



Laserschutz-Unterweisung

Laserschutzbeauftragte am Max-Planck-Institut für Polymerforschung

Prof. Dr. C. Bubeck

Büro: 2.105

Telefon: –122

eMail: Bubeck@mpip-mainz.mpg.de

Dipl.-Ing. H. Menges

Büro: 1.501

Telefon: –393

eMail: H.Menges@mpip-mainz.mpg.de

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

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

Inhalt der Unterweisung:

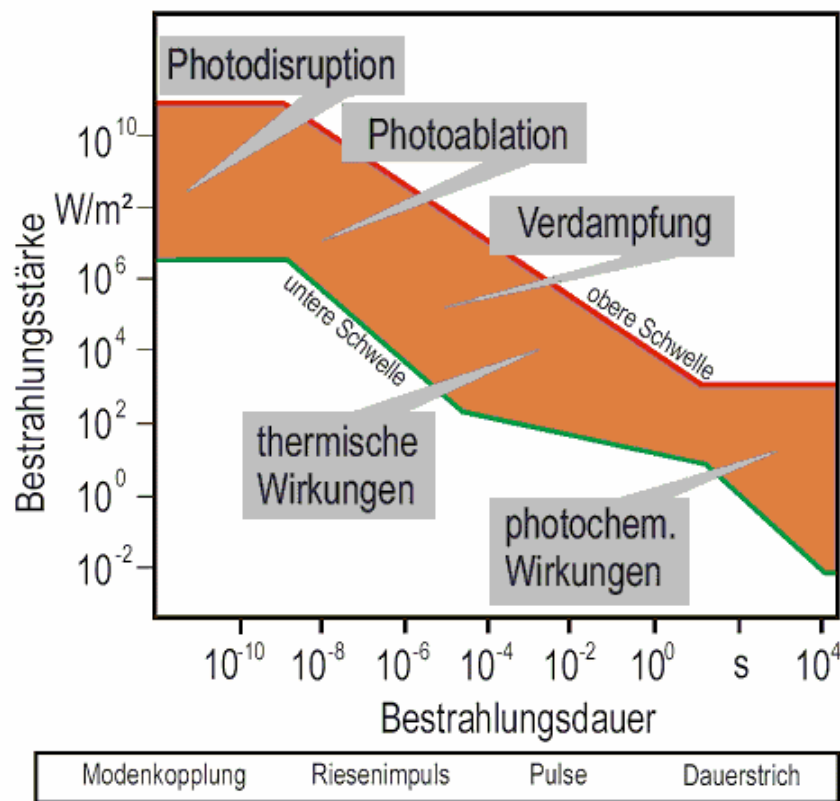
- Gefahren der Laserstrahlung
- Schutzmaßnahmen
- Verhalten im Laserbereich und im Schadensfall

Gefährdungspotentiale beim Umgang mit Lasern

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

- hohe Leistungs- bzw. Energiedichte
- geringe Strahldivergenz

Wechselwirkungsmechanismen mit organischem Gewebe

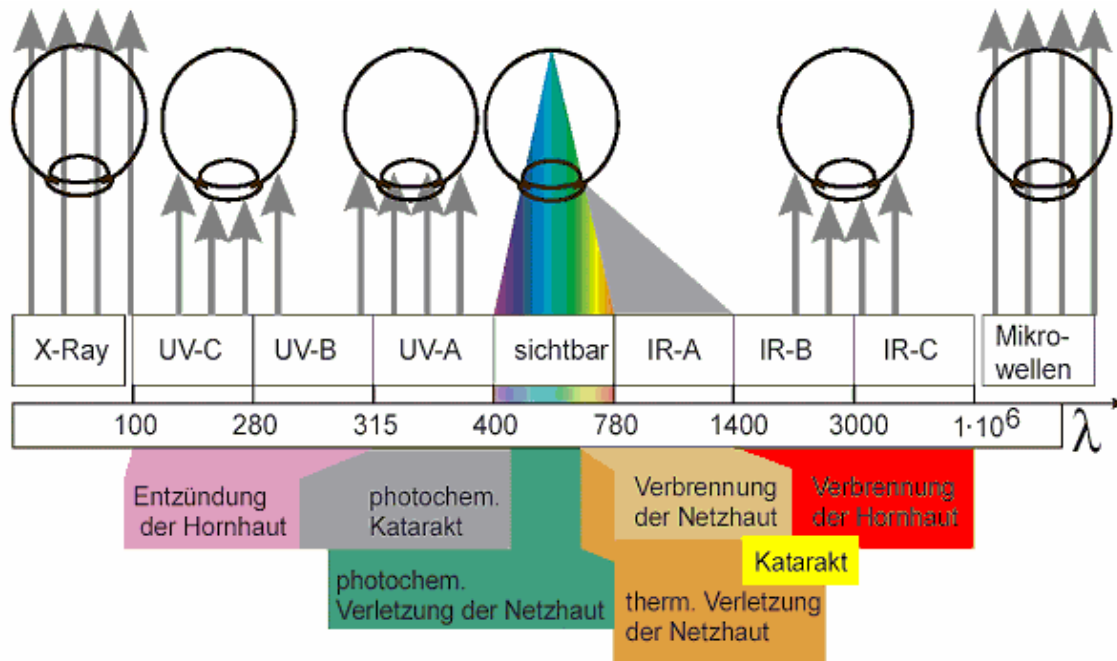


Schädigungen in Abhängigkeit von Pulsdauer und Bestrahlungsstärke

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

Wechselwirkungen mit dem Auge

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



Eindringtiefe elektromagnetischer Strahlung in das Auge

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

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

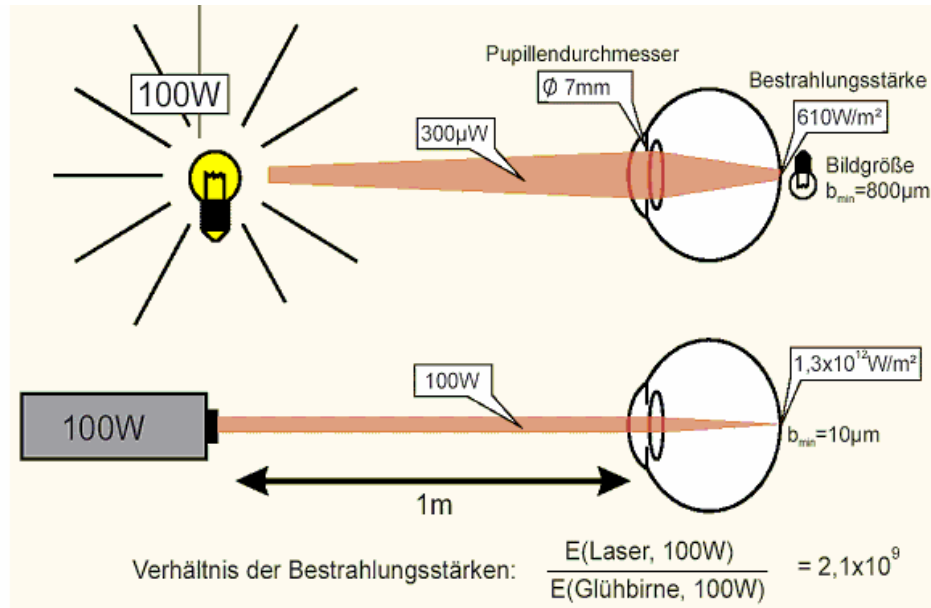
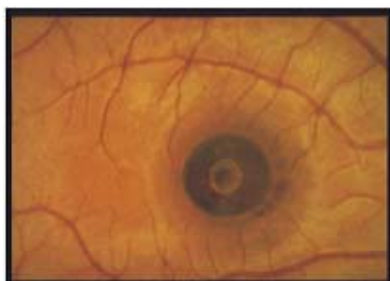
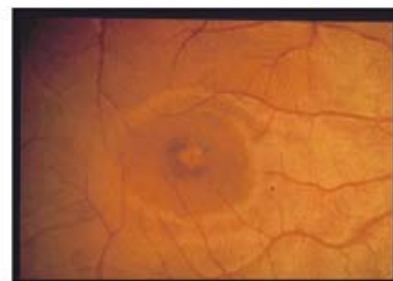


Abbildung eines Glühwendels und eines Laserstrahls auf die Retina

Im Gegensatz zur stark divergenten Strahlung einer Glühbirne, die (1m Abstand) von der Linse auf ein Bild mit einem Durchmesser von ca. 800 µm abgebildet wird, wird die (fast) parallel einfallende Laserstrahlung auf einen ca. 10 µm großen Fleck abgebildet. Unter Berücksichtigung einer 7 mm Grenzblende (max. Pupillendurchmesser) ist die Bestrahlungsstärke des Lasers auf der Netzhaut um ca. 2×10^9 mal größer als die der Glühbirne. Trifft der so fokussierte Laserstrahl die Netzhaut, können Sehfeldausfälle auftreten, wird die Macula getroffen, so kann die betreffende Person erblinden.



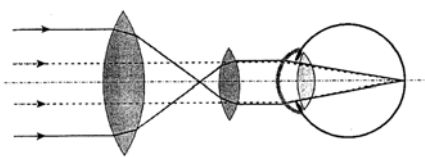
Retina, 5 Tage nach Laserunfall



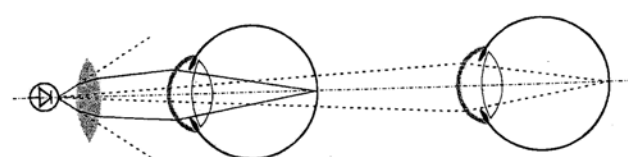
Gleiche Retina 3 Jahre nach Laserunfall

Beispiel (Arbeitsunfall, beide Augen betroffen):

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

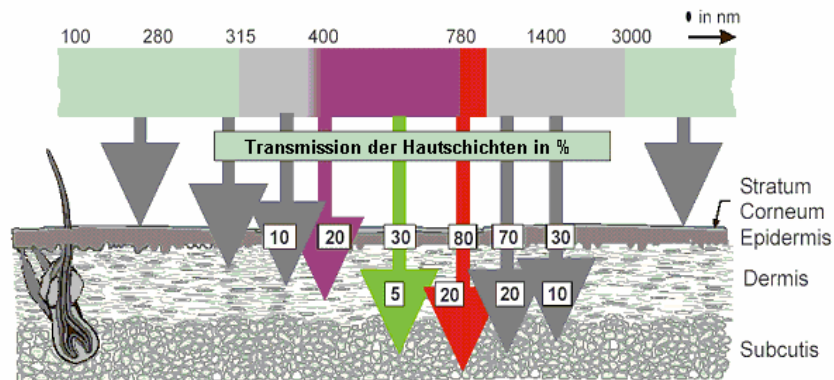


Teleskop



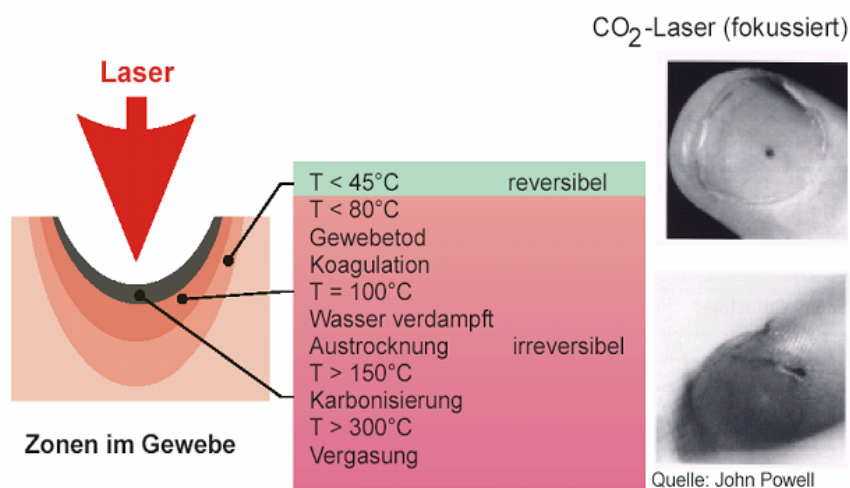
Lupe

Wechselwirkungen mit der Haut



Eindringtiefe von Laserstrahlung in die Haut

- UVC (100-280nm): starke Absorption, dringt nur in dünne Oberflächenschicht ein
- UVB (280-315nm): Erytheme (Hautrötung), Schwellwert ca. 0,1 J/cm²
- UVA (315-380nm): direkte Pigmentierung der Haut, Schwellwert ca. 10 J/cm²
- VIS (380-780nm): größte Eindringtiefe, photochemische Prozesse, therm. Wirkungen
- IRA (780-1400nm) und IRB (1400-3000nm): Eindringtiefe wird kleiner, Verbrennungen
- IRC (ab 3000nm-1mm): Absorption an der Hautoberfläche, Verbrennungen



Thermische Schädigung der Haut

- Unterscheidung zwischen reversiblen (T < 45°C) und irreversiblen Schäden
- Zwischen 45°C und 80°C tritt der Gewebetod ein (Koagulation = Eiweißgerinnung)
- Die Temperatur von 100°C wird trotz weiterer Energiezufuhr so lange gehalten bis das Wasser des Gewebes verdampft ist
- Ab 150°C tritt Karbonisierung ein, ab 300°C vergast das Gewebe
- Beispiel Finger: CO₂-Laser; beim Überprüfen, ob Schutzgas strömt war der Laser bereits eingeschaltet

Klassifizierung der Laser

Der Hersteller und/oder der Betreiber ist dazu verpflichtet, die Lasereinrichtung entsprechend der UVV Laserstrahlung in die richtige Klasse einzuordnen. Seit November 2001 ergeben sich Änderungen aus der überarbeiteten Norm DIN EN 60825-1:2001-11. Neue Laser müssen ab 2004 entsprechend der neuen Norm klassifiziert werden.

Laser-klasse	Potentielle Gefahren / Bedeutung	Wellenlänge [nm]	Grenzwerte zulässiger Bestrahlung (GZS) für den sichtbaren Bereich	Bemerkung
1	Augensicher auch bei längerer (absichtlicher) Bestrahlung, auch bei Bestrahlung mit Lupen oder Ferngläsern (100 s oder 30.000 s)	alle	40 µW im blauen Spektralbereich, 400 µW im roten Spektralbereich (Messblenden für Lupen oder Ferngläser)	Entspricht der alten Klasse 1
	Gekapselte Laser höherer Leistung. Durch die vollkommene Einhausung wird ein Austritt von Strahlung vollkommen verhindert.		Kein Strahlaustritt.	
1M	Augensicher für das freie Auge , auch bei längerer (absichtlicher) Bestrahlung; möglicher Augenschaden bei Bestrahlung mit Lupen oder Ferngläsern („M“=“magnifying instruments“)	302,5-4.000	Wie Klasse 1, aber Messblende für das freie Auge	Nach alter Klasseneinteilung: Nicht sichtbare Laser der Klasse 3A sowie Laser, die nicht in 3A, sondern wegen der Leistungsgrenze 5 x Klasse 2 in Klasse 3B waren.
2	Sichtbare Laserstrahlung, augensicher über den Lidschlussreflex innerhalb 0,25 s, auch bei Bestrahlung mit Lupen oder Ferngläsern	400-700	1 mW (Messblenden für Lupen oder Ferngläser)	Entspricht der alten Klasse 2
2M	Sichtbare Laserstrahlung, augensicher über den Lidschlussreflex innerhalb 0,25 s und ohne optische Instrumente , möglicher Augenschaden bei Bestrahlung mit Lupen oder Ferngläsern („M“=“magnifying instruments“)	400-700	Wie Klasse 2, aber Messblende für das freie Auge (max. 1mW auf der Netzhaut)	Nach alter Klasseneinteilung: Sichtbare Laser der Klasse 3A sowie Laser, die nicht in 3A, sondern wegen der Leistungsgrenze von 5 mW in Klasse 3B waren.
3A	Praktisch keine Gefahr für Augen bei kurzzeitiger unabsichtlicher Bestrahlung ; Gefahr bei unsachgemäßer Verwendung durch nicht eingewiesenes Personal	(400-700) 302,5-10 ⁶	5x Klasse 2 im Sichtbaren (d.h. 5 mW;25 mW/m ²), 5x Klasse 1 außerhalb des Sichtbaren	Nur bei Lasern mit Lieferung vor Januar 2004 noch gültig!
3R	Praktisch keine Gefahr für Augen bei kurzzeitiger unabsichtlicher Bestrahlung ; Gefahr bei unsachgemäßer Verwendung durch nicht eingewiesenes Personal („R“=“relaxed“)	(400-700) 302,5-10 ⁶	5x Klasse 2 im Sichtbaren (d.h. 5 mW), 5x Klasse 1 außerhalb des Sichtbaren	Teilmenge der alten Klasse 3B, erweitert in den Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 1 mm
3B	Gefahr für Augen durch den direkten Strahl und spiegelnde Reflexionen , Möglichkeit für geringfügige Hautverletzung bei Leistungen nahe der Obergrenze	200-10 ⁵	< 500 mW	Alte Klasse 3B ohne die neue Klasse 3R
4	Gefahr für Augen durch direkten und diffus reflektierten Strahl, Gefahr für Haut, Brandgefahr	alle	Nach oben hin offen	Entspricht der alten Klasse 4

Definition der Grenzwerte

Für den Umgang mit Lasern und v.a. für das korrekte Einschätzen von Gefahrenpotentialen sind die zwei Grenzwerte, welche in der DIN EN 60 825-1 beschrieben sind von Bedeutung.

Maximal zulässige Bestrahlung (MZB):

- Unterscheidung: MZB für Haut bzw. Auge
- Grenzwerte wurden durch Experimente (z.B. an Kaninchen) ermittelt
- MZB ist stark abhängig von Pulsdauer und Wellenlänge
- MZB begrenzt den Laserbereich
- MZB ist verantwortlich für die Dimensionierung von Schutzmaßnahmen (z.B. Schutzstufe der Brille)

Grenzwert zugänglicher Strahlung (GZS):

- beschreibt die Lasereinrichtung
- Einteilung in Laserklassen

Klasse 1:

Laser der Klasse 1 sind völlig ungefährlich, auch bei Beobachtung mit optischen Instrumenten; d.h. die GZS liegt bei größter anzuwendender Zeitbasis von 100 s bzw. 30.000 s unter den MZB-Werten.

Klasse 1M:

Neu: Laser der Klasse 1M sind völlig ungefährlich bei Beobachtung ohne optische Instrumente. Mit optischen Instrumenten können die MZB- Werte überschritten werden; die GZS muss jedoch unter den Werten der Klasse 3B liegen.

Klasse 2:

Die Klasse 2 ist nur im sichtbaren Bereich definiert. Laser der Klasse 2 sind sicher auch bei Beobachtung mit optischen Instrumenten. Der Augenschutz wird durch Abwendungsreaktionen einschließlich Lidschlussreflex innerhalb 0,25 s sichergestellt (*CW-Laser bis 1mW im Sichtbaren*).

Klasse 2M:

Neu: Die Klasse 2M ist wie die Klasse 2 ebenfalls nur im sichtbaren Bereich definiert. 2M-Laser sind sicher bei Beobachtung ohne optische Instrumente. Bei Beobachtung mit optischen Instrumenten können jedoch die MZB-Werte für 0,25 s überschritten werden; die GZS muss jedoch unter den Werten der Klasse 3B liegen.

Klasse 3R:

Neu: Laser der Klasse 3R stellen eine geringe Gefahr für das Auge dar (*CW-Laser bis 5 mW im Sichtbaren*). Die GZS-Werte liegen um den Faktor 5 über den GZS-Werten der Klasse 1 bzw. der Klasse 2.

Klasse 3B:

Laser der Klasse 3B stellen eine Gefahr für Auge und Haut dar (*CW-Laser bis 0,5 W im Sichtbaren und IR*). Beobachtung diffuser Reflexionen ist für Abstände größer 13 cm für maximal 10 s ohne schädliche Folgen möglich.

Klasse 4:

Laser mit höherer Leistungen als Klasse 3B fallen in Klasse 4. Hier ist bereits diffuse Strahlung gefährlich. Erhöhte Brandgefahr.

Kennzeichnung der Lasereinrichtungen (§4)

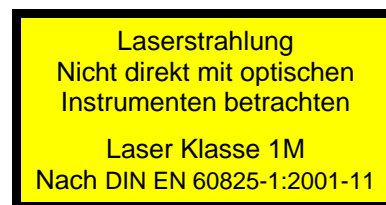
Die Kennzeichnung der Laser wird in der Regel bereits durch den Hersteller vorgenommen. Die Kennzeichnung erfolgt durch das Symbol Laserwarnschild (in der Regel in der Nähe der Strahlaustrittsöffnung). Zusätzlich müssen ein Hinweisschild mit Informationen zu der Laserklasse (mit Normangabe) und dem entsprechenden Warnhinweis sowie ein Hinweisschild mit den Spezifikationen angebracht sein.



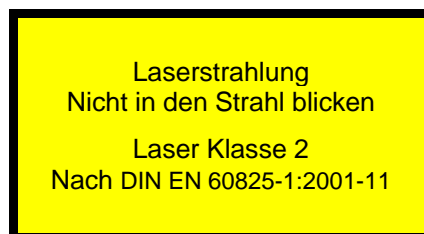
Laserwarnschild



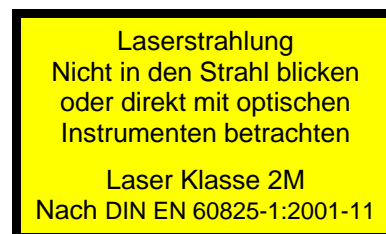
Klasse 1



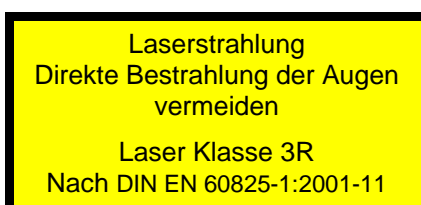
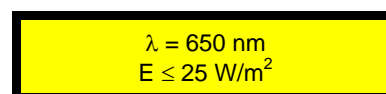
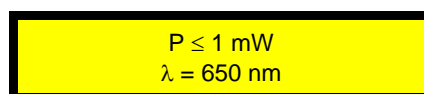
Klasse 1M



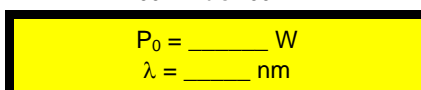
Klasse 2



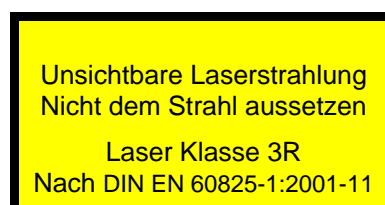
Klasse 2M



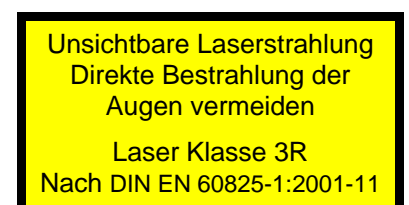
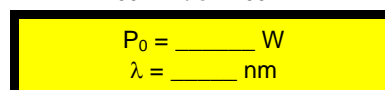
400 nm bis 700 nm



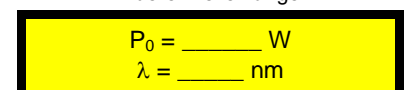
Klasse 3R

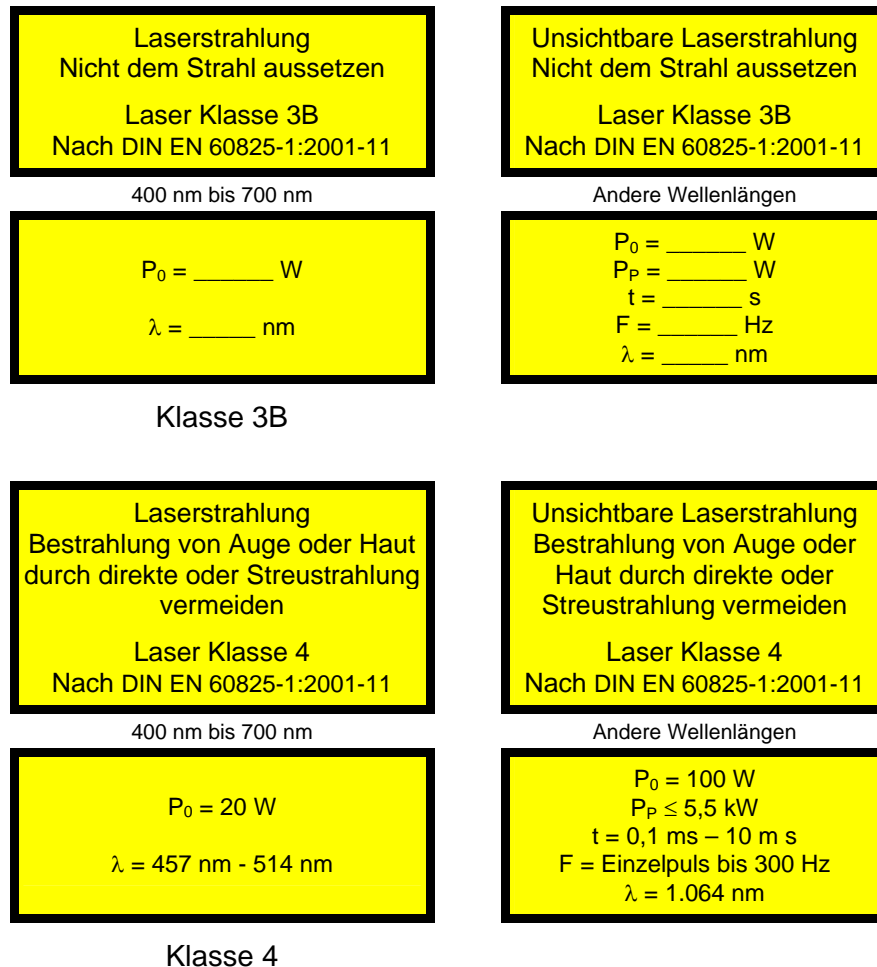


700 nm bis 1.400 nm



Andere Wellenlängen





Die vorher dargestellten Hinweisschilder mit den Spezifikationen sind nur beispielhaft und werden abweichende Informationen enthalten. Die Angaben zur Spezifikation enthalten die folgenden Parameter:

- P_0 : Gesamtstrahlungsleistung (cw) bzw. mittlere Strahlungsleistung eines gepulsten Lasers (Einheit: W)
- P_p : Strahlungsleistung, ausgestrahlt innerhalb eines Impulses eines gepulsten Lasers (Einheit: W)
- E: Bestrahlungsstärke (Einheit: W/m²)
- F: Pulswiederholfrequenz (Einheit: Hz)
- t: Dauer eines Einzelimpulses (Einheit: s)
- λ : Wellenlänge der Laserstrahlung (Einheit: nm)

Kennzeichnung des Laserbereiches für die Laser Klasse 3R, 3B und 4:

Das Laserwarnschild und der Hinweis "Warnung vor Laserstrahlung" werden gefordert.

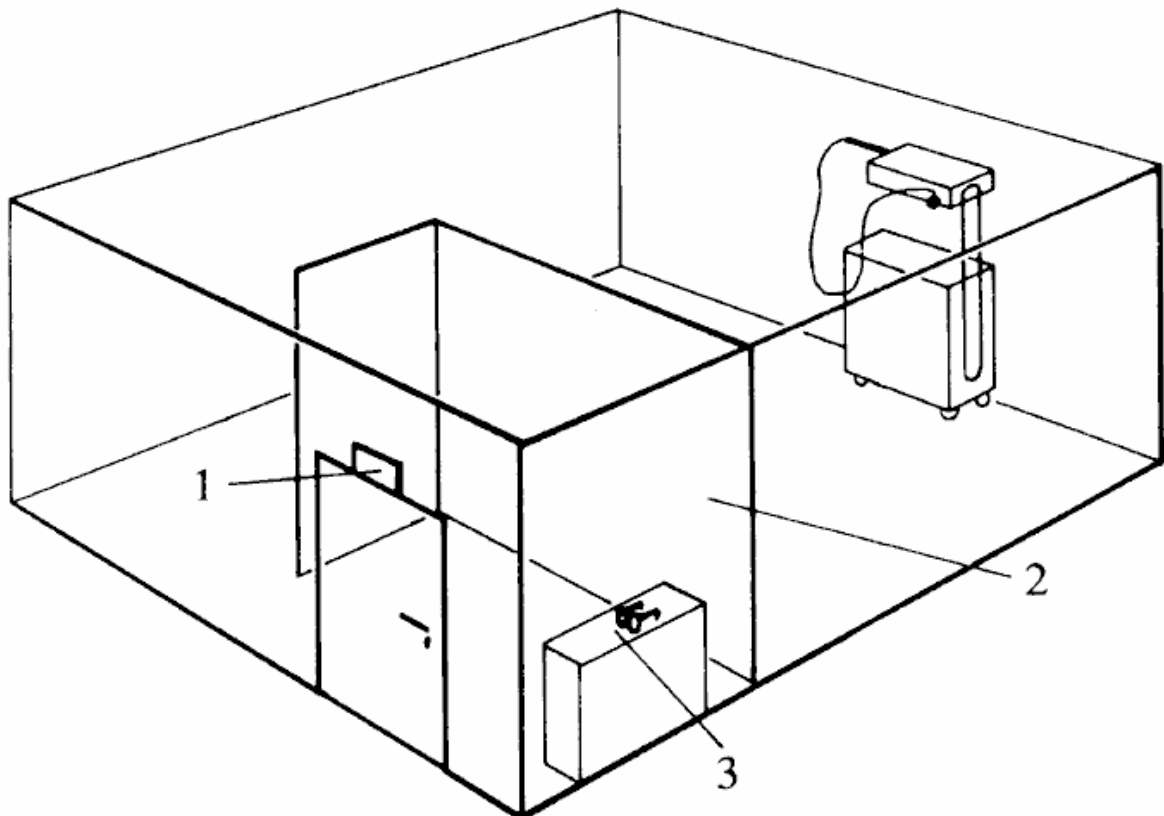
Wir empfehlen jedoch die Verwendung des Hinweisschildes mit Informationen zu der Laserklasse und dem entsprechenden Warnhinweis (in Deutsch und Englisch)!

Abgrenzung und Kennzeichnung der Laserbereiche

Bauliche Schutzmaßnahme	Klasse	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Wände, Decken, Böden: Massiv, nicht brennbar, matt, hell, diffus reflektierend							X	X
Installationen: nicht metallisch (reflektierend)							X	X
Lichtinstallationen: großzügig, regelbar							X	X
Elektroinstallationen: hinreichende Anzahl von Not-Aus-Schaltern, Raum- und Türstromkreis							X	X
Abschirmungen: hohe Absorption, schwer entflammbar							X	X
Spiegelnde Reflektionen: unbeabsichtigte Reflektionen sind zu vermeiden						X	X	X
Strahlweg: Strahl ist am Ende seines zweckdienlichen Weges zu begrenzen		X	X	X	X	X	X	X
Laserbereich: kennzeichnen, falls im Arbeits- oder Verkehrsbereich ("Warnung vor Laserstrahl")				X	X			
Laserbereich: abgrenzen und Grenzen kennzeichnen ("Warnung vor Laserstrahl")						X	X	X
Betriebsanzeige: Warnleuchten an allen Zugängen zum Laserbereich								X

Organisatorische Schutzmaßnahme	Klasse	1	1M	2	2M	3R	3B	4
Anzeige: (§5) Anzeige des Betriebs bei BG Chemie und Gewerbeaufsichtsamt (durch Projektleiter *)						X	X	X
Laserschutzbeauftragter: (§6) schriftlich bestellen						X	X	X
Laserbereich: (§7) Grenzen festlegen, falls im Arbeits- oder Verkehrsbereich				X	X			
Laserbereich: Grenzen festlegen						X	X	X
Fernbedienbare Verriegelung: an Raum- oder Türstromkreis anschließen							X	X
Schlüsselschalter: Schlüssel abziehen, wenn außer Betrieb							X	X
Laserschutzbrillen: (§8) geeigneten Augenschutzgeräte nach DIN EN 207 verwenden						X	X	X
Laserjustierbrillen: geeigneten Augenschutz nach DIM EN 208 verwenden						X	X	X
Schutzkleidung: bei Gefährdung (z.B. Handschuhe)						X	X	X
Unterweisung: erforderlich für alle Anwender		X	X	X	X	X	X	X
Unterweisung: erforderlich für alle Versicherten im Laserbereich						X	X	X
Beschäftigungsbeschränkung: (§ 11) für Jugendliche						X	X	X
Ärztliche Versorgung: (§ 12) Augenarzt aufsuchen, falls Verdacht auf Augenschaden		X	X	X	X	X	X	X

* Zusätzlich ist eine Mitteilung an den Laserschutzbeauftragten zu schicken.



1. Warnleuchte vor der Eingangstür (nur bei Klasse 4 Lasern)
2. Schutzvorhang trennt Eingangsbereich vom Laserbereich
3. Depot der Laserschutzbrillen im Eingangsbereich

Schutzmaßnahmen

1. Grundsätzlich sind alle Lasereperimente so aufzubauen, dass jede Gefährdung von Personen durch direkte, reflektierte oder gestreute Laserstrahlung verhindert wird.
2. Die Verwendung von Lasern der Klasse 3R, 3B oder 4 erfordert zwingend:
 - Unterweisung aller Versicherten im Laserbereich!
 - Schutzbrillen und Justierbrillen
 - Schutzkleidung (abhängig von Lasertyp)
 - Schlüsselschalter
(Schlüssel ist abzuziehen, wenn der Laser außer Betrieb ist! Ausnahme: 3R)
3. Der Betrieb von Lasern (alle Klassen von 1M bis 4) verlangt:
 - Sicherheitsunterweisung durch einen Fachkundigen für alle Anwender
 - Besucher dürfen nur nach einer Verhaltensunterweisung und in Begleitung eines mit dem Experiment vertrauten Anwender den Laserbereich betreten.
4. Die Schutzeinrichtungen und die Schutzausrüstungen sind zu benutzen.

Schutzausrüstung

§ 8 Absatz 2 BGV B2 lautet sinngemäß: In Laserbereichen der Klassen 3R, 3B oder 4 sind zum Schutze der Augen oder der Haut geeignete Augenschutzgeräte, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe zur Verfügung zu stellen, sofern technische oder organisatorische Maßnahmen zur Unterschreitung der MBZ nicht möglich sind.

Augenschutz (Laserschutzbrille, Laserjustierbrille)



Beispiele für Laserschutzbrillen und Laserjustierbrillen

Durch eine Laserschutzbrille muss die maximal am Auge auftretende Bestrahlungsstärke auf den MZB-Wert bei der verwendeten Laserwellenlänge gesenkt werden. Für die Akzeptanz der Laserbrillen ist wichtig, dass in Bereichen außerhalb der verwendeten Laserfrequenzen die Transmission der Laserschutzbrille hoch ist. Beim Kauf von Laserschutzbrillen machen die Firmen (Übersicht siehe Anhang A) entsprechende Vorschläge. Dazu müssen bei CW-Lasern die Intensität, bei PulsLasern die Energie eines Pulses und die Pulsfrequenz, außerdem der Durchmesser und die Wellenlänge des Laserstrahls angegeben werden.

Man unterscheidet Schutzbrillen und Justierbrillen.

Schutzbrillen senken die Intensität des Laserstrahls bei Blick in den Strahl unter den MZB-Wert. Zur Berechnung der geeigneten Schutzstufe nach DIN EN 207 "Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)" siehe Anhang B.

Justierbrillen ermöglichen den Schutz bei gleichzeitig sichtbarem Strahlpunkt. Der MZB-Wert wird während des Justiervorganges geringfügig überschritten. Zur Berechnung der geeigneten Schutzstufe nach DIN EN 208 "Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laserjustierbrillen)" siehe Anhang C.

Eine Auflistung der uns bekannten Lieferanten von Laserschutzbrillen und Laserjustierbrillen finden Sie im Anhang A.

Hautschutz

Gegebenenfalls sind zusätzlich Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe zu tragen, wenn eine Bestrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) nicht zu verhindern ist. Die Schutzkleidung muss mindestens den Anforderungen der Brennklasse S-c nach DIN 66 083 „Kennwerte für das Brennverhalten textiler Erzeugnisse" entsprechen.

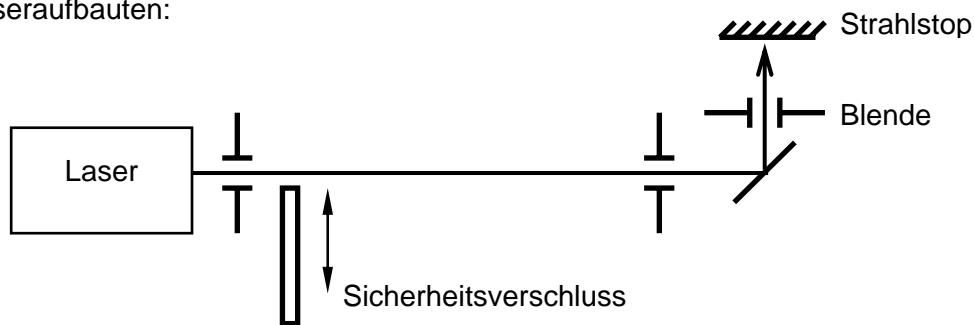
Verhalten im Laserbereich

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

Immer zuerst den Strahlengang blockieren und danach:

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

- Laseraufbauten:



Wichtig:

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

Verhalten im Schadensfall

- Augenklinik (Universität Mainz) oder Augenarzt aufsuchen.
- Meldung an das Max-Planck-Institut für Polymerforschung (T. Wagner, direkter Vorgesetzter, Verwaltung)
- Versicherungsschutz:
Die Verwaltung des MPI-P schießt eine Zusatzversicherung für jeden Unterwiesenen ab. Besucher sind über die BG Chemie versichert, wenn sie sich berechtigt im Laserbereich aufhalten.

Literaturhinweise

Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung

BG der chemischen Industrie Abschnitt 14 oder VBG 93, 1.10.1988

MPI: AL 95 A3, AL 95 A12

Laserschutzfilter und Laserschutzbrillen

DIN 58 215, Jan. 1986

MPI: AL 95 A12

Laserjustierbrillen

DIN 58 219, Okt. 1982

MPI: AL 95 A12

Strahlungssicherheit von Laser-Einrichtungen

DIN-VDE-0837 (besonders Abschnitt 10), Feb. 1986

MPI: AL 95 A12

Handbuch Laser - Strahlenschutz

E. Sutter, P. Schreiber, G. Ott; Springer Verlag, 1989

MPI: AL 95 B4

Safety with Lasers and other Optical Sources

D: Sliney, M, Wolbarsht; Plenum Press, 1980

MPI: AL 95 B3

Laser und Strahlenschutz

Jürgen Eichler; Vieweg Verlag, 1992

MPI: AL 95 B6

Anhang A

Lieferanten von Laserschutzbrillen (DIN EN 207) und Laserjustierbrillen (DIN EN 208)

BFi OPTiLAS GmbH

Oppelner Straße 5; D-82194 Gröbenzell; Internet: www.bfioptilas.de
Tel: 08142 / 6520-0; Fax: 08142 / 6520-190; eMail: sales.de@bfioptilas.com
(Sperian & Zeiss Produkte)

ESSKA.de GmbH

Borstelmannsweg 175; D-20537 Hamburg; www.esska.de
Tel: 040 / 731036-0; Fax: 040 / 731036-50; eMail: info@esska.de
(Sperian & Zeiss Produkte)

Laser 2000 GmbH

Argelsrieder Feld 14; D-82234 Wessling; Internet: www.laser2000.de
Tel: 08153 / 405-0; Fax: 08153 / 405-33; eMail: info@laser2000.de
(UNIVET, NoIR Laser Company & bolle-safety Produkte; Hauptvertriebspartner!)

Laser Components GmbH

Werner-von-Siemens-Straße 15; D-82140 Olching; Internet: www.lasercomponents.de
Tel: 08142 / 2864-22; Fax: 08142 / 2864-11; eMail: info@lasercomponents.de
(LaserVision Produkte)

LaserVision GmbH & Co.KG

Siemensstr. 6; D-90766 Fürth; Internet: www.uvex-laservision.de
Tel: 0911 / 9736 8100; Fax: 0911 / 9736 8199; eMail: info@lvq.com
(UVEX Produkte; Hauptvertriebspartner!)

OEC Opto Electronic Components GmbH (OEC GmbH)

Vogelbergstraße 20; D-86441 Zusmarshausen; Internet: www.oec-gmbh.de
Tel: 08291 / 1886-0; Fax: 08291 / 1886-79; eMail: info@oec-gmbh.de
(Zeiss Produkte)

Offenhäuser + Berger GmbH

Meeboldstraße 30; D-89518 Heidenheim; Internet: www.offenhaeuser-berger.de
Tel: 07321 / 480615; Fax: 07321 / 480616; eMail: info@offenhaeuser-berger.de
(Zeiss Produkte; Hauptvertriebspartner!)

PROTECT-Laserschutz GmbH

Mühlhofer Hauptstraße 7; D-90453 Nürnberg; www.protect-laserschutz.de
Tel.: 0911 / 96447-30; Fax: 0911 / 96447-31; eMail: info@protect-laserschutz.de
(Eigene Produkte)

Soliton Laser und Messtechnik GmbH

Talhofstraße 32; D-82205 Gilching; Internet: www.soliton-gmbh.de
Tel: 08105 / 7792-0; Fax: 08105 / 7792-77; eMail: info@soliton-gmbh.de
(LaserVision Produkte)

Sperian Protection Deutschland GmbH & Co KG

Christofsstraße 5; D-55116 Mainz; Internet: www.sperian.com/de
Tel.: 06131 / 9066-499; Fax.: 06131 / 9066-446; eMail: info@germany@sperian.com
(Eigene Produkte)

UNIVET srl

Via Giovanni Prati, 87; I-25086 Rezzato; Italien; Internet: www.univet.it
Tel.: 0039 / 030 / 24994-11; Fax: 0039 / 030 / 24994-30; eMail: info@univet.it
(Eigene Produkte)

Bollé Protection

95 Rue Louis Guérin; F-69 100 Villeurbanne; France; Internet: www.bolle-safety.de
Tel : 0033 / 478 / 852364; Fax : 0033 / 478 / 852856; eMail : contact@bolle-safety.com
(Eigene Produkte)

NoIR Laser Company, LLC

6155 Pontiac Trail; South Lyon, Michigan, 48178; U S A; Internet: www.noirlaser.com
Tel.: 001 / 734 / 769-5565 Fax: 001 / 734 / 769-1708; eMail: david.bothner@noirlaser.com
(Eigene Produkte)

Anhang B

Der Anhang A ist sachlich übernommen aus DIN EN 207 „Persönlicher Augenschutz; Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“.

Empfehlung für die Verwendung von Laserschutzbrillen

Dieser Anhang gibt Empfehlungen für die Auswahl von Laserschutzbrillen entsprechend dem Lasertyp und den Einsatzbedingungen.

1 Laserarten

Hinsichtlich ihrer Betriebsdauer bzw. Impulslänge kann man verschiedene Laserarten unterscheiden. Die Grenzen zwischen den einzelnen Laserarten sind weder durch physikalische noch durch biologische Faktoren scharf zu ziehen und daher nur als Richtwerte anzusehen.

2 Bestimmung der Schutzstufe

2.1 Allgemeines

Bei den folgenden Berechnungen der Leistungs- oder Energiedichte ist der tatsächliche Strahldurchmesser (kleinster Kreis, der 63% der Laserleistung bzw. -energie enthält) zu verwenden. Bei nichtkreisförmigen Querschnitten ist analog zu verfahren und das kleinste Rechteck zu verwenden, das 63% der Laserleistung bzw. -energie enthält.

Bei divergenter Laserstrahlung (z.B. von Lichtwellenleiterenden oder Diodenlasern) kann der Strahldurchmesser in 10 cm Abstand vom Divergenzpunkt den Berechnungen der Leistungs- bzw. Energiedichte zugrunde gelegt werden.

2.2 Dauerstrichlaser (D)

Die Leistungsdichte E des Laserstrahls errechnet sich aus der Laserleistung P und dem Strahlquerschnitt (bzw. der Grenzfläche) A wie folgt:

$$E = \frac{P}{A}$$

Anschließend kann die erforderliche Schutzstufe aus der Spalte D der folgenden Tabelle, die der Wellenlänge des Lasers entspricht, entnommen werden. *Typische Pulsdauer* > 0,2 s.

Schutz- stufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei den Laserwellenlängen $\tau (\lambda)$	Maximale Energie- bzw. Leistungsdichte im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			über 315 nm bis 1.400 nm			über 1.400 nm bis 1.000 μm		
		Für die Laserbetriebsart / Betriebsdauer in s								
		D $\geq 3 \cdot 10^4$	I,R 10^{-9} bis $3 \cdot 10^4$	M $< 10^{-9}$	D $> 5 \cdot 10^4$	I,R 10^{-9} bis $5 \cdot 10^4$	M $< 10^{-9}$	D $> 0,1$	I,R 10^{-9} bis $0,1$	M $< 10^{-9}$
E W/m^2	H W/m^2	E W/m^2	E W/m^2	H W/m^2	E W/m^2	E W/m^2	H W/m^2	E W/m^2		
L1	10^{-1}	0,01	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	10^2	0,05	$5 \cdot 10^7$	10^4	10^3	10^{12}
L2	10^{-2}	0,1	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	10^3	0,5	$5 \cdot 10^8$	10^5	10^4	10^{13}
L3	10^{-3}	1	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{13}$	10^4	5	$5 \cdot 10^9$	10^6	10^5	10^{14}
L4	10^{-4}	10	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{14}$	10^5	50	$5 \cdot 10^{10}$	10^7	10^6	10^{15}
L5	10^{-5}	10^2	$3 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^{15}$	10^6	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^{11}$	10^8	10^7	10^{16}
L6	10^{-6}	10^3	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^{16}$	10^7	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{12}$	10^9	10^8	10^{17}
L7	10^{-7}	10^4	$3 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{17}$	10^8	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{13}$	10^{10}	10^9	10^{18}
L8	10^{-8}	10^5	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{18}$	10^9	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{14}$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
L9	10^{-9}	10^6	$3 \cdot 10^{10}$	$3 \cdot 10^{19}$	10^{10}	$5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^{15}$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
L10	10^{-10}	10^7	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	10^{11}	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^{16}$	10^{13}	10^{12}	10^{21}

Die Bedeutung der Symbole D, I, R und M kann den Abschnitten 2.2 bis 2.4 entnommen werden.

Tabelle: Schutzstufen und Verwendung der Laserschutzfilter bzw. Laserschutzbrillen

Anhang C

Der Anhang B ist sachlich übernommen aus DIN EN 208 „Persönlicher Augenschutz; Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laserjustierbrillen)“.

Empfehlung für die Verwendung von Laserjustierbrillen

Laserjustierbrillen werden für Justierarbeiten an Lasern im sichtbaren Spektralbereich zwischen 400 nm und 700 nm benutzt, bei denen man den Strahlverlauf sehen muss. Dies erlauben Brillen nach DIN EN 207 im allgemeinen nicht. Laserjustierbrillen dürfen jedoch nicht für einen bewussten Blick in den Laserstrahl verwendet werden. Für einen besseren Schutz bei derartigen Gefährdungen muss man Schutzbrillen benutzen, die den Anforderungen von DIN EN 207 entsprechen.

Bei Benutzung von Laserjustierbrillen ist das Auge, ähnlich wie bei Lasern der Klasse 2 (1 mW für Dauerstrichlaser), nur dann gegen Schäden aufgrund eines zufälligen, direkten Blicks in den Strahl geschützt, wenn sich das Lid innerhalb von 0,25 s schließt (Lidschlussreflex). Wenn dieser Reflex unterdrückt wird oder verzögert ist (medizinische Behandlung, Krankheit), ist dieser Schutz nicht mehr gewährleistet. Ist ein längerer Blick in den Strahl möglich, so sind Filter nach DIN EN 207 zu verwenden.

1 Dauerstrichlaser

Die bestimmungsgemäße Verwendung der Laserjustierbrillen bei Dauerstrichlasern fasst die 2. Spalte der folgenden Tabelle zusammen. Die angegebene Leistung bzw. Energie bezieht sich dabei auf Durchmesser des Laserbündels von maximal 7 mm. Ist das Laserbündel wesentlich größer, so kann bei der Auswahl der Bruchteil der Leistung zugrunde gelegt werden, der durch eine 7 mm-Blende fallen würde.

Schutzstufe	Maximale momentane Laserleistung für Dauerstrichlaser W	Maximale Energie für Impulslaser J
R 1	0,01	$2 \cdot 10^{-6}$
R 2	0,1	$2 \cdot 10^{-5}$
R 3	1	$2 \cdot 10^{-4}$
R 4	10	$2 \cdot 10^{-3}$
R 5	100	$2 \cdot 10^{-2}$

Tabelle: Verwendung von Laserjustierbrillen

Die Verwendung einer Laserjustierbrille höherer Schutzstufen, als nach der voranstehenden Tabelle erforderlich, verringert die Helligkeit der diffusen Streubilder.

Deshalb wird empfohlen, die Laserjustierbrillen sorgfältig nach dieser Tabelle auszuwählen.

2 Gepulste Laser

2.1 Allgemeines

Für gepulste und quasikontinuierliche Laser fordert DIN EN 60 825-1, dass für Zeiten unter 0,25 s die Grenzwerte der Klasse 1 eingehalten werden. Die bestimmungsgemäße Verwendung von Laserjustierbrillen bei Impulslasern mit Impulsdauern größer als $2 \cdot 10^{-4}$ s fasst die 3. Spalte der voranstehenden Tabelle zusammen.

2.2 Langsame Impulsfolgen (Frequenz unter $0,1 \text{ s}^{-1}$)

Für langsame Impulsfolgen und Impulslängen zwischen 10^{-9} s und $2 \cdot 10^{-4}$ s können die Filter nach Spalte 3 voranstehenden Tabelle ausgewählt werden.

2.3 Laser im Wellenlängenbereich zwischen 400 nm und 700 nm

Ist die Impulswiederholfrequenz des Lasers ν (in Hertz), dann ist die Gesamtzahl N der Impulse innerhalb der betrachteten Zeitbasis von 10 s

$$N = 10 \text{ s} \cdot \nu$$

Dann ist der Wert für die Energie Q mit $N^{1/4}$ zu multiplizieren:

$$Q' = Q \cdot N^{1/4}$$

Anschließend kann für Q' die erforderliche Schutzstufe aus der entsprechenden Spalte aus der voranstehenden Tabelle entnommen werden.

Ferner ist für alle Impulsfolgen die mittlere Leistung zu berechnen und die Schutzstufe aus der voranstehenden Tabelle abzulesen. Ergibt sich dabei eine höhere Schutzstufe, so ist diese zu verwenden.

3 Kennzeichnung

Auf der Fassung bzw. dem Filter muss sich folgende Kennzeichnung befinden:

