

# Laserschutz-Unterweisung

Unfallverhütungsvorschrift "Laserstrahlung" (BGV B2) verlangt beim Betrieb von Lasern u. a.:

- Unterweisung der Mitarbeiter
- Wiederholung der Unterweisung mindestens einmal jährlich
- Aufzeichnungen über die Unterweisungen
- Anzeige der Laser (Klassen 3R, 3B und 4) bei Berufsgenossenschaft und Gewerbeaufsichtsamt. Verantwortlich: Projektleiter

Inhalt der Unterweisung:

- Gefahren der Laserstrahlung
- Schutzmaßnahmen
- Verhalten im Laserbereich und im Schadensfall



# Laser accidents

- A few serious accidents per year in US

## Los Alamos accident

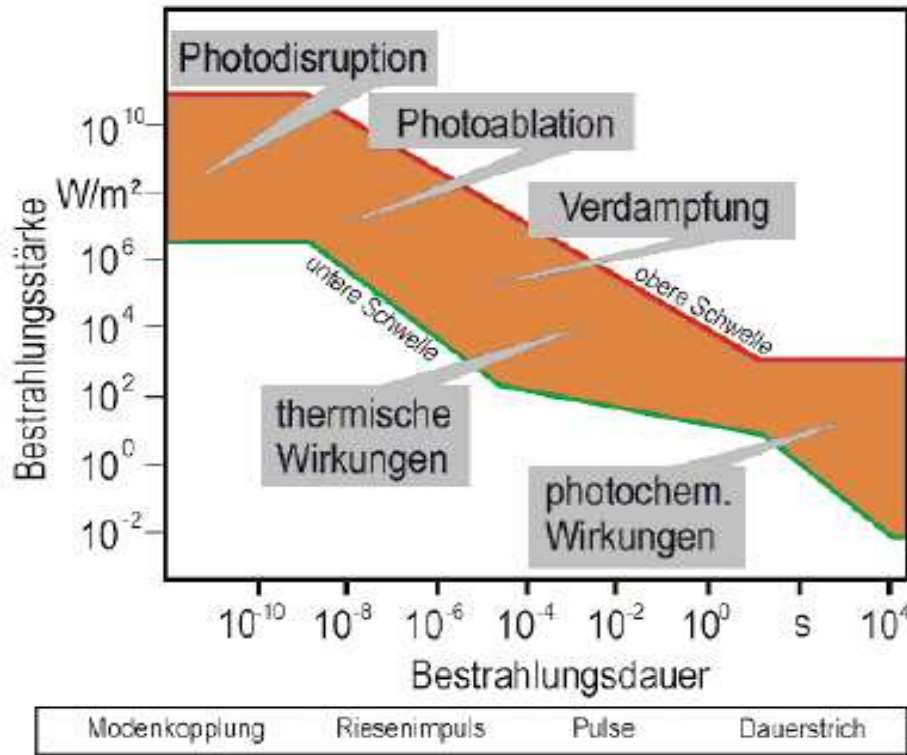
- Student has permanent vision loss
- Four Los Alamos National Laboratory workers were fired and one will resign under pressure for their roles in a security and safety scandal at the lab
- Extended shutdown of operations

# Gefährdungspotentiale beim Umgang mit Lasern

Beim Umgang mit Lasern besteht ein primäres Gefährdungspotential durch den Kontakt mit dem Laserstrahl (direkt oder diffus/spiegelnd reflektiert). Die Gründe hierfür sind primär:

- hohe Leistungs- bzw. Energiedichte
- geringe Strahldivergenz

# Wechselwirkungsmechanismen mit organischem Gewebe



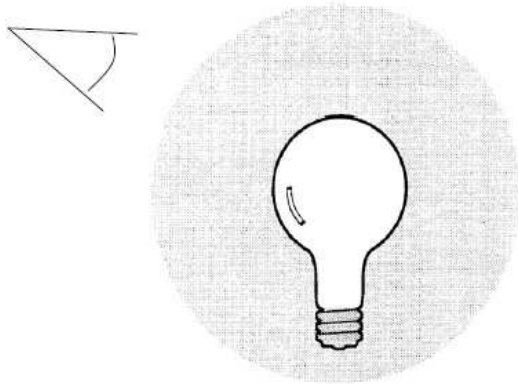
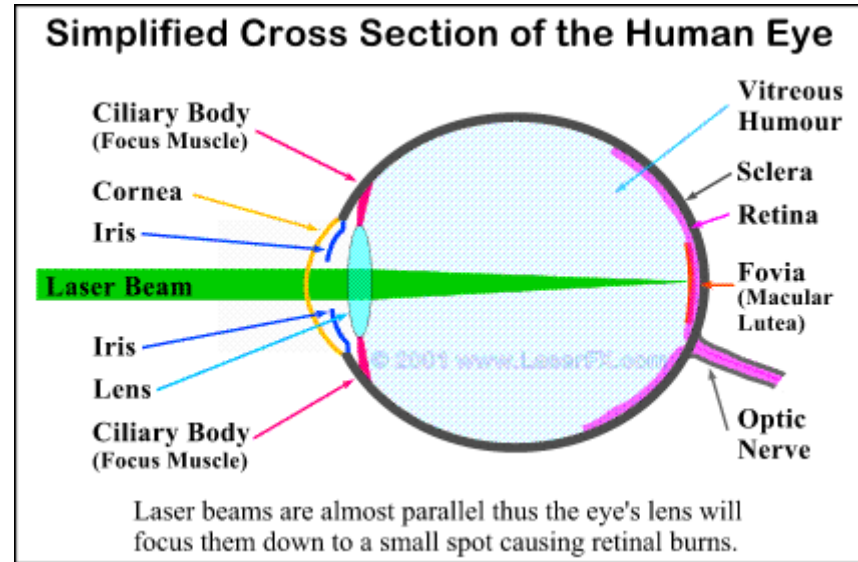
Schädigungen in Abhängigkeit von Pulsdauer und Bestrahlungsstärke

- bis zur unteren Schwelle sind keine biologischen Wirkungen bekannt
- die obere Schwelle stellt in etwa die Grenze des technisch Machbaren dar (Tendenz steigend)
- Wechselwirkungen mit abnehmender Pulsdauer:
  - ◆ photochem. Wirkungen: Sonnenbräune, Biostimulation (medizinisch)
  - ◆ thermische Wirkungen: Sonnenbrand, Koagulation (Eiweißgerinnung), Karbonisierung, Laserskalpell
  - ◆ Verdampfung des Gewebes
  - ◆ Photoablation: Gezieltes Verdampfen von Material (dünne Schichten), Hornhautkorrektur am Auge (med.)
  - ◆ Photodisruption: Zerstörung von Gewebe durch Kavitation, Zerstörung von Nierensteinen, etc (medizinisch)

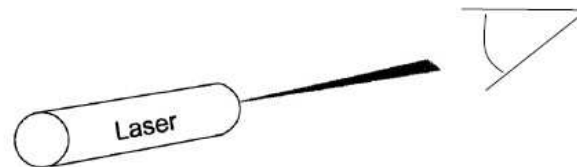
# Properties of Laser

Directional

Focus a lot of energy onto a small area



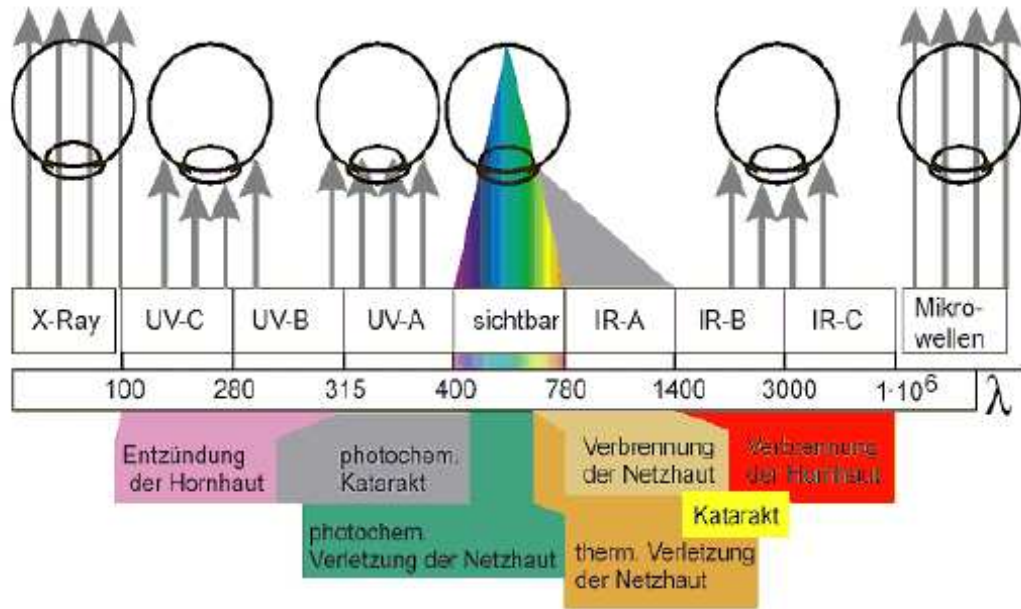
Vollraum  
 $\theta^2 \sim 4\pi$  [sr]



kleiner Raumwinkel  
 $\theta^2 = <10^5$  [sr]

## Wechselwirkungen mit dem Auge

Besonders gefährdet ist das Auge, da eine geringfügige Einwirkung durch den Laserstrahl irreparable Schäden hervorrufen kann.



### Eindringtiefe elektromagnetischer Strahlung in das Auge

- UVC (100 nm - 280 nm): Absorption an der Hornhaut, Photokonjunktivitis (Bindehautentzündung)
- UVB (280 nm - 315 nm): Photokeratitis (Entzündung der Hornhaut)
- UVA (315 nm - 380 nm): Absorption in der Linse, photochemischer Katarakt (grauer Star)
- VIS (380 nm - 780 nm): hohe Gefährdung v.a. der Netzhaut, photochemische bzw. thermische Wirkung, Vorteil: Lidschlußreflex (< 0,25 s beim gesunden Menschen)
- IRA (780 nm - 1400 nm): gefährlich, Strahlung dringt bis Netzhaut vor, wird aber nicht wahrgenommen => kein Lidschlußreflex, Katarakt
- IRB (1.400 nm – 3.000 nm): Absorption hauptsächlich in vorderer Augenkammer, thermische Schädigung
- IRC (ab 3.000 nm - 1 mm): Absorption in der Hornhaut, thermische Schäden

**ACHTUNG** bei Lasern besteht in der Regel die größte Gefahr bei Augeneinstellung auf Unendlich, da dann paralleles Licht maximal auf die Retina fokussiert wird!

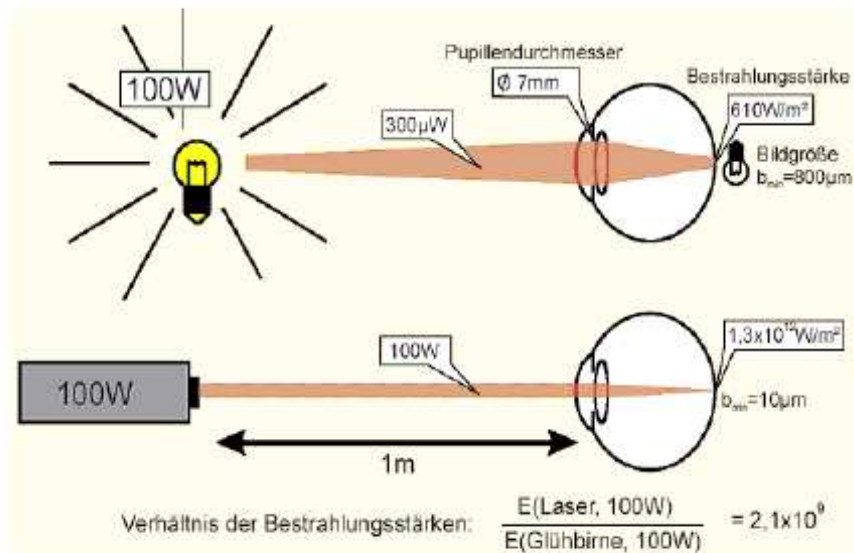


Abbildung eines Glühwendels und eines Laserstrahls auf die Retina



Retina, 5 Tage nach Laserunfall



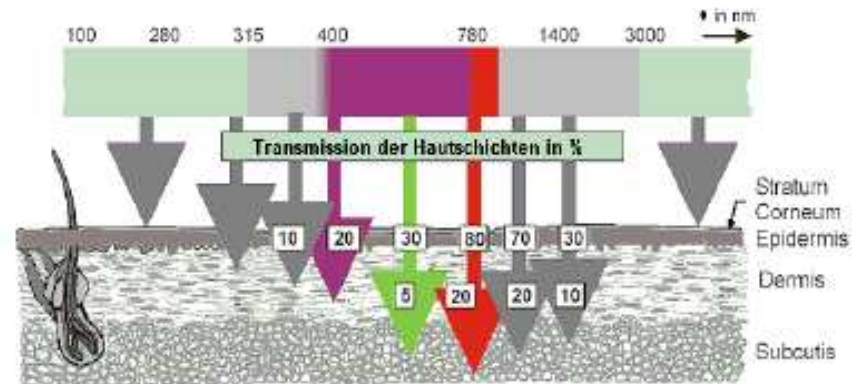
Gleiche Retina 3 Jahre nach Laserunfall

Beispiel (Arbeitsunfall, beide Augen betroffen):

- 25 m Entfernung, Rubinlaser (694 nm), Puls: 20 ns, 20 mJ (1 MW Laserleistung!)
- persönliches Empfindung: schwarzer Fleck und abnehmende Sehstärke
- 5 Tage nach dem Unfall: Blutblase (Durchmesser ca. 1,2 mm), Sehstärke 5%
- 3 Jahre nach dem Unfall: Narbe, Sehstärke 5%



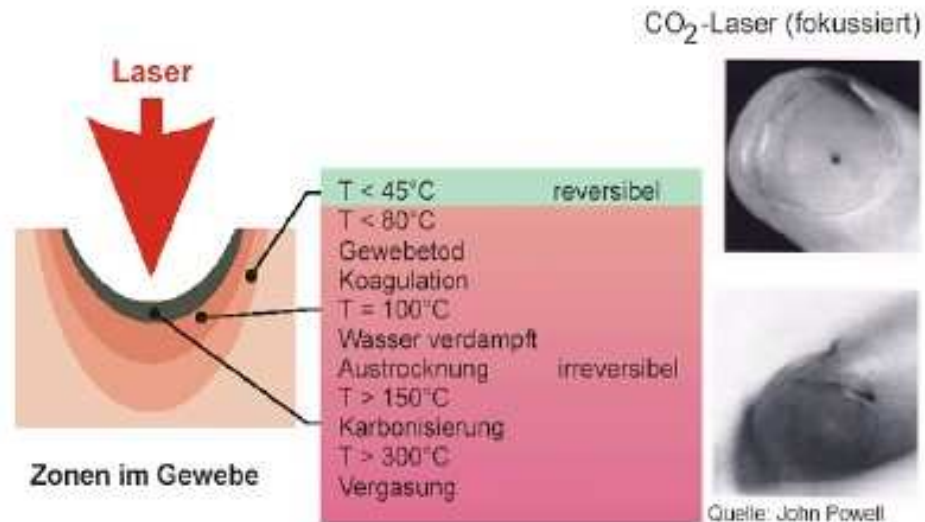
## Wechselwirkungen mit der Haut



### Eindringtiefe von Laserstrahlung in die Haut

- UVC (100-280nm): starke Absorption, dringt nur in dünne Oberflächenschicht ein
- UVB (280-315nm): Erytheme (Hautrötung), Schwellwert ca.  $0,1 \text{ J/cm}^2$
- UVA (315-380nm): direkte Pigmentierung der Haut, Schwellwert ca.  $10 \text{ J/cm}^2$
- VIS (380-780nm): größte Eindringtiefe, photochemische Prozesse, therm. Wirkungen
- IRA (780-1400nm) und IRB (1400-3000nm): Eindringtiefe wird kleiner, Verbrennungen
- IRC (ab 3000nm-1mm): Absorption an der Hautoberfläche, Verbrennungen





### Thermische Schädigung der Haut

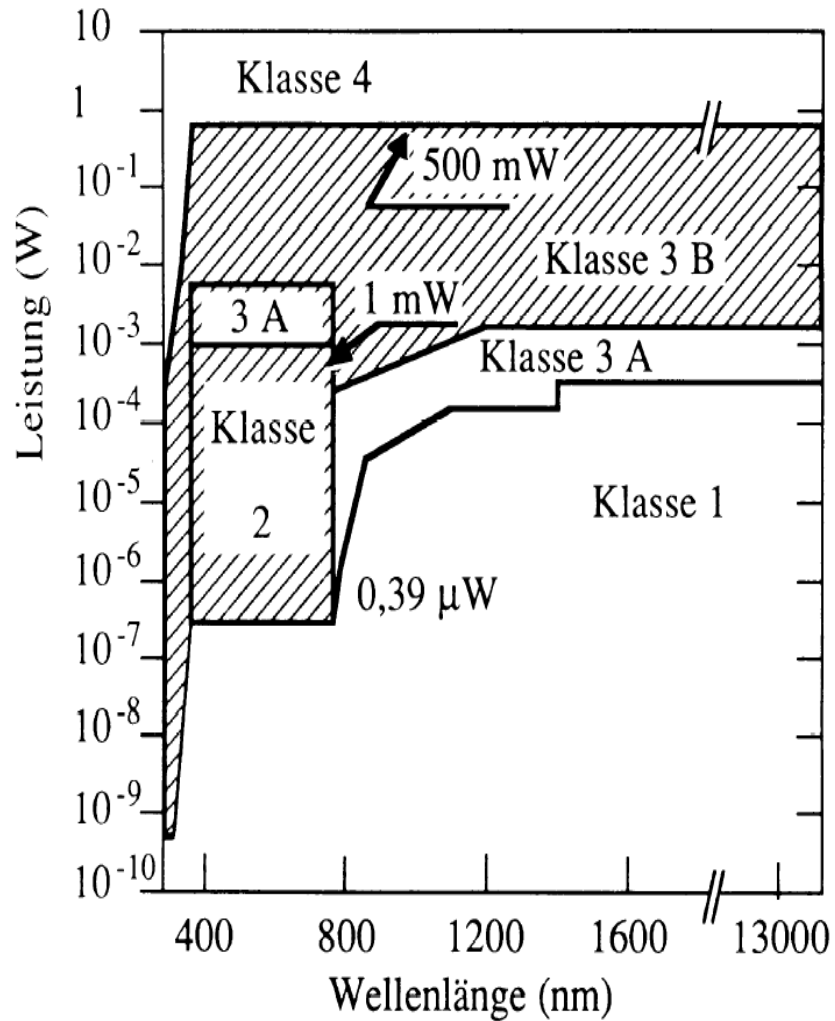
- Unterscheidung zwischen reversiblen (T < 45°C) und irreversiblen Schäden
- Zwischen 45°C und 80°C tritt der Gewebetod ein (Koagulation = Eiweißgerinnung)
- Die Temperatur von 100°C wird trotz weiterer Energiezufuhr so lange gehalten bis das Wasser des Gewebes verdampft ist
- Ab 150°C tritt Karbonisierung ein, ab 300°C vergast das Gewebe
- Beispiel Finger: CO<sub>2</sub>-Laser; beim Überprüfen, ob Schutzgas strömt war der Laser bereits eingeschaltet

# Laser classes

- Class 1 - “safe” if not disassembled
  - CD-ROM players/drives
- Class 2/2a -eye hazard if you stare into the beam
  - supermarket scanners
- Class 3a - eye hazard if collected/focused into eye
  - laser pointers
- Class 3b -eye hazard if direct or reflected beam is viewed
  - research
- Class 4 - eye hazard if direct, reflected or diffusely reflected beam is viewed; possible skin and fire hazard
  - research, manufacturing

| Gefahren:                            | Klasse 1 | Klasse 1M                | Klasse 2 | Klasse 2M                | Klasse 3R | Klasse 3B | Klasse 4 |
|--------------------------------------|----------|--------------------------|----------|--------------------------|-----------|-----------|----------|
| Auge: Direkter Strahl bzw. Reflexion |          | Optische Instrumente [X] | *        | Optische Instrumente [X] | X         | X         | X        |
| Auge: Diffuse Reflexion              |          |                          |          |                          |           | X         | X        |
| Haut                                 |          |                          |          |                          |           | O         | X        |
| Brandgefahr                          |          |                          |          |                          |           |           | X        |

# Laser classes



# Laser classes



# Protection

- **1) Wear protective eyewear whenever the laser is operated.**



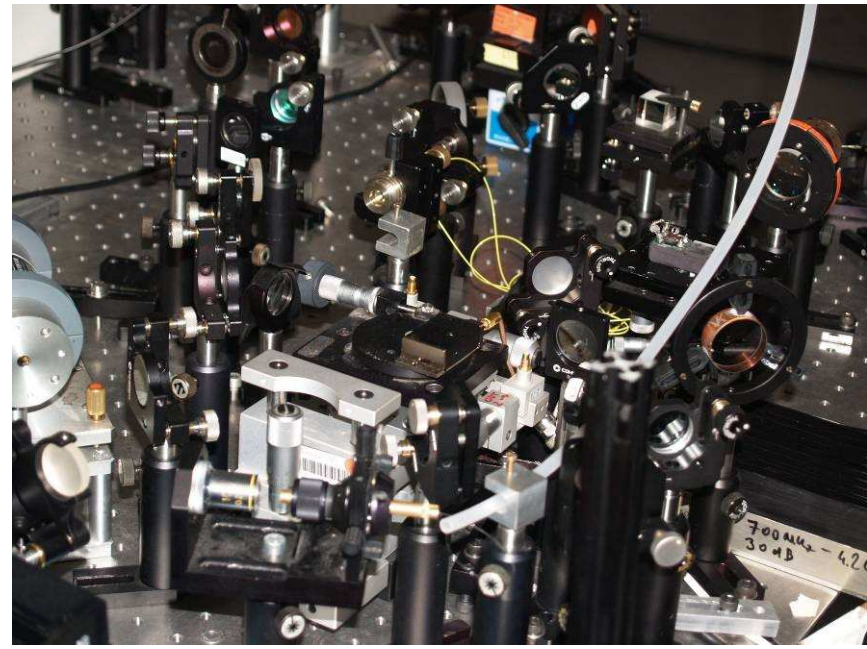
# Protection

- **2) During beam alignment, reduce the output power as much as possible.** Use beam cards or infrared viewer scopes, when practical.
- **3) have limited access to spectators**



# Protection

- 4) Always contain the beam on the plane of the optical table. Use beam blockers. **Never direct the beam upwardly or across walkways!**





# Non-beam Hazards

**Electrical** - Most common non-beam hazard

- Watch out for high voltage from power supplies and capacitor banks
- Use standard electrical safety techniques to prevent injury

**chemical hazard**

- Dyes/solvents can be sometimes, mutagenic, carcinogenic, toxic and/or highly reactive

# Non-beam Hazards



**250 Watt Laser Moving  
at 1 Inch per Second**

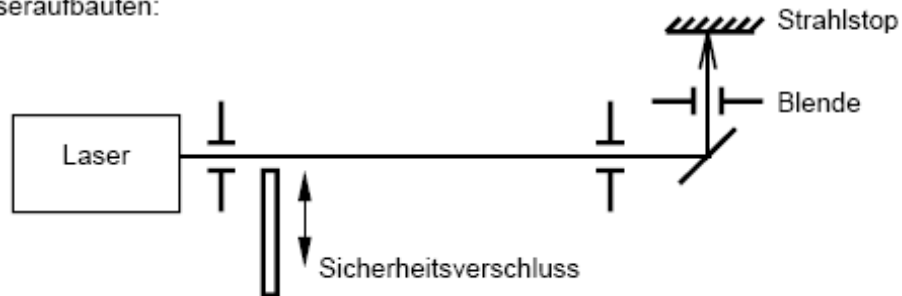
## Verhalten im Laserbereich

- Geeignete persönliche **Schutzausrüstung verwenden!**  
Passende Laserschutzbrille, Schutzkleidung  
(Kennzeichnung und Zustand sind vor der Benutzung zu überprüfen)
- Keine reflektierenden Gegenstände in den Strahlengang bringen!  
Armbanduhr, Schmuck, etc. ablegen!
- Niemals Gegenstände in den eingeschalteten Laserstrahl schieben oder gar frei in den Strahlengang halten!  
=> höchste Unfallgefahr!

Immer zuerst den Strahlengang blockieren und danach:

- neues Objekt z.B. Probe einsetzen
- auf richtige Justage achten

- Laseraufbauten:



Wichtig:

- Soweit möglich das Experiment kapseln und mit Schutzschaltung versehen  
(kleinst mögliche Laserklasse für das Gesamtexperiment)
- Nach Möglichkeit die Bereiche des freizugänglichen Strahles so klein wie möglich halten!
- Strahlbegrenzungen einsetzen! (z.B. Strahlstop, schwarz-eloxierte Aluplatten)
- Loch- bzw. Irisblenden als Schutz und Justierhilfe verwenden!  
(festschrauben nicht vergessen!)
- Strahl für Justierzwecke soweit wie möglich abschwächen!
- Strahl nur abschnittsweise freigeben!
- keine brennbaren Materialien in Strahlnähe bringen!

# Laser Safety

- Use applicable personal protection outfit, esp. while modifying a setup or aligning:  
correct laser safety goggles (wavelength, density)  
protective clothes (lab coat, gloves) esp. for UV and dye (toxic, corrosive) lasers
- Trace beam (IR/UV) with beam cards or infrared viewer scope
- Danger: Reflective objects. Remove wrist watch, jewelry, etc..Careful with shiny plugs.
- **Never hold anything free-hand into the beam** (except viewer cards)
- **Never slide any parts into a running beam!** ( Most frequent cause for lab accidents ! )  
Switch the laser off or block the beam completely (black cardboard is no beam blocker),  
then put the new part or the sample into place and fix it (bolts, magnet, adhesive tape),  
then check the alignment and only then finally turn the beam on.
- Use iris / hole diaphragms as protection and adjustment help
- Reduce beam power as much as possible
- Release the beam only section by section
- The beam must never leave the optical table:  
**Always keep the beam in the plane of the optical table** (and generally close your eyes there)  
Never direct the beam upwards or downwards, and never across walkways.
- Use lots of appropriate beam shields (highly absorbing, heat resistant, stable, firmly attached)  
Encapsulate your experiment as much as possible  
and keep the area of the freely accessible beam path as small as possible.
- Watch out for unintended beam paths and unwanted reflections.
- Don't bring any flammable material near a running beam (cleaning tissues / fluid)
- Always keep the working place clean and unobstructed, no tripping hazards!
- Limit access to spectators. Guest are not allowed to work on their own without safety instruction.
- Switch laser warning lamp on /off accordingly.
- Use additional warning signs as needed. Lock the lab doors.

**In case of possible eye injury: Visit an eye specialist (ophtalmologist) !**

It is impossible to estimate any eye trauma on your own.

**First Aid: Frau Heuschmid, Herr Ferner**

**Emergency Phone Number: 112** (Severe injury, fire)

For technical problems call Leitwarte: 22 22 5