

Laser Schutzbeauftragter 2019

WELCOME

.... damit Sie wissen,

wer wir sind !!

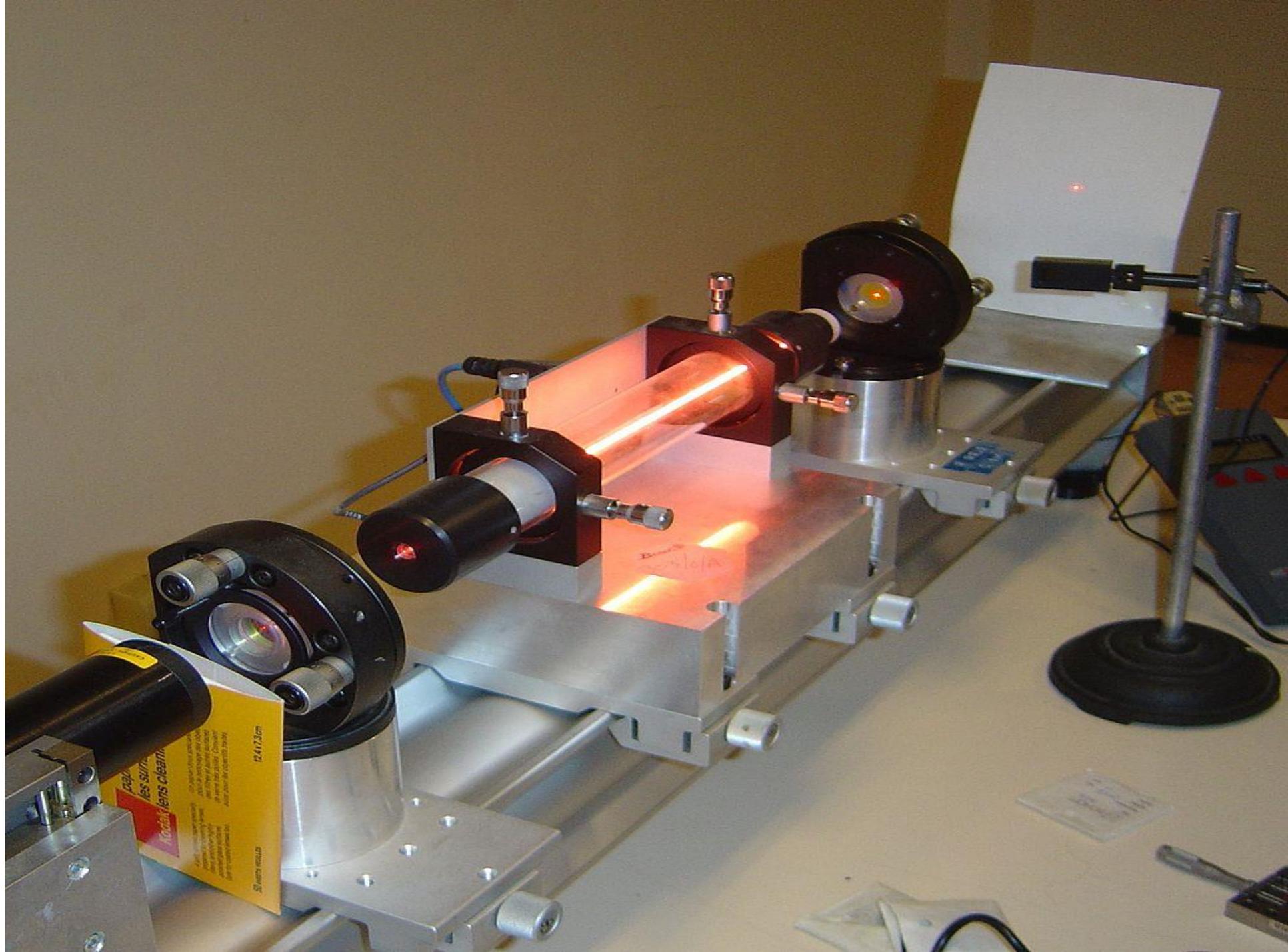
.... ein innovatives Unternehmen stellt sich vor !

H+S GmbH.
Handel – Schulung – Dienstleistung
Hauptstrasse 2
D-71277 Rutesheim-Perouse
Tel. 07152 353 721



Geschäftsbereiche

- **Qualitätsmanagement**
 - **Hygienemanagement**
 - **Zertifizierung**
 - **Dienstleistungen**
 - **Röntgen Strahlenschutz**
 - **Unternehmensberatung**
 - **Laserschutz**
 - **Gefahrstoffmanagement**
-



Inhalte

Physikalische Größen und Eigenschaften der Laserstrahlung

Prinzip

Laserschutzbrillen und Augensicherheitsabstand

Laserklassen und deren Bedeutung

Biologische Wirkung von Laserstrahlung

Gefährdungen des Auges und der Haut

Indirekte Auswirkung der Laserstrahlung

Lasersicherheit und -schutz

Technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen (PSA)

Der Laserschutzbeauftragte (LSB)

Bestellung, Aufgaben und Verantwortung des Laserschutzbeauftragte

Unterweisung der Mitarbeiter

Rechtliche Grundlagen und Regeln der Technik

Gesetze, Verordnungen, Normen und Regelwerke

Änderungen durch die TROS-Laserstrahlung

Praxis Lasersicherheit: Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung

Prüfung

Erfüllung der gesetzlichen Auflage gemäß Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)

§ 4 Allgemeine Grundsätze (Teil 1)

Der Arbeitgeber hat bei Maßnahmen des Arbeitsschutzes von folgenden allgemeinen Grundsätzen auszugehen:

1. Die Arbeit ist so zu gestalten, dass eine Gefährdung für das Leben sowie die physische und die psychische Gesundheit möglichst vermieden und die verbleibende Gefährdung möglichst gering gehalten wird.
 2. Gefahren sind an ihrer Quelle zu bekämpfen.
 3. Bei den Maßnahmen sind der Stand von Technik, Arbeitsmedizin und Hygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu berücksichtigen.
 4. Maßnahmen sind mit dem Ziel zu planen, Technik, Arbeitsorganisation, sonstige Arbeitsbedingungen, soziale Beziehungen und Einfluss der Umwelt auf den Arbeitsplatz sachgerecht zu verknüpfen.
-

Übersicht der Regelwerke Lasersicherheit

Bezeichnung	Titel	Fundstelle
OStrV	Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - OStrV) – 19.07. 2010	www.bundesrecht.juris.de , www.baua.de
TROS- Laserstrahlung (Entwurf) Allg. Teil, Teil 1 und 2	Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung	www.baua.de
BGV B2	Laserstrahlung (2007 aktualisiert, veraltet)	www.bgetem.de , www.dguv.de
BGI 5007	Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke	www.bgetem.de , www.dguv.de
BGI 5031	Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen	www.bgetem.de , www.dguv.de
BGI 5092	Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen	www.bgetem.de , www.dguv.de
DIN EN 60825 / VDE 0837	Sicherheit von Lasereinrichtungen (Normenreihe, bestehend aus mehreren Teilen)	www.beuth.de , www.vde.com
DIN EN 207	Persönlicher Augenschutz - Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)	www.beuth.de
DIN EN 208	Persönlicher Augenschutz - Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)	www.beuth.de

Medizinproduktegesetz

Einige Beispiele:

Klasse I (geringes Risiko)	Klasse IIa (mittleres Risiko)	Klasse IIb (mittleres Risiko)	Klasse III (hohes Risiko)
Wiederverwendbare chirurgische Instrumente Verbandmaterial Einmalhandschuhe	Dentalmaterialien Hörgeräte Kontaktlinsen Diagnostische Ultraschallgeräte	Herzschrittmacher Automatische äußere Defibrillatoren	Herzkatheter Künstliche Gelenke, Koronastents Resorbierbares chirurgisches Nahtmaterial Herzklappen Brustimplantate



In welcher Klasse ist der Laser?

aktive Medizinprodukte gemäß MPBetreibV Anlage 1,
zum Beispiel Lasergeräte, Hochfrequenzgeräte, Nervenfunktionsgeräte und
Anästhesiegeräte

Die Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung verlangt Kenntnisse über:



- 1. der Rechtsgrundlagen,**
 - 2. zu den physikalischen Grundlagen der Laserstrahlung,**
 - 3. der geeigneten Informationsquellen,**
 - 4. zum für die Beurteilung notwendigen Stand der Technik,**
 - 5. der Wirkungen von Laserstrahlung (auf die Augen, Haut und Materialien),**
 - 6. des Vorgehens bei der Beurteilung von Wechsel- oder Kombinationswirkungen von verschiedenen Laserquellen,**
 - 7. zu den Tätigkeiten im Betrieb mit Exposition von Laserstrahlung**
 - 8. der technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen (insbesondere Berechnung und Auswahl der Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen und Schutzeinhausungen),**
 - 9. der alternativen Arbeitsverfahren,**
 - 10. der Überprüfung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen und**
 - 11. der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung** (siehe TROS-Laserstrahlung Teil1 Pkt. 3.4)
-

Außerkraftsetzung der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (DGUV Vorschrift 11) zum 1. Januar 2018

Die Vertreterversammlung der Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik hat in ihrer Sitzung vom 15.11.2017 in Aachen die Außerkraftsetzung der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (DGUV Vorschrift 11) vom 01.01.1988 in der Fassung vom 01.01.1997 beschlossen, die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales zum 1. Januar 2018 genehmigt worden ist.



Bereits in ihrer Sitzung am 23./24.05.2012 hatte die Mitgliederversammlung der DGUV den Unfallversicherungsträgern die Außerkraftsetzung der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (DGUV Vorschrift 11) empfohlen, sobald hierzu technische Regeln veröffentlicht werden.

Nach § 5 der im Juli 2010 erlassenen und im Oktober 2017 zum zweiten Mal novellierten deutschen Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung – OStrV) haben Arbeitgeber die Pflicht, falls sie nicht selbst über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügen, vor der Aufnahme des Betriebs von Lasern der Klassen 3R, 3B und 4 einen Laserschutzbeauftragten mit Fachkenntnissen schriftlich zu bestellen.

Die Fachkenntnisse sind durch die erfolgreiche Teilnahme an einem Lehrgang nachzuweisen und durch regelmäßige Fortbildungen (Die TROS Laserstrahlung präzisiert dies auf mindestens alle 5 Jahre) auf dem aktuellen Stand zu halten (OStrV § 5 Absatz 2).

Verordnung zum Schutz der Beschäftigten
vor Gefährdungen durch künstliche
optische Strahlung
(Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher
optischer Strahlung - OStrV)



Übrigens: Um die **OStrV** zu konkretisieren, hat die **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)** die sogenannten „**technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung**“ (kurz: TROS IOS) ins Leben gerufen. Diese beinhalten unter anderem den **aktuellen Stand der Technik, der Arbeitsmedizin sowie der Hygiene am Arbeitsplatz** und sorgen so für ein besseres Verständnis der Verordnung.

5.2 Anforderung an die Kurse und Prüfung

5.2.1 Anforderungen an den Kursveranstalter

- (1) Die Anforderungen an die Kurse und Prüfungen legt die zuständige Stelle fest.
- (2) Die Prüfungsunterlagen müssen vom Kursveranstalter mindestens fünf Jahre zur Einsicht aufbewahrt werden.

5.2.2 Ausbildungsinhalte

- (1) Aufgrund der unterschiedlichen Arten der Anwendung von Laser-Einrichtungen im Betriebsalltag werden zwei Arten von Kursen vorgesehen, über deren erfolgreiche Absolvierung eine Qualifizierung zum LSB erfolgen kann.
- (2) Der allgemeine Kurs berechtigt die erfolgreichen Absolventen zur umfassenden anwendungsübergreifenden Wahrnehmung der Funktion des LSB. Vorgesehen sind diese Kurse für größere Firmen und Institutionen mit unterschiedlichen Laseranwendungen und einem umfangreicheren Sicherheitsmanagement.
- (3) Darüber hinaus werden anwendungsbezogene Kurse angeboten. Diese Kurse sind zeitlich weniger umfangreich und berechtigen die Absolventen zur Wahrnehmung der Funktion des LSB bei speziellen Anwendungen von Lasereinrichtungen. Denkbar ist dieses Angebot in den Anwendungsfeldern Medizin, Kosmetik, Vermessung, Showlaser sowie bei technischen Anwendungen. Der geringere zeitliche Aufwand ergibt sich aufgrund der Anpassung der Lehrgangsinhalte auf den jeweiligen Anwendungsbereich.

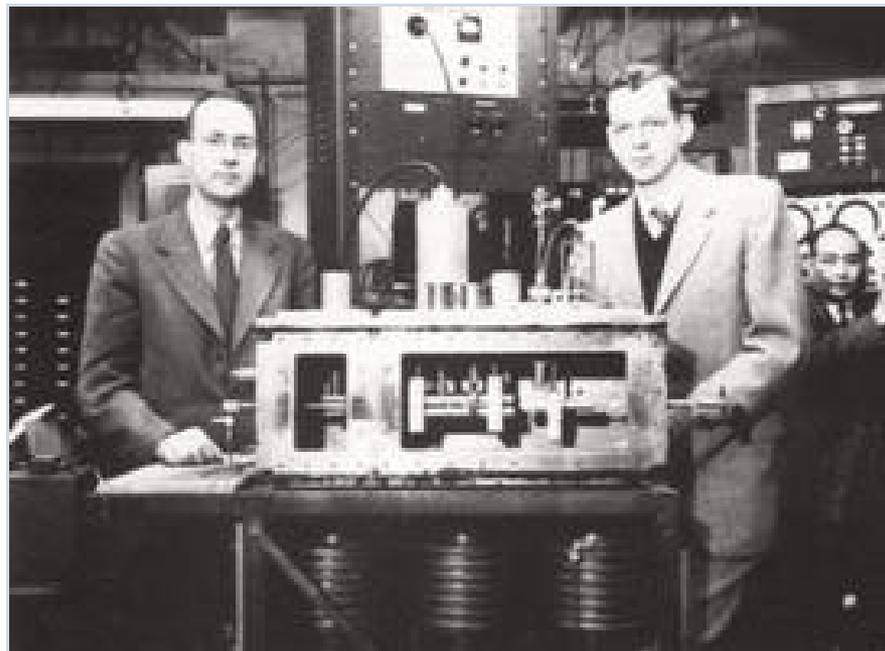
LASER

- Eine der bedeutendsten Erfindungen des 20. Jahrhunderts
- Wegbereiter wissenschaftlich-technischen Neulands

Kategorie	Anwendungsbeispiele
Materialbearbeitung	Schneiden, Schweißen, Lasermarkierung, Bohren, Fotolithografie, schnelle Fertigung
Optische Messverfahren	Geschwindigkeits- und Distanzmessung, Fernmessung atmosphärischer Parameter (LiDAR), Landvermessung, Laser-Schwingungsmessung, elektronische Specklemuster Interferometrie (ESPI), Glasfaser-Hydrophone, Hochgeschwindigkeitskinematographie, Partikelgrößenanalyse
Medizinische Anwendungen	Augenheilkunde, Refraktive Chirurgie, Fotodynamische Therapie, Dermatologie, Laserskalpell, Gefäßchirurgie, Zahnheilkunde, medizinische Diagnostik
Kommunikation	Informationsübertragung über Fasern, über den Freiraum, über Satelliten
Optische Informationsspeicher	CD/DVD, Laser-Drucker
Spektroskopie	Identifikation von Stoffen
Holographie	Unterhaltung, Informationsspeicher
Unterhaltung	Laser-Show, Laserpointer

Das neue Licht

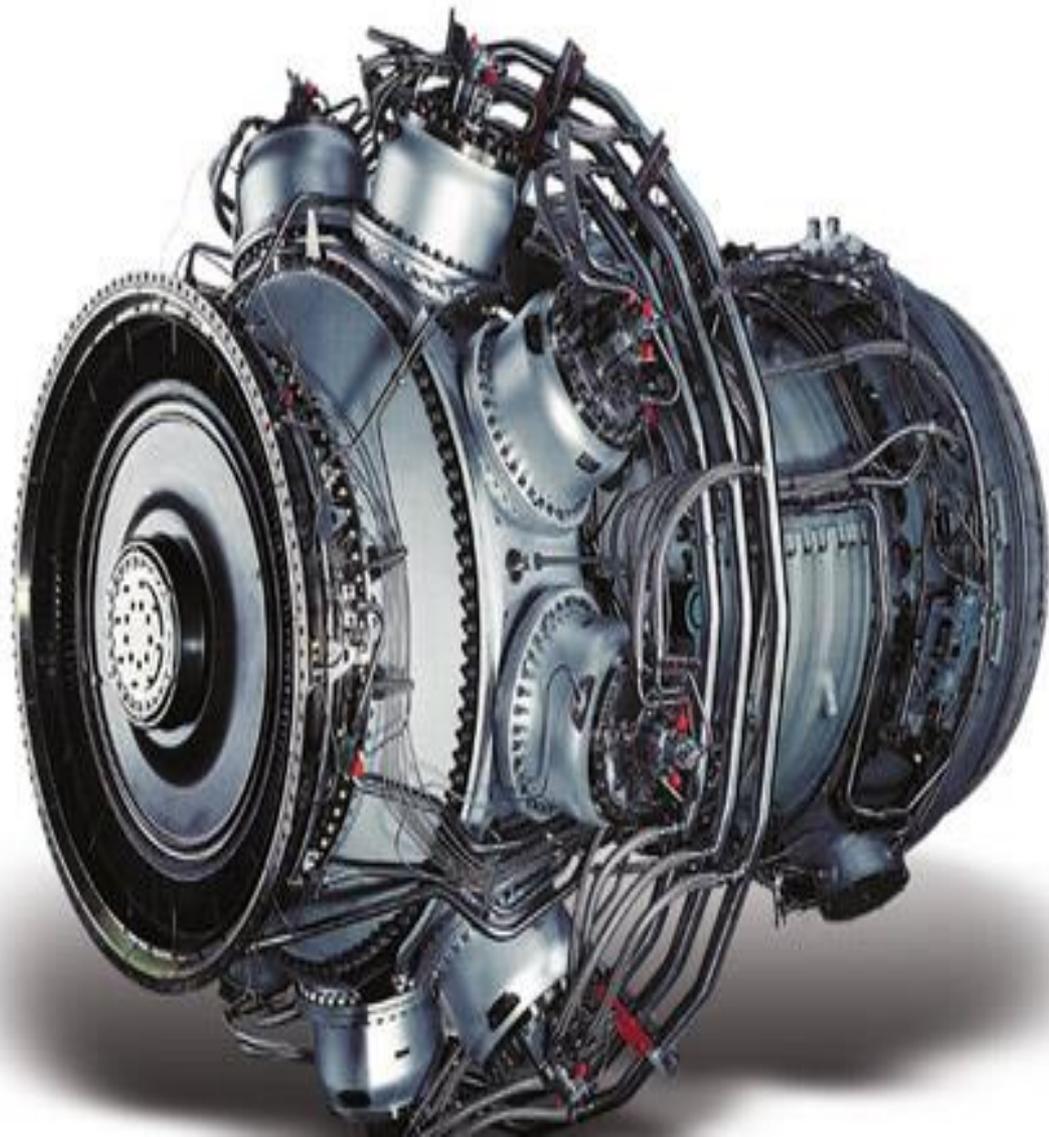
Im Mai 1960 zündete Theodore H. Maiman den ersten Laserblitz. Im Dezember 1964 erhielt der Laser-Vordenker Charles H. Townes den Nobelpreis. Nur die neue Ära ließ zunächst auf sich warten.



1955, der Ausgangspunkt: Charles H. Townes (links) und James P. Gordon präsentieren ihren Maser, die Technologie, aus der der Laser hervorging.

Eine neue Technologie versprach 1960 die Welt zu verändern. Man sagte, sie werde bald Augen heilen, Signale übertragen und Werkstücke bohren, schneiden oder verschweißen können. Sie erlaube es, Raketen zu leiten, zu orten oder zu zerstören, die Verschmutzungen der Atmosphäre zu messen oder gar eine Kernfusion zu zünden. Reader's Digest schrieb damals vom „light of hope“, die New York Times sah den Laser die Zukunft erleuchten und das Time Magazine nannte ihn „das heißeste Thema in der Festkörperphysik seit dem Transistor“. Dieser hatte kurz zuvor die elektronische Revolution ausgelöst: die Grundlage einer neuen Milliarden-Dollar-Industrie, beherrscht von den USA. Alle bedeutenden Forschungseinrichtungen in den USA wandten sich dem Laser zu und die öffentlichen Forschungsprogramme spiegelten diese Wendung: Die US-Regierung setzte im Kalten Krieg auf militärische

Stärke durch technologischen Vorsprung und hatte in den 1950er-Jahren die Etats vervielfacht. Allein das Verteidigungsministerium förderte 1962 laut „Aviation Week and Space Technology“ den Laser mit rund 1,5 Millionen US-Dollar.



Das Laserauftragschweißen ist die Frischzellenkur für verschlissene Metalle: Der Laser schmilzt ein Pulver, das sich mit dem Werkstoff verbindet und diesen mit einer bis zu einigen Zentimeter dicken Schicht überziehen kann. Das repariert Risse und Schäden, etwa in teuren Turbinenblättern von Flugzeugtriebwerken. Außerdem lassen sich auf diese Weise Oberflächen vor Verschleiß schützen oder schnelle Designänderungen durchführen - etwa von Umformwerkzeugen für Bleche, wo die neue Kontur einfach auf das alte Werkzeug aufgeschweißt wird.



Kein anderes Produkt enthält so viele Laseranwendungen wie das Automobil. Maßgeschneiderte Bleche (Tailored Blanks), mit Lasern getrennt und geschweißt, erlauben extravagante Designs bei geringem Gewicht und hoher Crashesicherheit. Auch Zahnräder im Getriebe werden heute geschweißt statt geschraubt. Und Beschriftungslaser zeichnen Zahlen und Muster in Tachos, Tasten und Schaltkulissen, die sich von hinten beleuchten lassen.



Das 2,7-Meter-Harlan-J.-Smith-Teleskop des McDonald-Observatoriums (USA) wird benutzt, um mit einem Laser die auf dem Mond stationierten Spiegel anzuvisieren.

Quelle: McDonald Observatory



Die genaueste Uhr der Welt hat ein Pendel aus Licht: Ein so genannter Frequenzkamm, für den der deutsche Physiker Theodor Hänsch 2005 den Nobelpreis bekam, misst die Schwingungen des Lichts aus einem Laser präzise wie nie. Hätte man die Uhr beim Urknall des Universums vor rund 14 Milliarden Jahren in Gang gesetzt, würde sie heute nur um sieben Minuten abweichen. Das ist keine Spielerei: Präzise Zeitmessungen sind unter anderem wichtig für die Satellitennavigation.



Scannerkassen haben den Supermarkt revolutioniert. Rotes Laserlicht tastet blitzschnell den Barcode auf der Ware ab und ermittelt den Preis. Und das Warenwirtschaftssystem weiß sofort, wann Milch und Mettwurst in den Regalen zur Neige gehen. Auch in Transport und Logistik werden heute Pakete und Werkstücke mit allen hinterlegten Daten an beliebigen Orten erfasst.





Er hat überhaupt nicht gebohrt: Zahnärzte nutzen immer häufiger den Laser. Der arbeitet berührungsfrei und schonender, etwa bei der Entfernung von entzündetem Gewebe oder Wurzelresten.



Vor 40 Jahren konstruierte Xerox den ersten Laserdrucker und noch immer erfreuen sich die sparsamen Drucker größter Beliebtheit im Büro. Für das scharfe Schriftbild sorgt ein Laserstrahl, der über einen rotierenden Spiegel zeilenweise auf eine lichtempfindliche, elektrisch geladene Trommel trifft. Dort, wo er auf die Trommel trifft, entlädt er sie und hinterlässt so ein Negativ des Druckbildes. Die verbliebenen geladenen Stellen ziehen winzige Tonerpartikel an, die auf das Papier übertragen werden.



Mit 57 Kilometern wird der Gotthard-Basistunnel der längste Tunnel der Welt. Damit sich die Tunnelbohrmaschinen aus der Schweiz und Italien in der Mitte treffen, weisen Laserstrahlen die Richtung. Berechnungen zeigen: Dank der Licht-Wegweisung werden sich die Bautrupps um maximal 20 Zentimeter verfehlen. Für diese Anwendung wurden Laser schon in den 1960er Jahren eingesetzt.



1982 kam der erste CD-Spieler auf den Markt und revolutionierte die Speicherung großer Datenmengen. Der Laser liest und schreibt die immer dichter gepackten Informationsbits auf CD-, DVD- und Blue-Ray-Discs - bald auch in der dritten Dimension: In holografischen Speichern, die in den nächsten Jahren auf den Markt kommen sollen, nutzt der Laser das ganze Volumen des Mediums und wird damit die Terabyte-Grenze durchbrechen.

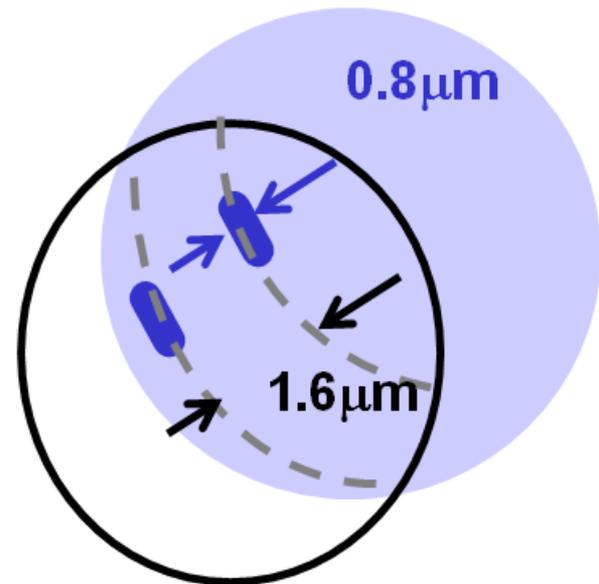
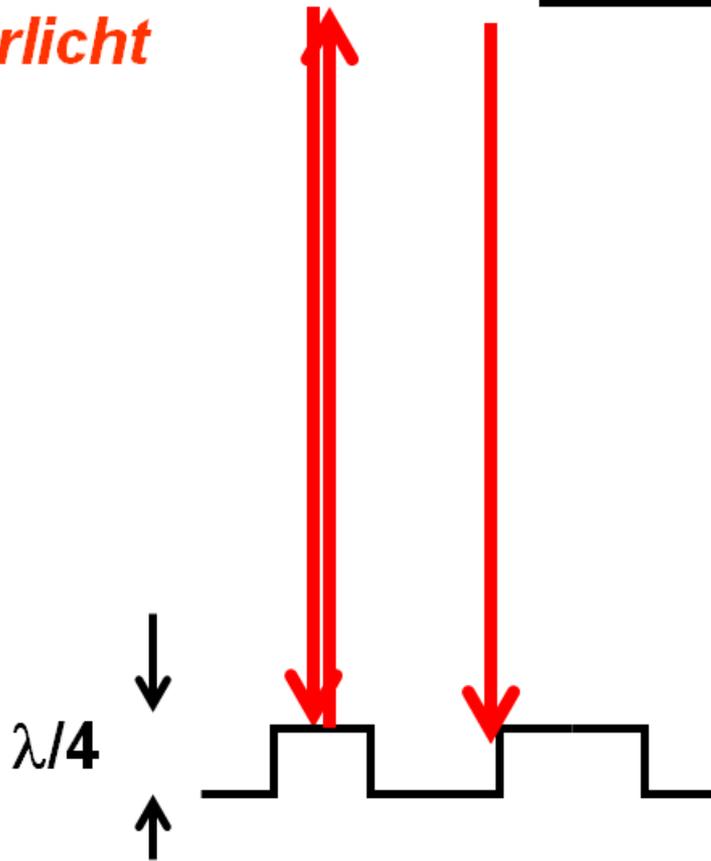
Laseranwendungen: CD Player

Laserlicht

hell:0

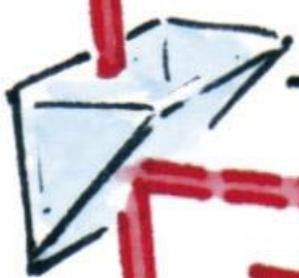
dunkel: 1

digitale Kodierung
0100101...





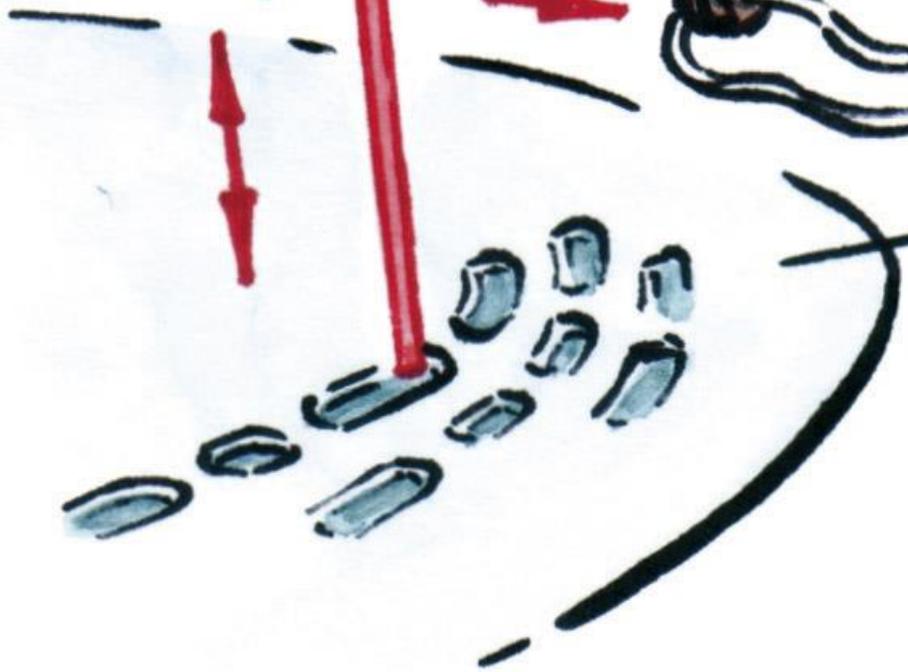
Halbleiter Laser



halbdurchlässiger Spiegel



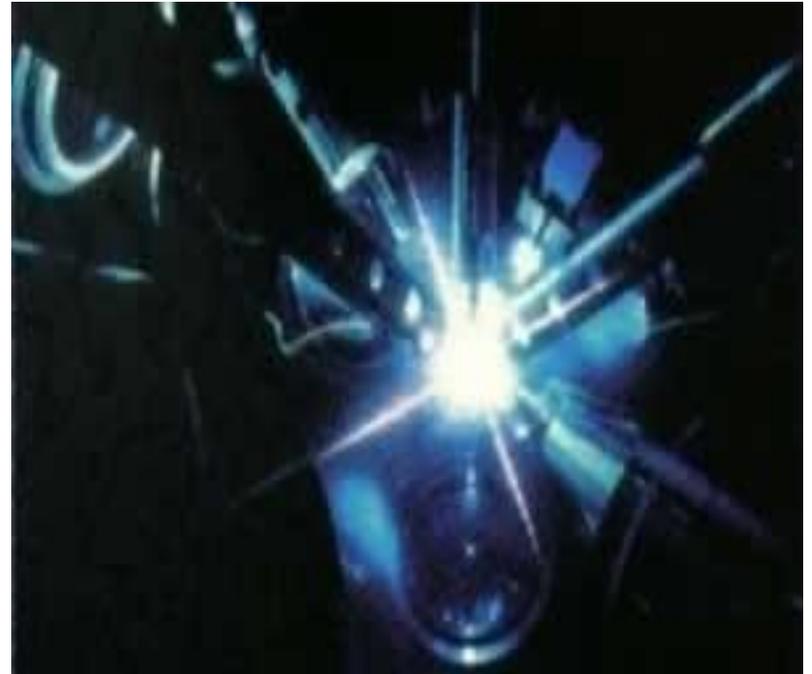
— Fotodiode



— Datenträger

Kernfusion

- **Mit Hochleistungslasern könne sehr dichte Plasmen hoher Teilchendichte und Temperatur (~ 1 Mio. Grad) erzeugt werden.**



Einsatz bei "Alltags-Geräten"

- **Laserdrucker**
- **CD-Brenner**

- **Scanner-Kasse**
- **Laserpointer**
- **Entfernungsmessung**

Vermessungstechnik
Tunnelbau

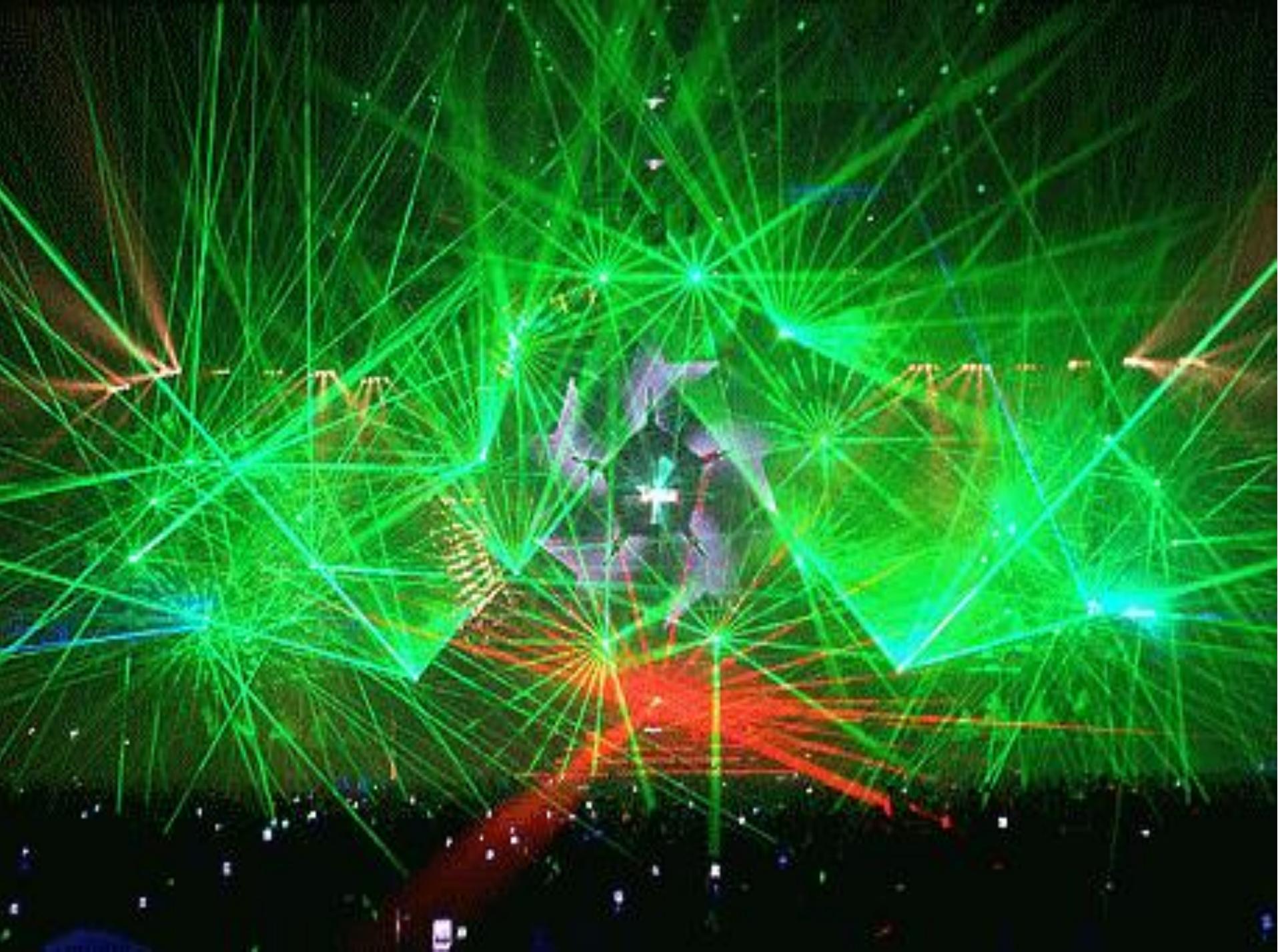
- **Der Laser liefert den Richtstrahl, so dass gerade Vortriebe beim Tunnel möglich sind**



Fertigungstechnik

- Bohren
- Schneiden
- Schweißen





Worterklärung

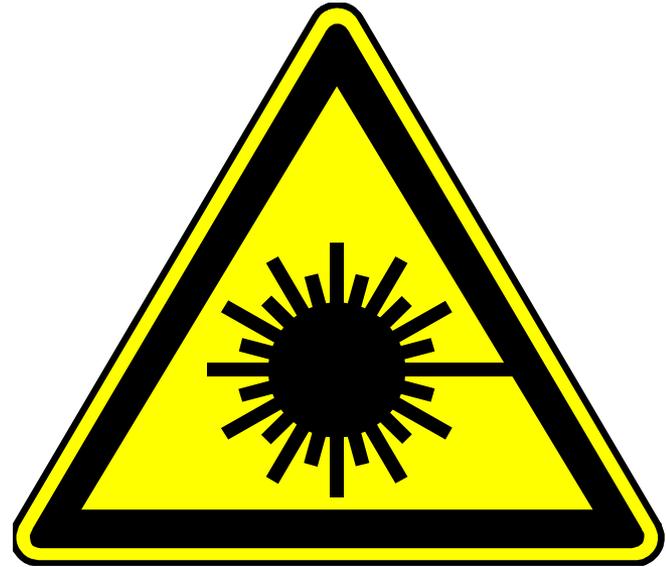
Light

Amplification by

Stimulated

Emission of

Radiation

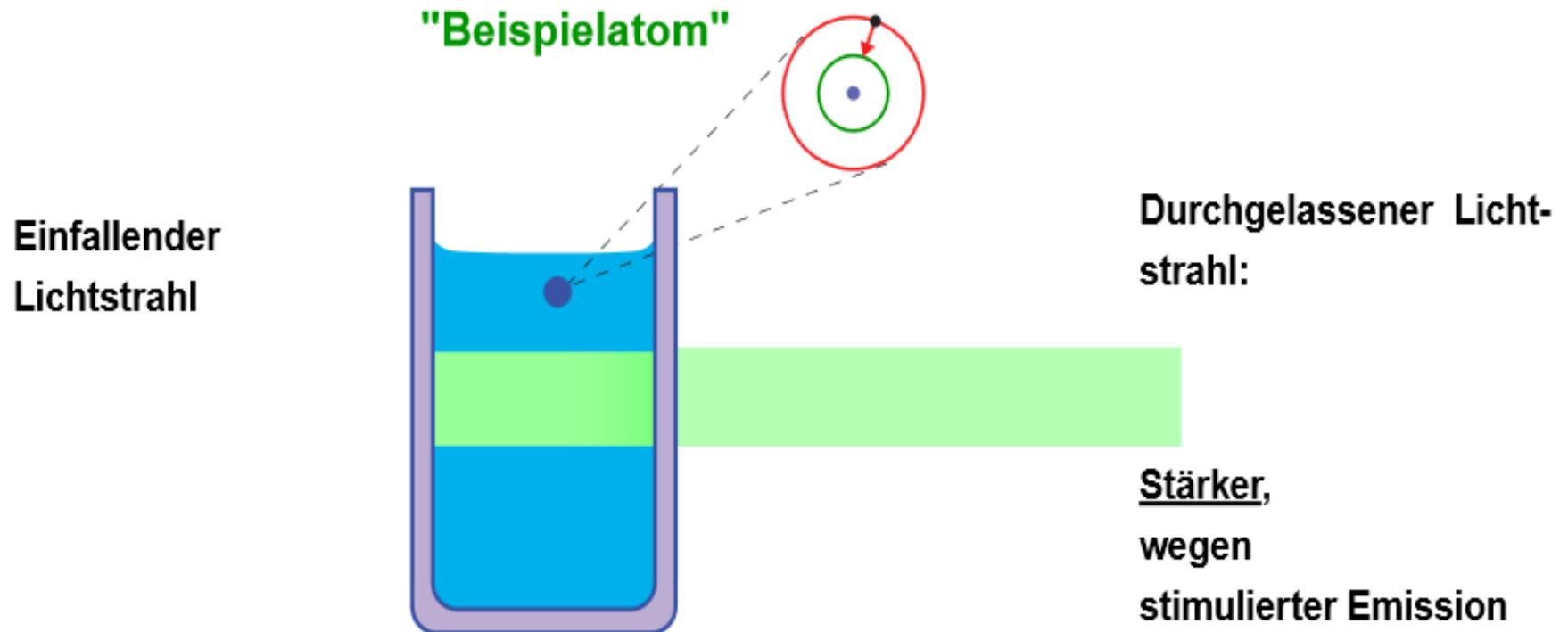


Licht-Verstärkung
durch stimulierte
Emission von Strahlung

Verstärkung des Lichts durch stimulierte Emission



Material mit Atomen, deren Elektronen sich im höheren Zustand befinden



Lichtverstärkung durch stimulierte Emission: LASER

Lichtquellen

- Sonne
- Kerze
- Glühlampe



Temperaturstrahler

- Neonröhre
- Quecksilberlampe
- Natriumlampe
- Xenonlampe

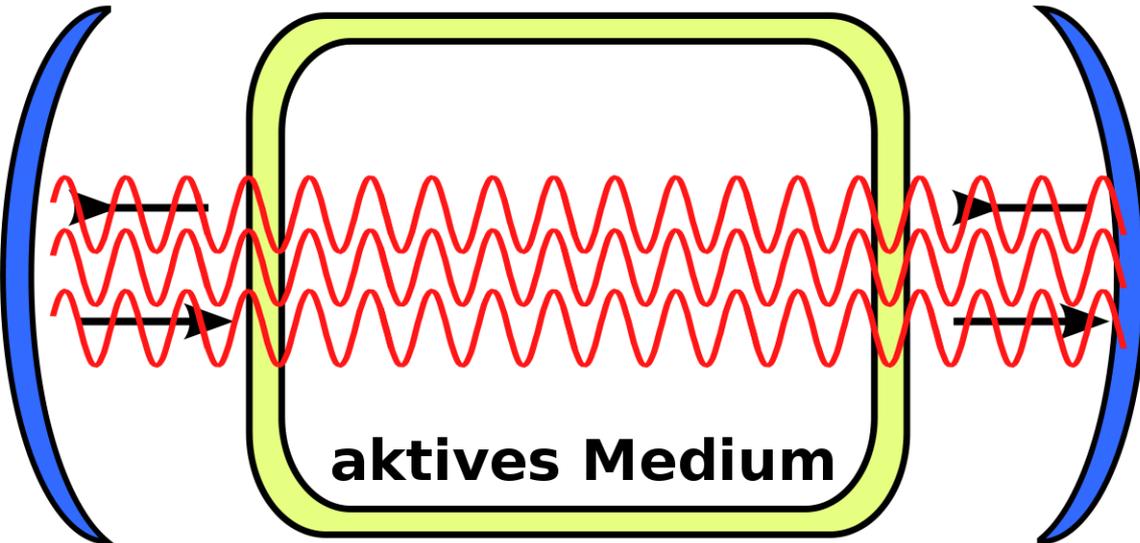
Strahlung
elektrisch angeregter Atome

Was ist ein Laser?

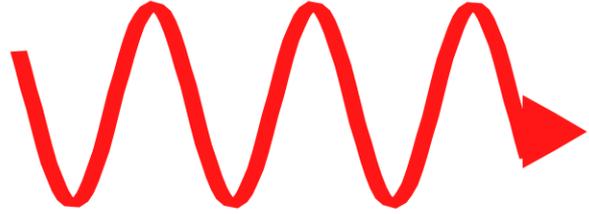
- Ein Laser besteht im Prinzip aus einem lichtverstärkenden Medium in einem aus Spiegeln gebildeten Resonator sowie einer externen Energiequelle.
- In das Verstärkungsmedium wird von außen Energie "hineingepumpt". Diese Energie kann dann in Form von Lichtteilchen, so genannten Photonen, wieder abgegeben werden.

Endspiegel

Auskoppelspiegel

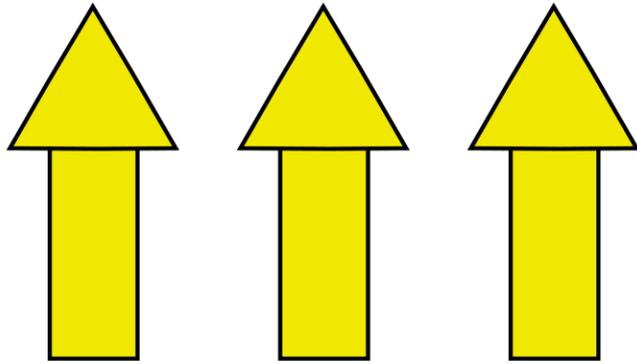


ausgekoppeltes
Laserlicht

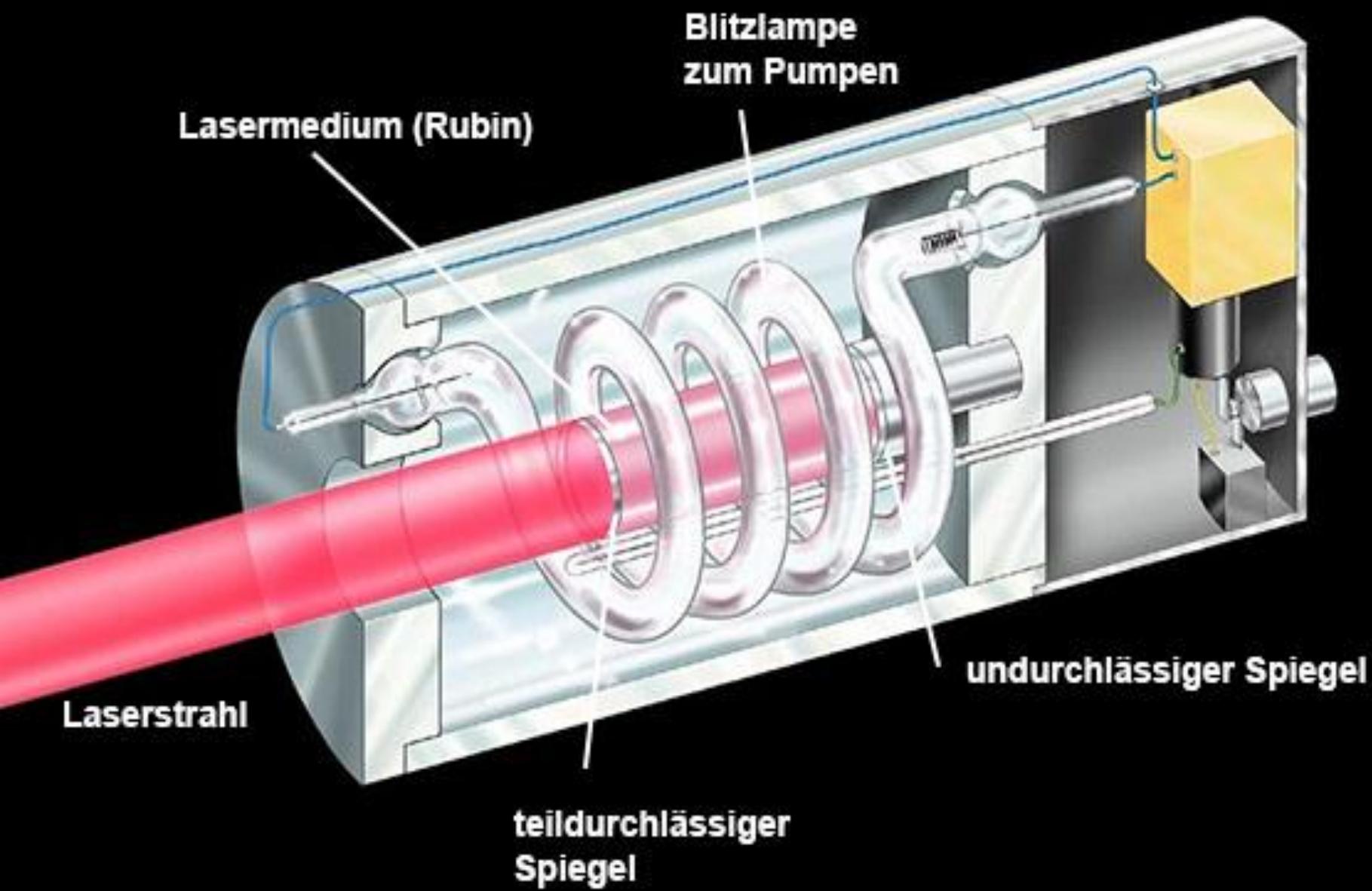


Reflektivität
 $R=100\%$

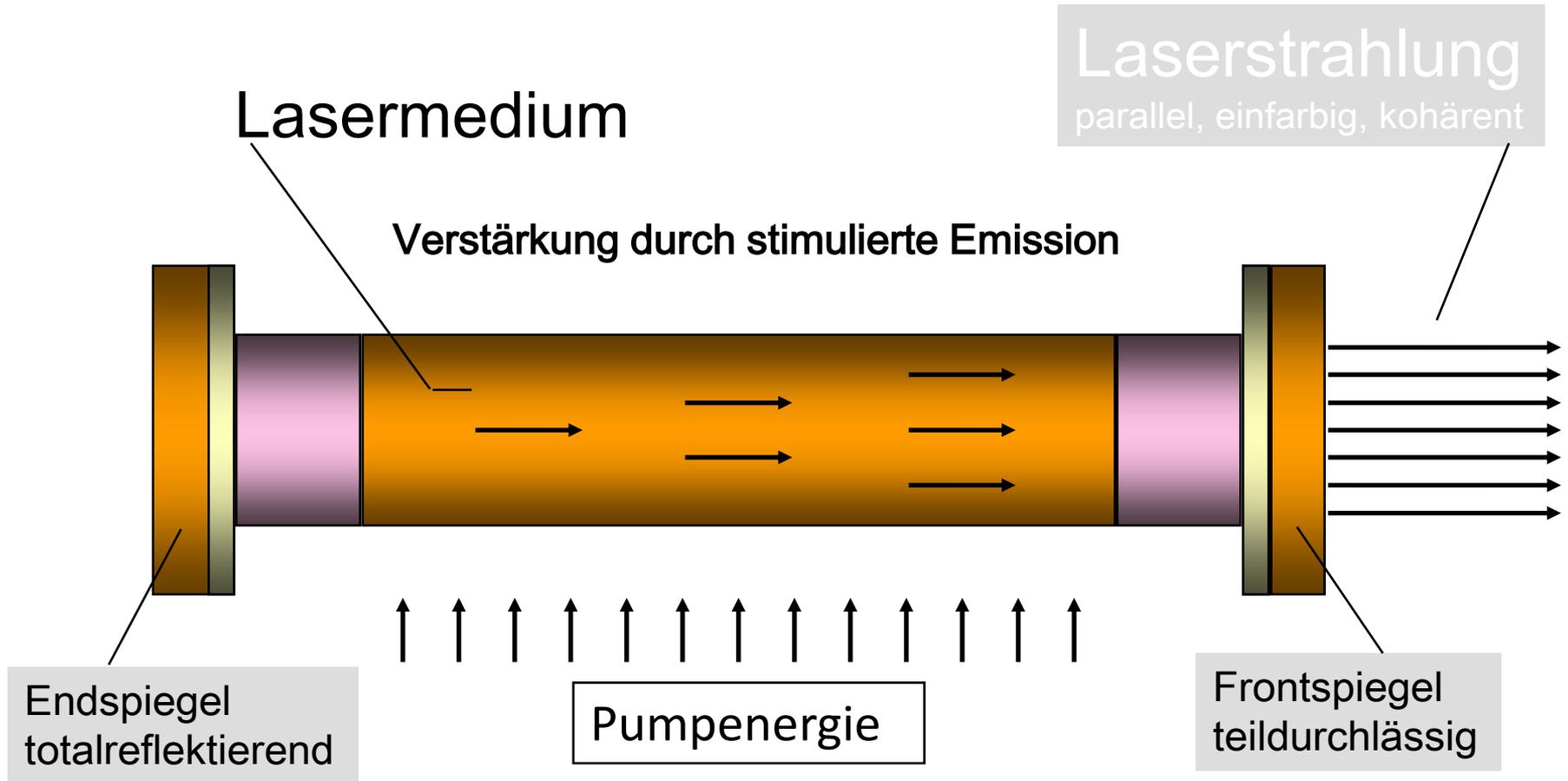
Reflektivität
 $R<100\%$



Pumpleistung



Aufbau eines Laser-Resonators



Es gibt Lasermedien in allen möglichen Aggregatzuständen. Bei [Gaslasern](#) sind Edelgase von besonderer Bedeutung. Flüssige Lasermedien werden in [Farbstofflasern](#) verwendet; feste Medien (Kristalle, Gläser) kommen in [Festkörperlasern](#) und [Diodenlasern](#) zum Einsatz. Durch die Wahl des Mediums werden die Möglichkeiten eines Lasersystems - Durchstimmbbarkeit, Dauerstrichbetrieb, Emissionsfrequenzbereich etc. - weitgehend bestimmt.

Femtosekunden Laser sind Laser, die Lichtpulse aussenden, deren Dauer im Femtosekunden-Bereich liegt. Das sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitende Laserlicht legt innerhalb einer Femtosekunde ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) lediglich eine Strecke von $0,3 \mu\text{m}$ zurück, diese Strecke entspricht etwa einem Hundertstel des Durchmessers eines menschlichen Haares

Forschung...

Materialbearbeitung:

Erwärmen

Schmelzen

Verdampfen

Laser in der Medizin

Chirurgie

Abtragung von Ablagerungen

Augen

Laser im Alltag

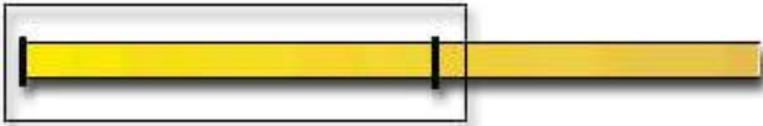
Laserdrucker

CD Player

BarcodeScanner

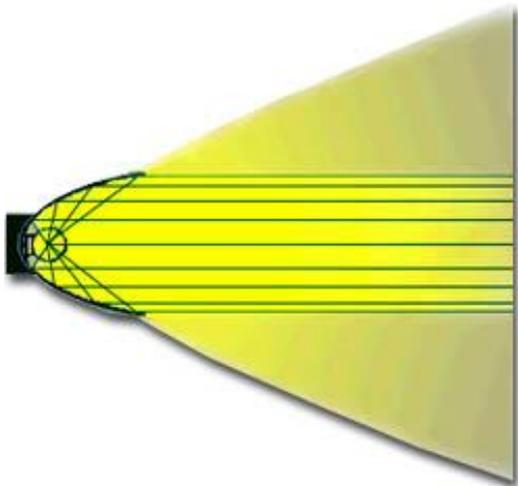
Laser-Eigenschaften

Laser



- kohärent (Lichtquanten sind in Phase zueinander)
- gut fokussierbar
- farbrein

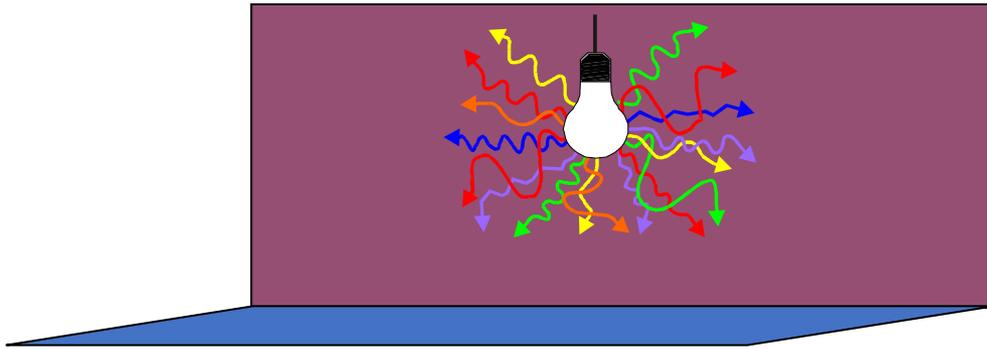
Glühlampe



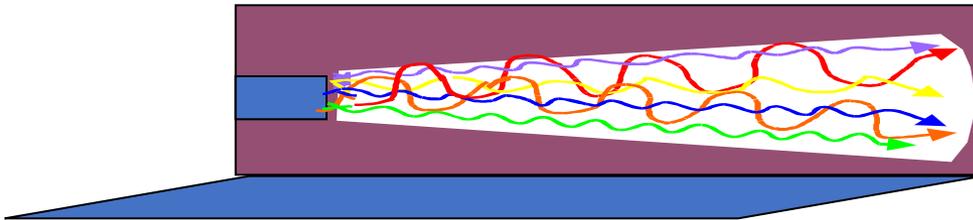
Diese Eigenschaften ermöglichen eine extreme Leistungsdichte (Fokussierung)

Bei der Glühlampe ist das so nicht möglich

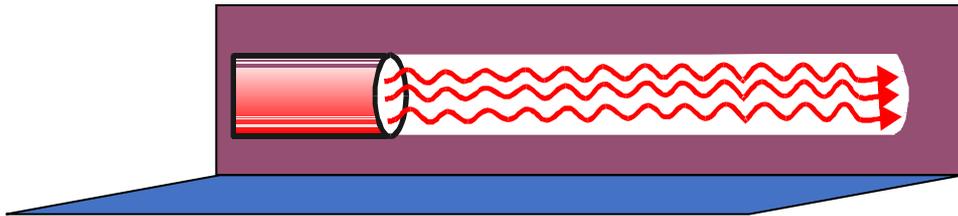
Ausbreitungseigenschaften



Glühlampe, Taschenlampe:
Emission in alle Richtungen



Laser:
Emission in eine Richtung



Eigenschaften der Laserstrahlung

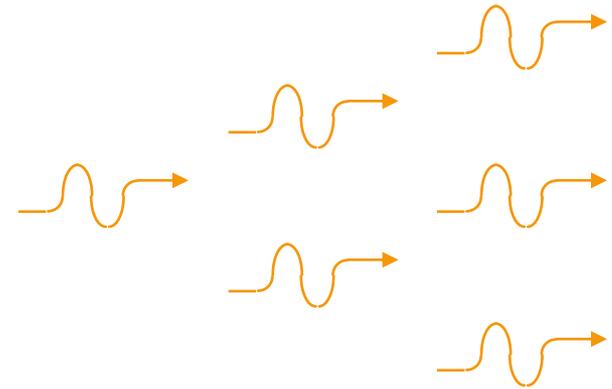
Kohärenz (zeitlich und räumlich zusammenhängend)

"Normales" Licht



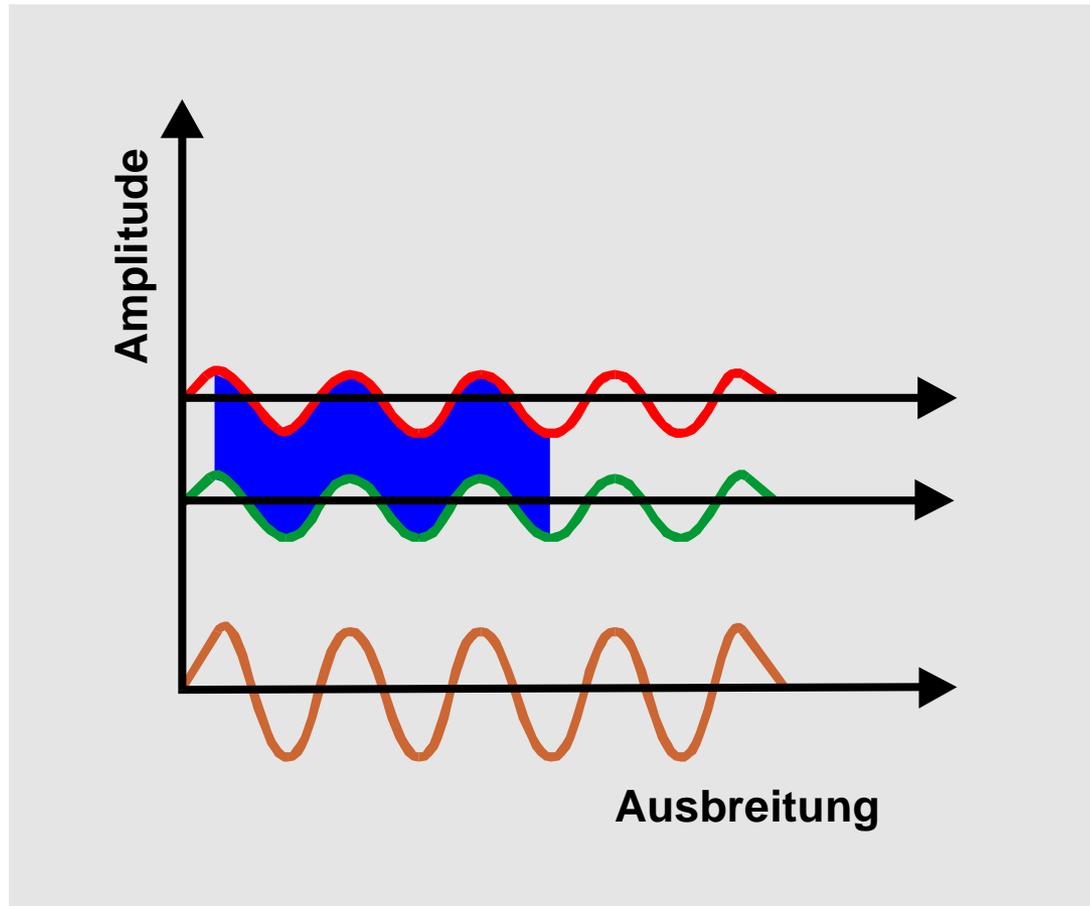
"Normale" Lichtquellen erzeugen Lichtwellen, die sich in Phasenlage unterscheiden und räumlich aus einzelnen Schwingungspaketen bestehen

Laser



Laserstrahlung sendet Wellen gleicher Phasenlage und Wellenzüge mit gleicher Amplitude

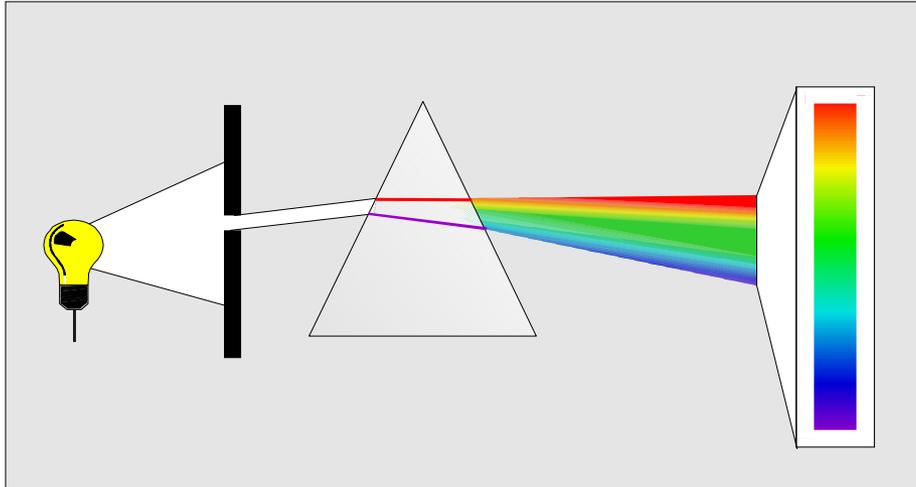
Kohärenz: Licht im Gleichschritt



Kohärenz:

- Gleiche Wellenlänge
- Wellenzüge sind zeitlich und räumlich synchronisiert
- Wellenzüge entstehen zur gleichen Zeit und bewegen sich in die gleiche Richtung fort

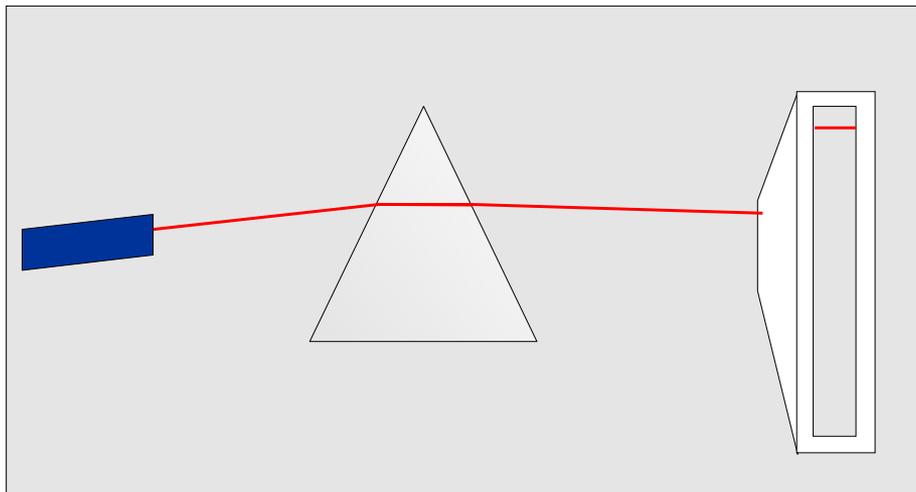
Monochromasie



Weißes Licht:

Spektralfarben

- viele Wellenlängen
- viele Farben



Laser:

Monochromasie

- eine Farbe
- eine Wellenlänge

Laser-Typen

Die Einteilung und Benennung der Lasertypen erfolgt in der Regel nach dem verwendeten aktiven Medium.

Gaslaser

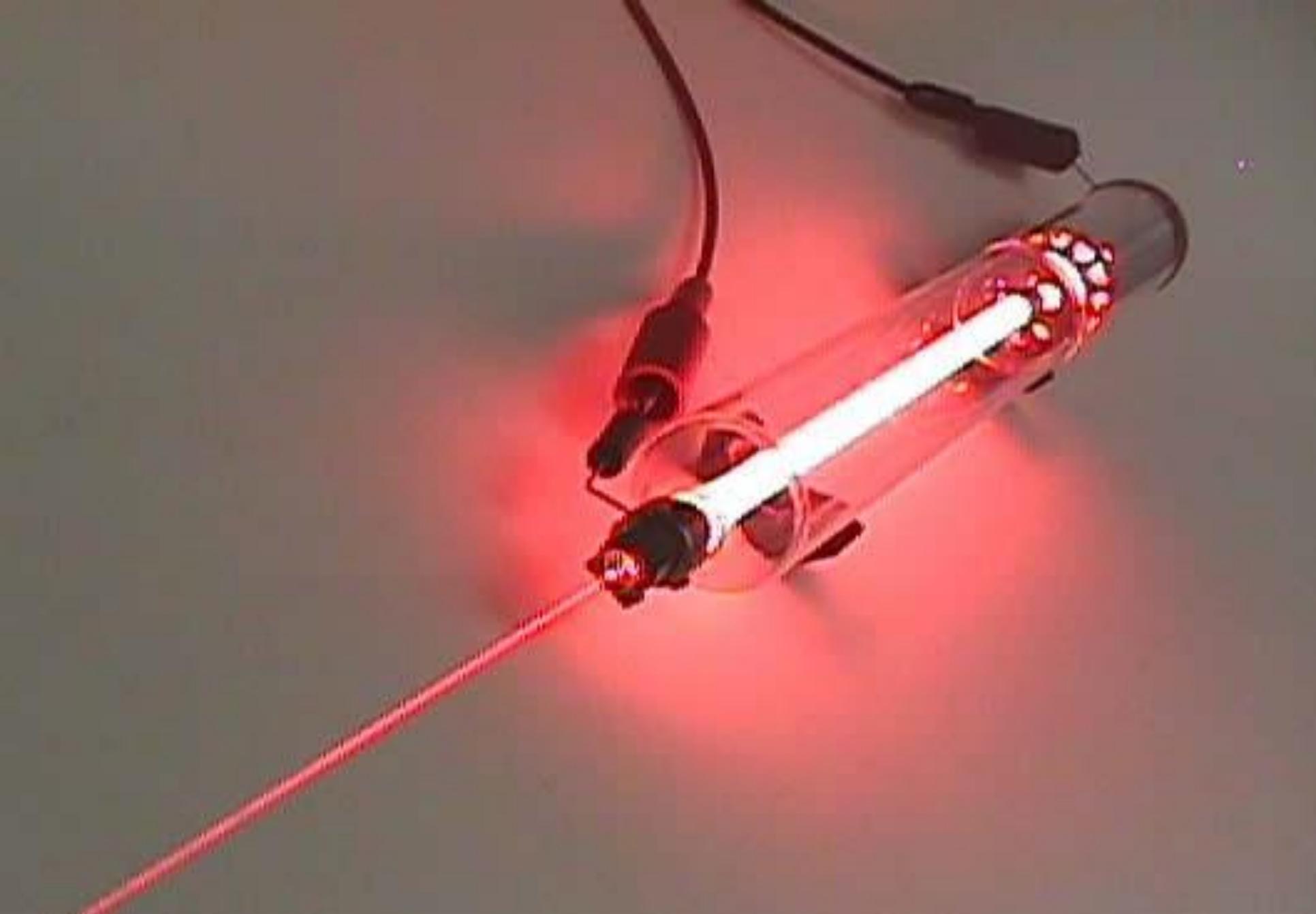
Farbstofflaser

Festkörperlaser

Halbleiterlaser

Arten von Lasern

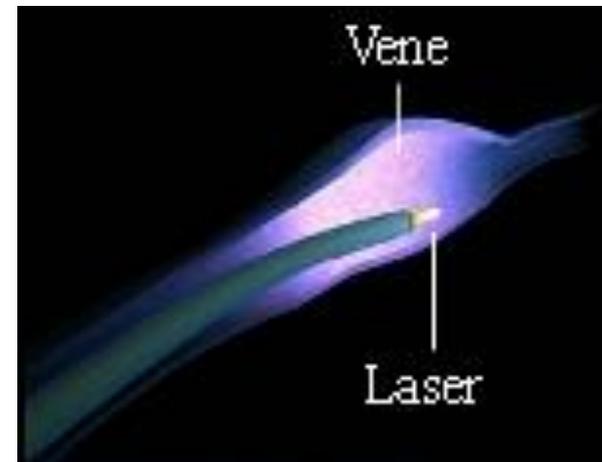
Lasertyp	Bauart	Lasermaterial	Anwendung
Helium-Neon Argon Kohlendioxid	Gas Gas Gas	Ne Ar CO ₂	Messtechnik Holografie Materialbearbeitung
Rubin Nd-YAG	Festkörper Festkörper	Cr Nd	Materialbearbeitung Material-Feinbearb.
Farbstoff	Flüssigkeit	Organ. Farbstoff	Spektroskopie
Halbleiter	Festkörper	Ga As	Opt. Datenübertrag. Materialbearbeitung



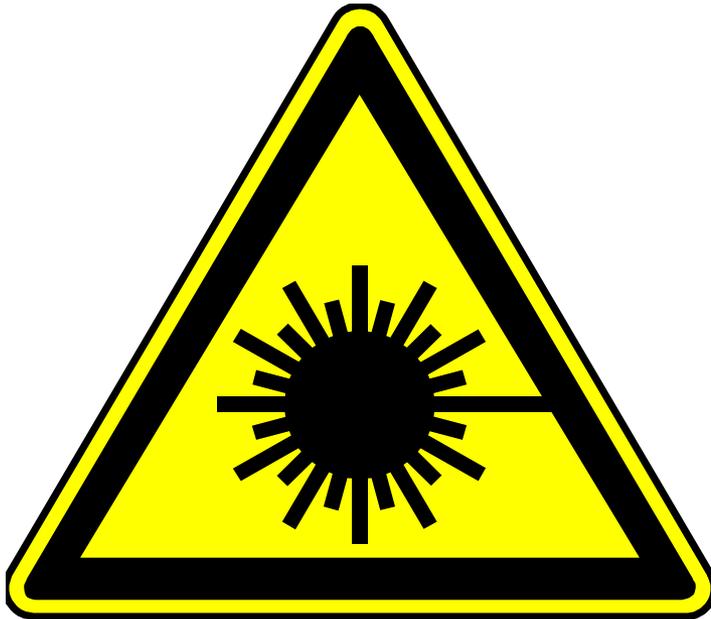


Medizin

- **Laser zur Beseitigung von Tumorgewebe (laserinduzierte Thermotherapie); mit Hilfe von Lichtwellenleiter wird die Strahlung direkt an den Tumor geführt.**
- **Laser zur Befestigung einer sich ablösenden Netzhaut. In der Umgebung der Ablösung werden mit dem Laser Narben erzeugt, aufgrund derer sich die Netzhaut nach einiger Zeit wieder mit dem Untergrund verbindet.**
- **Veröden von Krampfadern: Eine dünne Laserfaser wird mit einem Katheder in die Vene geschoben. Mit kurzen Laserpulsen wird die Vene thermisch geschädigt, die Venenwände ziehen sich zusammen. Schließlich kommt es zum Venenverschluss.**



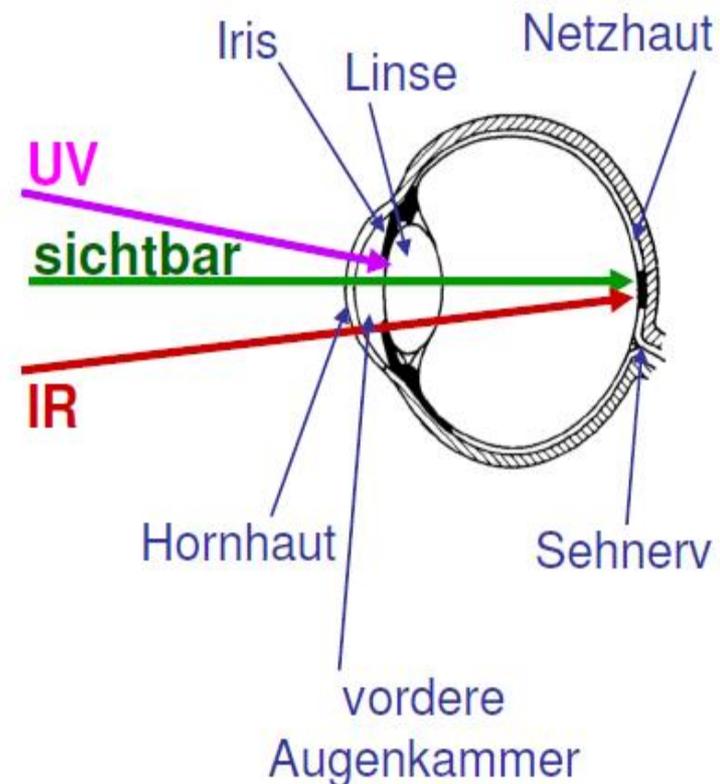
Thema



Biologische Wirkung von
Laserstrahlung

AUGEN UND HAUTSCHÄDEN DURCH OPT. STRAHLUNG

	Schädigung		
	Spektralbereich		
	Auge	Haut	
Ultraviolett	Ultraviolett-C 100nm - 280nm	Photokeratitis	Erythem beschleunigte Alterung Hautkrebs
	Ultraviolett-B 280nm - 350 nm	Photokeratitis	Erythem Pigmentierung
	Ultraviolett-A 315nm - 380nm	Katarakt	Pigmentierung
sichtbar	Violett 380nm - 780nm Blau Grün Gelb Orange Rot	Netzhaut- verbrennung	Verbrennung
Infrarot	Infrarot-A 780nm - 1.4µm	Netzhaut- verbrennung Katarakt	Verbrennung
	Infrarot-B 1.4µm - 3µm	Netzhaut- verbrennung Katarakt	Verbrennung
	Infrarot-C 1mm - 3mm	Hornhaut- verbrennung	Verbrennung



Änderung der Grenzwerte

Beruflich exponierte Personen

- Absenkung des Grenzwert der Augenlinsendosis von 150 mSv pro Jahr auf 20 mSv pro Jahr
- Auswirkungen auf Anwender bei interventionellen Verfahren

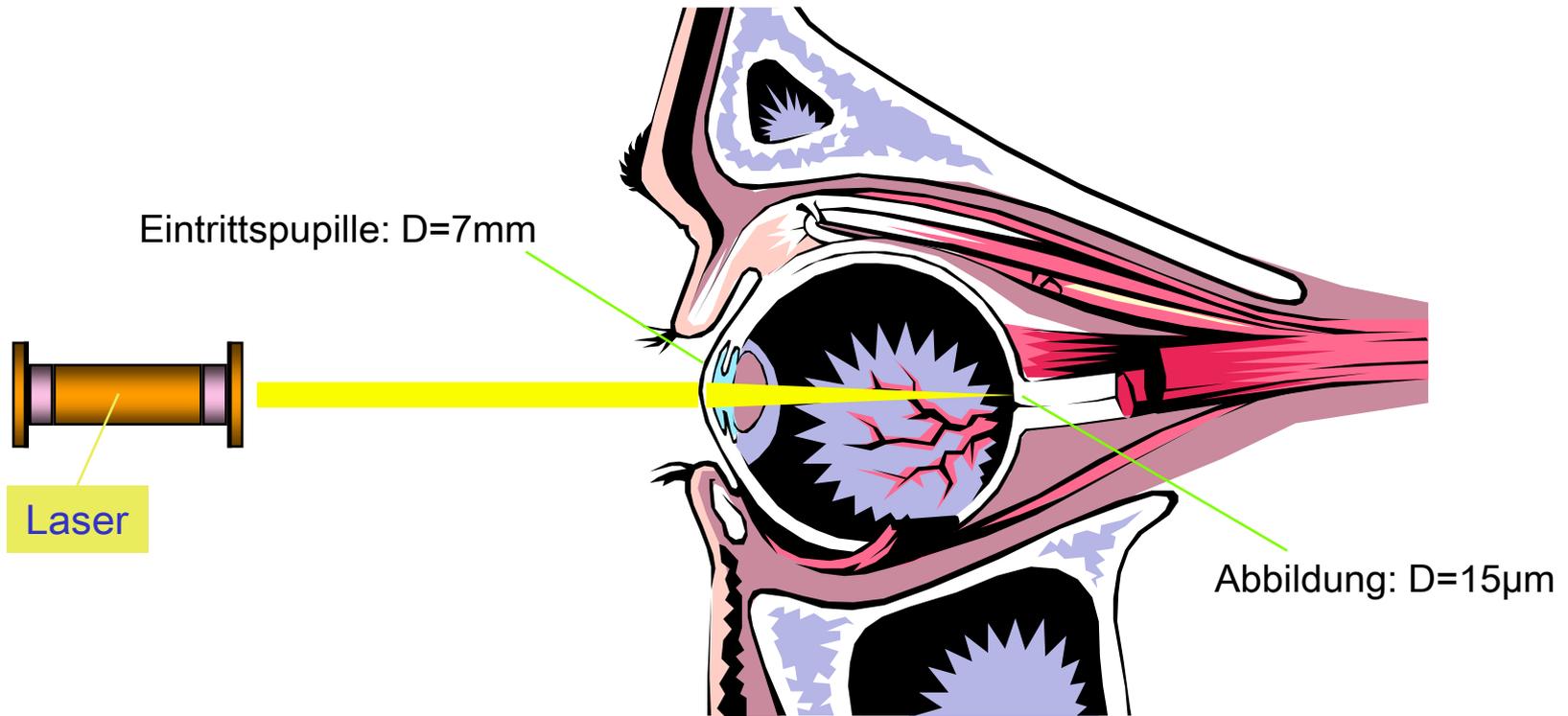
Einzelperson der Bevölkerung

- Grenzwert 1 mSv pro Jahr gilt für die die Summe aller Tätigkeiten für Anzeige- und Genehmigungsverfahren

Wirkung der Laserstrahlung

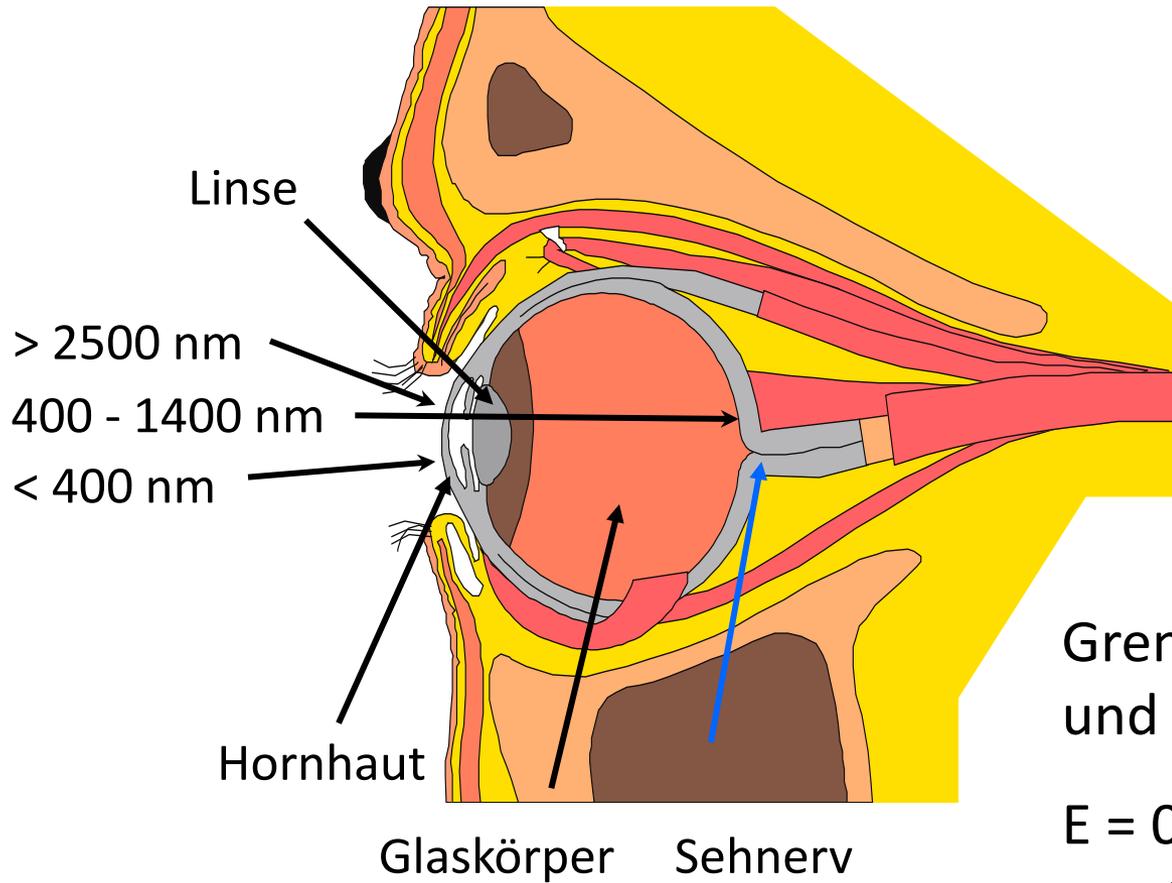
Wellenlängenbereich		Wirkung auf die Augen	Wirkung auf die Haut
100-315 nm	UV	Hornhautentzündung	Sonnenbrand, beschleunigte Alterung, Hautkrebs Excimer-Laser
315-400 nm		Linsentrübung	verstärkte Pigmentierung, Hautkrebs
400-700 nm	VIS	Verletzung der Netzhaut	Dunkelung von Pigment, Verbrennungen He-Ne-Laser
700-1400 nm	IR	Linsentrübung, Verletzung der Netzhaut	Verbrennungen Hochleistungsdioden-Laser Nd-YAG-Laser CO ₂ -Laser
1400-3000 nm		Linsentrübung, Verbrennung der Hornhaut	
3000 nm- 1mm		Verbrennung der Hornhaut	

Wirkung der Laserstrahlung auf die Augen



Beispiel: Eine Energiedichte von 1 mW/cm^2 (etwa 50% des Grenzwertes eines Lasers der Klasse 2) an der Eintrittspupille wird verdichtet zu 200 W/cm^2 auf der Netzhaut !

Gefährdung des Auges (2)



Grenzwert (MZB) für 2 s
und für 400... 700 nm:

$$E = 0,6 \text{ mW} / \text{Pupillenfläche} \\ = 15 \text{ W} / \text{m}^2$$

Die durch Laserstrahlung entstehenden

Schäden am Auge

sind

im allgemeinen irreparabel!

Es droht ein

dauerhafter Verlust des Sehvermögens!

Grundlegende Begriffe und Prinzipien

Einführung

Um das Prinzip eines LASER zu verstehen, möchte ich hier vorab einige wichtige Begriffe erklären bzw. ein wenig verständlich machen. Ganz so einfach wie es scheint, ist das Thema aber doch nicht! Viele der hier verwendeten Begriffe lassen sich nur durch relativ komplexe Zusammenhänge der Quantenmechanik und Elektrodynamik mehr oder weniger korrekt beschreiben.

Also denken Sie bitte immer daran, alles was hier gezeigt wird, ist ein Modell, eine Vereinfachung zum verstehen!

Der Name des Lasers

L = LIGHT

A = AMPLIFICATION

S = STIMULATED

E = EMISSION

R = RADIATION

zu deutsch:



Lichtverstärkung

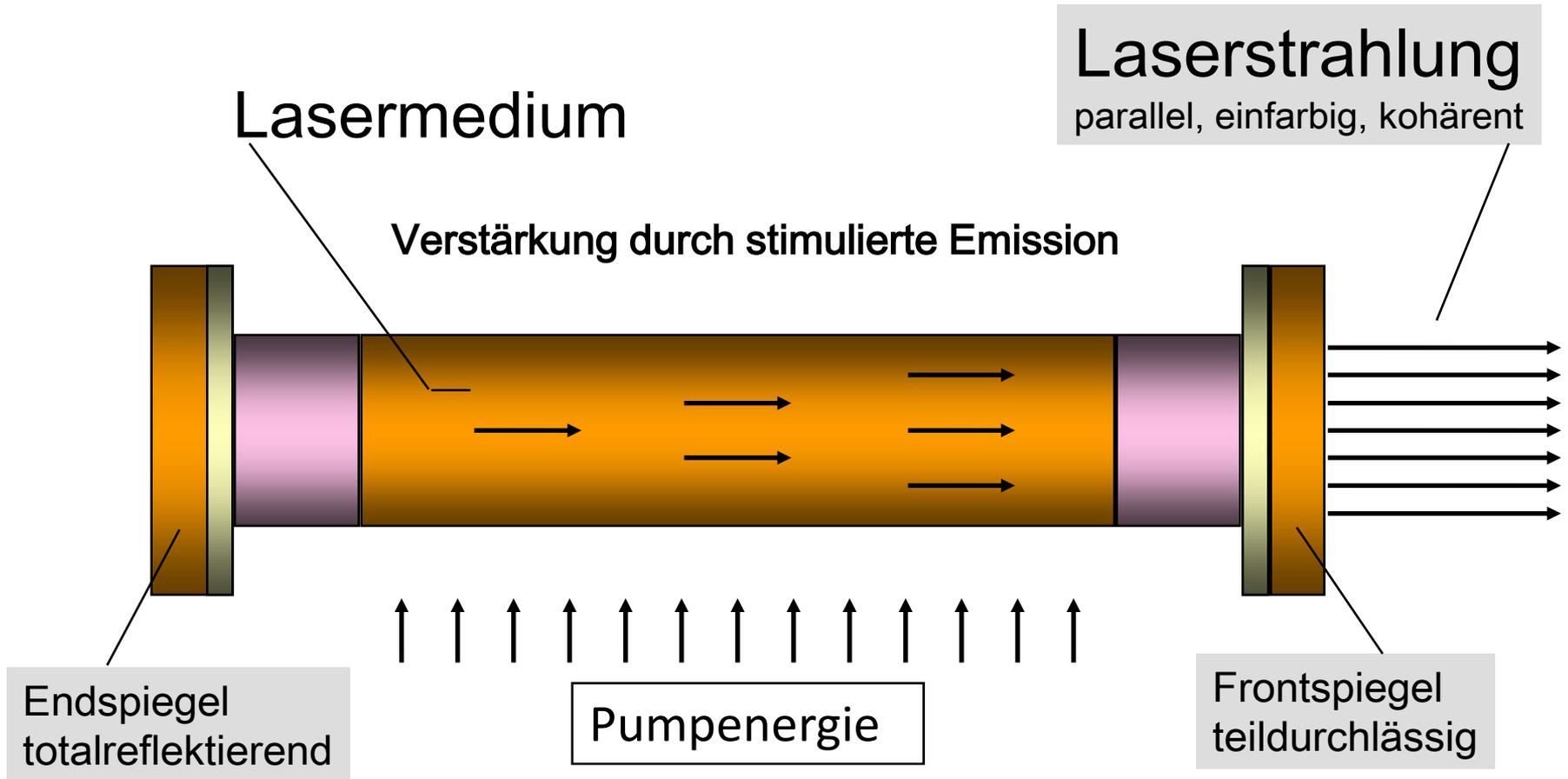


durch erzwungene

(stimulierte) Emission

von Strahlung.

Aufbau eines Laser-Resonators



Aufbau des Lasers

Ein Laser besteht im Wesentlichen aus folgenden Bestandteilen:

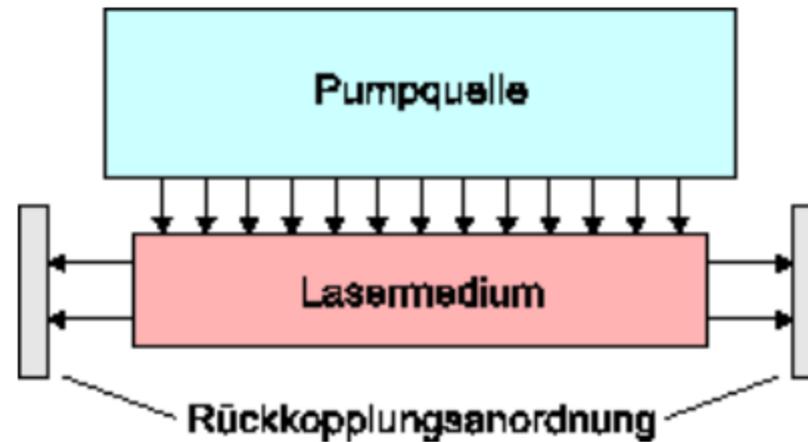
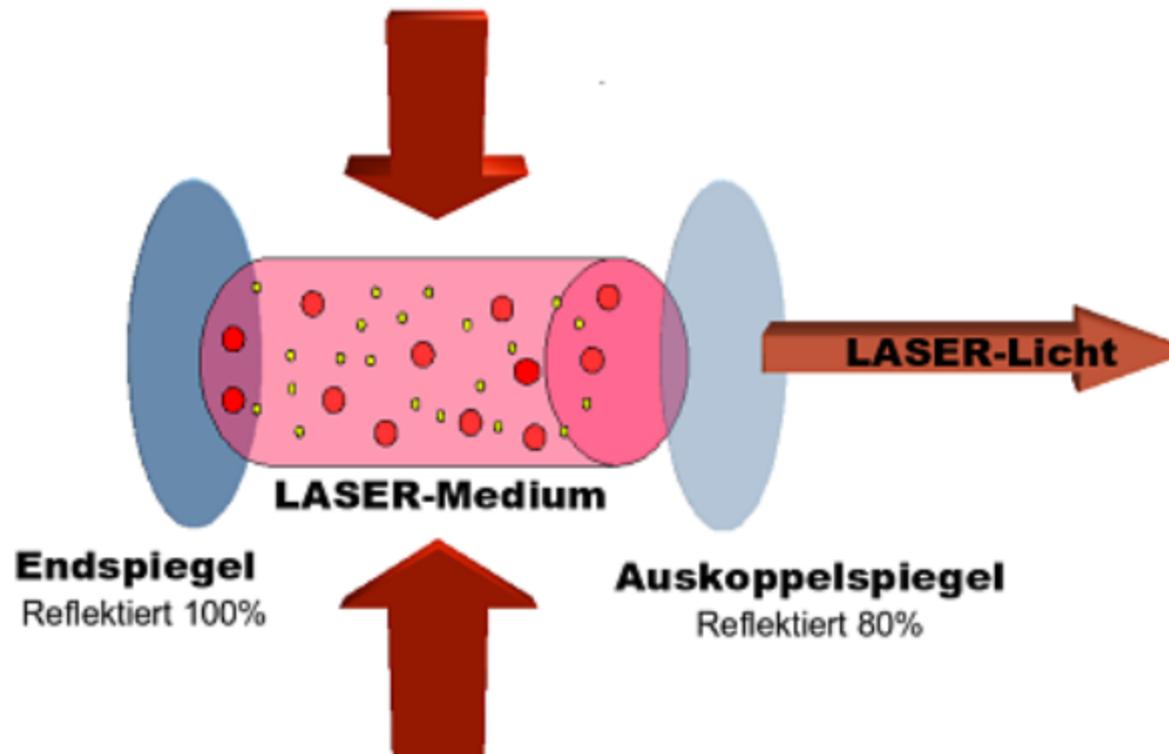
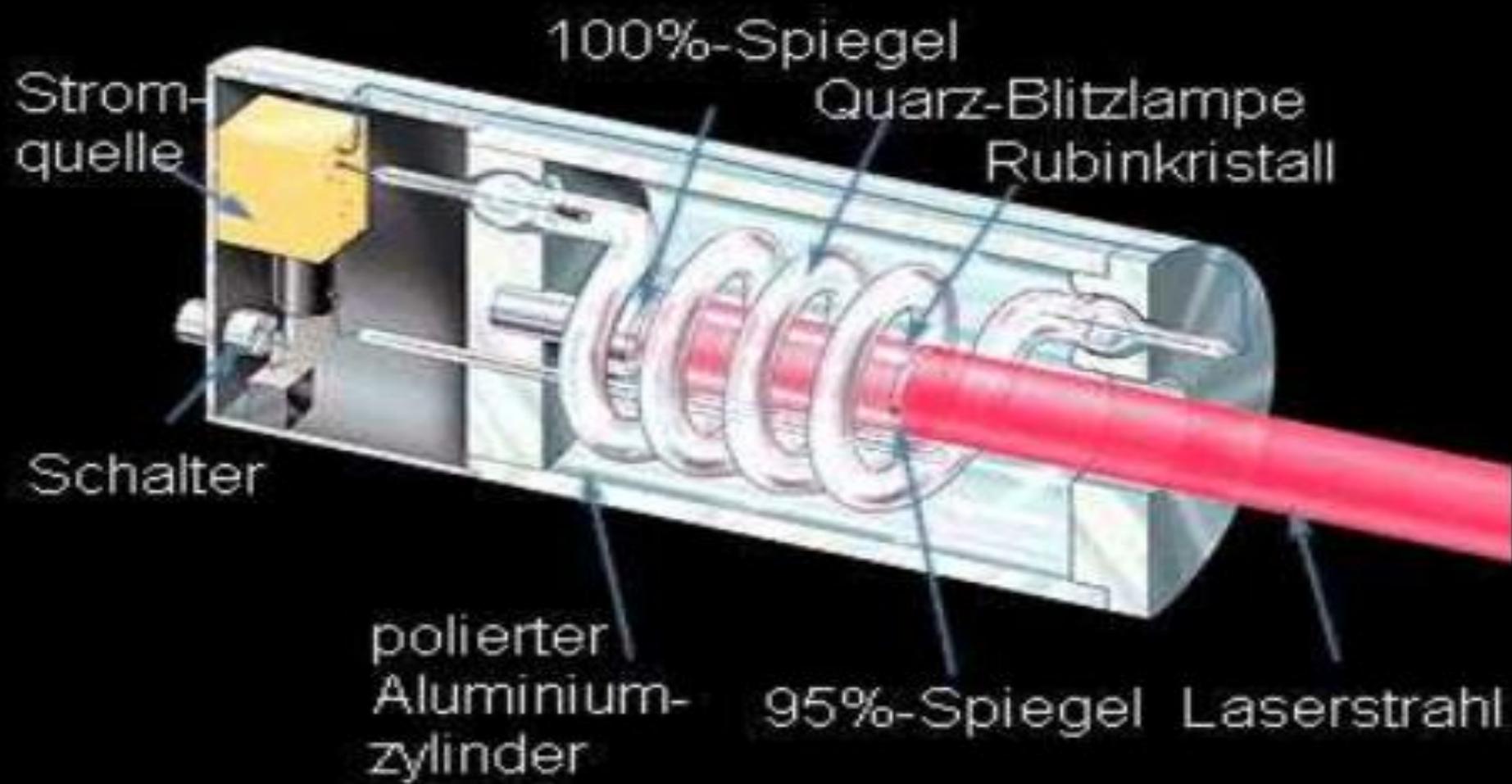
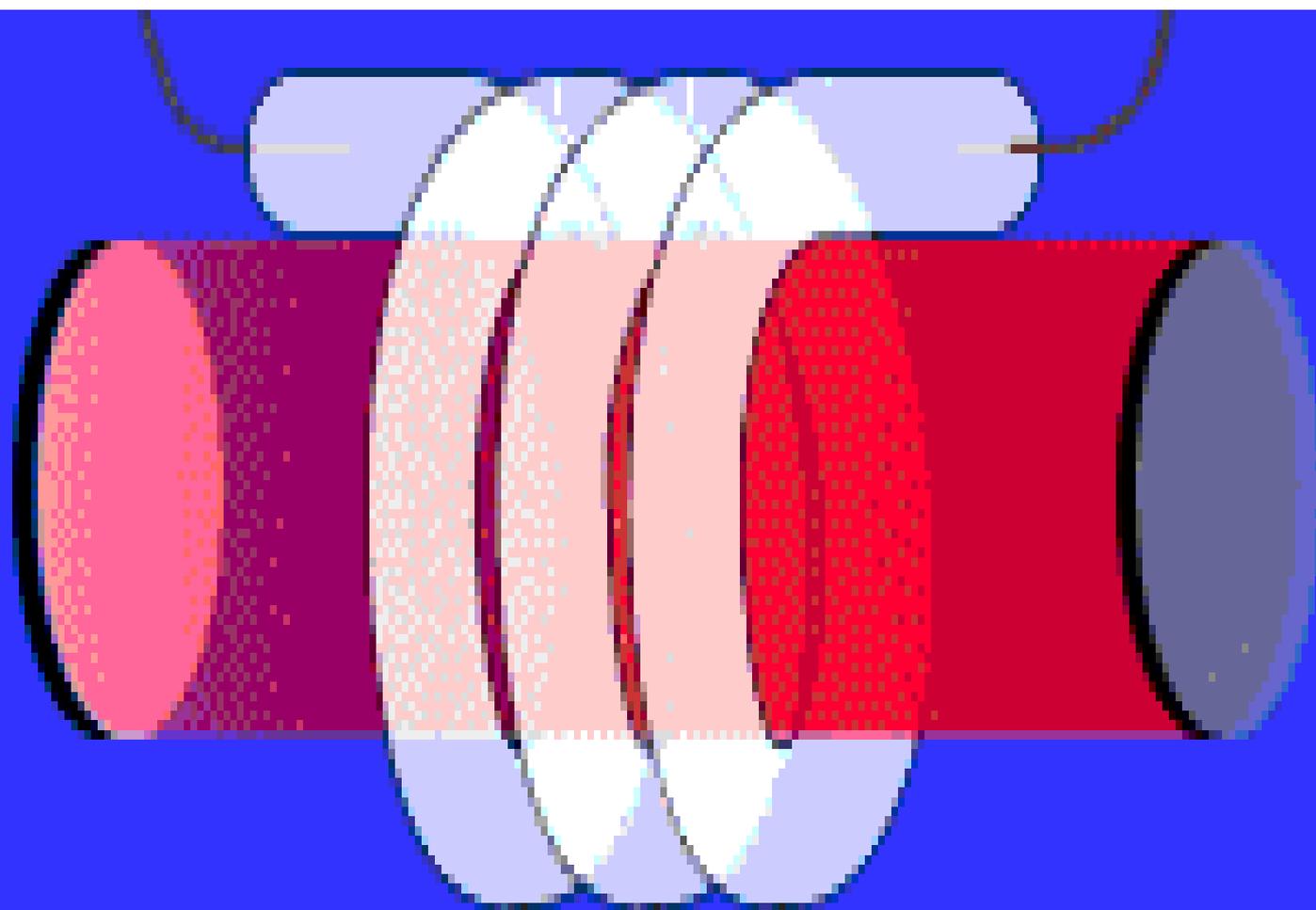


Abbildung 6.1: Bestandteile eines Lasers







Entwicklung des Lasers



Das Prinzip des Lasers beruht auf der Lichtverstärkung durch stimulierte Strahlungsemission. In Englisch heißt diese Bezeichnung „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ und ergibt durch das Zusammensetzen der Anfangsbuchstaben den Namen dieser Strahlungsquelle.

Der Laser liefert eine kohärente, monochromatische Strahlung mit hohen Energie- und Leistungsdichten und einer ausgeprägten Richtungscharakteristik.

Entwicklung des Lasers

Die theoretischen Grundlagen, die für die Entwicklung des Lasers entscheidend waren, wurden bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts von Einstein gelegt. Albert Einstein beschrieb bereits 1916 die stimulierte Emission als eine Umkehrung der Absorption

Darauf aufbauend wurde 1954 Gordon, Zeiger und Townes das Verstärkungsprinzip von elektrischer Strahlung mit der Entwicklung des Masers (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) im Mikrowellenbereich angewendet.



1960 gelang es Maiman, mit einem Rubinkristall einen Festkörperlaser für den optischen Bereich zu realisieren, und noch im gleichen Jahr bauten Javan und Bennett den ersten He-Ne- Gaslaser. Seitdem entstand als Folge intensiver Entwicklungsarbeit eine Reihe weiterer Lasertypen. Heute ist eine große Anzahl von Lasern vom Ultraviolett bis zum fernen Infrarot-Bereich verfügbar

Anwendung der Lasertechnik

- ⇒ 1917 *Einstein postuliert „Laser“*
- ⇒ 1960 *erster funktionsfähiger Laser (Rubinlaser)(T. H. Maimann)*
- ⇒ ab 1963 *Einsatz in Werkstoffbearbeitung; Gepulste Festkörperlaser*
- ⇒ 1968 *erster CO₂ –Laser; kontinuierlich arbeitend*
- ⇒ 1969 *erstes NC-gesteuertes Schneidsystem von Messer Griesheim GmbH*
- ⇒ ab 1985 *Verstärkter Einsatz zum Schweißen*

Anwendung Lasertechnik (Gas-/ und Festkörperlaser)

Werkstoffbearbeitung

- *Bohren*
- *Schneiden*
- *Schweißen*
- *Oberflächenbehandeln*
 - *Umwandlungshärten*
 - Abtragen*

Meßtechnik

Umwelttechnik

- *Nachweiß von Schadstoffen*

Medizin

- *Laserskalpell*

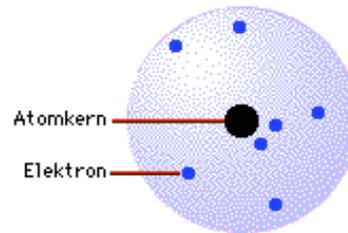
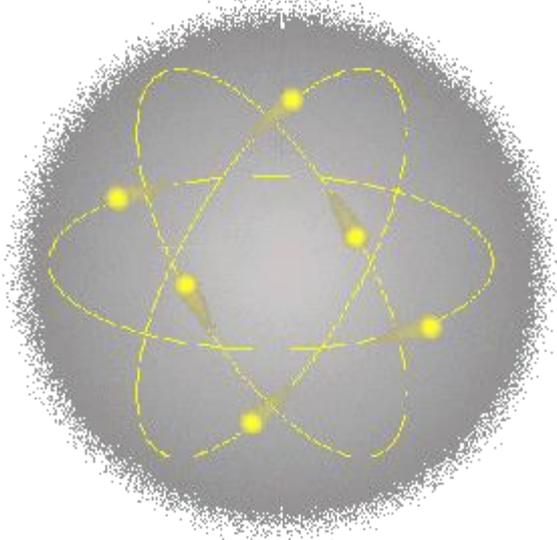
Unterhaltungselektronik

Militärischer Bereich

~~Atommodell nach Niels Bohr~~

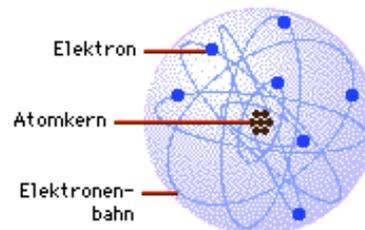
Der Atomkern besteht aus Protonen mit positiver Ladung und elektrisch neutralen Neutronen. Die Anzahl der Protonen bestimmt das Element, z.B. Wasserstoff hat 1 Proton, Kohlenstoff hat 6 Protonen.

Um den Kern kreisen Elektronen, die negativ geladen sind, auf festen Bahnen. Damit ein Atom nach außen elektrisch neutral ist müssen ebenso viele Elektronen im Kern befinden.



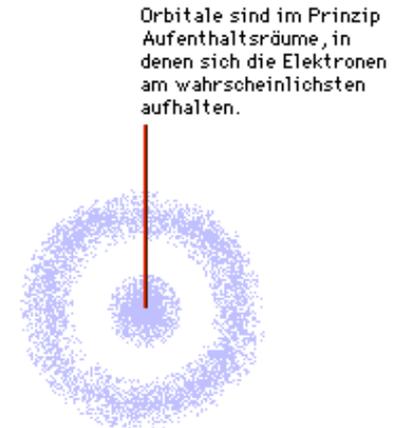
Das Rutherford-Modell

stellte das Atom als Sonnensystem im Kleinen dar, wobei die Elektronen sich wie Planeten um den Atomkern bewegen.



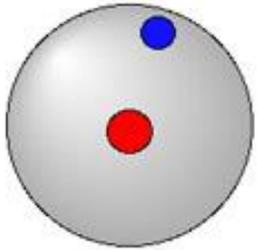
Das Bohr'sche Modell

„quantelte“ die Elektronenbahnen, um die Stabilität des Atoms zu erklären.



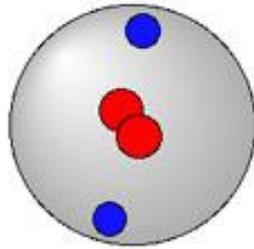
Das Schrödinger-Modell

gab die Idee der präzisen Elektronenbahnen auf und ersetzte sie durch eine Beschreibung der Raumbereiche (so genannte Orbitale), wo die Elektronen am wahrscheinlichsten zu finden wären.



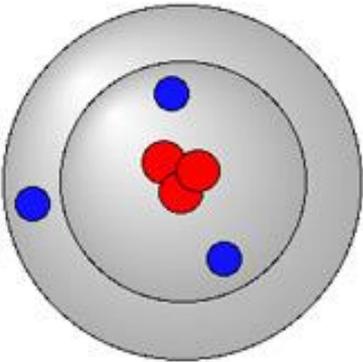
Wasserstoff-Atom

Kern: 1 Proton
K-Schale: 1 Elektron



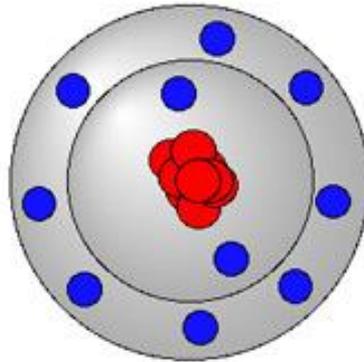
Helium-Atom

Kern: 2 Protonen
K-Schale: 2 Elektronen



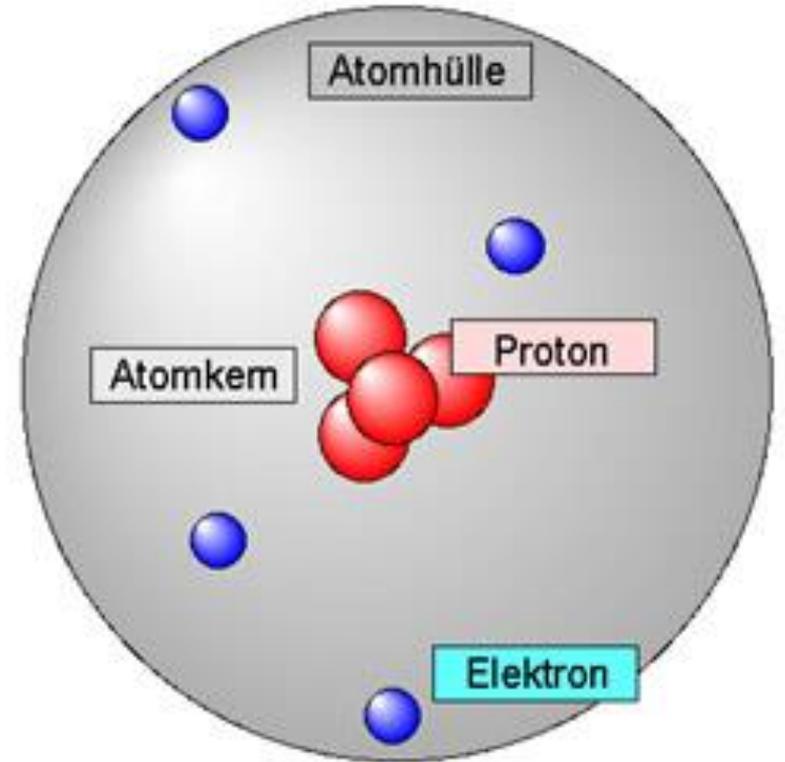
Lithium-Atom

Kern: 3 Protonen
K-Schale: 2 Elektronen
L-Schale: 1 Elektron



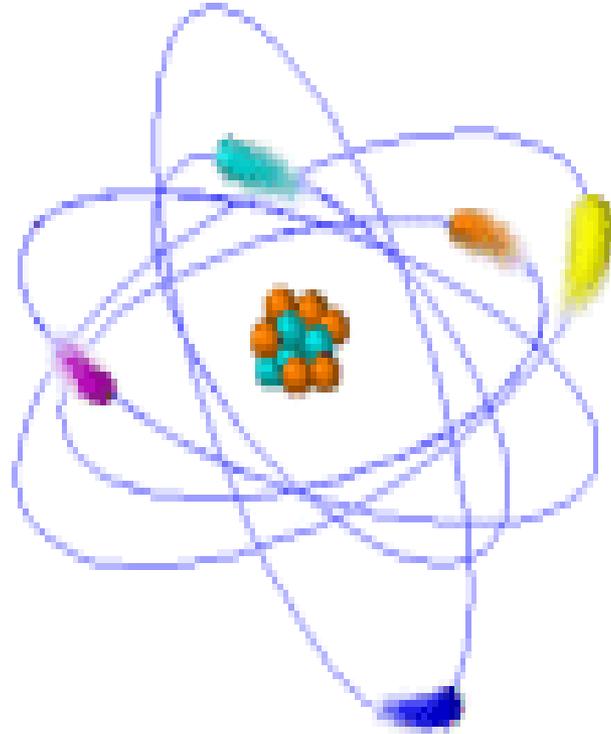
Neon-Atom

Kern: 10 Protonen
K-Schale: 2 Elektronen
L-Schale: 8 Elektronen

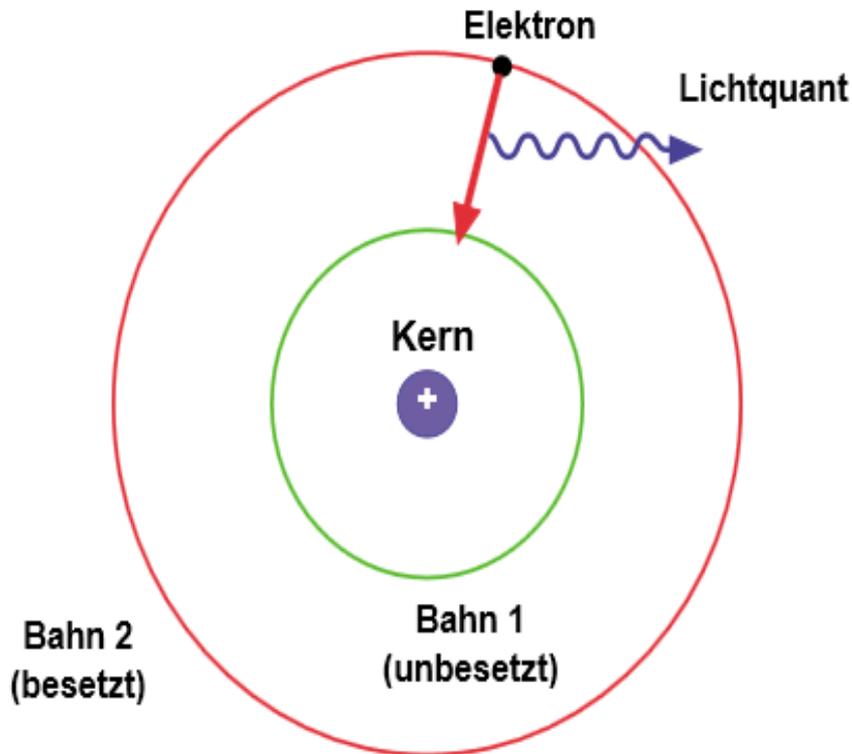


Durchmesser Atomkern: 10^{-14} m

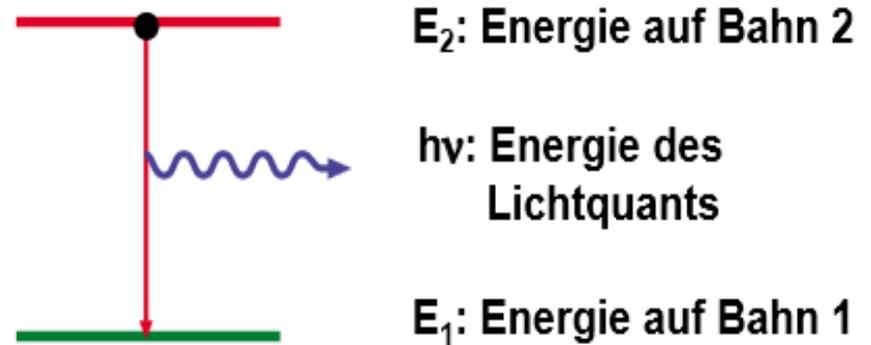
Durchmesser Atomhülle: 10^{-10} m



Bohrsches Atom-Modell: Emission von Licht



Energieschema

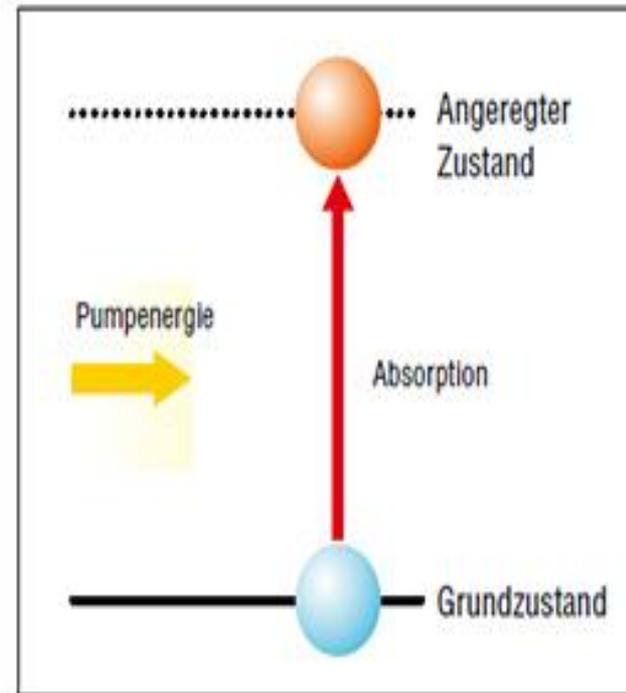
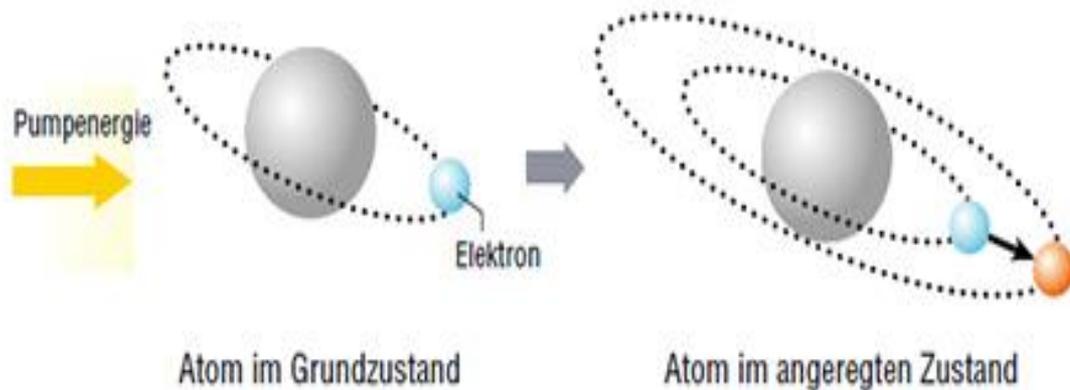


$$E_2 - E_1 = h\nu$$

**Elektron springt von Bahn höherer Energie
in eine Bahn niedrigerer Energie:**

Spontane Emission von Licht

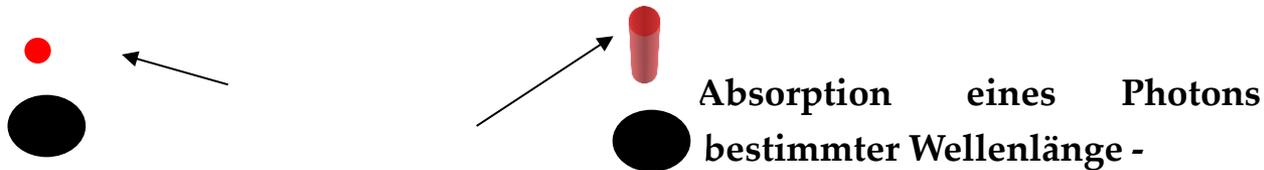
Atomzustand



Wichtige Namen in diesem Zusammenhang sind u.a.: Niels Bohr, Max Planck, Albert Einstein, Heisenberg, Erwin Schrödinger.

Absorption

Um ein Elektron in ein höheres Energieniveau zu heben, muß es Energie aufnehmen (absorbieren). Bei der Anregung des Elektrons und damit des Atoms (z.B. durch Licht) muß die Frequenz des Photons (kleinstes Energieteilchen der elektromagnetischen Strahlung) genau der Energiedifferenz zwischen ΔE zwei Energieniveaus entsprechen.



Ein Atom, welches sich auf einem höheren Energieniveau befindet als normal, nennt man angeregtes oder erregtes Atom.

Spontanemission

In dem angeregten Zustand verweilt das Elektron etwa 10^{-8} s und springt dann spontan auf das untere Niveau, den Grundzustand des Atoms, zurück. Das ursprünglich absorbierte Photon wird in beliebiger Raumrichtung spontan emittiert. In einer konventionellen Lichtquelle werden viele Atome bzw. Moleküle gleichzeitig angeregt, aber der Übergang in den Grundzustand findet statistisch statt, sodass zu verschiedenen Zeiten und in alle Raumrichtungen Wellenzüge emittiert werden. Diese Strahlung ist inkohärent. Inkohärent heißt, dass sich alle Wellenzüge in den Parametern Phasenlage, Richtung und Frequenz (Wellenlänge) unterscheiden.

Das emittierte Photon gleicht dem angeregten Photon, da $\Delta E_1 = \Delta E_2$ gilt.

Als Anwendungsbeispiele wären Gasentladungslampen, Glühlampen und auch LEDs (Light Emitting Diodes – Leuchtdioden) zu nennen.

Stimulierte Emission

Wird ein zweites Photon mit derselben Frequenz wie das erste eingestrahlt, so werden sowohl das absorbierte als auch das zweite aufgenommene Photon gleichzeitig vom Atom wieder ausgestrahlt. Eine Emission wird erzwungen, d.h. stimuliert bzw. induziert, bevor das absorbierte erste Photon spontan emittiert ist.

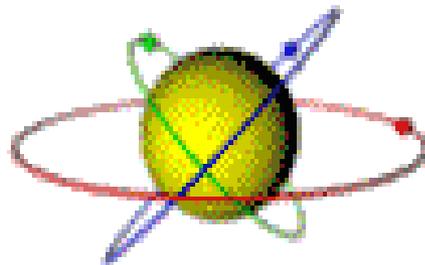


- Stimulierte Emission von Licht bzw. Energie -

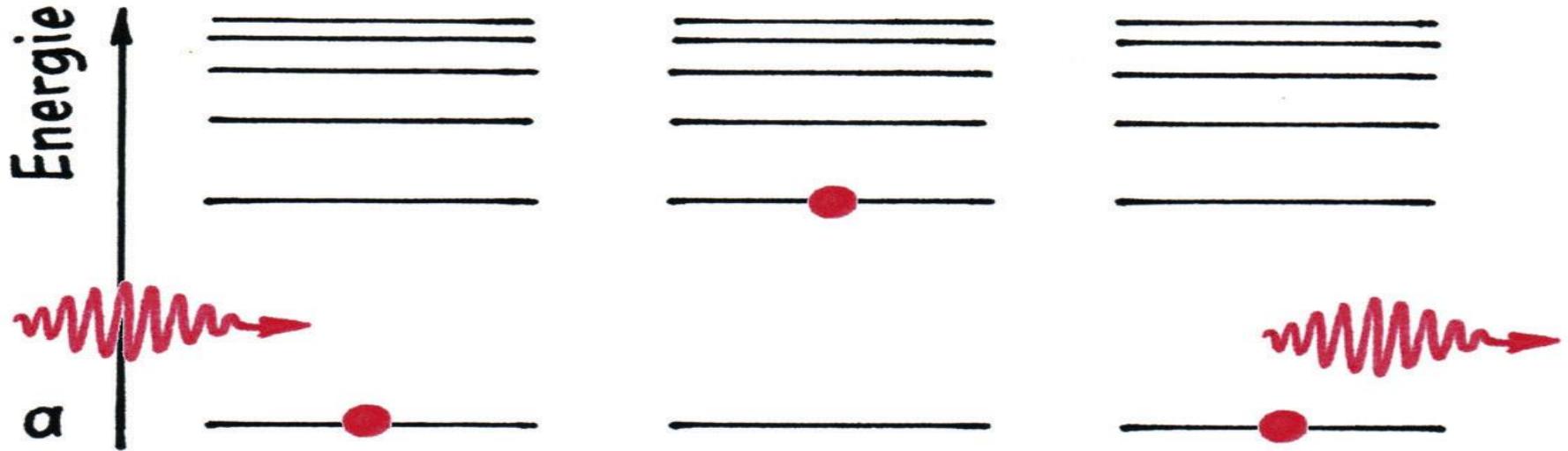
Beim Prozess der stimulierten Emission sind sowohl die Ausstrahlungsrichtungen als auch die Phasen und Wellenlängen der beiden Photonen gleich. Das emittierte Licht ist zeitlich und räumlich kohärent und intensiv. Die beiden emittierten Photonen können nur ihrerseits wieder zwei angeregte Elektronen synchron zur stimulierten Emission veranlassen. Dieser Prozess führt zu einer lawinenartigen Verstärkung der Photonenzahl. Der Laser arbeitet also als Lichtverstärker.

Besetzungsinversion

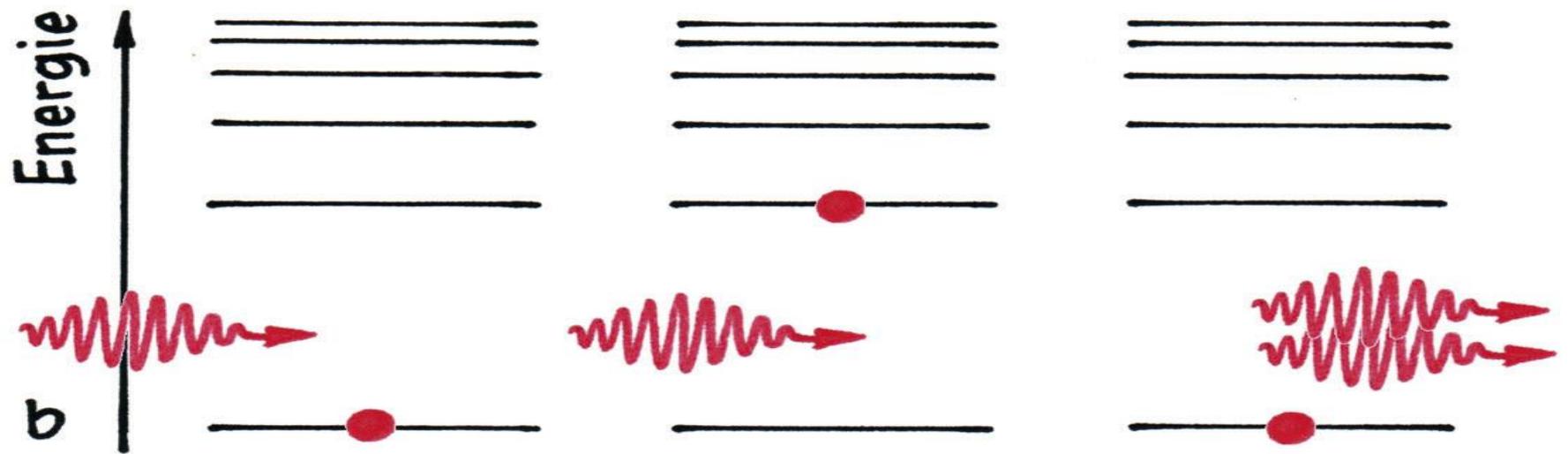
Die induzierte Emission wird begünstigt, d.h. wird praktisch erst ermöglicht, wenn sich mehr Atome im angeregten als im Grundzustand befinden. Diese Verteilung ist Voraussetzung für die Erzeugung kohärenter Strahlung. Sie wird Inversion genannt, da es sich entgegen der möglichen Besetzung der Energieniveaus bei normalen Temperaturen um eine zahlenmäßige Besetzungsumkehr handelt. Diese Besetzungsinversion ist ein auf der Erde sehr unwahrscheinlicher Stoffzustand. Im Weltraum gibt es aber in bestimmten Stern- und Nebelformationen solche Stoffzustände.

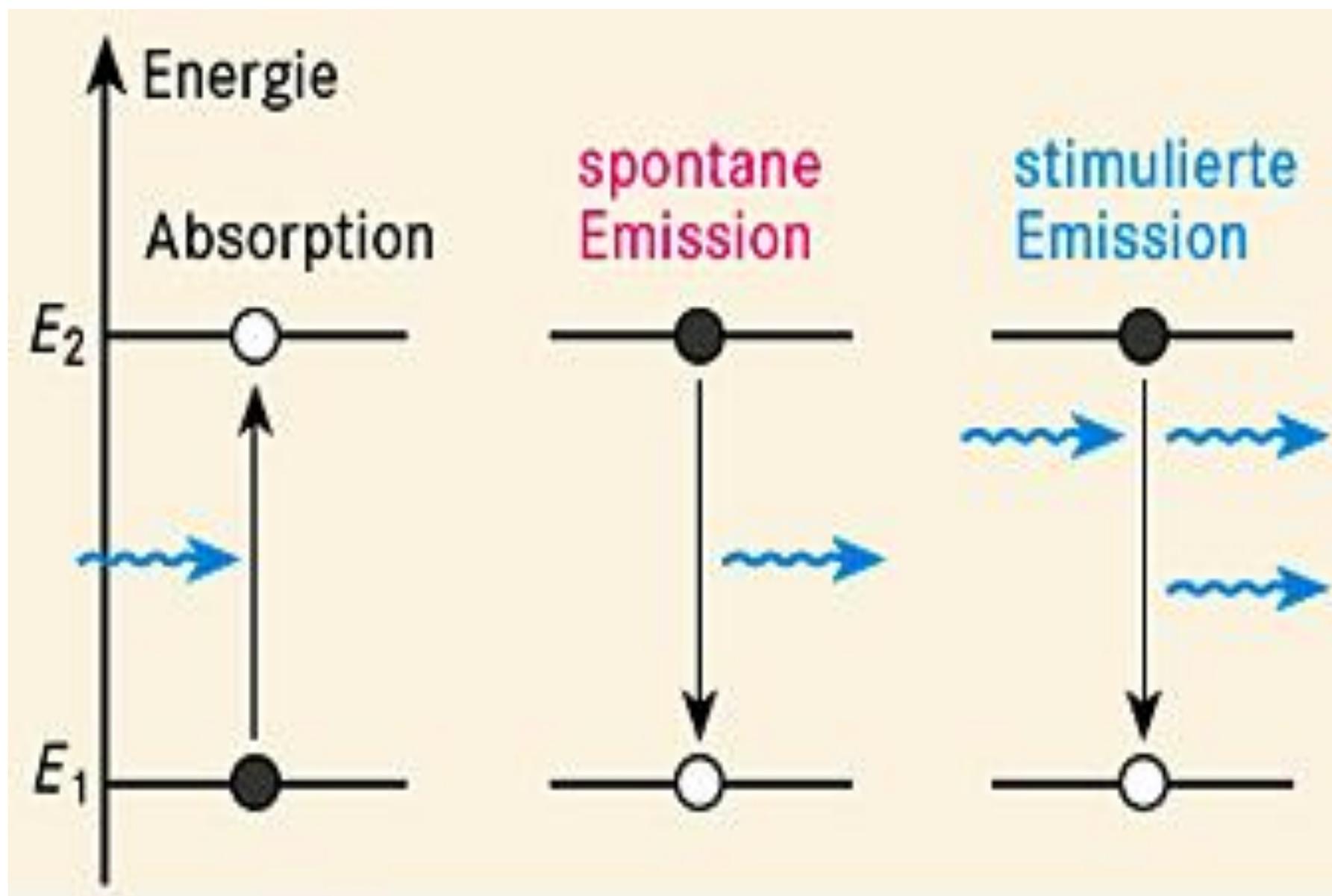


spontane Emission



stimmulierte Emission





Der Name des Lasers

L = LIGHT

A = AMPLIFICATION

S = STIMULATED

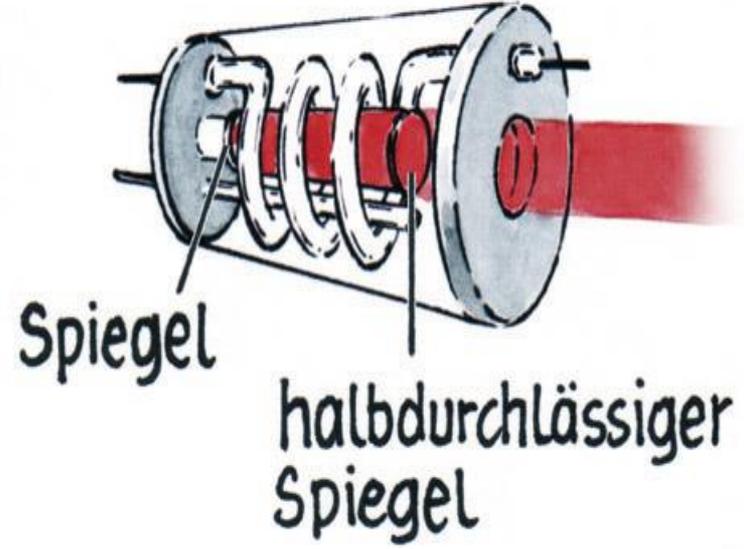
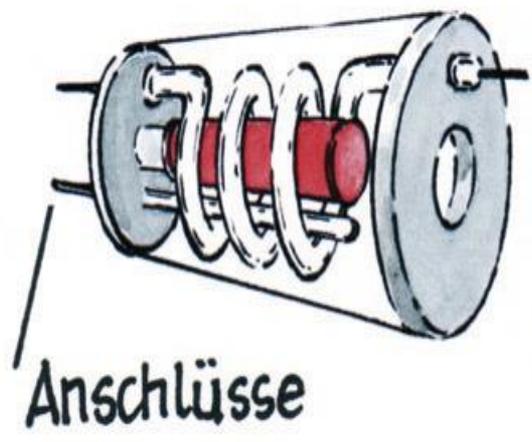
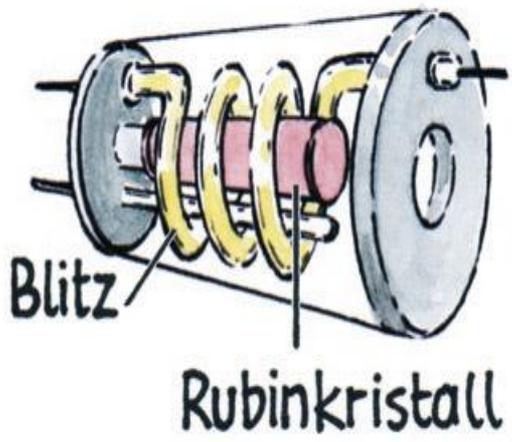
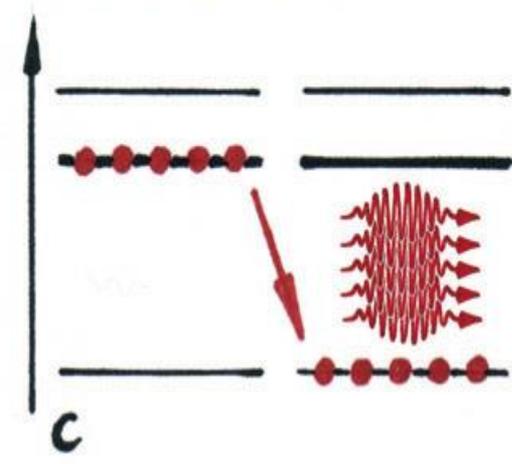
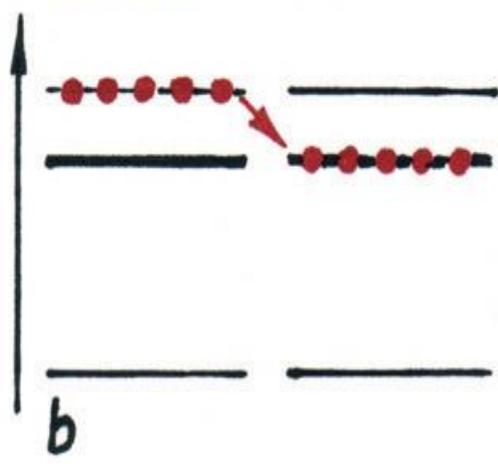
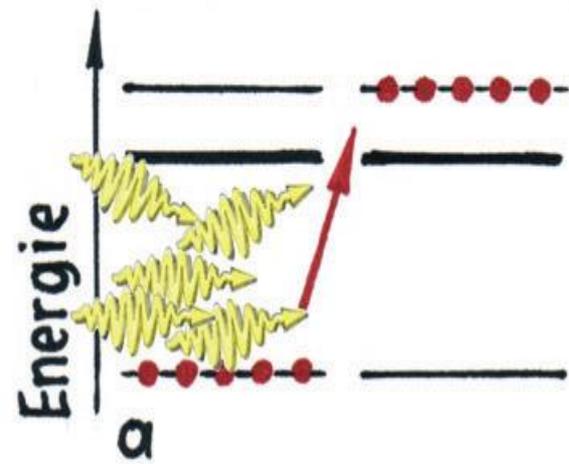
E = EMISSION

R = RADIATION

Pumpen

Inversion

stimulierte Emission



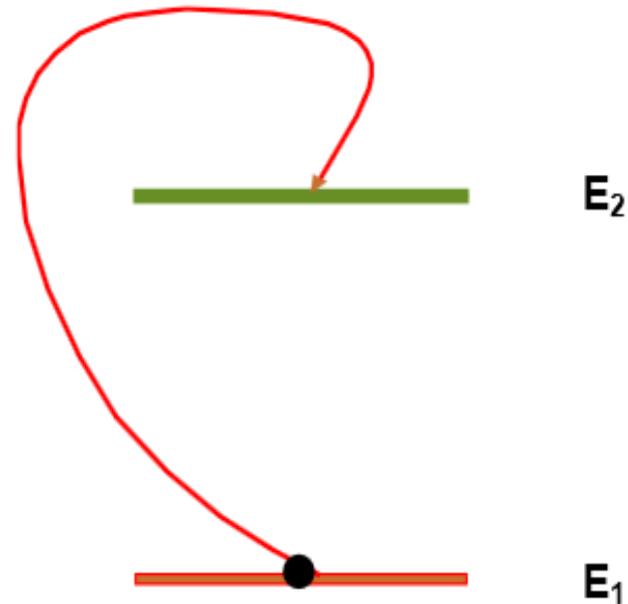


Inversion der Besetzung

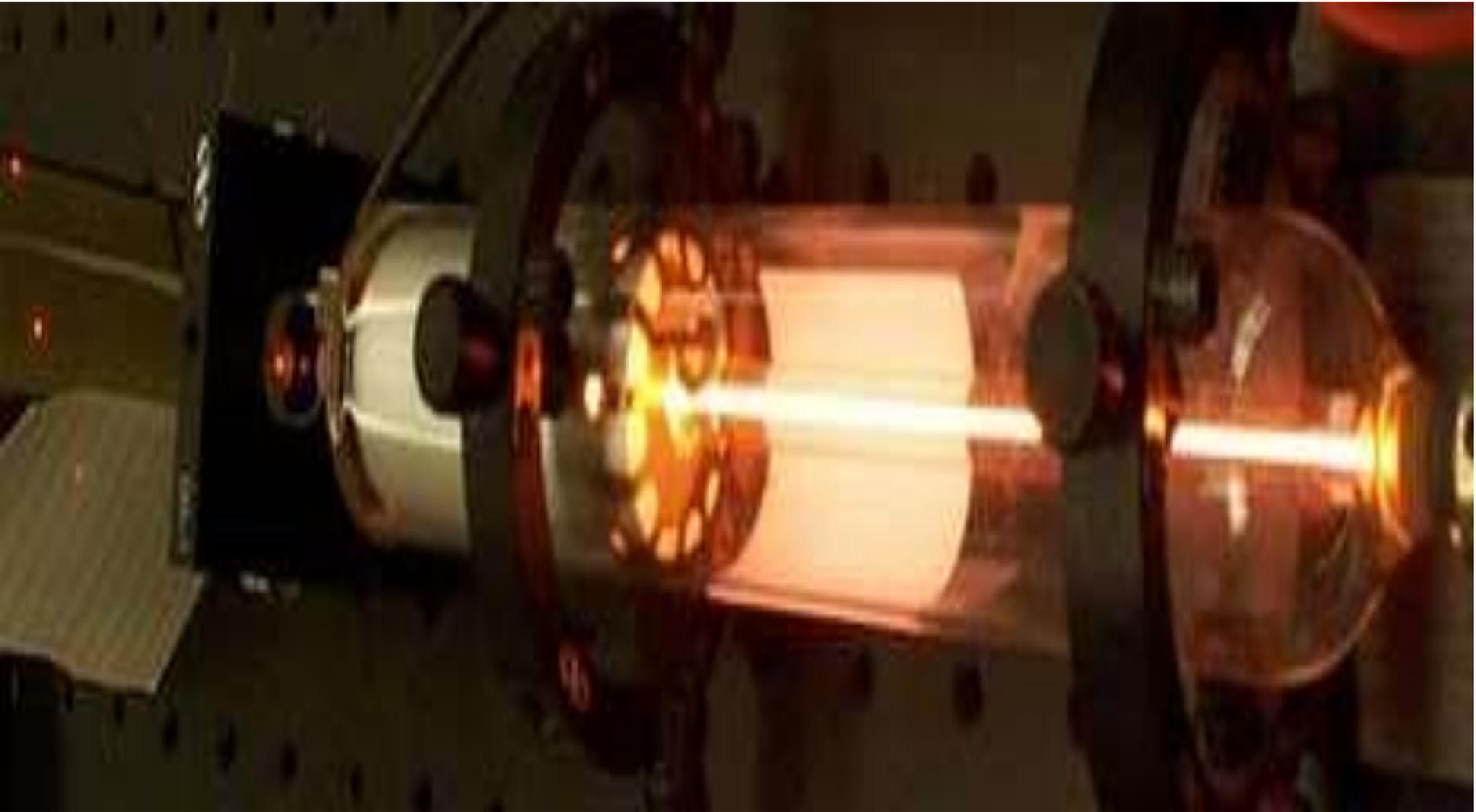
- (1) Stimulierte Emission, wenn mehr Atome "oben" als "unten"
- (2) Absorption, wenn mehr Atome "unten" als "oben"

Der "Normalfall" ist (2).

Elektronen müssen durch entsprechende Energiezufuhr nach oben befördert werden.



*Herstellen einer Inversion
durch "Pumpen" des oberen Zustands*



„Laserlicht“

= *elektromagnetische Wellen*

Parallele Strahlung



Kohärente Strahlung



Monochromatische Strahlung

(d.h. Strahlung mit einer Wellenlänge)



extreme Fokussierbarkeit



extreme Leistungsdichte 10^7 bis 10^9 W/cm²

scharf gebündelte Wärmeeinbringung



Schweißen mit / ohne Zusatz



Schneiden metall. / nichtmetallischer Werkstoffe

sonst. Materialbearbeitung



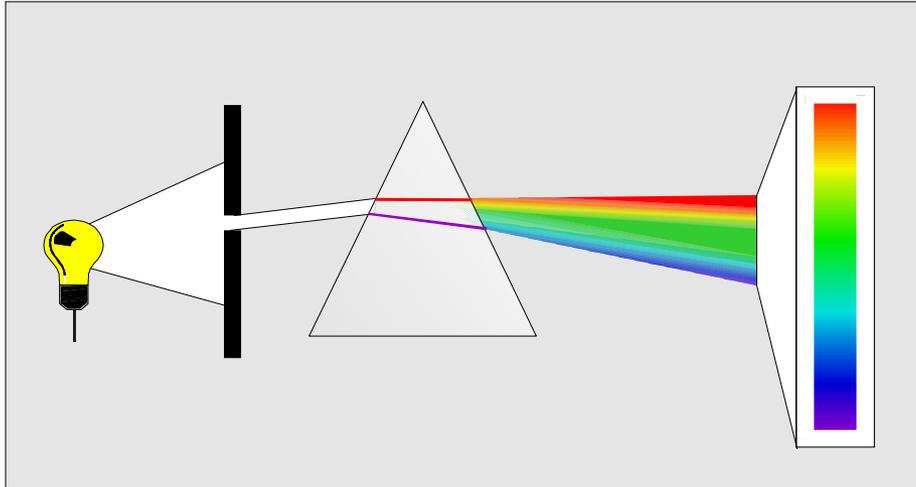
(Härten, Umschmelzen, Legieren)

Der Laser ist eine Lichtquelle mit besonderen physikalischen Eigenschaften:

	monochromatisch	<u>einfarbig</u>
	konvergent	<u>gebündelt</u>
	kohärent	<u>gleichphasig</u>

Keine andere Lichtquelle ist so variabel in der Anwendung, kein anderes Licht lässt sich so scharf bündeln, mit keiner anderen Lichtquelle sind derartig hohe Leistungsdichten auf eine winzige Stellen konzentrierbar wie mit dem Laser.

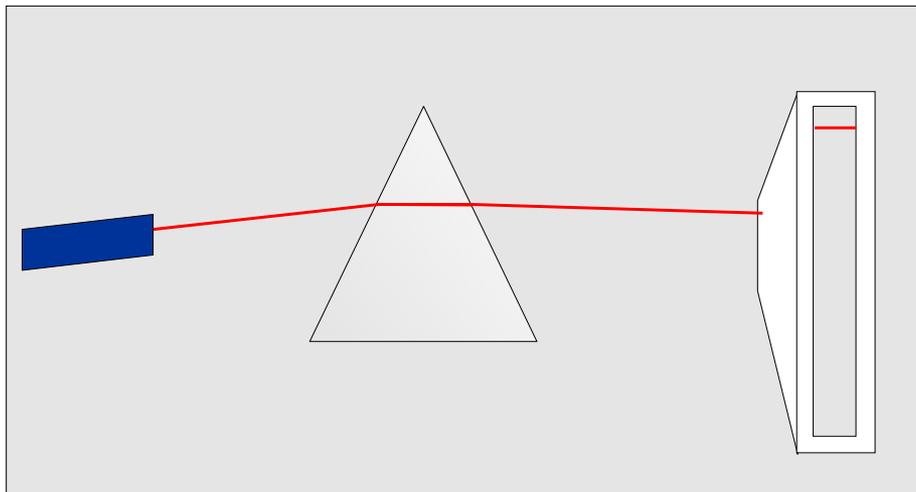
Monochromasie



Weißes Licht:

Spektralfarben

- viele Wellenlängen
- viele Farben

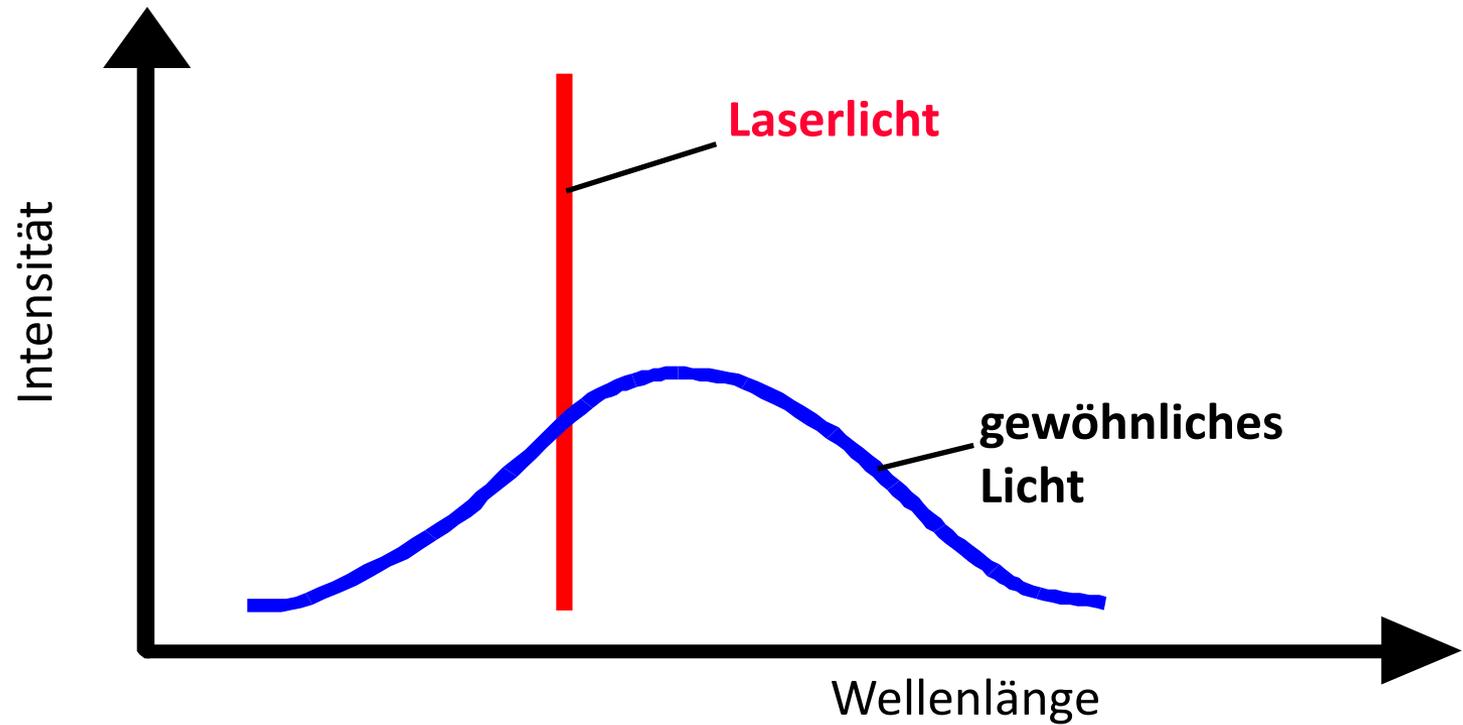


Laser:

Monochromasie

- eine Farbe
- eine Wellenlänge

Bandbreite



Es gibt heute kaum Gebiete, in denen die Vorzüge des einzigartigen Laserlichtes nicht genutzt werden. In der Industrie beispielsweise für präzise Distanzmessungen, Oberflächen- oder Metallbearbeitung, optische Informationsübermittlung und nicht zuletzt gestalterisch als Holographie. Seine Einzigartigkeit erhält der Laser durch drei charakteristische Grundeigenschaften, die allen Lasern eigen sind: Monochromasie, Kohärenz, Parallelität.

Monochromasie:

Sie beschreibt elektromagnetische Strahlung nur einer Wellenlänge und ist somit ein Fachbegriff für Farbigkeit.

Weißes Licht, wie das der Glühlampe oder Tageslicht ist eine Mischung aller Wellenlängen, d.h. aller Spektralfarben des sichtbaren Bereiches von 400 bis 750 nm, einschließlich verschieden starker UV- und beachtlicher Infrarotanteile.

Letztere äußern sich in spürbarer Wärmestrahlung; man spricht von sogenannten "thermischen Strahlern", wie sie in der Rotlichttherapie und in der Rheumatologie zur Anwendung kommen.

Kohärenz:

ist die Phasengleichheit der Wellenzüge.

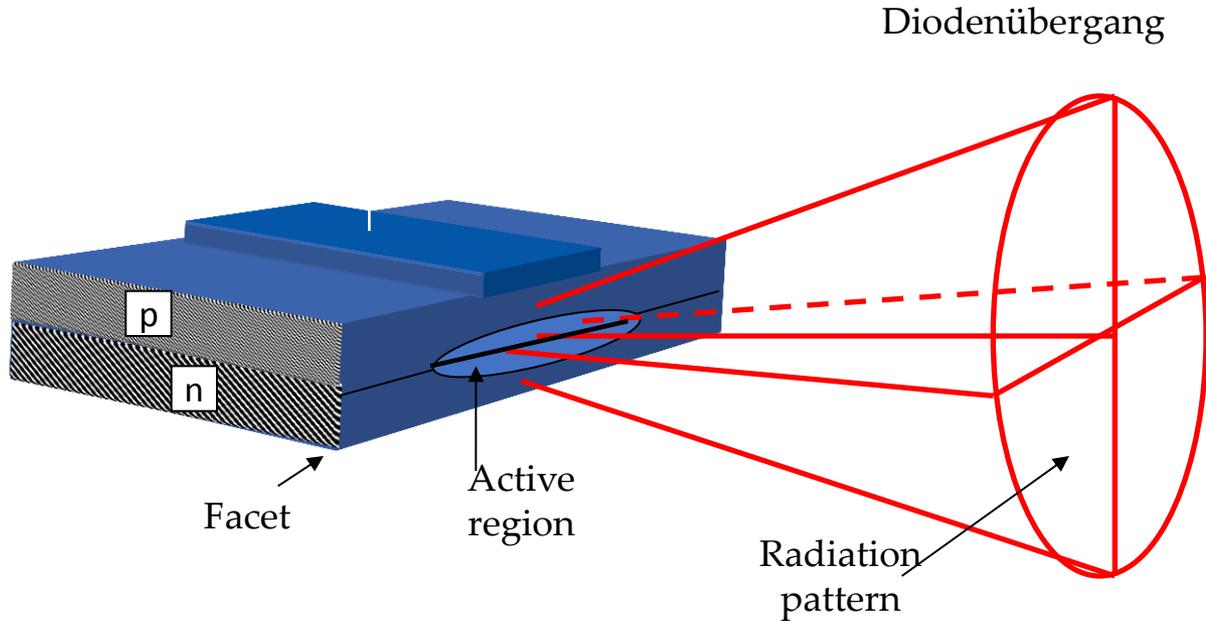
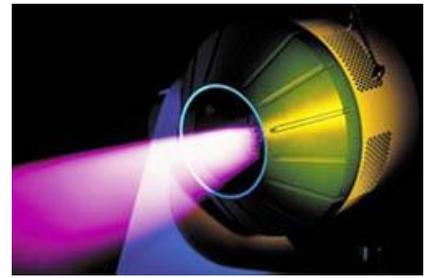
Sie ist eine laserspezifische Eigenschaft.

Thermische Strahler emittieren dagegen spontan und sind deshalb nicht kohärent. Kohärente Strahlung garantiert eine geordnete Photonenemission.

Parallelität:

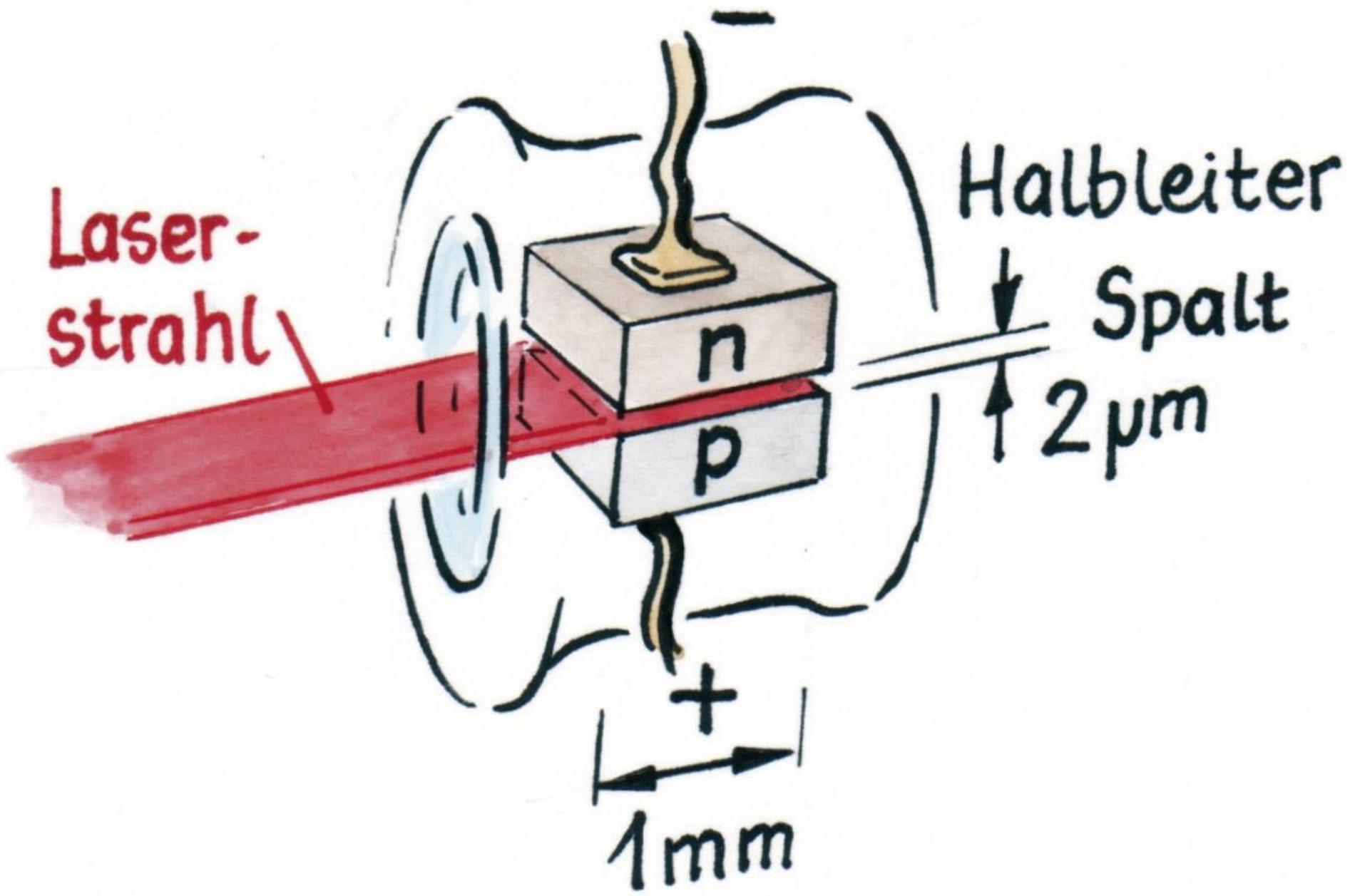
Sie bezeichnet die äußerst geringe Divergenz des Strahlenbündels. diese Eigenschaft ermöglicht erst die Projektion der erforderlichen Energiedichte auf ein kleines Therapiefeld und macht die Anwendung, sofern keine Linsen in den Strahlengang geschaltet werden, unabhängig von der Distanz zum Patienten.

~~Halbleiterlaser~~



- + hohe Leistung
- + kompakte Bauform
- + Wellenlänge / Intensität modulierbar

- Astigmatismus
- elliptisches Strahlprofil
- Divergenz



Laserarten

Bei der Einteilung der Laserarten geht man von der Art des Aktiven Mediums aus.

Gaslaser

CO₂-Laser

Einsatz: Industrie (Schneiden, Schweißen)

Argon-Laser

Einsatz: Wissenschaft, Medizin

Excimerlaser

Einsatz: Mikrostrukturieren

Flüssigkeitslaser

Farbstofflaser

Einsatz: Wissenschaft

Festkörperlaser

Nd-YAG-Laser

Einsatz: Industrie (Schweißen, Schneiden, Beschriften)

Medizin (Tumorbehandlung)

Er-YAG-Laser

Einsatz: Medizin (Zahnbehandlung)

Halbleiterlaser

Einsatz: Kommunikation, Datenübertragung

- **Beim gepulsten Farbstofflaser handelt es sich um ein Lasergerät, dessen Sicherheit und Wirksamkeit wissenschaftlich untersucht und nachgewiesen ist.**
- **Wegen der kurzem Impulsdauer ist es möglich, das umliegende Gewebe vor Hitzeeinwirkungen zu schützen.**
- **Man spricht bei diesem Wirkprinzip von der sogenannten „selektiven Photothermolyse“, das heißt, durch die Anpassung von Wellenlänge und Impulsdauer ist es möglich, Veränderungen ganz gezielt zu behandeln.**

- **Anwendungsmöglichkeiten:**
- **Der gepulste Farbstofflaser ist die Behandlungsmethode der ersten Wahl für Gefäßveränderungen wie:**
- **Feuermale**
Blutschwämme
erweiterte Äderchen
Couperose
- **und zeigt oft sehr gute Ergebnisse bei der Behandlung von:**
- **Besenreisern**
Narben,
Schwangerschaftsstreifen
Warzen und anderem mehr

Laserklassen

Laserklassen

Einteilung in Laserklassen ist gerätespezifisch:

- Klasse 1: ungefährlich
- Klasse 1M: ungefährlich, solange der Strahlgang nicht durch optische Instrumente z.B Lupe, Linsen verkleinert wird
- Klasse 2: nur im Sichtbaren: bei kurzfristiger Bestrahlung (0,25s)
ungefährlich (< 1 mW)
- Klasse 2M: Wie 1M
- Klasse 3A: gefährlich
Ausnahme: mit unbewaffnetem Auge im sichtbaren
- Klasse 3 R: Gefährlich Leistung beträgt das 5fache des Grenzwertes
- Klasse 3 B: Gefährlich für Haut und Auge
- Klasse 4: sehr gefährlich (für Auge und Haut)
auch bei diffuser Strahlung

“gefährlich” ist letztlich durch die MZB-Werte definiert!

Für die Hersteller von Lasergeräten besteht eine Kennzeichnungspflicht nach Laserklassen.

Laserklassen: Klasse 1

IQ

Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich. Es ist hier jedoch zu beachten, dass es sich hier oft um gekapselte Laser einer höheren Klasse handelt.



LASER KLASSE 1

~~Laser 1.1~~

~~Laserklassen~~

- **Laserklasse**
- **Definition**
- Beispiele **Klasse 1**
- Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.
- 1. Laser, die so eingekapselt sind, dass ein Austritt von Strahlung vollständig verhindert wird.
- 2. Laser mit sehr geringer Leistung ($40 \mu\text{W}$ für blaues Licht). Diese Laser verursachen auch bei längerer Bestrahlung keine Schäden am Auge, selbst dann nicht, wenn optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) in den Strahlengang gehalten werden.
- CD-Spieler, Laserdrucker, Fotoscanner

Laserklassen: Klasse 1M & 2M (M=Magnification)

1M

Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich, **wenn keine optischen Instrumente (Vergrößerungsinstrumente, Teleskope, Ferngläser) verwendet werden**

- keine Beschränkung der Laserleistung (wobei der Laser Klasse 3B nicht überschreiten darf)
- meistens Laser oder LEDs mit divergenter Strahlung sowie Einrichtungen mit breiter, kollimierter Strahlung

2M

- Laser mit sichtbarer Strahlung
- Sicherheit ist durch Abwendungsreaktion oder Lidschlußreflex gewährleistet, **wenn keine weiteren optischen Instrumente eingesetzt werden**
- keine Beschränkung der Laserleistung (wobei der Laser Klasse 3B nicht überschreiten darf)
- meistens Laser oder LEDs mit divergenter Strahlung sowie Einrichtungen mit breiter, kollimierter Strahlung



LASERSTRAHLUNG
NICHT DIREKT MIT OPTISCHEN
INSTRUMENTEN BETRACHTEN
LASER KLASSE 1M



LASERSTRAHLUNG
NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN
ODER DIREKT MIT OPTISCHEN
INSTRUMENTEN BETRACHTEN
LASER KLASSE 2M

Laserklassen



- **Klasse 1M**
- Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302.5nm bis 400 nm. Die zugängliche Laserstrahlung ist für das Auge ungefährlich, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird!
- Der Laser muss bei Bestrahlung des freien Auges ungefährlich sein.
- Wenn sich aber bei der Bestrahlung optische Instrumente im Strahlengang befinden, können Augenschäden auftreten. Scanner-Registrierkassen

Kennzeichnung Klasse, 1M



Anmerkung:

Der Hersteller kann bei Lasern der Klasse 1 und 1M auf die Kennzeichnung auf den Lasereinrichtungen verzichten und diese Aussagen nur in die Benutzerinformation aufnehmen. Die Laser sind dann nicht gekennzeichnet !



Laser Scanners

Laser mit sichtbarer Strahlung (400 nm bis 700 nm)
- Augenschutz ist üblicherweise durch Abwendungsreaktion
oder Lidschlußreflex sichergestellt



**LASERSTRAHLUNG
NICHT IN DEN
STRAHL BLICKEN
LASER KLASSE 2**

Laser-Professionals.com

CAUTION



Laser Radiation
Do Not Stare Into Beam

Helium Neon Laser
1 milliwatt max/cw

CLASS II LASER PRODUCT

Laserklassen

- **Klasse 2**
- **Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) ungefährlich, auch für das Auge. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 - 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1. Die Leistung der Laser der Klasse 2 ist auf 1 mW begrenzt. Das Auge ist durch den Lidschlussreflex, der aufgrund der Blendwirkung der Strahlung innerhalb von 0,25 s eintritt, vor Schädigungen bei einem zufälligen kurzzeitigen Hineinschauen in die Strahlung ausreichend geschützt. Dies gilt auch, wenn sich eine Lupe oder ein Fernglas im Strahlengang befinden. Absichtliches, anhaltendes Schauen in den Strahlengang sollte vermieden werden. Wenn der Laser auch Strahlung anderer Wellenlänge aussendet, muss sie für das Auge völlig ungefährlich sein.**
- **Laserpointer (Lichtzeigestab),**
- **Laser-Wasserwaage, Richtlaser,**
- **Lichtschraken**

Kennzeichnung, Klasse 2



~~Lasertechnik~~ ~~Lasertechnik~~

- **Klasse 2M**
- **Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird! Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 - 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1 M Laser mit niedriger Leistung bis 1 mW. Sie sind für das freie Auge aufgrund des Lidschlussreflexes ungefährlich. Wenn sich aber bei der Bestrahlung eine Lupe oder ein Fernglas im Strahlengang befinden, können Augenschäden auftreten.**Disco-Laser

Kennzeichnung, Klasse 2M



Laserklassen: Klasse 3R (R=Relaxation)

- Laser mit zugänglicher Strahlung, die die „max. zul. Bestrahlung“ für eine **Zeitbasis** von 0,25 s (sichtbare Strahlung) bzw. 100 s unsichtbare Strahlung) überschreiten
- **maximale Ausgangsleistung** überschreitet nicht die GZS für Klasse 2 (sichtbar) oder Klasse 1 (unsichtbar) um mehr als den Faktor 5

Expanded Beam

Laser Pointers



Laser-Professionals.com

**LASERSTRAHLUNG
DIREKTE BESTRAHLUNG
DER AUGEN VERMEIDEN
LASER KLASSE 3R**

CAUTION



Laser Radiation-
Do Not Stare Into Beam or View
Directly With Optical Instruments

Helium Neon Laser
5 milliwatt max/cw
CLASS IIIa LASER PRODUCT

DANGER



LASER RADIATION-
AVOID DIRECT EYE EXPOSURE

ND:YAG 532nm
5 milliwatts max/CW
CLASS IIIa Laser Product

~~Laserklasse 1~~ ~~Laserklasse 1~~

- **Klasse 3R**
- Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 1064 nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zulässigen Strahlung der Laser dieser Klasse sind prinzipiell gefährlich für das Auge. Die Gefährlichkeit wird aber dadurch begrenzt, dass die Leistung im sichtbaren Bereich höchstens 5 mW betragen darf und außerhalb des sichtbaren Bereich höchstens das Fünffache der Leistung von Lasern der Klasse 1.
- **Waffen-Ziellaser, Disco-Laser(Laserbrille notwendig)**

Kennzeichnung, Klasse 3R



Unsichtbare Laserstrahlung

**Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3R**

nach DIN EN 60825-1:2001-11

Laserklassen: Klasse 3B

DPSS Laser with cover removed



- direkter Strahl für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut gefährlich
- diffuses Streulicht im Allgemeinen ungefährlich

DANGER

 **LASER RADIATION-
AVOID DIRECT EXPOSURE TO BEAM**

2 ω ND:YAG Wavelength: 532 nm
Output Power 80 mW
CLASS IIIb Laser Product

Bis 500mW

~~Laser 1.1~~

~~Laserklassen~~

- Klasse 3B
- Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, und in besonderen Fällen auch für die Haut. Die Strahlung von Lasern der Klasse 3B (mittlere Leistung) ist für das Auge sowohl bei direkter Einwirkung als auch bei Einwirkung von gespiegelter Strahlung gefährlich. Im oberen Leistungsbereich können diese Laser auch die Haut schädigen. Die Leistung ist auf 500 mW begrenzt.
- Show-Laser
- (Laserbrille notwendig)

Kennzeichnung, Klasse 3B



Unsichtbare Laserstrahlung

**Nicht dem Strahl aussetzen
Laser Klasse 3B**

nach DIN EN 60825-1:2001-11

P_0 = _____ W

P_p = _____ W

t = _____ s

F = _____ Hz

λ = _____ nm

Laserklassen: Klasse 4

IQ



- Hochleistungslaser mit Ausgangsleistungen oberhalb 500 mW (cw-Betrieb)
- sehr gefährlich für das Auge, gefährlich für die Haut, schon diffus reflektierte Strahlung kann gefährlich sein, Verursachung von Brand- und Explosionsgefahr
- keine obere Grenze in dieser Klasse



Photo: Keith Hunt - www.keithhunt.co.uk
Copyright: University of Sussex, Brighton (UK)

Laserstrahlung
Bestrahlung von Auge oder Haut
durch direkte oder Streustrahlung
vermeiden

Laser Klasse 4
Nach DIN EN 60825-1:2001-11

400 nm bis 700 nm

$P_0 = 20 \text{ W}$

$\lambda = 457 \text{ nm} - 514 \text{ nm}$

Unsichtbare Laserstrahlung
Bestrahlung von Auge oder
Haut durch direkte oder
Streustrahlung vermeiden

Laser Klasse 4
Nach DIN EN 60825-1:2001-11

Andere Wellenlängen

$P_0 = 100 \text{ W}$

$P_P \leq 5,5 \text{ kW}$

$t = 0,1 \text{ ms} - 10 \text{ ms}$

$F = \text{Einzelpuls bis } 300 \text{ Hz}$

$\lambda = 1.064 \text{ nm}$

DANGER



VISIBLE LASER RADIATION-
AVOID EYE OR SKIN EXPOSURE TO
DIRECT OR SCATTERED RADIATION

2 ω Nd:YAG
Wavelength: 532 nm
Output Power 20 W
CLASS IV Laser Product

~~Laser 1.1~~

~~Laserklassen~~

- Klasse 4
- Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- und Explosionsgefahr verursachen. Laser der Klasse 4 sind Hochleistungslaser. Ihre Strahlung ist so intensiv, dass bei jeglicher Art von Exposition der Augen oder der Haut mit Schädigungen zu rechnen ist. Außerdem besteht bei Lasern dieser Klasse Brand- und Explosionsgefahr.
- Medizinische Anwendungen Technische Anwendungen (Laserbrille notwendig)

Kennzeichnung, Klasse 4



Unsichtbare Laserstrahlung

Bestrahlung von Auge oder Haut
durch direkte oder
Streustrahlung vermeiden
Laser Klasse 4

Nach DIN EN 60825-1:2001-11

$$P_0 = 100 \text{ W}$$

$$P_p = \leq 5,5 \text{ kW}$$

$$t = 0,1 \text{ ms} - 20 \text{ ms}$$

$$F = \text{Einzelimpuls bis } 300 \text{ Hz}$$

$$\lambda = 1064 \text{ nm}$$

Klasse 1

*CD-Spieler,
Laserdrucker,
gekapselte Systeme*

- Zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich
- Diese Bedingungen sind beim bestimmungsgemäßen Betrieb eingehalten
- Langzeitschäden (Bestrahlung > 30000 s) sind nicht auszuschließen

Klasse 1M

Registrierkassen

- Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich, solange keine optischen Instrumente, wie Lupen oder Ferngläser verwendet werden
- Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten

Klasse 2

*Laserpointer,
Ziel- und
Richtlaser*

- Laserstrahlung liegt im sichtbaren Bereich (400 - 700) nm
- Bei kurzzeitiger Dauer (bis 0.25 s) keine Gefahr für das Auge
- Einrichtungen der Klasse 2 dürfen ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass weder ein absichtliches Hineinschauen für die Anwendung über längere Zeit als 0.25 s, noch wiederholtes Hineinschauen in die Laserstrahlung bzw. spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist.
- Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) : $P_{\text{grenz}} = 1 \text{ mW}$

Klasse 2M

*Laserpointer,
Lasershows*

- Vergleichbare Gefährdung wie bei Klasse 2, wenn keine optischen Instrumente verwendet werden, die Strahlquerschnitte verkleinern.
- Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten

Klasse 3R

*Zieleinrichtung
für Waffen*

- Eine Gefährdung des Auges ist möglich aber unwahrscheinlich.
- Maximal 5-fache Leistung der Klasse 2 im sichtbaren oder der Klasse 1 im unsichtbaren Spektralbereich
- Für CW Laser gilt: $P_{\text{grenz}} = 5 \text{ mW @ (400 - 700 nm)}$

Klasse 3B

*Mess-,
Einstellungslaser,
Forschung*

- Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut.
- Direktes Blicken in den Strahl von Klasse 3B ist gefährlich.
- Strahlbündel können sicher über einen diffusen Reflektor betrachtet werden, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig gelten:
 - Beobachtungsabstand zwischen Schirm und Hornhaut $\geq 13 \text{ cm}$
 - maximale Beobachtungsdauer 10 s,
 - keine gerichteten Strahlanteile, die ins Auge treten können
- Für CW Laser gilt: $P_{\text{grenz}} = 500 \text{ mW}$

Klasse 4

*Materialbearbeitung,
Forschungslaser*

- Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut
- Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein.
- Die Laserstrahlung kann Brand- oder Explosionsgefahr verursachen
- Ausgangsleistungen bzw. Ausgangsenergien der Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 3B werden übertroffen
- Bei jeglicher Art von Exposition der Augen oder der Haut ist mit Schädigungen zu rechnen

Zusammenfassung: Gefährdung von Auge oder Haut entsprechend der Laserklasse

Laserklasse	Gefährdung: Auge	Haut
1	Sicher für die Augen und die Haut, sofern nicht höhere Laser eingebaut sind!	
1M, 2M, 2, 3A	Sicher für die Augen, wenn nicht längere Zeit (über 0,25 s) in den Strahl geblickt wird oder optische Instrumente, wie Lupen oder Fernrohre benutzt werden	
3 R, 3B	Gefährlich für die Augen! MZB für Zeiten <0,25 s überschritten	Brand, Explosionsgefahr und Hautgefährdung nur im oberen Leistungsbereich der Klasse 3B
4	Gefährlich für Augen und Haut! Auch diffuse Strahlung kann gefährlich sein. Brand und Explosionsgefahr!	

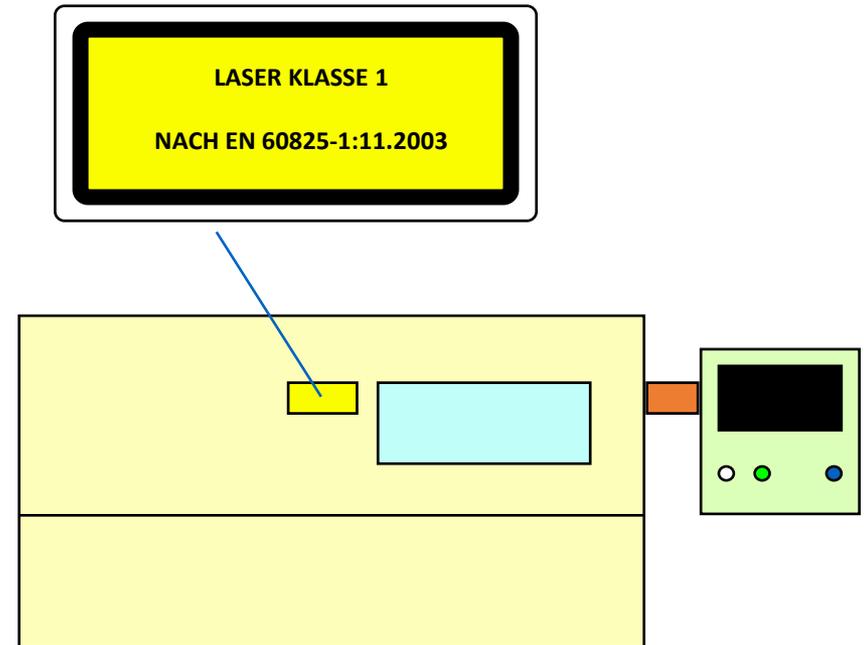
Änderung von Laserklassen

Eine Lasereinrichtung ist vollständig von einer Schutzverkleidung umgeben und entspricht der Laserklasse 1.

Wird für
Instandhaltungsarbeiten die
Schutzverkleidung entfernt,
kann sich daraus eine

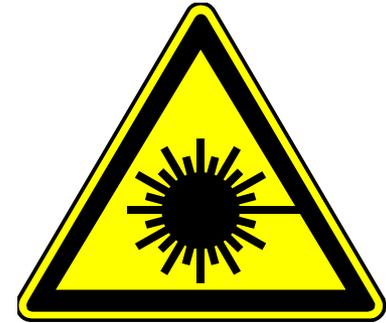
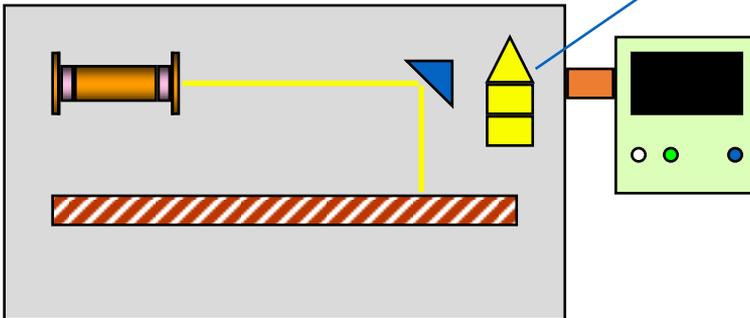
höhere Laserklasse

ergeben !



Änderung von Laserklassen

Ändert sich während der Instandhaltung die Klasse von Laser-Einrichtungen, sind die Bestimmungen für die höhere Klasse einzuhalten (z. B. Laser-Schutzbrille, mattes, nichtreflektierendes Werkzeug, Abschirmung nach allen Seiten).



LASERSTRAHLUNG
BESTRAHLUNG VON AUGE ODER HAUT DURCH
DIREKTE ODER STREUSTRALUNG VERMEIDEN
LASER KLASSE 4

NACH EN 60825-1:1994

$P_0 = 20 \text{ W}$

$\lambda = 457 - 514 \text{ nm}$

Laserschutz



ist gewährleistet, wenn

- a) das Lasergerät selbst hinreichend sicher ist
(ungefährlicher Laser, Klasse 1 oder 2)

- b) bei gefährlichen Lasergeräten (Klasse 3 oder 4),
man sich außerhalb des Laserbereichs befindet
(*Laserschutzbeauftragter!*)
oder
innerhalb des Laserschutzbereichs,
entsprechende Maßnahmen zum pers. Schutz
(Brille, evt. Schutzkleidung) sowie gegen sekundäre Gefahren
getroffen wurden. (*Laserschutzbeauftragter!*)

Laserbereich: *Laserbereich*



bestimmt durch die Gefährdung der Augen



quantitativ durch MZB-Werte

(maximal zulässige Bestrahlung)



Schutzmittel erforderlich

Laserbereich
(Bestrahlungsstärke > MZB)

 *außerhalb des Laserbereichs:*

keine Schutzmaßnahmen nötig (wie Laser der Klasse 1)

 *innerhalb und am Zugang des Laserbereichs:*

Warneinrichtungen, pers. Schutzmaßnahmen

(wird durch Laserklassen 1-4 festgelegt)

VERHALTEN BEI STÖRUNGEN

- Bei ungewöhnlichen Betriebszuständen der Lasereinrichtung abschalten. Laserschutzbeauftragten und Vorgesetzten informieren.
- Bedienungsanleitung beachten.
- Reparaturarbeiten nur vom Fachpersonal durchführen lassen.
- **Bei Brand:** Mit CO₂ - Feuerlöscher bekämpfen, soweit dies gefahrlos möglich ist. Feuerwehr verständigen.

INSTANDHALTUNG

- Ändert sich während der Instandhaltung die Klasse, so ist die Bestimmung der höheren Klasse einzuhalten.
- Die Bestrahlung von Personen durch Laserstrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) ist zu verhindern.
- Können Laserbereiche auftreten, die vorher nicht eindeutig festlegbar sind, z. B. Bruch von Lichtleitern, sind die Beschäftigten, welche die Instandhaltung durchführen, so auszurüsten, dass sie gegen die maximale mögliche Laserstrahlung geschützt sind.

VERHALTEN BEI UNFÄLLEN / ERSTE HILFE



Ist durch Laserstrahlung ein Augenschaden eingetreten, ist der Verunfallte unverzüglich einem Augenarzt vorzustellen (Die Annahme einer Augenschädigung ist gerechtfertigt, wenn eine Bestrahlung mit Laserstrahlen erfolgt ist und die MZB-Werte überschritten worden sein können).

- Ersthelfer muss auf Eigenschutz achten:
ggf. Tragen der Laserschutzbrille und Schutzkleidung
- Gerät stromlos schalten.
- Verletzten aus Gefahrenbereich retten und Erste Hilfe leisten.
- ggfls. den Notarzt verständigen

Ersthelfer _____ Telefon: _____

Notarzt XXXX
Augenarzt xxx
Augenklinik xxx

FEUERWEHR: XXXX

Thema



Laserschutzbeauftragter
(LSB)

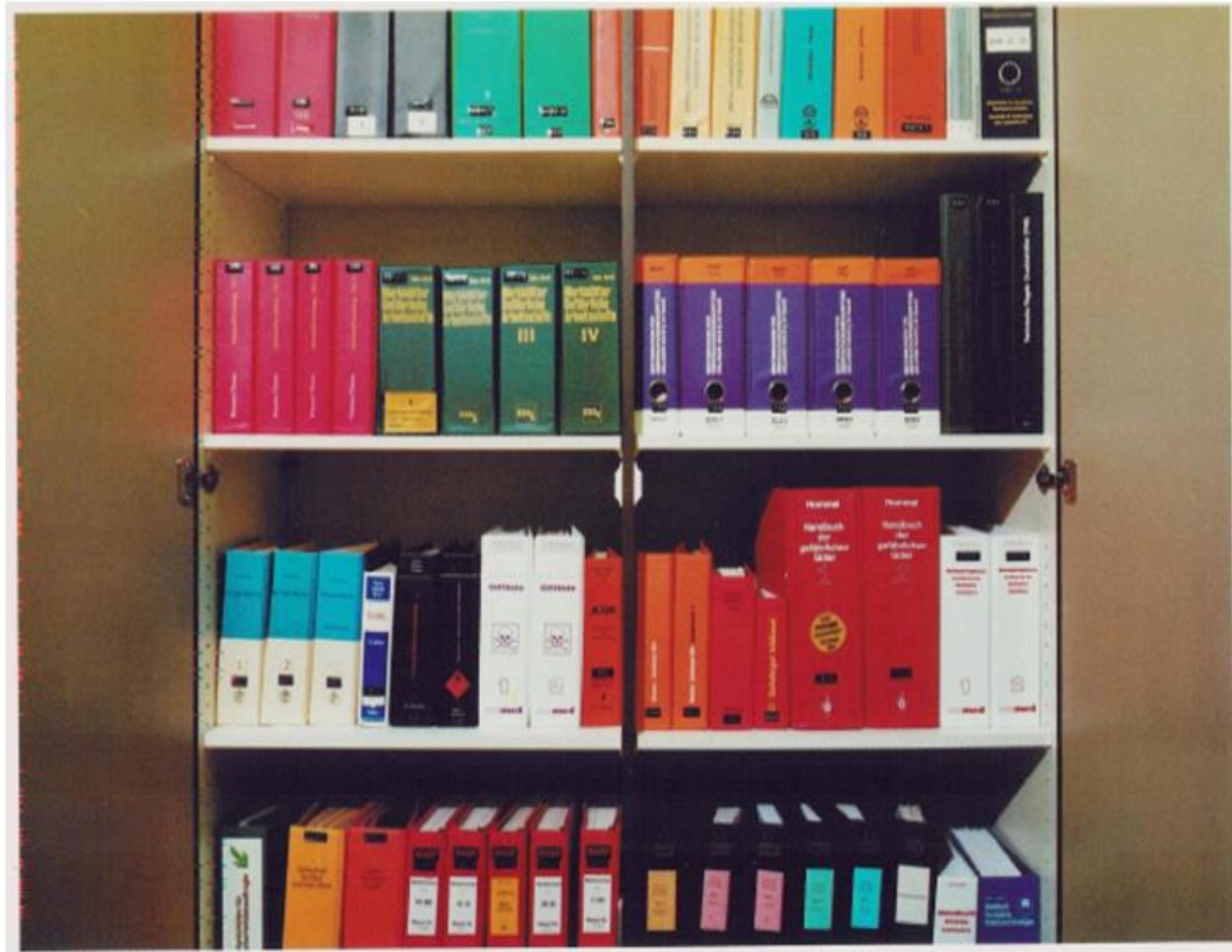
Laserschutzbeauftragter (LSB)

Die OStrV legt nun fest, dass der Arbeitgeber vor der Aufnahme des Betriebs von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B und 4 einen Laserschutzbeauftragten schriftlich zu bestellen hat, falls er nicht selbst über die erforderlichen Fachkenntnisse verfügt. „Die fachliche Qualifikation ist durch die erfolgreiche Teilnahme an einem Lehrgang nachzuweisen“. Der zukünftige Laserschutzbeauftragte muss also nicht nur an einem Lehrgang für Laserschutzbeauftragte teilnehmen sondern auch die am Ende des Lehrgangs durchgeführte Prüfung bestehen. Die Kursdauer ist abhängig von der Lasereinrichtung im Betrieb und beträgt mindestens 6,5 Stunden.

Die einmal erworbenen Fachkenntnisse müssen in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden.

1. Sicherheitsvorschriften

Staatlich, berufsgenossenschaftlich, unternehmensintern



Verantwortung und Beteiligung

Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung ist der Arbeitgeber verantwortlich. Sofern er nicht selbst über die erforderlichen Kenntnisse verfügt, muss er sich dabei fachkundig beraten lassen (fachkundige Personen nach § 5 OStrV).

Der Arbeitgeber hat für den Umgang mit Lasern der Klassen 3R, 3B oder 4 einen sachkundigen Laserschutzbeauftragten zu bestellen.

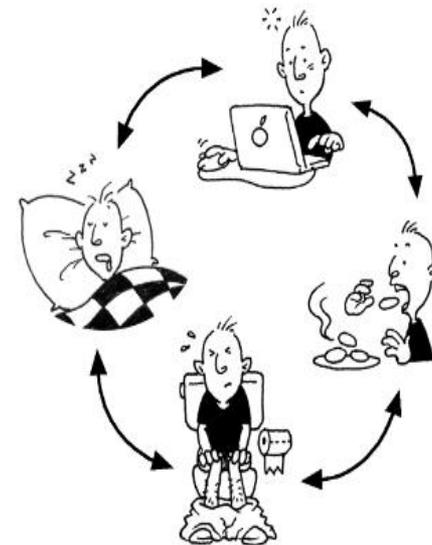
Hinsichtlich der Beteiligungsrechte der betrieblichen Interessenvertretung gelten die Bestimmungen des Betriebsverfassungsgesetzes bzw. der jeweiligen Personalvertretungsgesetze

Der sachkundige Laserschutzbeauftragte (LSB)
Der Laserschutzbeauftragte ist schriftlich zu bestellen.
Mit der Bestellung überträgt der Arbeitgeber ihm seine konkreten Aufgaben, Befugnisse und Pflichten.
An Arbeitsplätzen mit Laser-Einrichtungen der Klassen 3R oder höher unterstützt der LSB durch seine Sachkunde den Arbeitgeber oder die fachkundige Person bei der Gefährdungsbeurteilung, die der Arbeitgeber gemäß §5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) i. V. m. § 3 OStrV vorzunehmen hat..

➔ mangelndes
Gefahrenbewußtsein



➔ Routine bzw.
Gewohnheit



Der Laserschutzbeauftragte:

kennt ggf. entsprechend der Tätigkeit bzw. eingeschränkt auf den entsprechenden Anwendungsbereich:

1. die grundlegenden Regelwerke des Arbeitsschutzes (ArbSchG, OStrV, Unfallverhütungsvorschriften, Technische Regeln, Normen und ggf. spezielle Regelungen zum Laserschutz),
2. Kenngrößen der Laserstrahlung,
3. die direkten Gefährdungen (direkte und reflektierte Laserstrahlung) und deren unmittelbare biologische Wirkungen sowie die indirekten Gefährdungen (vorübergehende Blendung, Brand- und Explosionsgefährdung, Lärm, elektrische Gefährdung) bei Arbeitsplätzen mit Anwendung von Laserstrahlung,
4. die grundlegenden Anforderungen an eine Gefährdungsbeurteilung,

5. die Gefährdungsbeurteilungen für die Arbeitsplätze, für die er als LSB benannt ist,
6. die Schutzmaßnahmen (technische, organisatorische und persönliche),
7. Rechte und Pflichten des Laserschutzbeauftragten,
8. die Laserklassen gemäß DIN EN 60825-1 (Achtung Ausgabedatum!),
9. die Bedeutung der Expositionsgrenzwerte der OStrV,
10. die Inhalte der Unterweisung nach § 8 OStrV sowie
11. den Ablauf des sicheren Betriebs der Laser-Einrichtungen, für die er bestellt ist und weiß, wie diese zu überwachen sind.

Laserschutzbeauftragter

Welche Aufgaben?



Überwachung des Betriebs



Unterstützung des Unternehmers hinsichtlich
Sicherheit und Schutzmaßnahmen



Unterweisung

Wie wird man Laserschutzbeauftragter?



Schriftliche Bestellung durch den Unternehmer

Voraussetzung: Nachweis der Sachkunde

(am besten durch einen zertifizierten, von der BG
anerkannten Kurs,)

Die Funktion des Laserschutzbeauftragten kann auch durch den Unternehmer selbst wahrgenommen werden, wenn er die erforderliche Sachkunde besitzt.

Zusätzliche Befugnis und Verantwortung kann dem Laserschutzbeauftragten von dem Unternehmer übertragen werden.

 Erforderlich für Klassen 3R, 3B oder 4
Klassenänderung bei Instandhaltung: Justieren, Einrichten!

 Schriftliche Bestellung

 Erforderliche Sachkunde

 Übertragung folgender Aufgaben:

- Überwachung des Betriebs
- Beratung hinsichtlich Sicherheit und notwendiger Schutzmaßnahmen
- Zusammenarbeit mit Sicherheitsfachkraft
- Übertragung zusätzlicher Aufgaben ist möglich

- ➔ Erforderlich für Klassen 3R, 3B oder 4
Klassenänderung bei Instandhaltung: Justieren, Einrichten!
- ➔ Schriftliche Bestellung
- ➔ Erforderliche Sachkunde
- ➔ Übertragung folgender Aufgaben:
 - Überwachung des Betriebs
 - Beratung hinsichtlich Sicherheit und notwendiger Schutzmaßnahmen
 - Zusammenarbeit mit Sicherheitsfachkraft
 - Übertragung zusätzlicher Aufgaben ist möglich

Aufgaben des Laser-Schutzbeauftragten

Beratung bei Beschaffung und Inbetriebnahme
(z.B. Einrichtung, Abgrenzung und Kennzeichnung des
Laserbereichs)

Beratung bei der Festlegung der technischen und
organisatorischen Schutzmaßnahmen

Überwachung des Laserbetriebs

Fachliche Auswahl der persönlichen Schutzausrüstung
(z.B. Laser-Schutz- bzw. Justierbrillen)

Unterweisung der Beschäftigten

Verantwortung

Beratende Funktion

Verantwortlich für:

- Beratung (Richtigkeit)
- Einschaltung der Vorgesetzten



Vorgesetzten Funktion

Verantwortlich:

im Rahmen der innerbetrieblichen Befugnisse



Verantwortung für Befugnisse aus zusätzlicher Pflichtübertragung
(z.B. zusätzliche Weisungsbefugnis, Meldung an StAfA und BG)



Regelmäßige Überprüfung und Überwachung muß sichergestellt sein

VII. Laserschutzbeauftragter

- Unterweisung
- Beratung in Fragen des Laserschutzes
- Unterstützung bei Auswahl der Schutzausrüstung
- Überwachung der Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen
 - Benutzung Augenschutz
 - Abgrenzung / Kennzeichnung Laserbereich
- Mitwirkung im Schadensfall (zusammen mit Arbeitssicherheit)
 - Mitteilung
 - Untersuchung
 - Veranlassung ärztlicher Untersuchung



Die Abkürzung STOP steht für Substitution, Technische Maßnahmen, Organisatorische Maßnahmen und Persönliche Schutzausrüstung.

Die verschiedenen Schutzmaßnahmen bauen aufeinander auf.

T Technische/Bauliche Schutzmaßnahmen



O Organisatorische Schutzmaßnahmen



P Persönliche Schutzmaßnahmen



9. Thema



Unterweisung



Vor Beginn der Tätigkeit im
Laserbereich und jährliche
Wiederholung, Aufzeichnung

Ziel: Vertrautheit mit den Gefahren der Laserstrahlung, mit den vorhandenen Sicherheitseinrichtungen und den erforderlichen Schutzmaßnahmen, damit Schädigungen durch Laserstrahlung verhindert werden.

Inhalt:

- Laserstrahlung, Eigenschaften und Gefahren
- Wirkung auf Auge und Haut
- Sonstige Gefährdungsmöglichkeiten und Nebenwirkungen
- Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz
- Bauliche und apparative Schutzvorrichtungen
- Benutzen von Laserschutzbrillen
- Verhalten im Schadensfall

Auch die Unterweisung der Beschäftigten muss der Arbeitgeber laut OStrV sicherstellen

§ 8 OStrV hält fest, dass der Arbeitgeber sicherstellen muss, dass all seine Mitarbeiter eine **Laserschutzunterweisung** erhalten haben.

Diese Unterweisung soll über die **möglichen Gefährdungen durch optische künstliche Strahlung am Arbeitsplatz** aufklären und auf den Ergebnissen der zuvor durchgeführten **Gefährdungsbeurteilung** basieren.

Noch bevor die jeweilige Beschäftigung aufgenommen wird, müssen Arbeitnehmer über die **möglichen Risiken** aufgeklärt werden.

Danach sollte das dadurch gewonnene Wissen laut OStrV **in regelmäßigen Abständen** durch weitere Unterweisungen aufgefrischt werden – **mindestens einmal im Jahr**. Die **folgenden Punkte** sollten dabei angesprochen werden:

- **Gefährdungen**, die mit der auszuübenden Arbeit einhergehen
- Maßnahmen, die durchgeführt werden müssen, um die **Gefahr zu minimieren oder gänzlich zu eliminieren**
- **Expositionsgrenzwerte** (inkl. Erläuterungen zur jeweiligen Bedeutung)
- Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 OStrV in Bezug auf die Strahlenquellen am Arbeitsplatz und die daraus resultierenden **Gefährdungen sowie mögliche gesundheitliche Folgen**
- Beschreibung **sicherer Verfahren**, um das Strahlungsrisiko so gering wie möglich zu halten
- Richtige **Anwendung von persönlicher Schutzausrüstung**



Die Unterweisung muss laut OStrV mindestens einmal im Jahr wiederholt werden.

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass Versicherte, die Lasereinrichtungen der Klassen 1M bis 4 anwenden oder sich in Laserbereichen von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 aufhalten, über das zu beachtende Verhalten unterwiesen worden sind.



Die Unterweisungen sind, entsprechend „Grundsätze der Prävention“, mindestens einmal jährlich zu wiederholen.

Schutz vor Laserstrahlung



Laserstrahl abschirmen

Laserbereich abgrenzen

Laserleistung auf tatsächlich benötigte Energie abschwächen

Wirkungskreis des Laserstrahles meiden

Persönliche Schutzausrüstung benutzen

(8) Die Gesamtverantwortung für die Gefährdungsbeurteilung liegt beim Arbeitgeber.

(9) Verfügt der Arbeitgeber nicht über die erforderliche Fachkunde und die entsprechenden Kenntnisse zur Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung, hat er sich nach § 5 Absatz 1 OStrV **fachkundig beraten** zu lassen. **Diese Beratung kann beispielsweise der LSB oder die Fachkraft für Arbeitssicherheit durchführen.** Die Erstellung der Gefährdungsbeurteilung kann an eine oder mehrere fachkundige Personen delegiert werden. Dazu ist es erforderlich, dass die für den Arbeitgeber tätig werdenden Personen über die notwendigen betriebsspezifischen Kenntnisse verfügen, Einsicht in alle für die Gefährdungsbeurteilung erforderlichen Unterlagen nehmen können und im Besitz aller notwendigen Informationen sind.

Technische Schutzmaßnahmen

Ziel → die Exposition der Beschäftigten vorrangig an der Quelle verhindern oder auf ein Minimum reduzieren

- Schutzmaßnahmen an Zugängen → Hinweise auf den Einschaltzustand der Laser-Einrichtung durch Warnleuchten oder bei Einsätzen im Freien durch Blinkleuchten
- geeignete Positionierung der Laserquelle → z. B. darf der Laserstrahl nicht auf Fenster und Türen gerichtet werden
- Arbeitsumgebung → hell und reflexionsarm → reflektierende Flächen abdecken, reflektierende Gegenstände entfernen
- Verwendung von optischen Filtern und Strahlfallen
- Einsatz von Einhausungen sowie Abschirmungen (Laserschutzvorhänge, Laserschutzwände) zur Abgrenzung von Laserbereichen

Organisatorische Schutzmaßnahmen (1)

Ziel → eventuell noch bestehende Gefährdungen der Beschäftigten durch Exposition gegenüber Laserstrahlung ausschließen →

Raum- und/oder zeitorganisatorische Maßnahmen, die zur Verminderung der Gefährdung durch Laserstrahlung beitragen:

- Minimierung der Expositionszeit durch Optimierung der Arbeitsabläufe
- Vergrößerung des Abstands zur Laserstrahlungsquelle
- Wechsel von Tätigkeitsanteilen zwischen höher und niedriger exponierten Bereichen
- Unterweisung und üben der gefährlichen Arbeiten ohne Laserbetrieb

Organisatorische Schutzmaßnahmen (2)

- Kennzeichnung von Laserbereichen → Laserbereich ist zu kennzeichnen, wenn die EGW für Laserstrahlung überschritten werden können → Warnzeichen W004 „Warnung vor Laserstrahl“ nach ASR A1.3 (2013)



- Abgrenzung von Laserbereichen → durch Lichtschranken, Verriegelungen, bauliche Maßnahmen oder durch Absperrketten
- Festlegung von Zugangsregelungen zu Laserbereichen →
 - Beschäftigte dürfen im Laserbereich nur tätig werden, wenn das Arbeitsverfahren dies erfordert
 - Zugang für Unbefugte durch technische Maßnahmen verhindern; wenn nicht möglich, organisatorische Schutzmaßnahmen → Zugangsverbot

Persönliche Schutzausrüstung (1)

Wenn trotz technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen die Gefährdungen nicht ausgeschlossen sind → individuelle Schutzmaßnahmen

- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) dient zum Schutz der Augen und der Haut
 - PSA soll für den einzelnen Beschäftigten nach seinen Arbeitsbedingungen ausgewählt werden (erhöht die Akzeptanz und die Schutzwirkung)
 - Beschäftigte sind zu unterweisen, wie die PSA zu benutzen ist
- 50% der Laserunfälle verbunden mit Nichttragen des Augenschutzes

Persönliche Schutzausrüstung (2)

- Augenschutzmittel bieten Schutz gegen eine zufällige Exposition von direkter, spiegelnd reflektierter oder diffus gestreuter Laserstrahlung
- trotz Augenschutzmittel ist der Blick in den direkten Laserstrahl zu vermeiden
- Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen müssen gemäß der 8. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz die CE-Kennzeichnung enthalten
- Informationen zur Auswahl von geeigneten Augenschutzmitteln → BGI 5092 „Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen“



Technische Schutzmaßnahmen

Sicherheitsmaßnahmen	Laser-Einrichtung Klasse						
	1M	2	2M	3A	3R	3B	4
Schutzgehäuse							Klasse 1 anstreben
Sicherheitsverriegelung							Verhindert Entfernung von Abdeckungen
Schlüsselschalter							berechtigter Personenkreis
Strahlfänger, -abschwächer							Absenkung auf Klasse 1 o. 2
Emissionsanzeige							möglichst optische (Dauerbetrieb)
Bedienelemente							möglichst weit vom Strahl entfernt,
Beobachtungsoptiken							Laserschutzfilter einbauen (maximal 1M)
Überwachungseinrichtungen							falls bei Funktionsverlust höhere Klasse
Feste opt. Schutzeinrichtung							Strahlung (Streustrahlung) beschränken

Bauliche Schutzmaßnahmen

Sicherheitsmaßnahmen

Klasse der Laser-Einrichtung

1M 2 2M

3A

3R

3B

4

Wände

matt, hell, diffus reflektierend

durchsichtige
Abschirmungen

hohe Absorption, schwer entflammbar

Laserbereich

Grenzen kennzeichnen
(wenn Strahl im Arbeits- und Verkehrsbereich) Abgrenzung

Betriebsanzeige

optisch, an den Zugängen

Elektroinstallation

hinreichende Anzahl Not-Aus-Schalter

Lichtinstallation

möglichst hell, regelbar

PSA Schutzmaßnahmen

Sicherheitsmaßnahmen

Laser-Einrichtung: Klasse

1M 2 2M

3A

3R

3B

4

Laserschutzbeauftragter							schriftlich bestellen
Laserbereich							Grenzen festlegen, u.U. zeitlich begrenzen (Wartung)
Laser-Schutzbrillen							immer erforderlich, Raumhelligkeit anpassen
Laser-Justierbrillen							Einschränkungen beachten, Raumhelligkeit anpassen
Schutzkleidung							bei Gefährdung
Zugangsbeschränkung							Warnschilder, zeitlich begrenzen
Unterweisung							erforderlich

bei Beobachtung
des
direkten Strahls

Laserschutzbrillen



Forderung:

Abschwächung der Strahlung bis zum MZB-Wert
und
Haltbarkeit gegenüber der Laserstrahlung.



11

Beispiel für eine Kennzeichnung:

D/I 1064 L8 RH DIN



Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen

Laser-Schutzbrillen (Filter):

Laserschutzbrillen haben die Aufgabe, Laserstrahlung die auf das Auge trifft, auf ungefährliche Werte zu reduzieren!

Der Filter muss dabei der auftreffenden Laserstrahlung mindestens 10 s standhalten!

Laser-Justierbrillen (Filter):

Im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm können auch Justierbrillen eingesetzt werden.

Laser-Justierbrillen schwächen die Laserstrahlung auf den ungefährlichen Wert der Klasse-2-Laser ab. Sie dienen dazu, die diffusen Reflexionen der Laserstrahlung sicher zu beobachten!

Kennzeichnung von Laser-Schutzbrillen

Laser-Schutzbrillen müssen der DIN EN 207 entsprechen und eine deutliche Kennzeichnung aufweisen.

DI 1064 L8 X DIN S

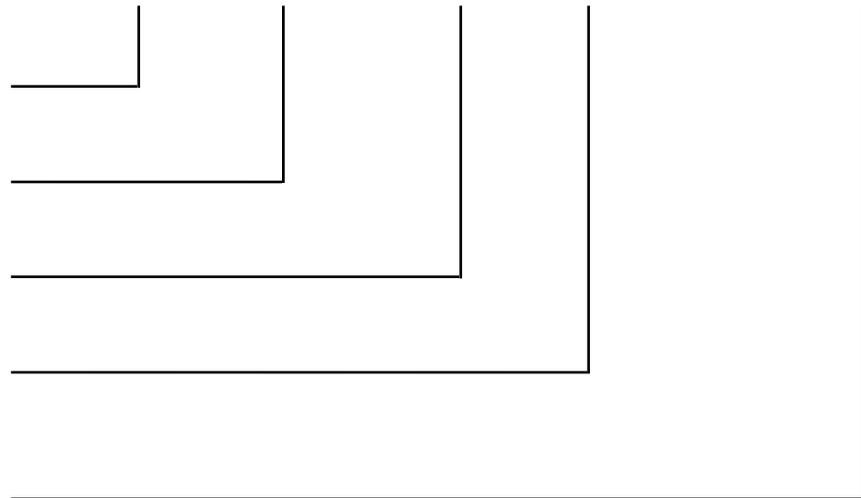
Laserbetriebsart (en)

Laserwellenlänge oder -bereich

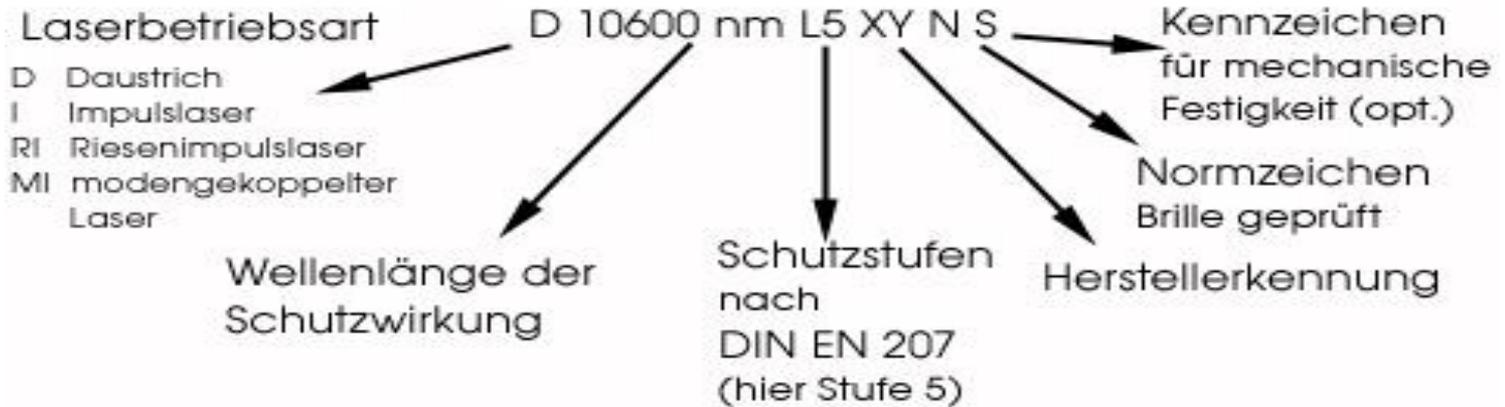
Schutzstufe des Filters

Kennzeichen des Herstellers

Prüfzeichen für mechanische Festigkeit (falls zutreffend)



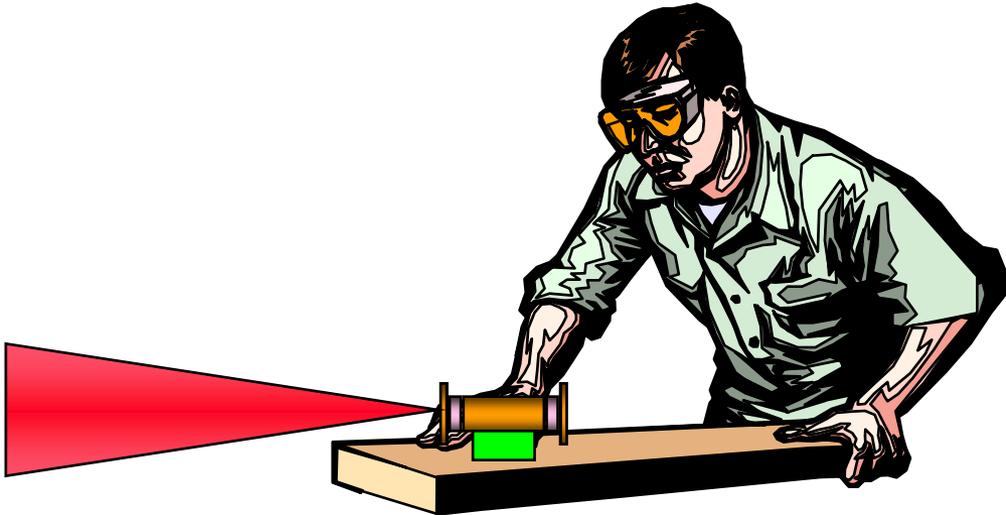
Augenschutz, Kennzeichnung



Benutzungspflicht

DGUV V-11

Die für einen sicheren Betrieb erforderlichen Schutzrichtungen und die persönlichen Schutzausrüstungen nach Abs. 2 sind von den Versicherten zu benutzen.



Beispiele für Korb- und Bügelbrillen



Laserschutzbrillen (Persönliche Schutzausrüstung)

IQ

Lasert – Justierbrillen
DIN EN 208

RB1 – RB5

Hinter der Brille
Laserklasse 2



Vor der Brille
Laserklasse 3 oder 4

Laserschutzbrillen
DIN EN 207

LB1 – LB10

Hinter der Brille
Laserklasse 1



Vor der Brille
Laserklasse 3 oder 4

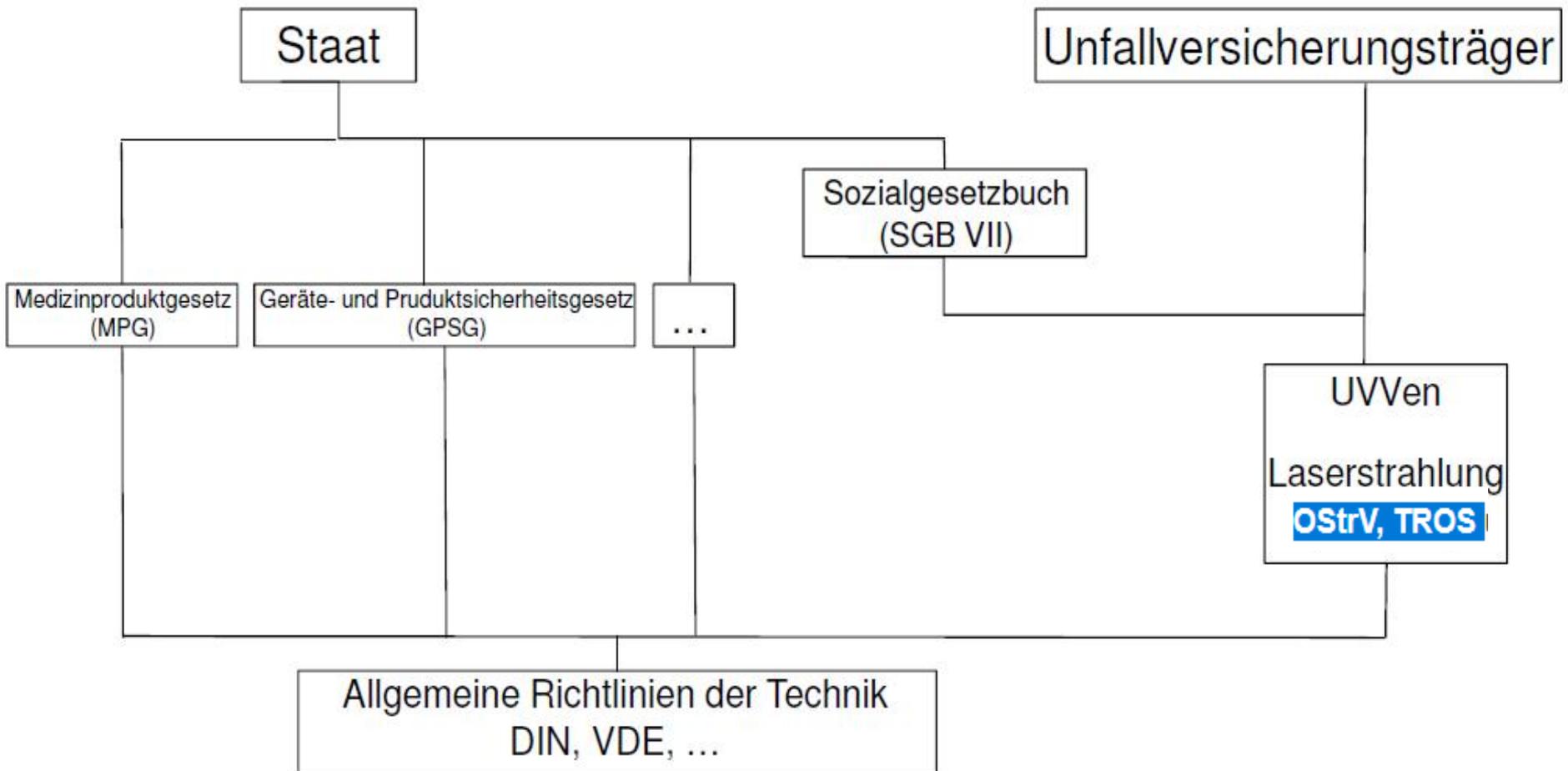
Nie direkt in den Strahl blicken!!!!

Laserschutz ist nur für den zufälligen Treffer gedacht!

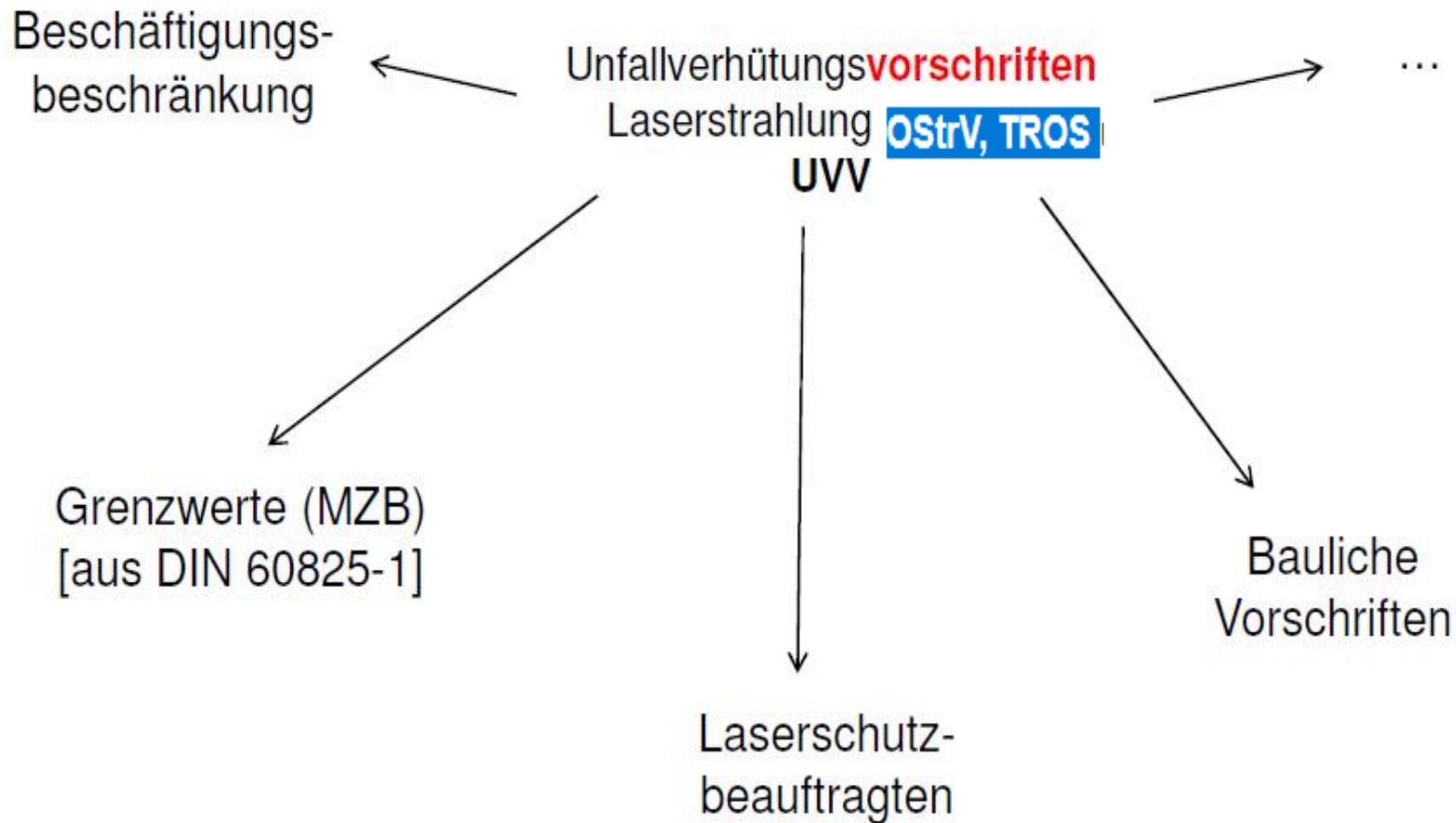
VERHALTENSREGELN

- "Laserebene" möglichst **unterhalb** der **Augenhöhe** aufbauen
- Niemals direkt in den Laserstrahlengang schauen, solange der Laser laufen könnte
- Niemals mit **spiegelnden Flächen** (Spiegel, Schmuck, Metall) in den Strahlengang eingreifen, solange der Laser laufen könnte
- Unmittelbar **vor dem Einschalten** des Lasers **alle** im Laserbereich befindlichen Personen **warnen** (Signal).
- Aktivierte Laser **nicht ohne Aufsicht** lassen
- Den **Laserbereich** möglichst eng **eingrenzen** (Lichtsümpfe, Verrohrungen, Halter schwärzen)
- **Justierungen** soweit wie möglich mit **Hilfslasern** durchführen
- Möglichst **nicht alleine** arbeiten

RECHTLICHES IM LASERSCHUTZ



RECHTLICHES IM LASERSCHUTZ



Zum Abschluss

10 Regeln beim Betrieb von Lasern

- NIEMALS direkt in den Laserstrahlengang schauen, solange der Laser "geladen" ist.
- Nach den Servicearbeiten Schutzeinrichtungen wieder in Betrieb nehmen!
- Aktivierte Laser nicht ohne Aufsicht lassen (ggf. mit Vorgesetzten abstimmen – Ausnahme z. B. Langzeittests).
- Den Laserbereich möglichst eng abschirmen.
- Vor dem Einschalten eines offenen Lasers ALLE im Laserbereich befindlichen Personen durch akustische oder optische Signale warnen. (Nur die für den Betrieb notwendigen Personen dürfen sich mit der Laser-Schutzbrille im Laserbereich aufhalten!)
- Aktiviertes Warnsignal (Laserwarnlampe/Emissionswarnanzeige) beachten! Raum nur nach Aufforderung betreten! (Anklopfen und Warten!)
- Falls am offenem Laser gearbeitet werden muss, möglichst nicht alleine arbeiten.
- Das Labor nicht vollständig verdunkeln. (Notbeleuchtung)
- Bei Beobachtung von merkwürdigen Geräuschen und Gerüchen den zuständigen Vorgesetzten SOFORT informieren. Ggf. Laser abschalten.
- NIEMALS mit spiegelnden Flächen (Spiegel, Schmuck) in den Laserstrahlengang eingreifen, solange der Laser noch strahlen kann. Auf Grund der Aufladung der Kondensatoren können einige Laser noch viele Minuten nach dem Abschalten strahlen.

Bei Fragen und Unklarheiten informieren Sie sich bei Ihrem Vorgesetzten oder Laserschutzbeauftragten. Im Notfall informieren Sie alle Mitarbeiter!



ZUSAMMENFASSUNG

**SEIEN SIE SICH BEIM UMGANG MIT LASERSTRAHLUNG IMMER DEN
POTENTIELLEN GEFAHREN BEWUSST...**

AUGEN WACHSEN NICHT NACH

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit

Ihr
Michael Weber

