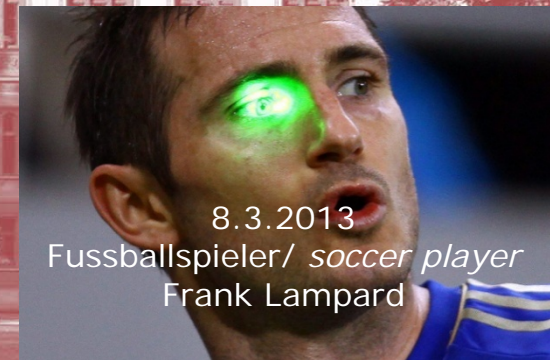


# Lasersicherheit/ laser safety

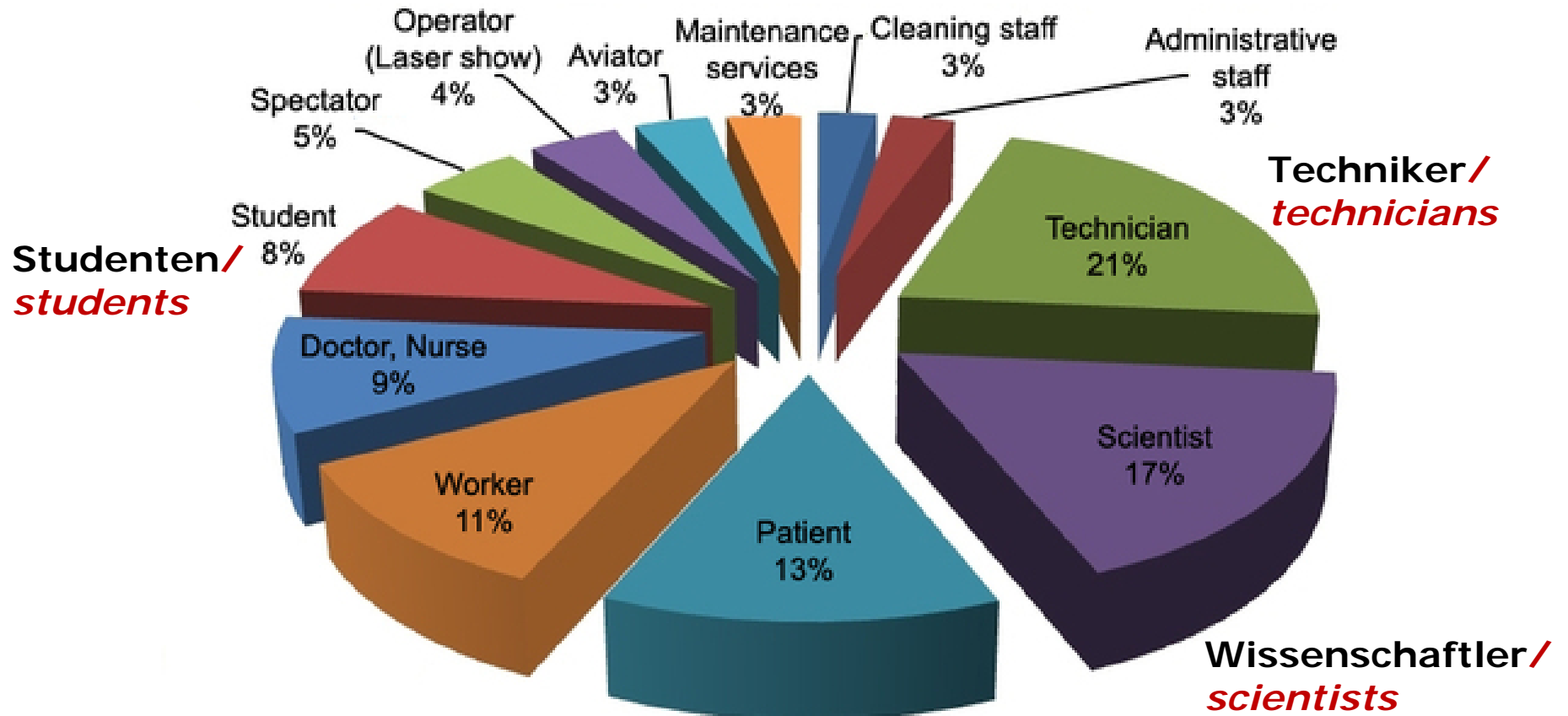
*Josef Tiggesbäumker*  
*Laserschutzbeauftragter*  
*laser safety officer*

Problemstellung/ *problem*  
Laserparameter/ *laser parameters*  
Schädigung des Gewebes/ *tissue damage*  
Schädigung des Auges/ *eye damage*  
Laserklassifizierung/ *laser classification*  
Schutzmaßnahmen/ *safety actions*  
Gefährdung durch andere Ursachen/ *other sources of danger*



8.3.2013  
Fussballspieler/ *soccer player*  
Frank Lampard

# Klassifizierung/ *classification*



## Häufigste Ursache für Laserunfälle/ *Common cause of laser accidents*

Fehler bei der Justierung/ *adjustment errors*

Hochspannungsunfälle/ *high voltage accidents*

falsch gewählte Laserschutzbrille/ *incorrectly selected laser safety goggles*

Mangelnde Sorgfalt nach Reparaturmaßnahmen/ *lack of care after repairs*

Inhalation toxischer Substanzen/ *inhalation of toxic substances*

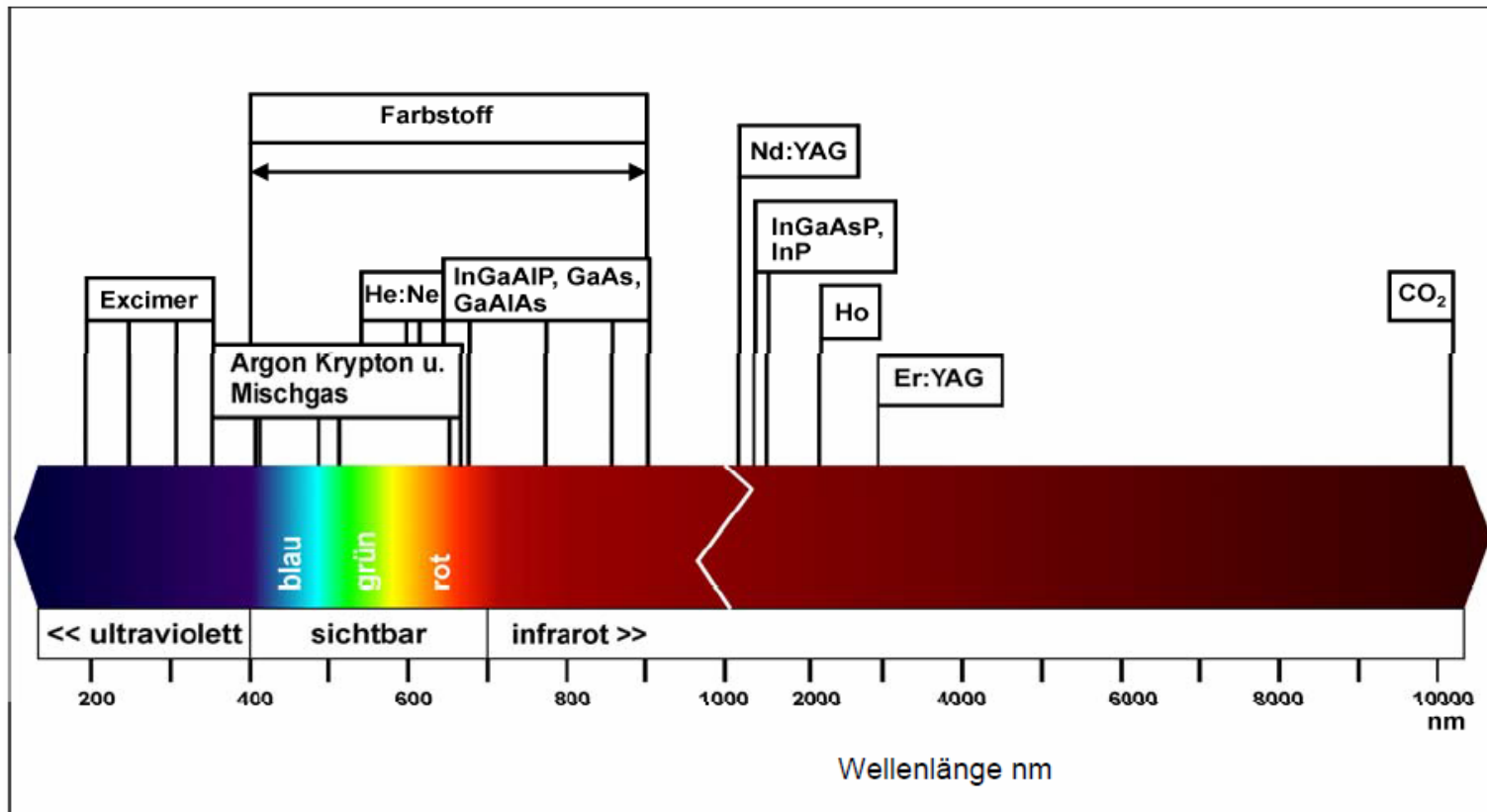
Lasersicherheit/ laser safety  
Eigenschaften/ *properties*



# Wellenlängenbereich von Lasersysteme

## *laser systems wavelength range*

Lasersysteme arbeiten im Bereich Infrarot (10  $\mu\text{m}$ ) bis Ultraviolett (200 nm)  
*laser systems operate between infrared (10  $\mu\text{m}$ ) and ultraviolet (200 nm)*



Laserstrahlung ist unabhängig von der Wellenlänge gefährlich  
*laser radiation is dangerous irrespective of wavelength*

# Laserparameter: Pulsenergie/ Pulsleistung

## *laser parameters: pulse energy/ pulse intensity*

Lasersysteme können kontinuierlich (CW) oder gepulst arbeiten (ns/ ps/ fs) arbeiten  
*laser system can operate in continuous or pulsed mode*

relevante Messgröße für kontinuierlich arbeitende Lasersysteme

cw - Leistung

[W]

relevante Messgröße für gepulste Lasersysteme

Pulsleistung =  $\frac{\text{Pulsenergie}}{\text{Pulsdauer}}$

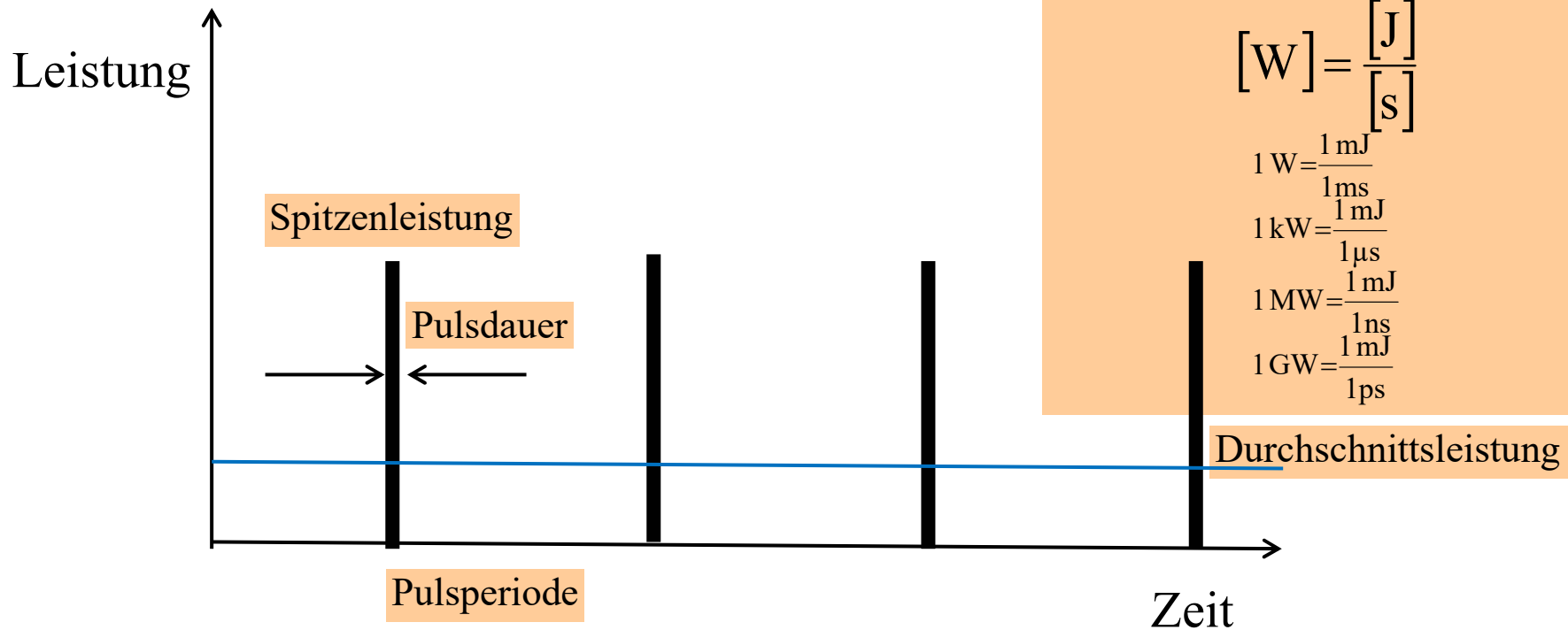
$$[\text{W}] = \frac{[\text{J}]}{[\text{s}]}$$

$$1 \text{ W} = \frac{1 \text{ mJ}}{1 \text{ ms}}$$

$$1 \text{ kW} = \frac{1 \text{ mJ}}{1 \mu\text{s}}$$

$$1 \text{ MW} = \frac{1 \text{ mJ}}{1 \text{ ns}}$$

$$1 \text{ GW} = \frac{1 \text{ mJ}}{1 \text{ ps}}$$

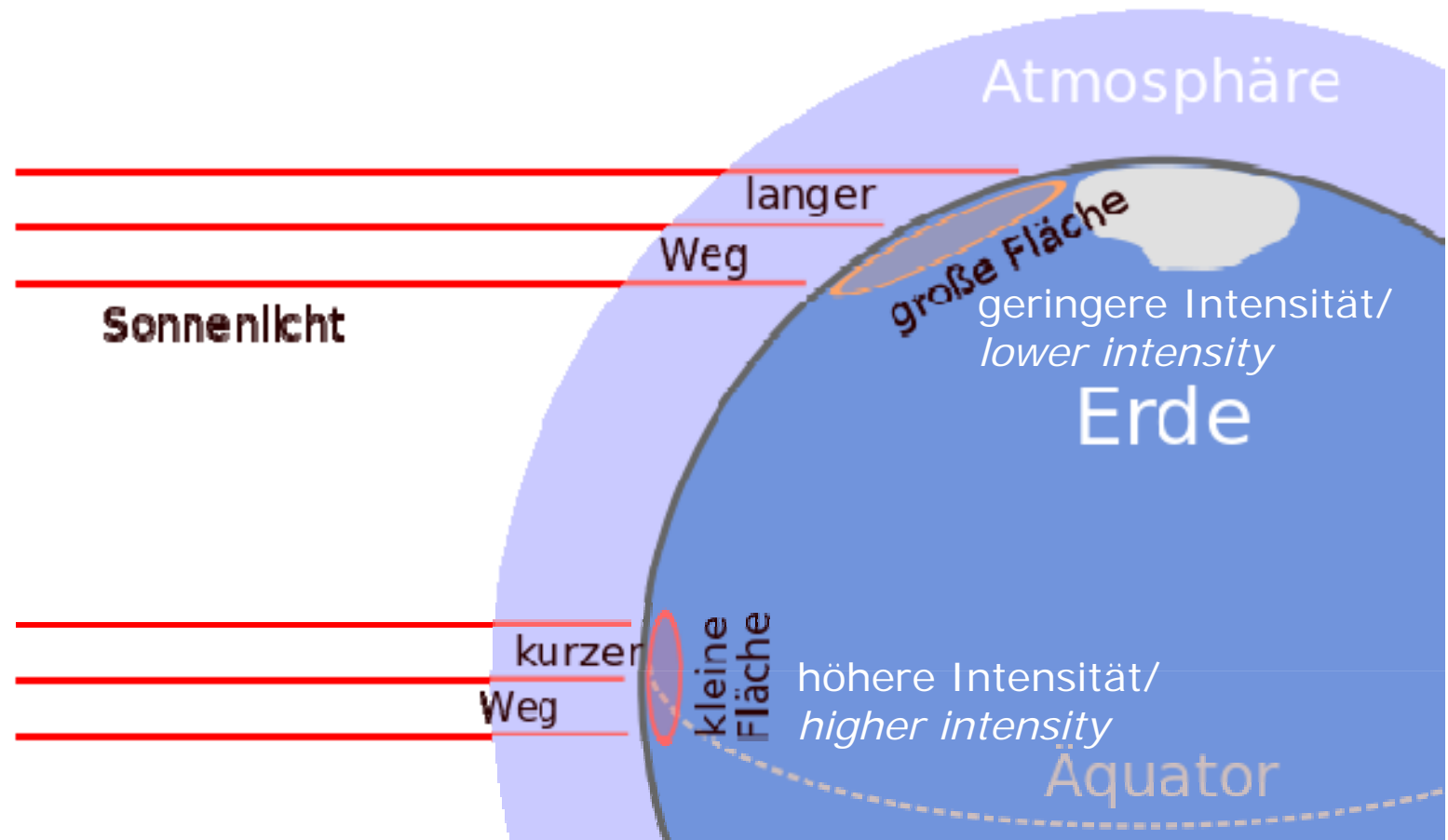


Wiederholraten / *repetition rates*: 1 Hz - 100 MHz

Pulse gleicher Energie und aber geringerer Pulsdauer haben höhere Spitzenleistung  
*laser pulses of comparable energy but shorter pulse width have higher peak power*

## Laser Parameter: Pulsintensität/ **pulse intensity**

$$\text{Pulsintensität} = \frac{\text{Pulsenergie}}{\text{Pulsdauer} \cdot \text{bestrahlte Fläche}} = \frac{\text{Pulsleistung}}{\text{bestrahlte Fläche}}$$
$$\left[ \text{W/cm}^2 \right] = \frac{\left[ \text{W} \right]}{\left[ \text{cm}^2 \right]}$$



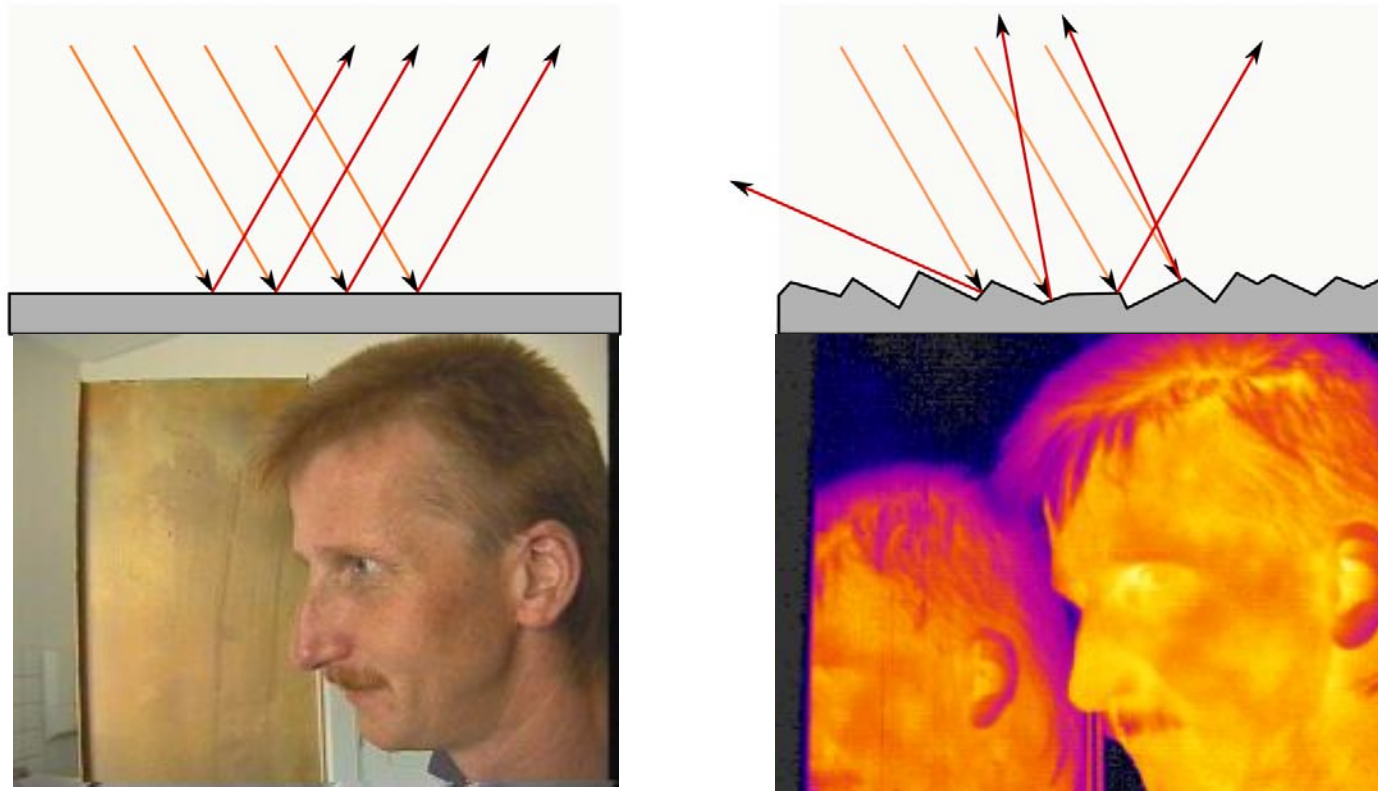
# Reflexion/ *reflection*

Laserstrahlung wird an spiegelnden Oberflächen reflektiert/

*laser radiation is reflected on reflective surfaces*

Bei längeren Wellenlängen sind auch raue Oberflächen glatt/

*at longer wavelengths even rough surfaces are smooth*



Laserstrahlung wird auch an transparenten optischen Komponenten reflektiert

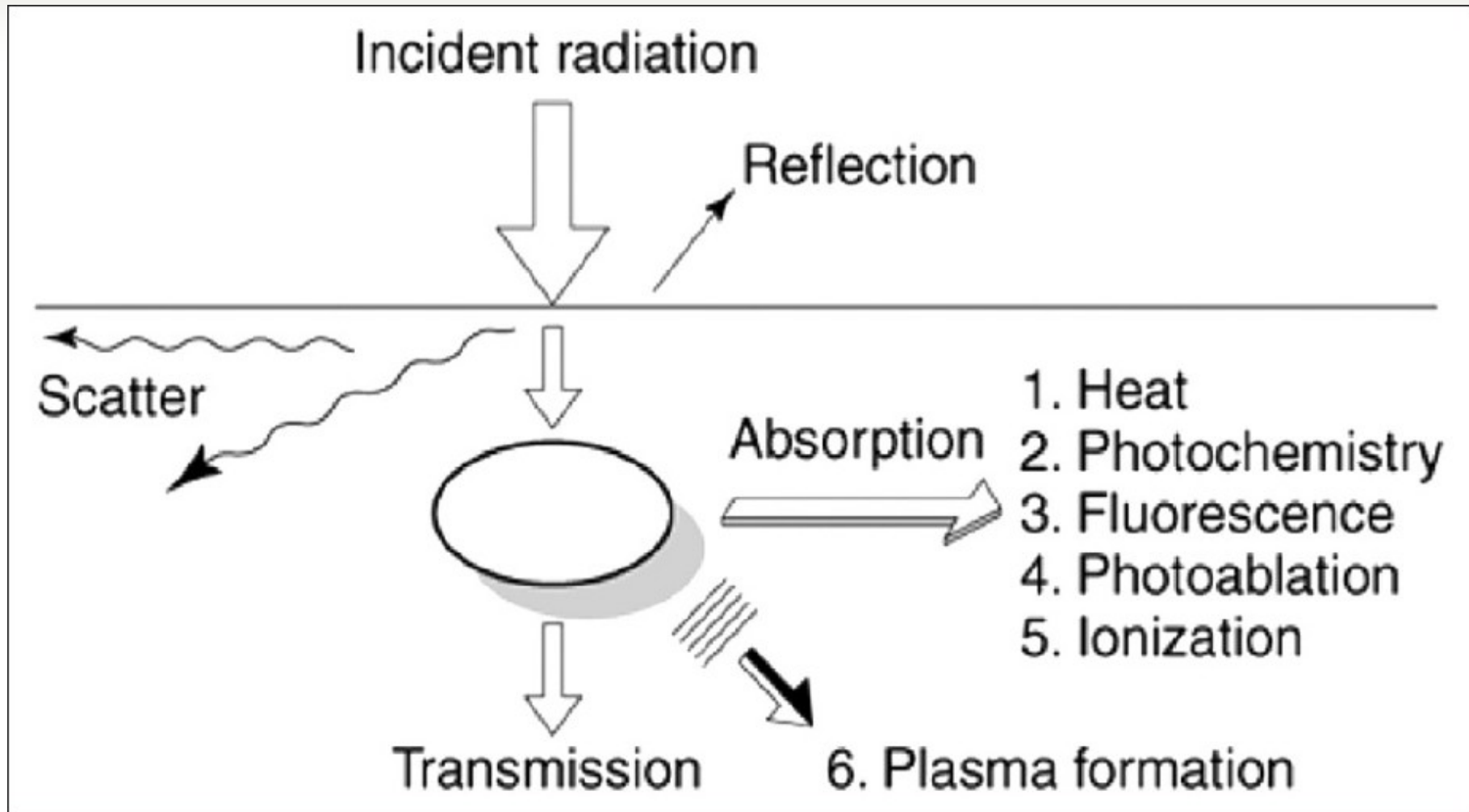
*laser radiation is also reflected by transparent optical components*

Reflexion an Glas beträgt etwa 4%

*reflection by glass is about 4%*

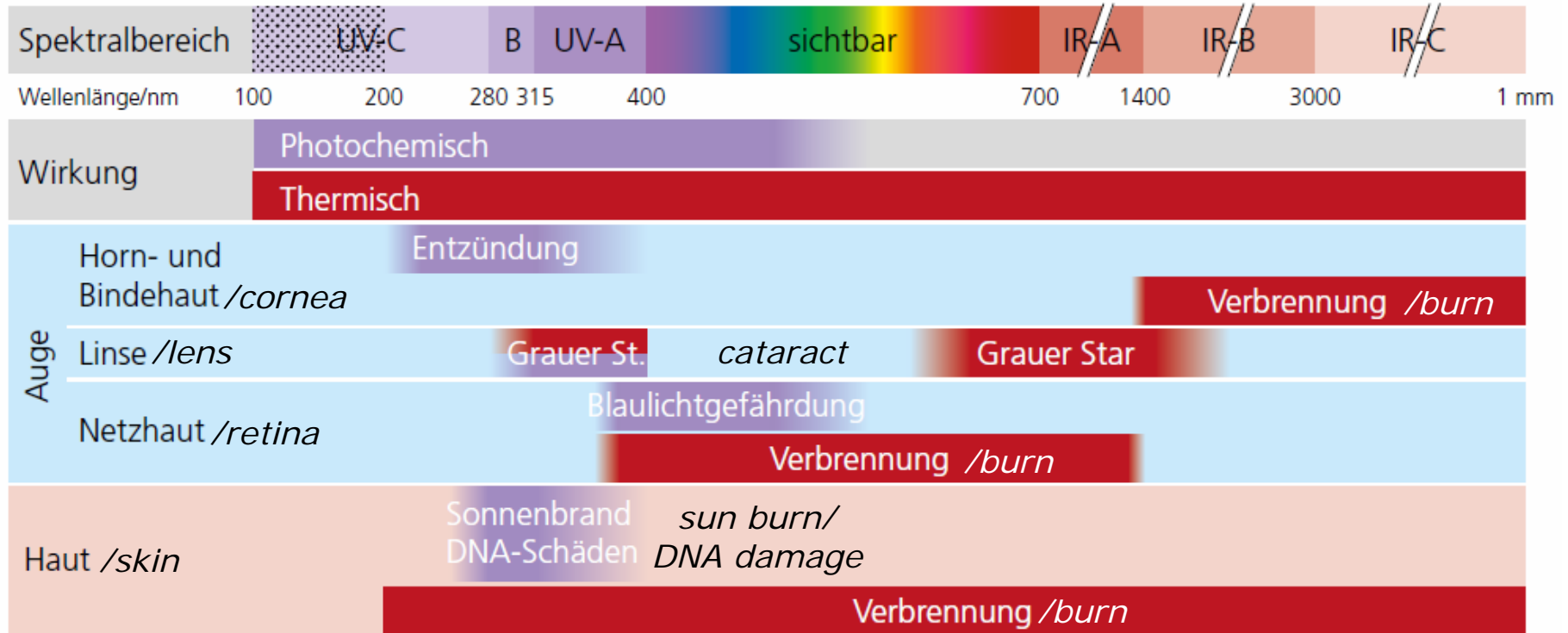
Lasersicherheit/ laser safety

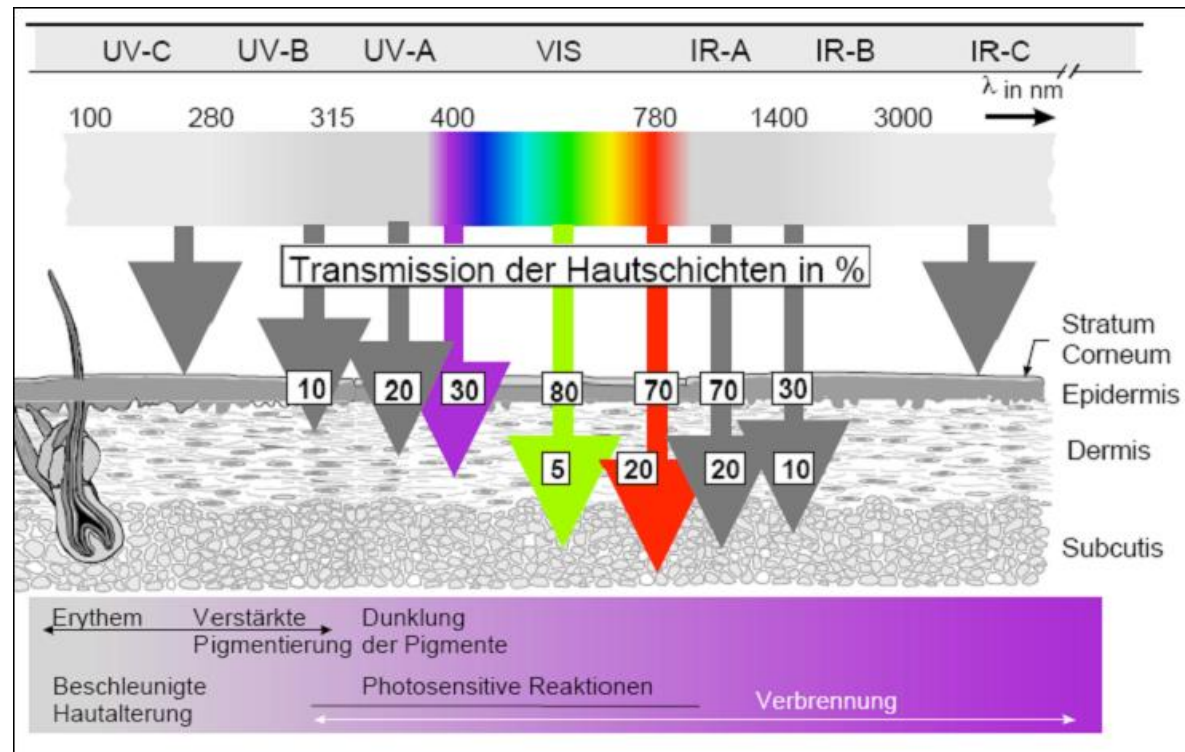
# Laser-Gewebe Wechselwirkung/ laser-tissue interaction





# Gewebeschädigungen/ damage to the skin





UVC (100-280nm)

starke Absorption, obere Oberflächenschichten/ *strong absorption, upper skin layers*

UVB (280-315nm)

Hautrötung, Schwellenwert bei etwa 0.1 J/cm<sup>2</sup>/ *skin reddening, threshold at about 0.1 J/cm<sup>2</sup>*

UVA (315-380nm):

Pigmentierung der Haut, Schwellenwert bei etwa 10 J/cm<sup>2</sup>/ *skin pigmentation, threshold around 10 J/cm<sup>2</sup>*

VIS (380-780nm)

große Eindringtiefe, Photochemie, Verbrennungen/ *large penetration depth, photochemical processes, burns*

IRA (780-1400nm)

IRB (1400-3000nm)

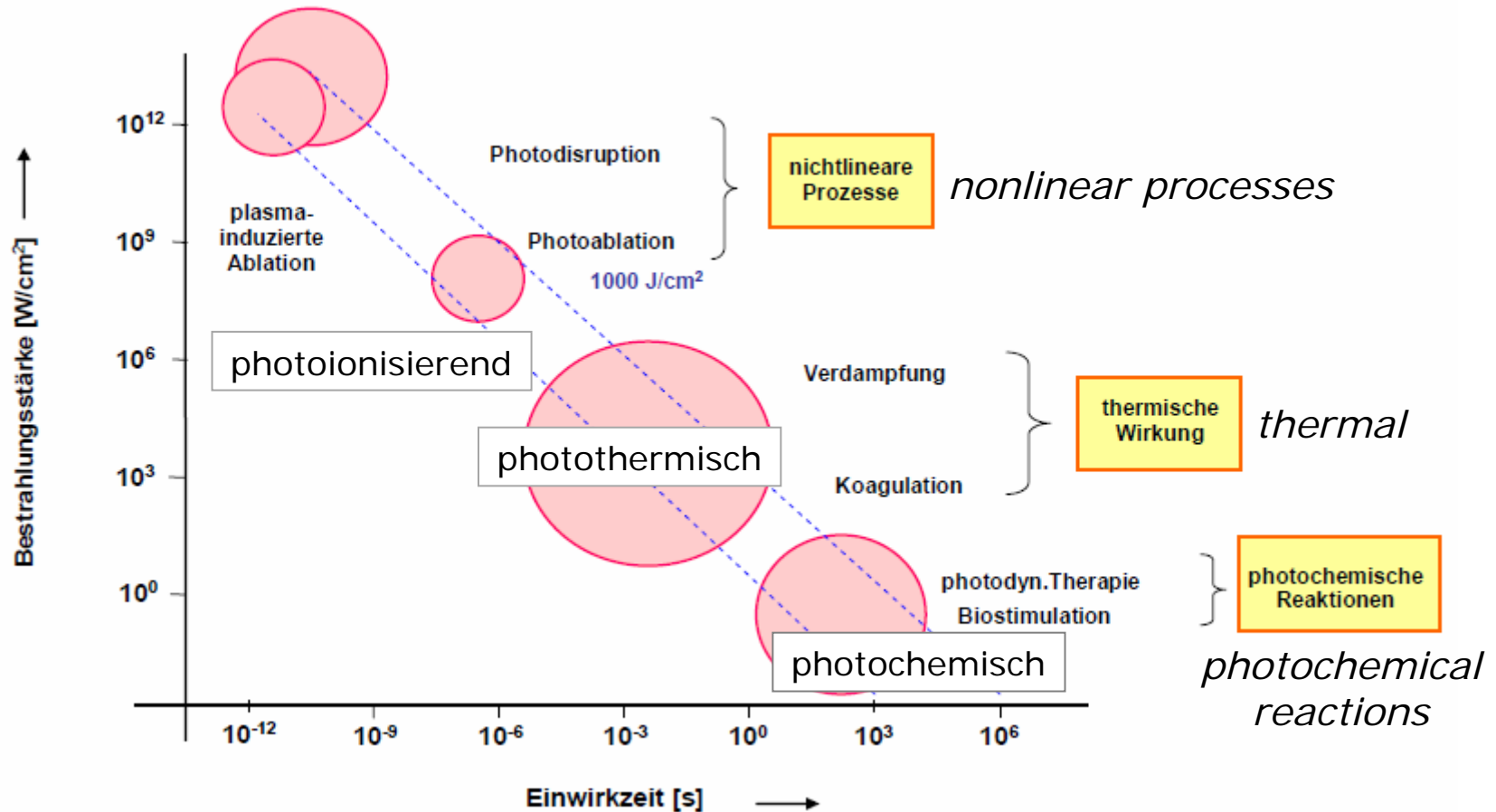
geringere Eindringtiefe, Verbrennungen/ *low penetration depth, burns*

IRC (ab 3000nm-1mm)

Absorption an Hautoberfläche, Verbrennungen/ *absorption at upper skin layer, burns*

# Hautgefährdung/*danger to the skin*

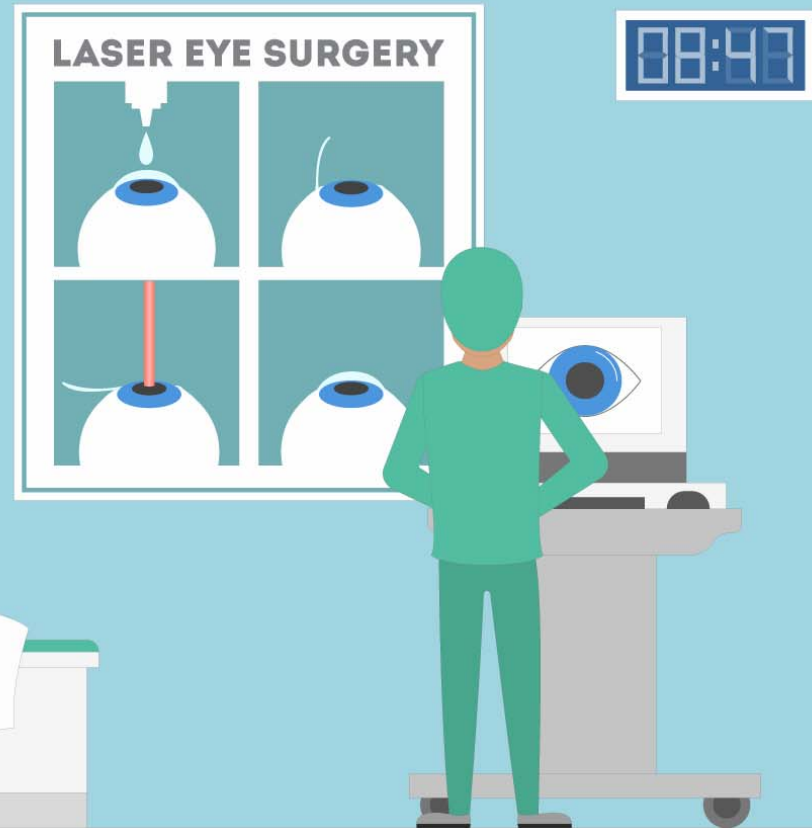
Energiedichten von 1 bis 100 J/ cm<sup>2</sup> führen zu Gewebereaktionen/  
*energy densities of 1 to 100 J/cm<sup>2</sup> lead to tissue reactions*



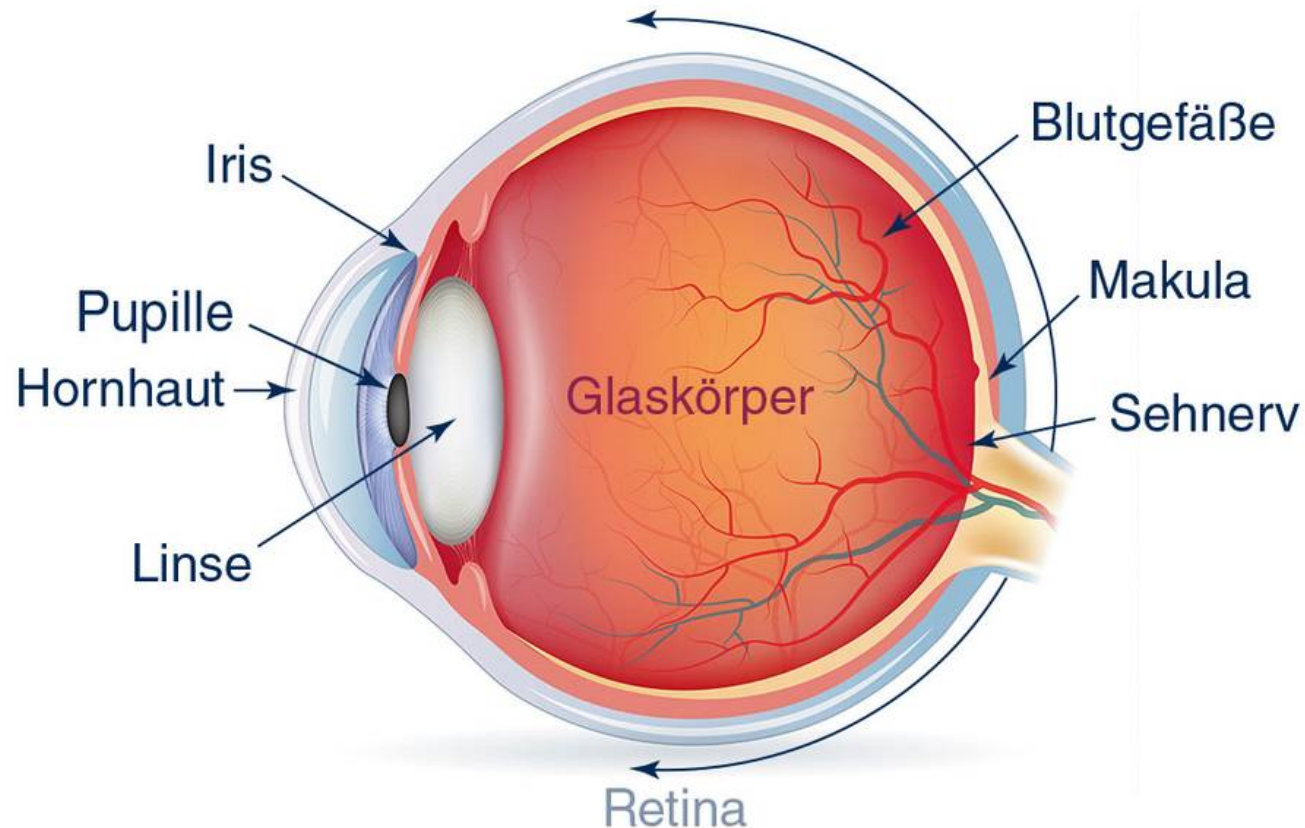
Abhängig von der Pulsdauer treten unterschiedliche Gewebeschädigungen auf  
*degree of tissue damage depends on pulse duration*

Lasersicherheit/ laser safety  
Laser-Auge Wechselwirkung/ laser-eye interactions

**\$ Laser  
Eye Surgery  
Cost**



# Gefährdung des Auges/ **danger to the eye**



Auge ist am empfindlichsten in Bezug auf Laserstrahlung

*the eye is most sensitive to laser radiation*

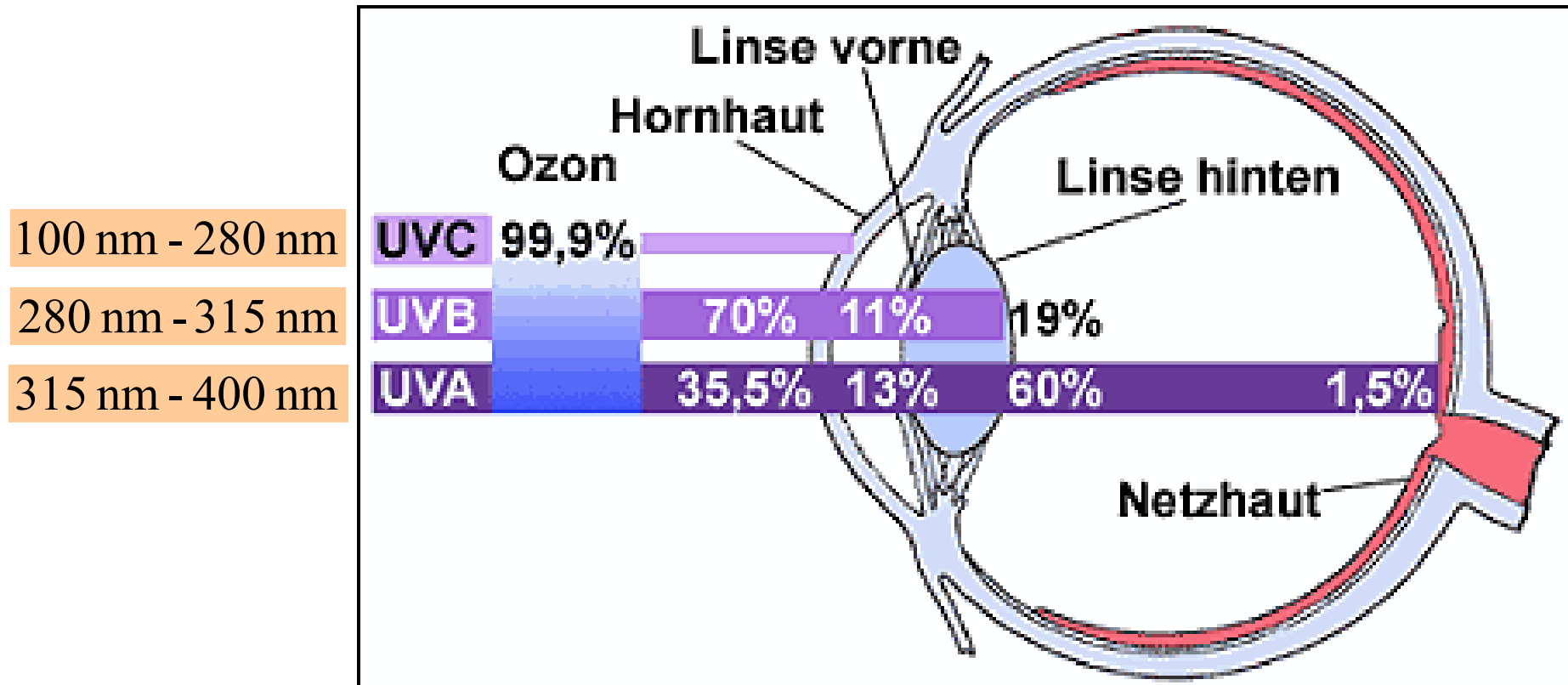
Laserlicht im Wellenlängenbereich von 400 -1400 nm ist gefährlich

*laser light between 400-1400 nm is dangerous*

Photochemische und thermische Schädigung

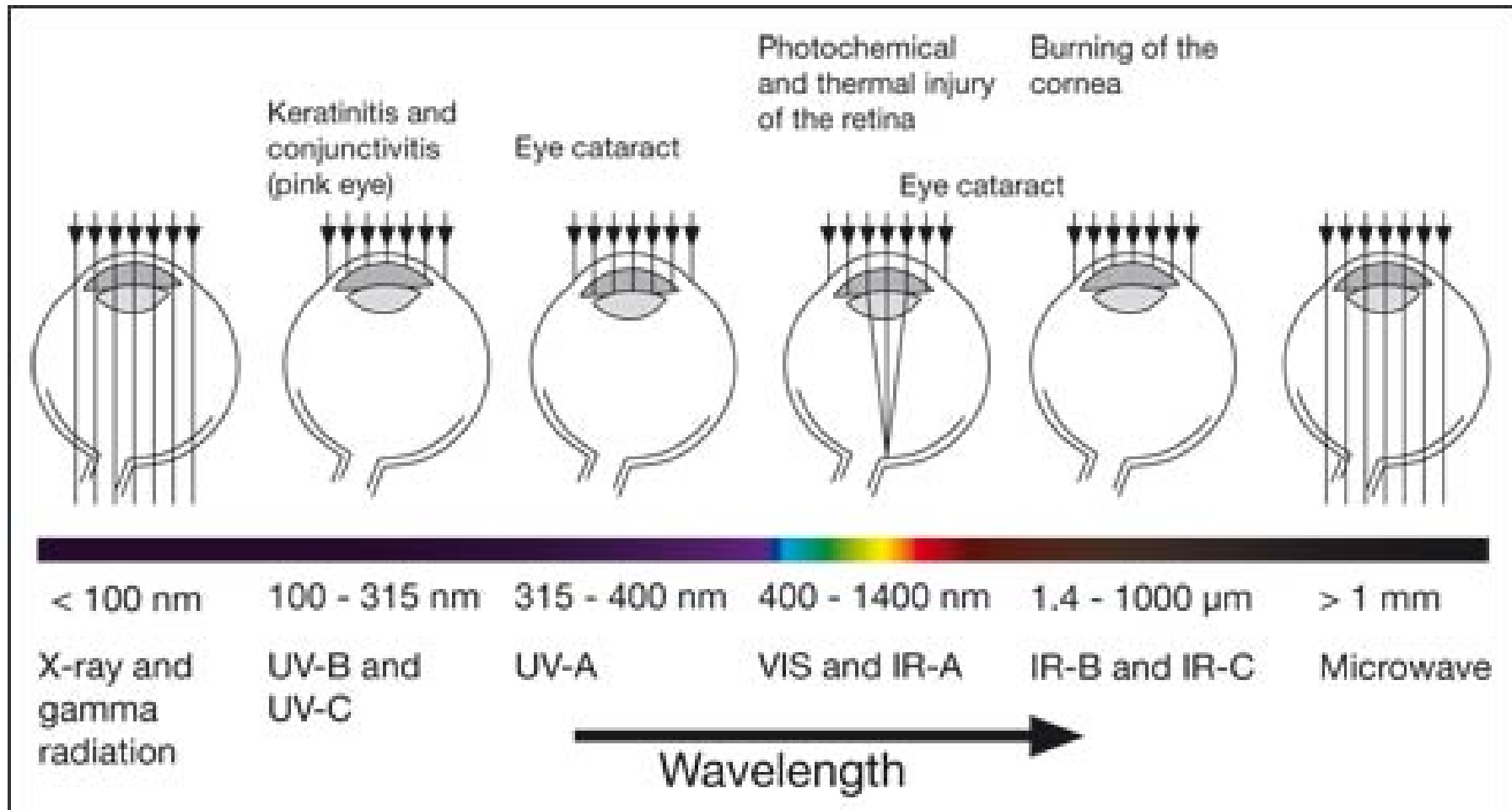
*photochemical and thermal damage*

# UV-Absorption



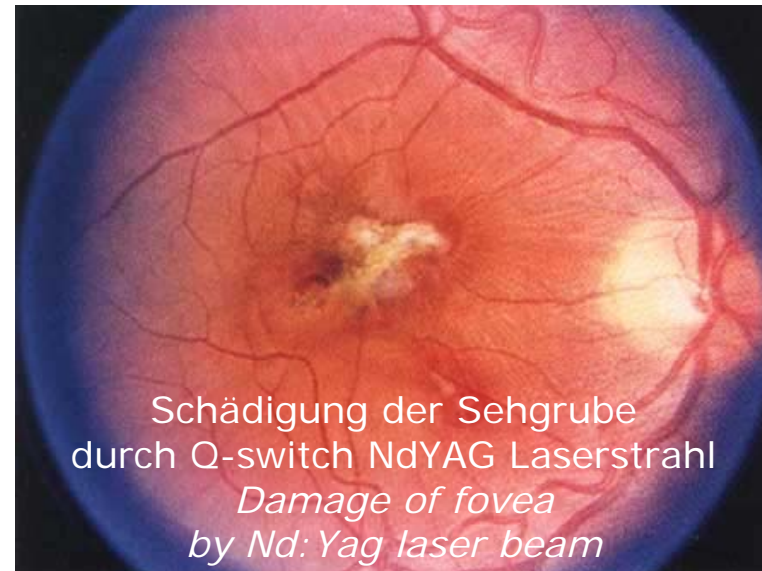
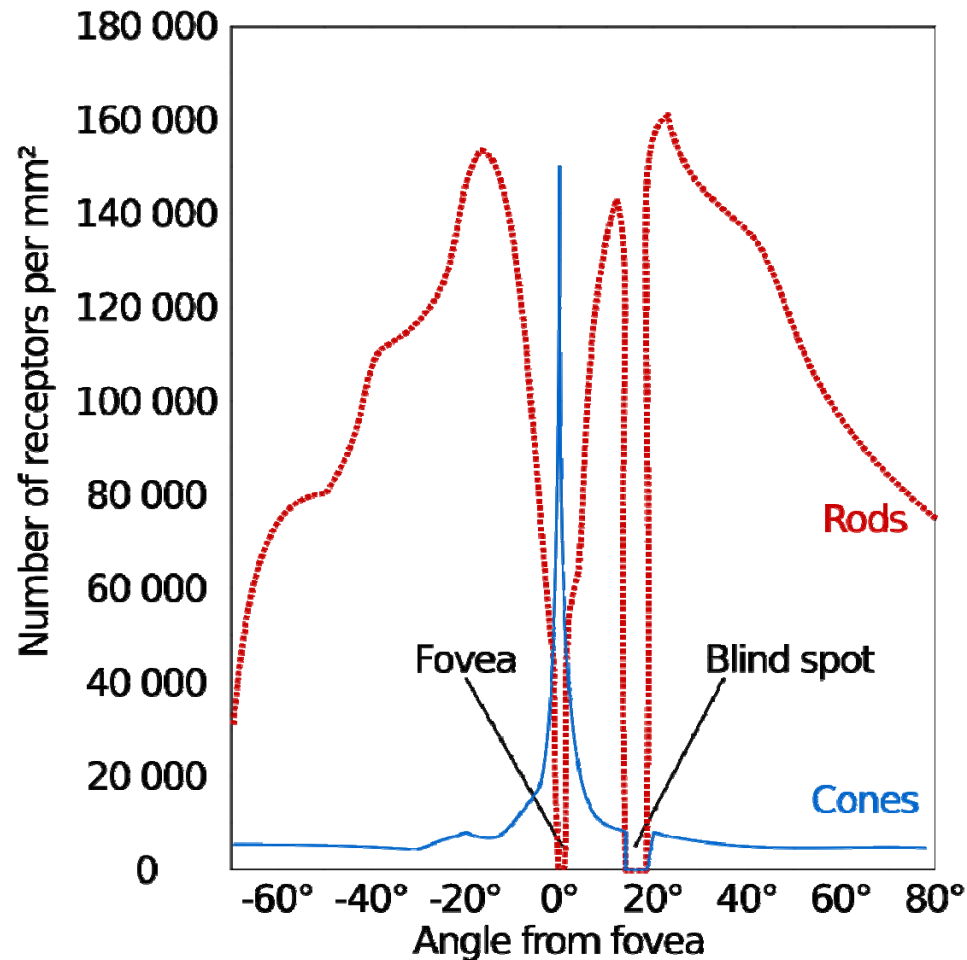
Ultraviolettes Licht wird in den äußeren Schichten des Auges absorbiert  
*ultraviolet light is absorbed in the outer layers of the eye*

# Absorption von Laserstrahlung/ absorption of laser radiation



Laserlicht wird vom Auge in Abhängigkeit der Wellenlänge unterschiedlich absorbiert  
depending on the wavelength laser light is absorbed differently by the eye

## Sehgrube/ fovea



Blickt man direkt in den Laserstrahl trifft der Strahl die Sehgrube  
*when looking directly into the laser beam, the beam will hit the fovea*  
Fovea ist Bereich der Retina (Durchmesser 1 mm), in dem Zapfen konzentriert sind  
*Fovea is area of retina (diameter 1mm) where cones are concentrated*



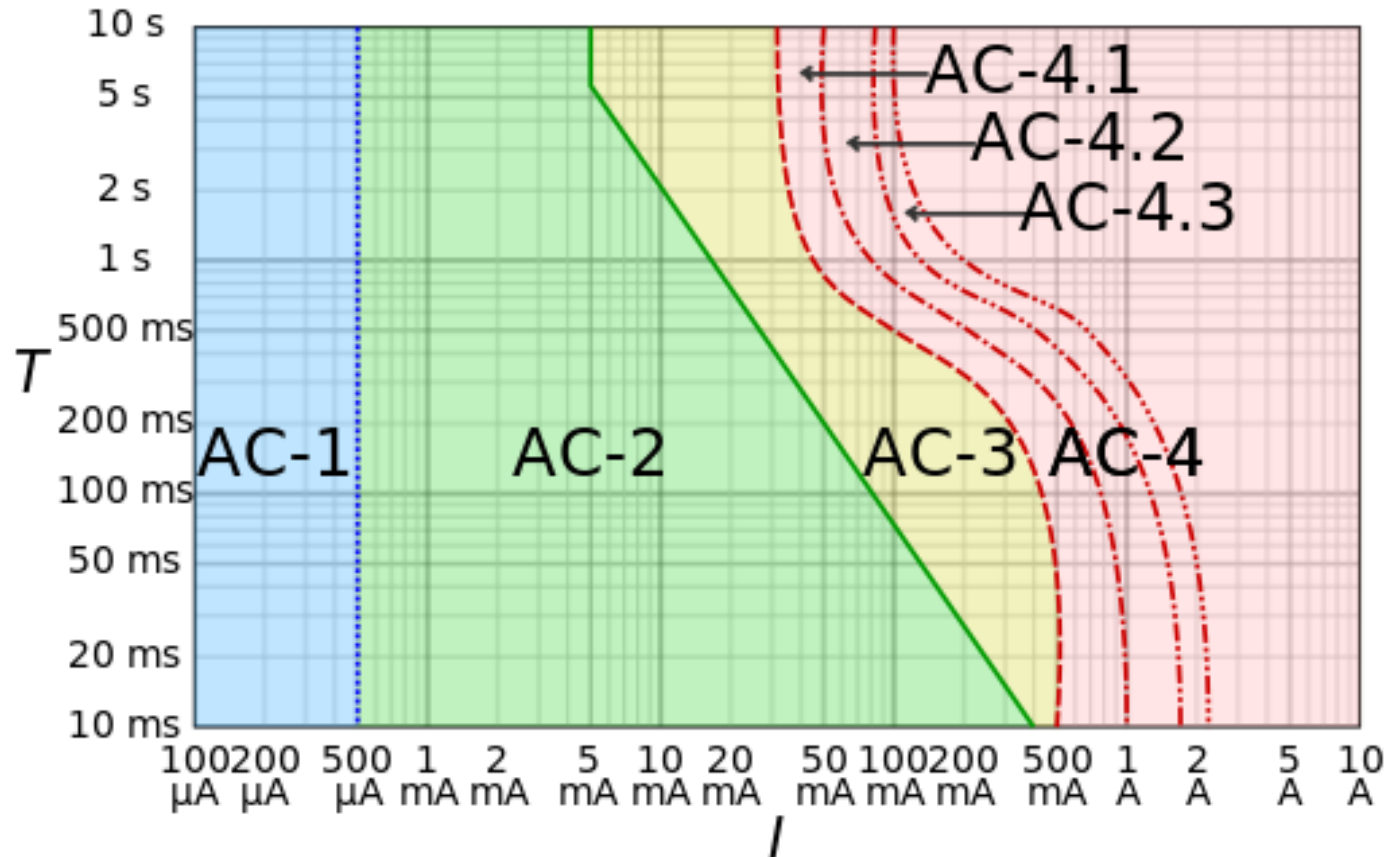
Lasersicherheit/ laser safety

Andere Gefährdungen/ other hazard potentials



# Elektrische Gefahren/ electric hazards

Hohe Spannungen und großen Kondensatoren/ high voltages and large capacitors



- entscheidend ist nicht Spannung, sondern Stärke des durch den Körper fließenden Stroms  
voltage level is not decisive, but magnitude of the current flowing through the body
- nasse Hände reduzieren Hautwiderstand drastisch  
wet hands drastically reduce skin resistance

# Chemische Gefahren/ **chemical hazards**

Chemische Gefahren gehen von den im Lasersystem verwendeten Materialien aus  
*chemical hazards stem from the materials used in the laser system*



Excimer-Laser verwenden giftiges Fluor und Chlor/ *excimer laser use toxic gases*  
- Gasflaschen sicher aufbewahren/ *store gas cylinders safely*

Farbstoffe wie Rhodamine und Coumarine sind Nervengifte  
*dyes such as rhodamines and coumarins are neurotoxins*  
- Hautkontakt und Einatmen vermeiden/ *avoid skin contact and inhalation*

Laserröhren von Ar- und Kr-Lasern enthalten hochgiftiges Beryllium  
*Ar and Kr laser tubes contain highly toxic beryllium*

Staub zerbrochener ZnSe-Linsen (Optikmaterial für CO<sub>2</sub>-Laser) ist giftig  
Schutzbrille, Handschuhen, Schutzanzug, Atemmaske verwenden  
*particles from broken ZnSe lenses (CO<sub>2</sub> lasers) is toxic*  
*wear safety goggles, gloves, protective suit, breathing mask*

Lasergenerierte Rauche und Stäube beinhalten lungengängige Schwebstoffe  
krebserregend, giftig, lungenbelastend entzündungsfördernd  
*Laser-generated fumes and dust contain respirable suspended matter*  
*can be carcinogenic, toxic, harmful to the lungs and pro-inflammatory*

# Explosionen etc./ *explosions etc.*



Blitzlampen können implodieren/ *flash lamps can inplode*

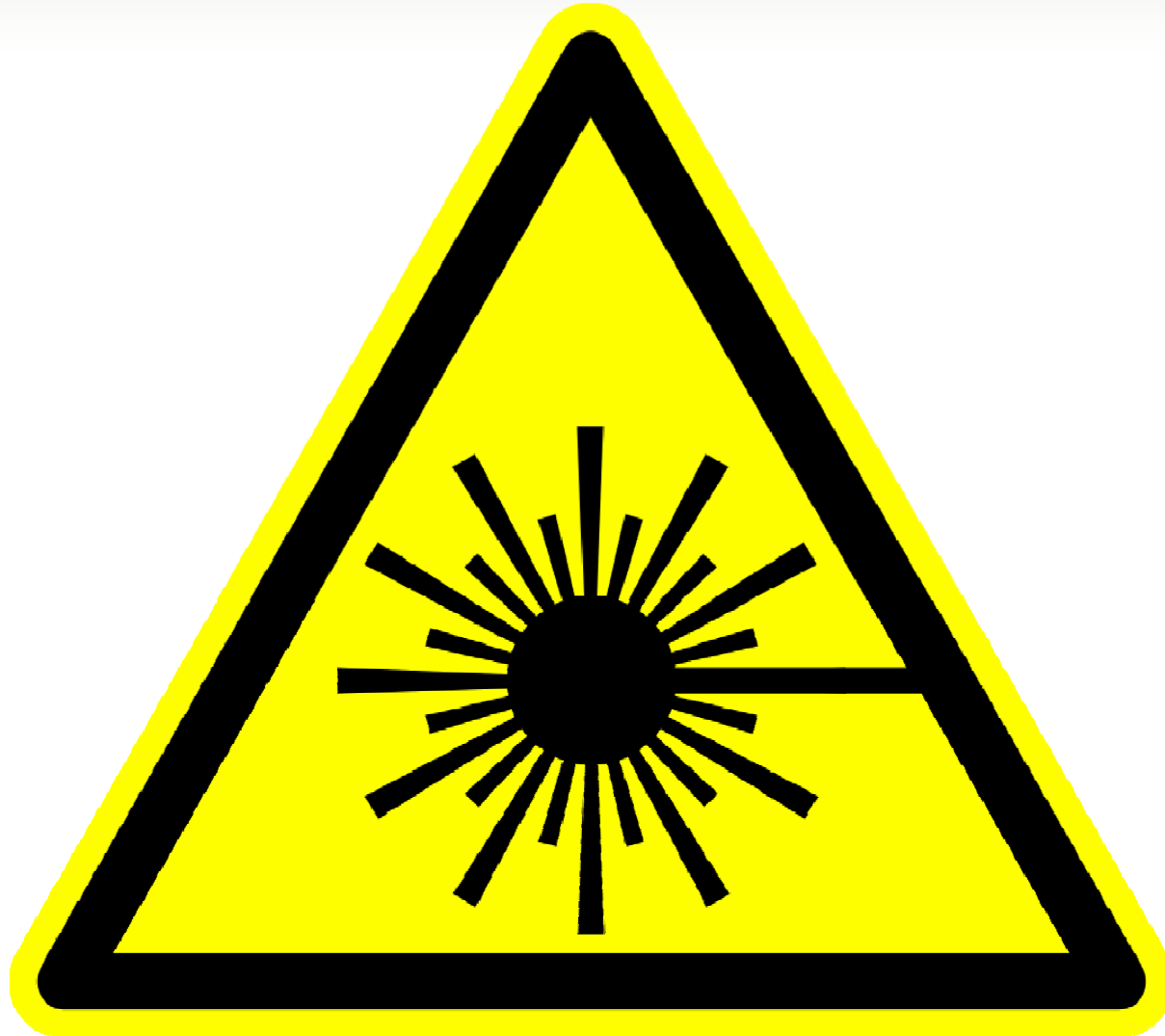
Intensive Laserstrahlung kann Stoffe entzünden/ *intense laser radiation can spark substances*

Extrem schnelle Aufheizung und Verdampfung kann chemische Reaktionen auslösen  
*extremely rapid heating and evaporation can cause chemical reactions*

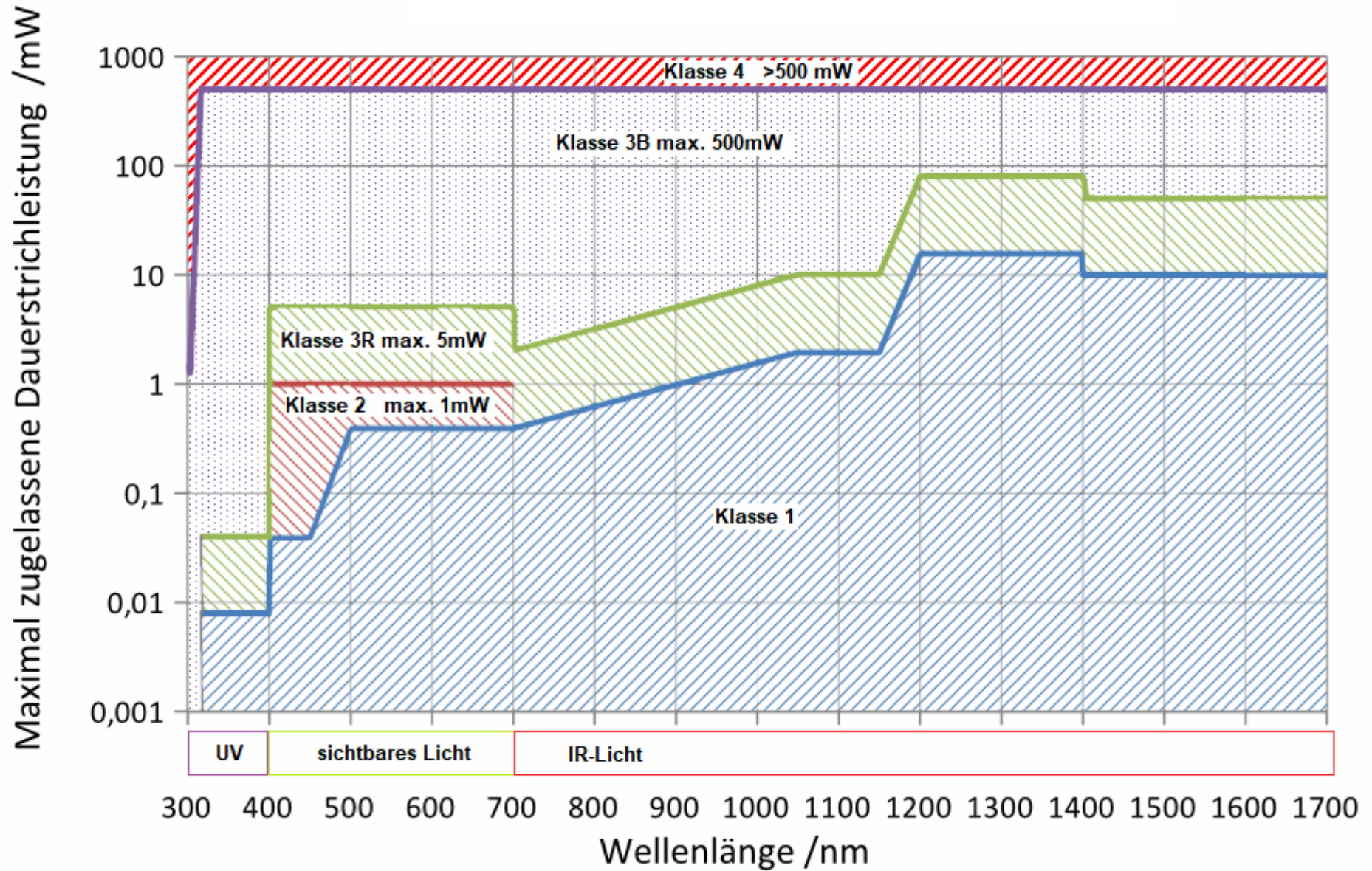
Kurzwellige Laserstrahlung führt zu Ionisation von der Luftmolekülen (Ozon)  
*short-wave laser radiation leads to ionization of the air molecules (ozone)*

Lasersicherheit/ laser safety



























# Laserklassen/ *laser classes*



# Laserklassen/ *laser classes* EN 60825-1



# Laserklassen/ laser classes

	Direkte Langzeitbestrahlung		Direkte Kurzzeitbestrahlung		Diffuse Reflexion		Direkte Bestrahlung
	opt. Inst.	freies Auge	opt. Instr.	freies Auge	Auge	Haut	Haut
							
Klasse 1	sicher	sicher	sicher	sicher	sicher	sicher	sicher
Klasse 1M		sicher		sicher	sicher	sicher	sicher
Klasse 2			sicher	sicher	sicher	sicher	sicher
Klasse 2M				sicher	sicher	sicher	sicher
Klasse 3R			Geringes Risiko	Geringes Risiko	sicher	sicher	sicher
Klasse 3B					Geringes Risiko	sicher	Geringes Risiko
Klasse 4							

Lasersicherheit/ laser safety

# Laserschutzbrillen/ *laser safety goggles*



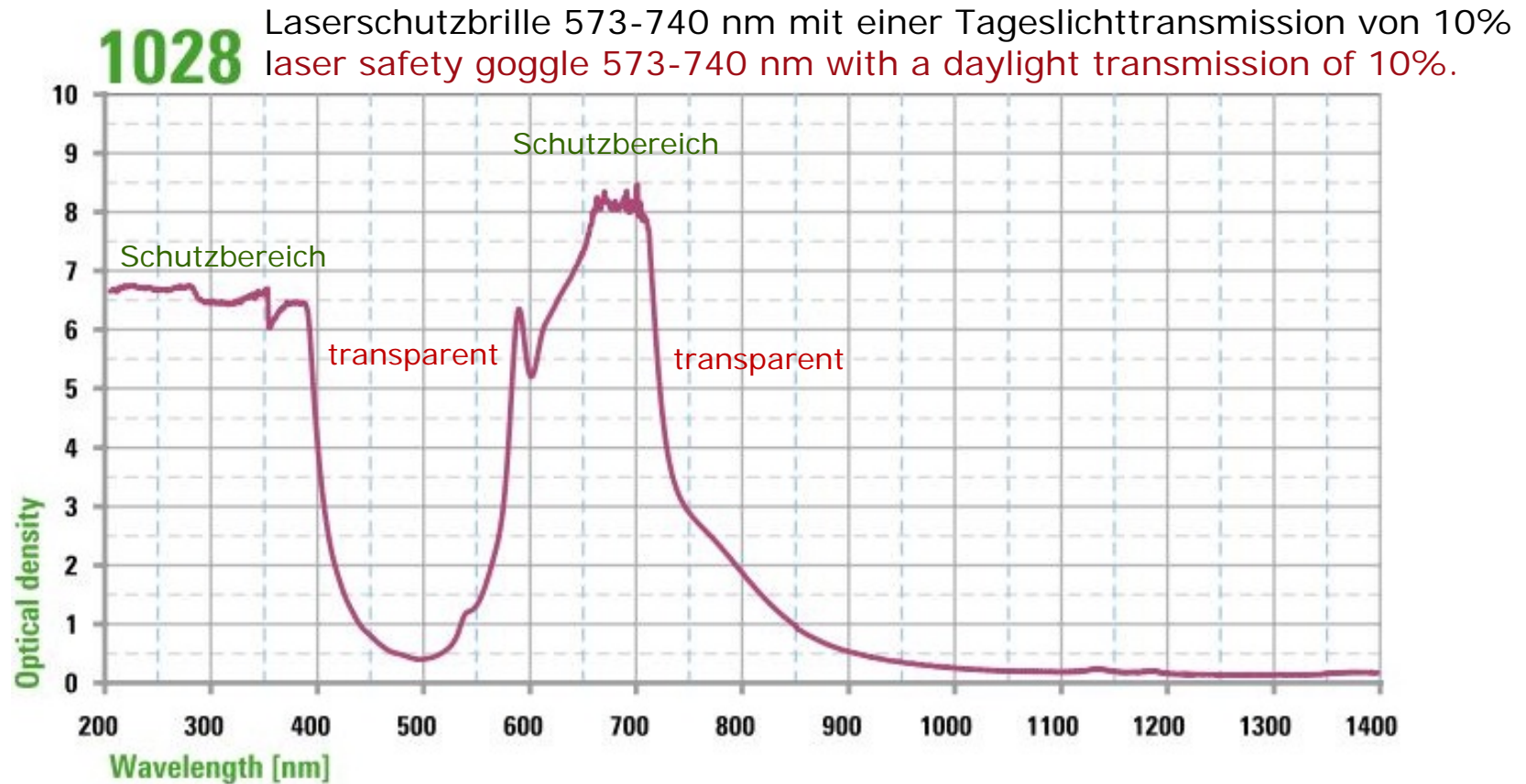


## Lidschlussreflex/ eyelid closure reflex



Bei Blendung Augen schließen und abwenden/ if exposed, close your eyes and turn away

# Charakteristik Laserschutzbrille/ *characteristics of laser safety goggles*



Laserbrillen absorbieren einen Großteil des sichtbaren Lichts  
*laser glasses often absorb a significant amount of the visible light*  
Immer für gute Beleuchtung sorgen  
*always ensure good illumination*

# Laserschutzbrille/ *laser safety goggles*

Optische Dicke  $OD$

$$OD = -\log_{10}(\text{transmission})$$

$$T_L = 10^{-5} \Rightarrow OD = 5 \Rightarrow L5$$

	Wellenlängenbereich Lasersystem	Kennbuchstabe Hersteller	
D/ I	1060 nm	L5	XXX DIN
D: Dauerstrich (ab 0.25 s)		Schutzstufe	
I: Impuls ( $10^{-96}$ bis 0.25 s)			
R: Riesenimpuls ( $10^{-9}$ bis $10^{-6}$ s)			
M: Modengekoppelt (kleiner $10^{-9}$ s)			



Spezifikation ist auf Laserschutzbrille angegeben  
*specifications can be found on laser goggles*

Lasersicherheit/ laser safety  
Verhaltensregeln/ safety rules



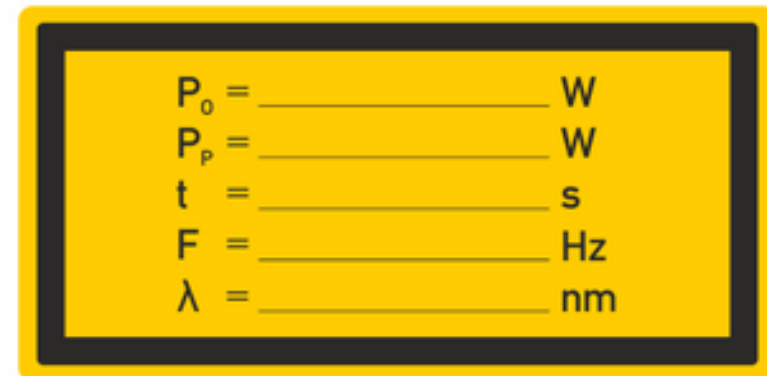
# Kennzeichnung des Laserbereichs/ *label laser area*



Laserbereich mit Hilfe von Warnschildern ausweisen  
*identify the laser area by warning signs*

Austrittsöffnungen für Laserstrahlung kennzeichnen  
*mark exit openings for laser radiation*

Warnleuchten anschalten  
*switch on laser safety lights*



# Schutzmaßnahmen, protective measures

## Technische Schutzmaßnahmen/ *protective measures, technical*

- Schlüsselschalter, um die Nutzung nur berechtigten Personen zu gestatten  
*key switch to allow use only to authorized persons*
- Leuchtanzeige, die deutlich anzeigt, ob der Laser in Betrieb ist  
*indicator light that clearly shows if the laser is in operation*
- Zugang zum Laserbereich überwachen  
*monitor access to laser area*
- Abschirmung des Laserbereichs  
*shielding of the laser area*
- regelbare Beleuchtungstärke bei Justierung  
*adjustage illumination during laser adjustments*

## Persönliche Schutzmaßnahmen/ *protective measures, personal*

- Laserschutzbrille/ *laser google*
- Schutzhandschuhe/ *protective gloves*
- Schutzkleidung/ *protective clothing*



# in the Lab 1

## **Laser-Strahlungsquelle/ *laser systems***

- in der Regel Laser der Klasse 4/ *usually class 4 lasers*
- Wellenlänge/ *wavelength*
- Pulsenergie/ *pulse energy*
- Pulsdauer/ *pulse duration*
- Wiederholrate/ *repetition rate*

## **Laserschutzbrille/ *laser safety goggles***

- am Eingang zum Labor deponieren/ *deposit at the entrance to the laboratory*
- Leistungsdaten des Lasersystems mit Angaben auf Laserschutzbrille überprüfen/  
*check laser performance data with information on laser safety goggles*
  - Wellenlänge/ *laser wavelength*
  - optische Dicke/ *optical density*
  - CW oder gepulst/ *CW or pulsed*
- Brille nur in Ausnahmefällen absetzen/ *take off your glasses only in exceptional cases*

# in the Lab 2

## **Laserstrahl/ Laser beam**

- nicht auf Augenhöhe führen  
*do not operate at eye level*
- in definierter Ebene führen (mit Blick von oben arbeiten)  
*operate on defined level (work with a view from above)*
- Laserstrahl nicht durch Laufwege führen  
*do not guide the laser beam through walkways*
- mit minimaler Laserenergie einrichten  
*set up optical path at lowest laser energy*
- Strahlweg beim Einrichten kontrollieren (optische Komponenten wie Spiegel, Linsen, ...)/  
*check the beam path during setup (optical components such as mirrors, lenses, ...)*
- Strahlengang blockieren bevor man optische Komponente einfügt  
*block beam path before inserting optical components*
- Strahlwege wenn möglich optisch abschirmen (Führung in Rohrsystemen)  
*optically shield beam paths if possible (use pipe systems)*
- Strahl beim täglichen Betrieb nicht unkontrolliert freigeben  
*do not release laser beam in uncontrolled manner during daily operation*
- kontrolliert durch Absorber (Rasierklagen etc.) enden lassen  
*controlled absorption at the end of laser beam path, e.g. razor blades*

## **Reflektionen an spiegelnden Oberflächen vermeiden/ avoid reflections on reflective surfaces**

- spiegelnden Schmuck ablegen (Ringe, Ketten, Uhren, ...)  
*remove reflective items (rings, necklaces, watches, ...)*
- sichtbare Hautflächen gering halten/ keep visible skin areas to a minimum
- *absorbierende Oberflächen verwenden (Werkzeug)/ use absorbent surfaces, e.g. tools*
- Laser-Streulicht im Labor reduzieren/ *minimize laser stray lights*
- Laser-Sstreulicht im Labor suchen (z.B. mit IR-Kamera)/ *search for laser stray light (IR camera)*



# Verhaltensregeln im Labor/ *rules in the lab*

- Laserexperimente sind so aufzubauen, dass eine Gefährdung von Personen durch direkte, reflektierte oder gestreute Laserstrahlung verhindert wird  
*set up laser experiments in such a way that people are prevented from being endangered by direct, reflected or scattered laser radiation*
  - **Vier-Augen Prinzip anwenden/ *Apply four-eyes principle***
  - Schutzbrillen und Justierbrillen, Schutzkleidung verwenden  
*use laser goggles, appropriate clothing*
  - Möglichst nicht alleine am Lasersystem arbeiten/ *do not work on laser system alone*
  - Eintretende Personen warnen/ *warn people entering*
  - Vor dem Einschalten des Lasers anwesende Personen warnen  
*warn people in the lab before switching on the laser system*
  - Kopf nicht in Strahlhöhe bringen (Arbeitstisch, bücken)  
*do not bring your head to beam height, e.g. work table, bend over*
  - Optiken fixieren/ *fix optics*
  - Stolperfallen vermeiden/ *avoid stumbling block*
  - Für gute Raumbelichtung sorgen/ *use appropriate lab illumination*
- Besucher, Einsteiger/ *visitors, novice*
- Sicherheitsunterweisung durch Fachkundigen/ *safety instruction by laser people*
  - Laserbereich nur mit Anwender betreten/ *enter laser area only when accompanied*

# Notruf/ *emergency call*

Notruf bei Verwendung des Diensttelefons  
*Emergency call when using the phone in the lab*

# 0 1 1 2



**Universitätsmedizin  
Rostock**

**Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde  
4948649**



Man hat nur ZWEI Augen  
*You only have TWO eyes*

