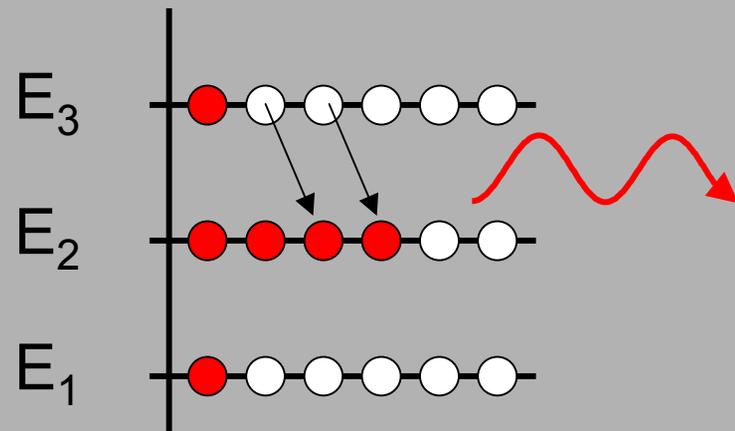


....aber Physiker kennen kein
Hindernis.....

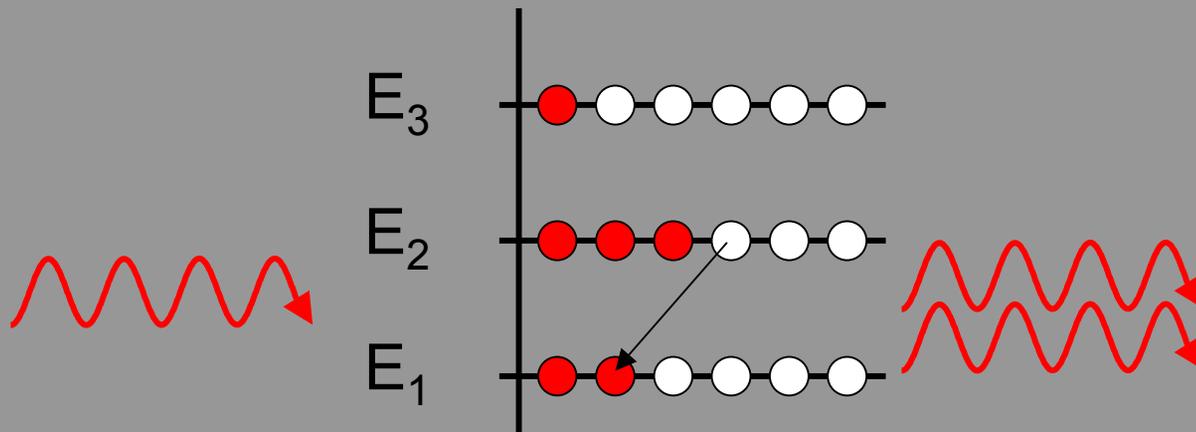
1. **Optisches Pumpen** vom Grundniveau zum zweiten angeregten Niveau.



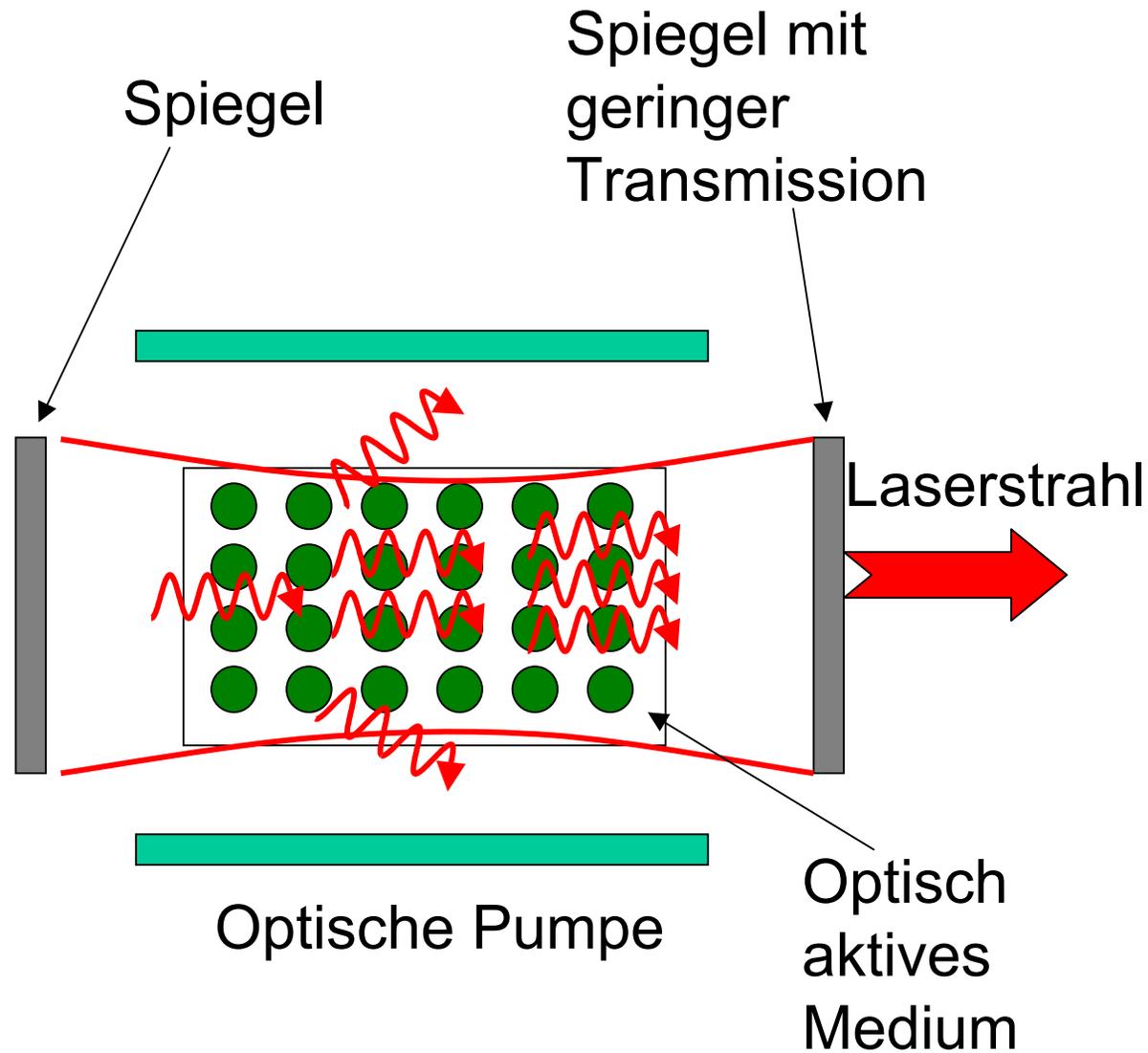
2. **Besetzungsumkehr** durch schnelle spontane Emission des oberen Niveaus auf ein metastabiles Zwischenniveau E_2 . Das Niveau E_2 „lebt“ ca. 10^{-3} s oder länger, bis es spontan in den Grundzustand zerfällt.



3. **Resonante, stimulierte Emission** zwischen dem ersten angeregten Niveau und dem Grundniveau, d.h. es wird nicht erwartet, bis Niveau E_2 spontan zerfällt, sondern ein Photon der gleichen Frequenz $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$ beschleunigt den Zerfall und vermehrt die Zahl der Photonen mit der gleichen Frequenz.



Optischer Resonator zur Erzeugung von Laserstrahlen



Quiz:

Das kohärente Licht von Lasern ist charakterisiert durch die folgenden Eigenschaften:

- A Monochromatisches Licht
- B Phasenkohärentes Licht
- C Polychromatisches weißes Licht
- D Parallel gebündeltes Licht
- E Sphärische Welle mit 4π – Verteilung

Welche Aussagen treffen nicht zu:

- A und B B, C und E C und E C, D und E

Antwort C und E treffen nicht zu!

Laserarten

Gas-Laser:

HeNe – Laser, CO₂-Laser

Dye-Laser oder Farbstofflaser:

Farbstoffe in Wasser oder
Alkohol

Festkörperlaser:

YAG-Laser, Rubin-Laser,
Halbleiter-Laser

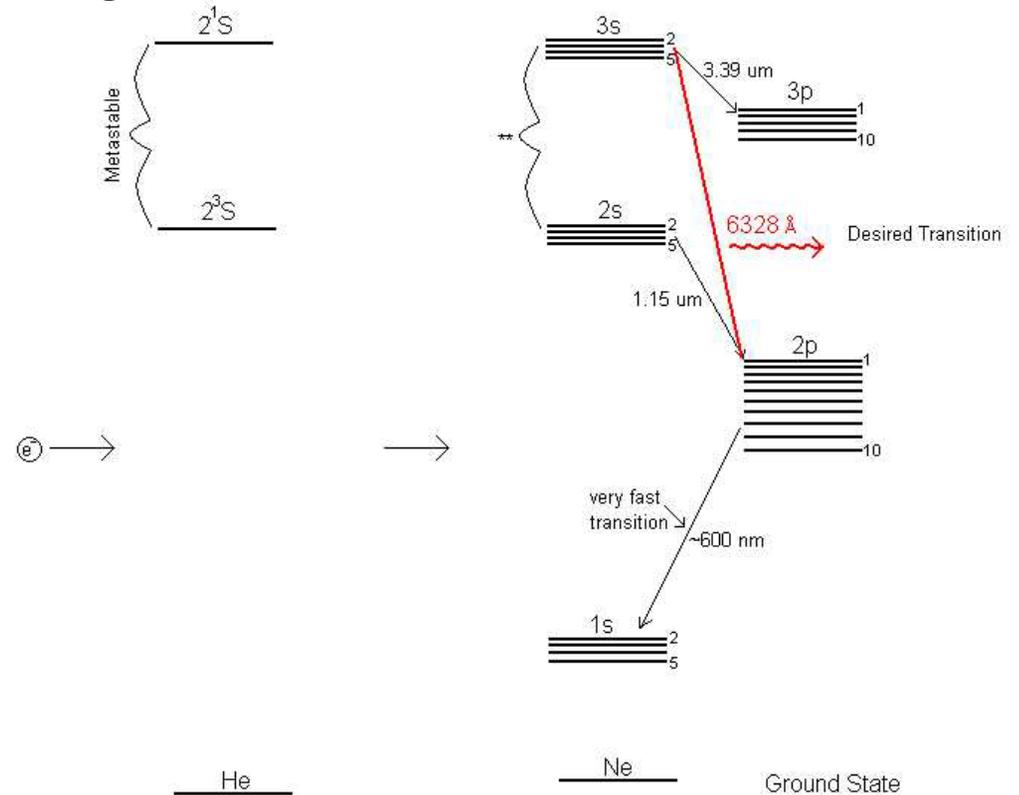
Freier Elektronen Laser

Laserarten

Laser	Aktives Medium	Wellenlänge
Gas-HeNe	Ne	632.8 nm
Fest-Rubin	Cr	691 nm
Fest-YAG	Nd	1.06 μm
Fest-Saphir	Ti	0.7-1.02 μm
CO ₂ -Gas	Nd	10 μm
Al _x Ga _{1-x} As - Halbleiter		0.7-0.9 μm
GaN- Halbleiter		μm
Grüner Laser		532 nm
Wasser, Alkohol	Farbstoffe	40 – 100 nm

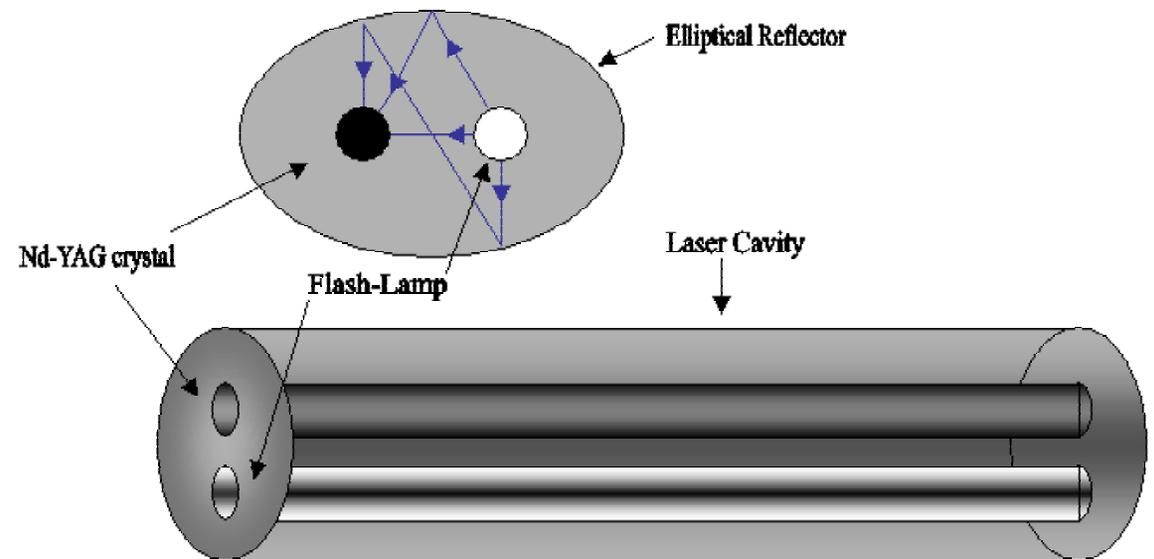
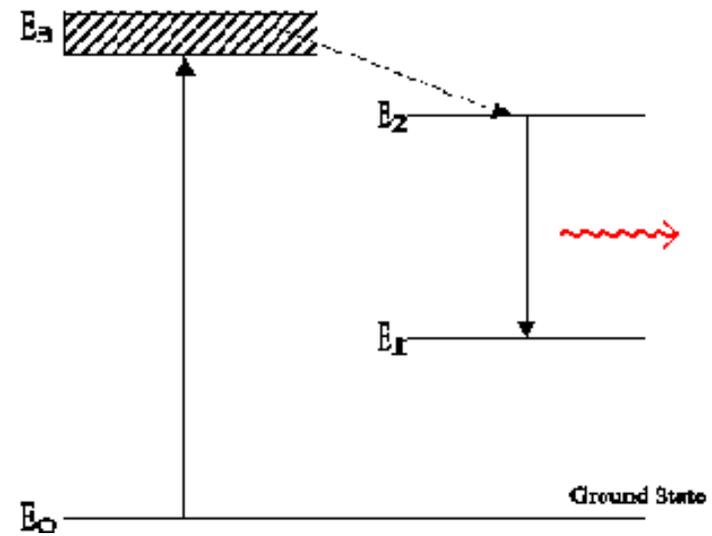
He-Ne Laser

Energieschema:



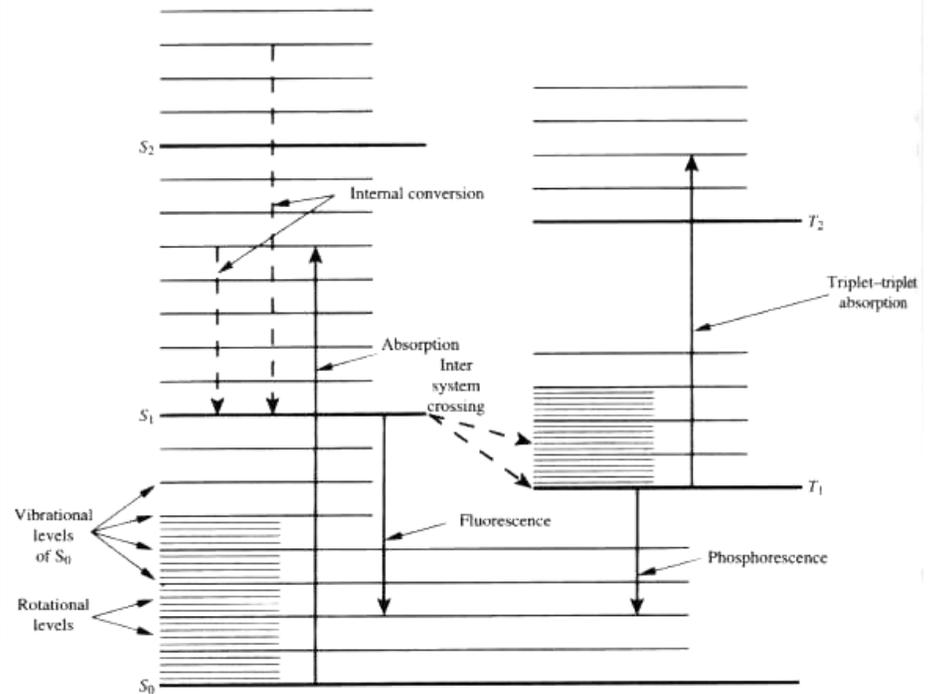
YAG-Laser

Energieschema:



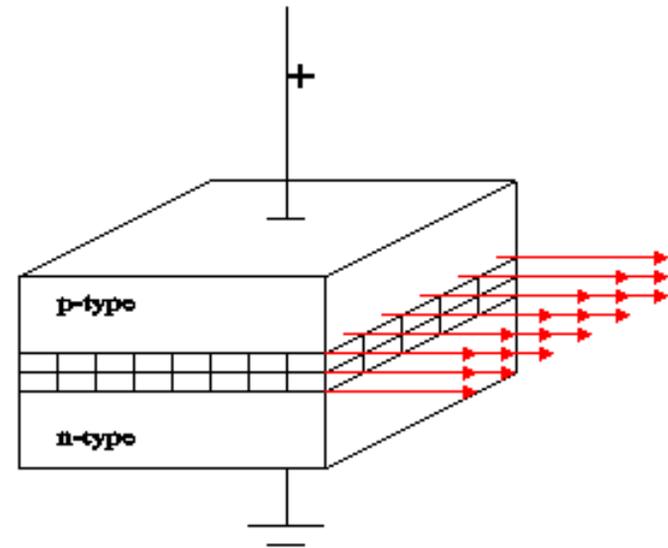
Farbstoff-Laser

Energieschema:

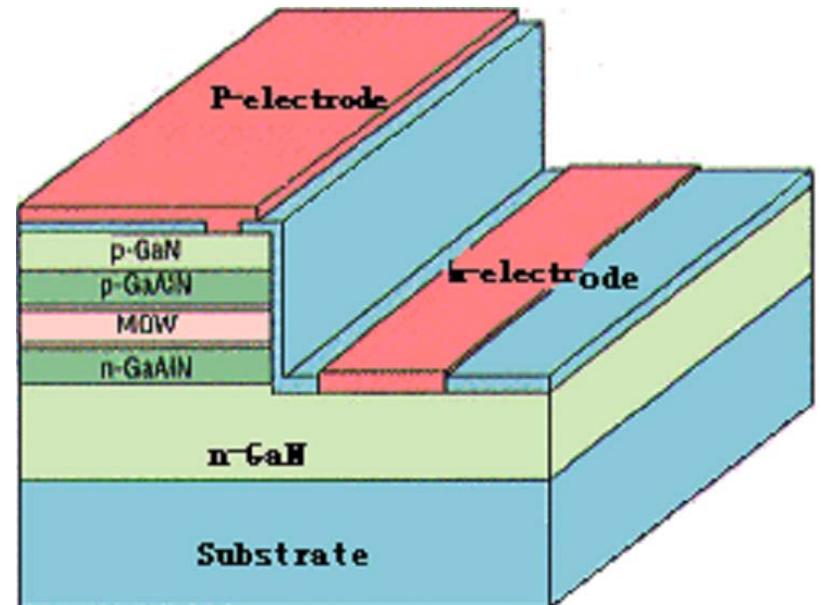


Laser Diode

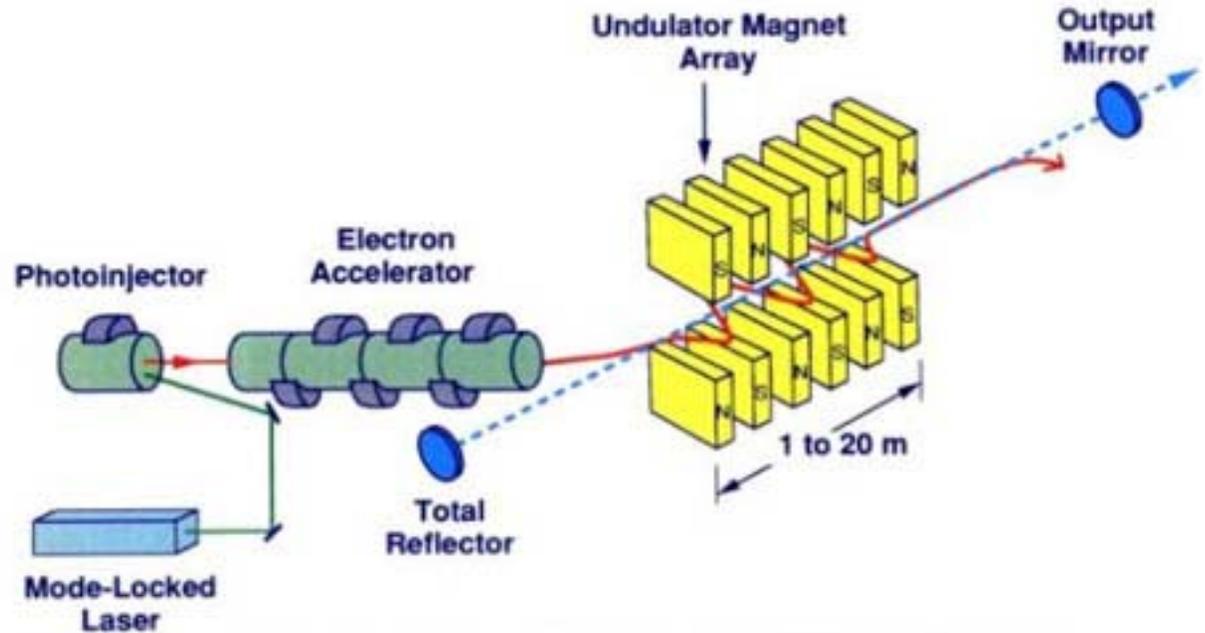
Prinzip des Dioden Lasers



GaN – blauer Laser



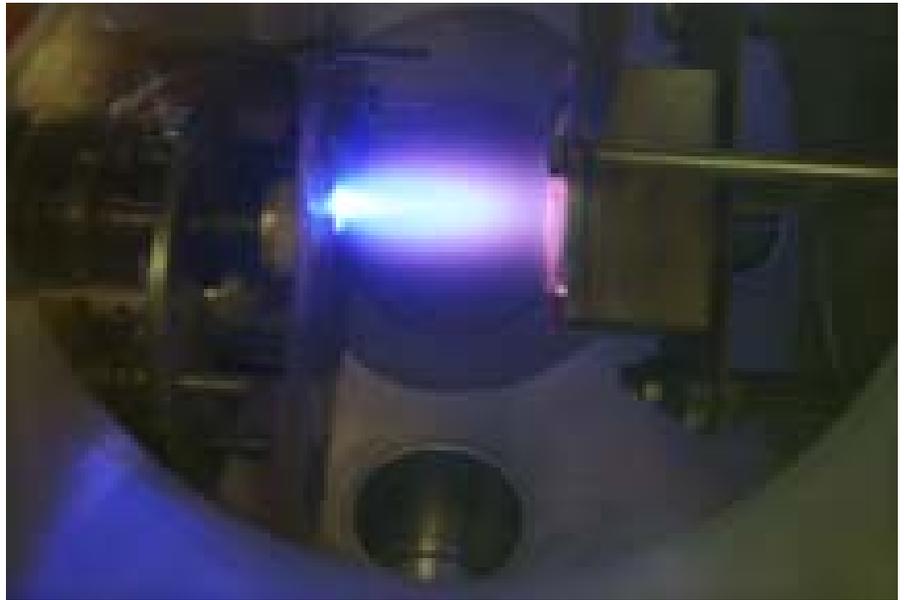
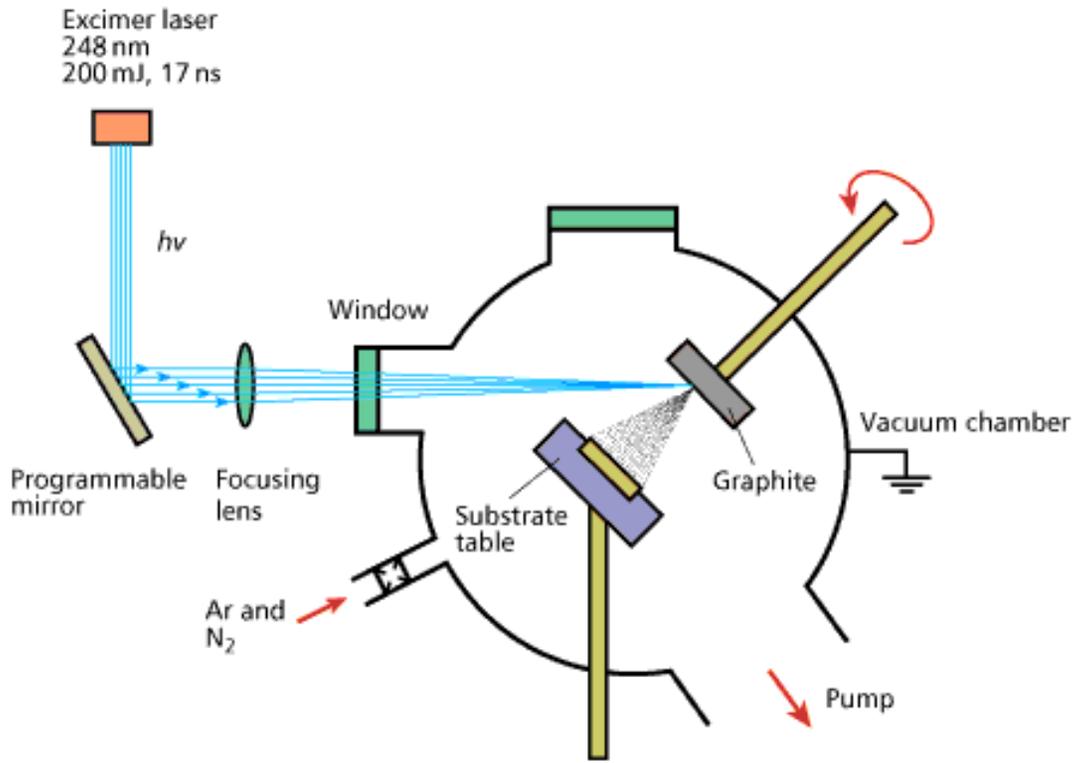
Free electron laser (FEL)



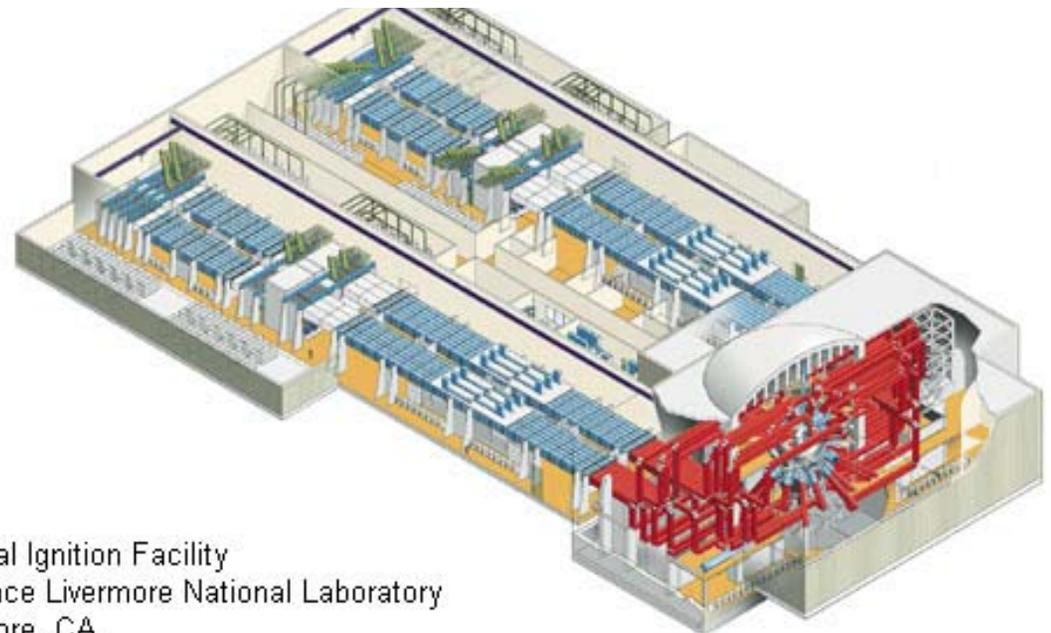
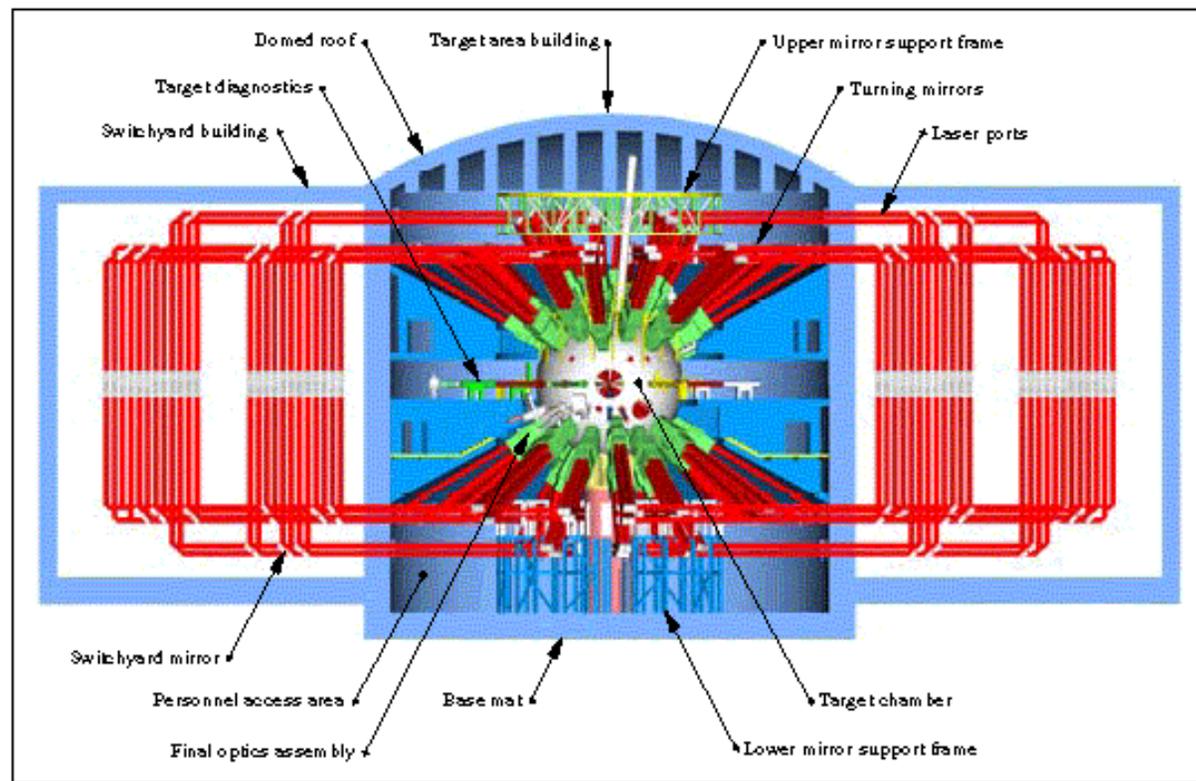
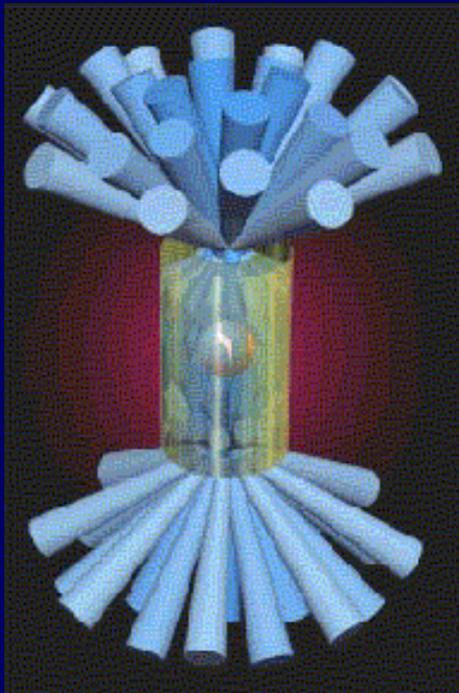
Der FEL beruht auf Beschleuniger – Technik und Ablenkung von Elektronen im Magnetfeld. Er ist frei von metastabilen Zuständen in Atomen oder Molekülen und kann daher beliebig durchgestimmt werden. Für spektroskopische Untersuchungen ist er die ideale Lösung.

Anwendungen I:

Schichtherstellung durch Laser-Ablation

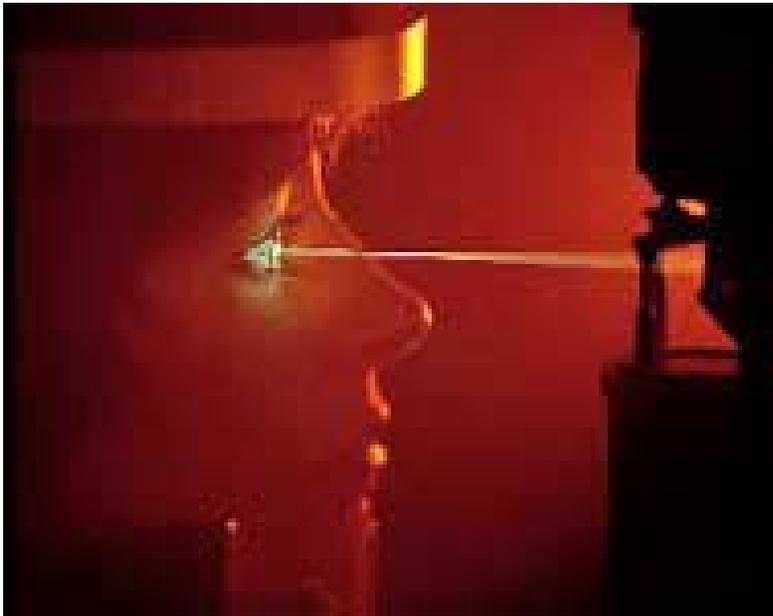


Anwendungen II: Kernfusion durch Laser- Kompression



National Ignition Facility
Lawrence Livermore National Laboratory
Livermore, CA

Laser – Einsatz bei Augenoperation zur Behandlung von Tumoren oder Netzhautablösungen



Laserstrahl entfernt Bindegewebe mit minimaler Erhitzung der Umgebung. Mit fokussiertem Laserstrahl können Tumoren auf der Retina entfernt werden; losgelöste Retina kann wieder angeschweißt werden, etc.

Laser-Dioden in der Unterhaltungselektronik und in der Informationstechnologie



Zusammenfassung:

- Das Laser-Prinzip beruht auf der Inversion der thermischen Besetzung von Energieniveaus.
- Das Laserprinzip läuft in drei Stufen ab:
 1. Optisches Pumpen,
 2. Besetzungsumkehr,
 3. Stimulierte Emission
- Laser liefern kohärente und monochromatische Strahlung
- Nur spezielle Farbstofflaser können durchgestimmt werden