

TEIL 5

Lasersicherheit und Laserschutz

5. Teil

INHALTSVERZEICHNIS

5.1	SCHÄDIGUNGSMÖGLICHKEITEN DURCH LASERANWENDUNGEN	5-3
5.1.1	Personenschäden	5-5
5.1.1.1	Schäden am menschlichen Auge	5-5
5.1.1.2	Schäden an der Haut	5-8
5.1.1.3	Indirekte Personenschäden	5-9
5.1.2	Sachschäden	5-9
5.1.3.	Laserklassifizierung	5-11
5.2	LASERSCHUTZ	5-12
5.2.1	Laserschutzbereiche	5-12
5.2.2	Augenschutz	5-15
5.2.3	Hautschutz	5-15
5.2.4	Überprüfung der Lasereinrichtung	5-16
5.2.5	Sicherheitsbelehrung des Bedienung spersonals	5-16
5.3	PFLICHTEN DES LASERSCHUTZBEAUFTRAGTEN	5-18
5.4	WEITERFÜHRENDE LITERATUR	5-19

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Tab. 5.1	Zusammenstellung von Gesetzestexten, Verordnungen und Anweisungen Laserschutz.	5-3
Tab. 5.2	Einteilung des Lichtspektrums (CIE) in Bandbereiche	5-4
Abb. 5.3	Transmissionsvermögen der optisch klaren Augenmedien	5-6
Abb. 5.4	Verhalten verschiedener Laser am Auge	5-7
Tab. 5.5	Maximal zulässige Bestrahlungsstärken für einige medizinisch genutzte Laserarten (VDE 0837)	5-8
Abb. 5.6	Laserschädigungen an der Haut	5-9
Tab. 5.7	Indirekte Gefährdung durch Lasereinwirkung: Chemische Gefährdung	5-10
Tab. 5.8	Laserklassifizierung	5-11
Abb. 5.9	Laserklassifizierung in Abhängigkeit von emittierter Wellenlänge und Leistung	5-12
Abb. 5.10	Warnzeichen zur Kennzeichnung von medizinisch relevanten Laserschutzbereichen.	5-13
Abb. 5.11	Prinzipieller Aufbau eines Laserschutzbereiches	5-14

5.1 SCHÄDIGUNGSMÖGLICHKEITEN DURCH LASERANWENDUNGEN

Die hohe Leistungsdichte eng gebündelter Laserstrahlung kann zu erheblichen Schäden an Personen und Sachen führen, zu deren Vermeidung der Gesetzgeber, die Normenausschüsse und die Unfallversicherungsträger eine Reihe von Verordnungen, Normen und Anweisungen herausgegeben haben (Tab. 5.1), deren Einhaltung der Betreiber einer Lasereinrichtung oder ein vom ihm benannter Laserschutzbeauftragter zu überwachen haben (§ 6 MedGV). Wer dieser Sorgfaltspflicht nicht nachkommt, macht sich einer Ordnungswidrigkeit (§ 20 MedGV) oder einer Straftat (§ 21 MedGV) schuldig.

- (1) Gerätesicherheitsgesetz (GSG)
- (2) Verordnung über die Sicherheit medizinisch technischer Geräte (MedGV) vom 14.1.1985
- (3) Laserstrahlung - VBG 93 (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften; Sammlung von Einzel-Unfallverhütungsvorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaften).
- (4) Strahlungssicherheit von Laser-Einrichtungen (1)IN VDE 0837
- (5) VDE-Bestimmung für die elektrische Sicherheit von Lasergeräten und Laseranlagen (DIN 57836)
- (6) Sicherheitstechnische Anforderungen für Lern-, Lehr- und Ausbildungsmittel - Laser (DIN 58126)
- (7) Laserschutzfilter und Laserschutzbrillen (DIN 58215)
- (8) Laser-Justierbrillen (DIN 58219)
- (9) Leistungs- und Energiemeßgeräte für Laserstrahlung (IN 57835)
- (10) Durchführungsanweisungen zur Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung ~BG 93) vom 1. April 1988.

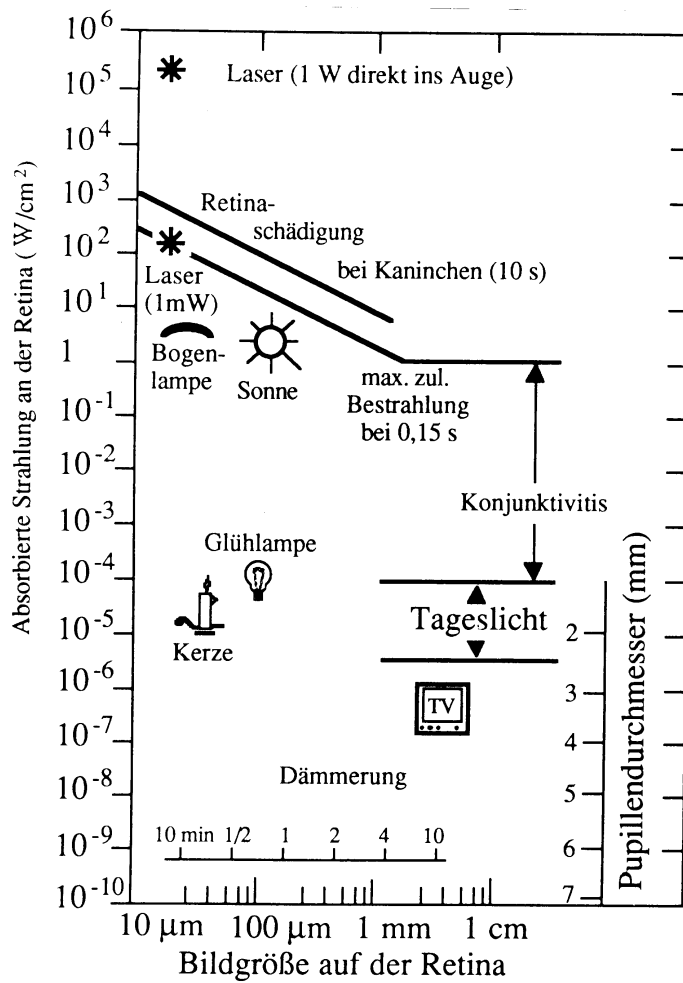
Tab. 5.1 Zusammenstellung von Gesetzestexten, Verordnungen und Anweisungen Laserschutz.

Die Möglichkeiten einer Schädigung von Personen und Sachen durch Lasereinwirkung sind abhängig von der Wellenlänge des emittierten Lichts (= Qualität der zugänglichen Strahlung). Für die Beschreibung möglicher Schäden ist es sinnvoll, das Lichtspektrum nach der Vorgabe der International Commission on Illumination (CIE) in 7 Bandbereiche einzuteilen:

Wellenlänge (nm)								
100	280	315	400	↔	760	1400	3000	10000
UV-C			UV-B	UV-A		IR-A	IR-B	IR-C
Ultraviolett				sichtbar		Infrarot		

Tab. 5.2 Einteilung des Lichtspektrums (CIE) in Bandbereiche

Diese grobe Einteilung trägt der unterschiedlichen biologischen Wirkung von Licht Rechnung, die ihrerseits auf der unterschiedlichen Eindringtiefe des Lichtes und der Absorptionscharakteristik der Biochromophore beruht. Dies hilft uns, die Schäden an Personen, die im wesentlichen das Auge und die Haut betreffen, besser zu verstehen.



5.1.1 Personenschäden

5.1.1.1 Schäden am menschlichen Auge

Das Auge ist das empfindlichste Target für schädigendes Laserlicht. Nach der Eindringtiefe durch die Augenmedien lassen sich 3 Klassen von Schädigungen unterscheiden:

- (a) Schäden an Hornhaut und Bindehaut (Keratokonjunktivitis) im UV-C, UV-B und im IR-C
- (1) Schäden an der Augenlinse (Katarakt) im UV-B, UV-A sowie im gesamten infraroten Bereich
- (c) Schäden an der Retina im gesamten sichtbaren Bereich und im IR-A.

Die Schäden an Hornhaut und Bindehaut (a) beruhen auf Laserlicht sehr geringer Eindringtiefe und zeigen sich wenige Stunden nach dem Strahlenunfall in Form einer sehr schmerzhaften Keratokonjunktivitis mit Rötung der Bindehaut zwischen den Augenlidern, starkem Tränenfluß, Lichtempfindlichkeit und dem subjektiven Gefühl, „Sand im Auge“ zu haben. Die Schmerzen auf der Hornhaut lassen sich in schwereren Fällen nur durch Gabe eines Lokalanästhetikums beherrschen. Die Erscheinungen entsprechen der „Schneebblindheit“ und den „Verblitzungen“ bei Schweißen ohne Augenschutz. Die starke Regenerationsfähigkeit des Hornhautepithels führt allerdings in der Regel zu einem Abklingen der Erscheinungen innerhalb von 2 Tagen. Im Gegensatz zu diesen UV-Strahlenschäden führt die Einwirkung von CO₂-Lasern im IR-C u.U. zu schweren irreversiblen Verbrennungen der Hornhaut, die nur operativ behandelbar sind.

Dauerschäden können sich bei Absorption der Laserenergie in der Augenlinse ergeben. Das Aktionsspektrum dieser Schäden ist bedingt durch den hohen Gehalt der Augenlinse an Tryptophan und deren Stoffwechselprodukten. Energiedichten im UV-B unter 10 J/cm² können reversible Linsentrübungen verursachen, die sich innerhalb einer Woche zurückbilden. Oberhalb dieser Grenzenergiedichte kommt es zu dauernden Trübungen von Hornhaut und Linse (Katarakt), die nur noch operativ behandelt werden können.

Schäden an der Retina können im gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich sowie im IR-A auftreten. Hier durchdringt das Licht die klaren Augenmedien ungehindert und wird dabei auf die Retina fokussiert, Dies führt zu einer erheblichen Erhöhung der lokalen Leistungsdichte, die natürlicher Weise nur durch Engstellen der Pupille und durch den Lidschlußreflex begrenzt werden kann. Man vergegenwärtige sich, daß normales Sehen bei Leistungsdichten von 10⁻³-10⁴ W/cm² erfolgt. Ein Laserstrahl eines sichtbaren Lasers der Leistung 1 mW zu einem auf die Retina fokussierten Bild von etwa 20 µm Durchmesser und damit zu einer lokalen Leistungsdichte von

250 W/cm². Die Schädigungsgrenze (MZB = maximale zulässige Bestrahlungsstärke) wird für Argon- und HeNe-Laser bei 1,8 mW und 1 sec. Einwirkungsdauer erreicht (s. Tab. 5.5). Hierbei wird eine lokale Leistungsdichte von nahezu 500 W/cm² erreicht. Oberhalb dieser Leistungsdichte führen im wesentlichen thermische Effekte zur Netzhautkoagulation. Im Bereich des zentralen Sehfeldes (Macula und Fovea) kommt es zum zentralen Skotom, das wegen mangelnder Regenerationsfähigkeit irreversibel ist und eine dauernde schwere Sehbehinderung nach sich zieht. Periphere Schäden an der Retina, die nicht direkt das zentrale Sehfeld treffen, werden oft kaum bemerkt.

Darüber hinaus kann die Einstrahlung gepulster Laser am Phasenübergang zwischen Linse und Glaskörper Plasmabildung und damit Zerreissungen der Linse und des Glaskörpers durch Schockwellen provozieren.

Diese Schädigungsmuster sind in Abb. 5.3 und 5.4 schematisch dargestellt.

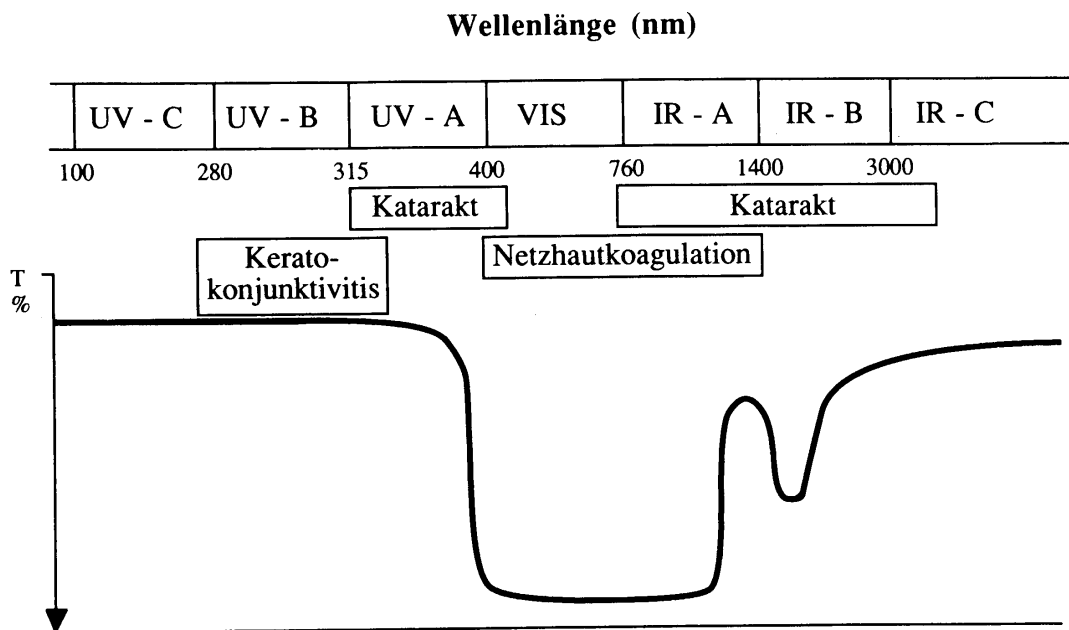
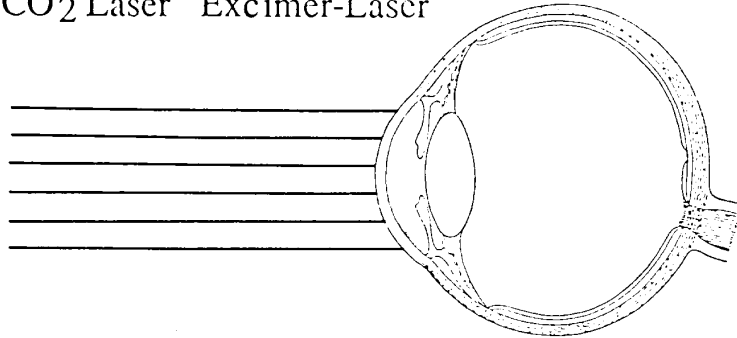


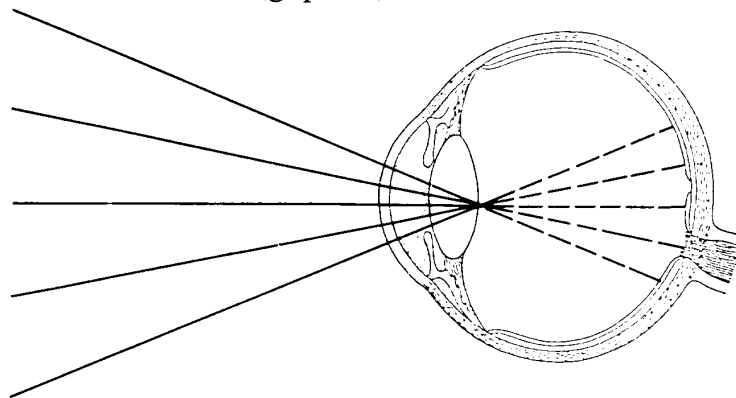
Abb. 5-3 Transmissionsvermögen der optisch klaren Augenmedien und Schädigungsmuster.

Gefährdungsarten

CO₂ Laser Excimer-Laser



Nd:YAG Laser (gepulst)



Argon Laser
Nd:YAG Laser (cw)

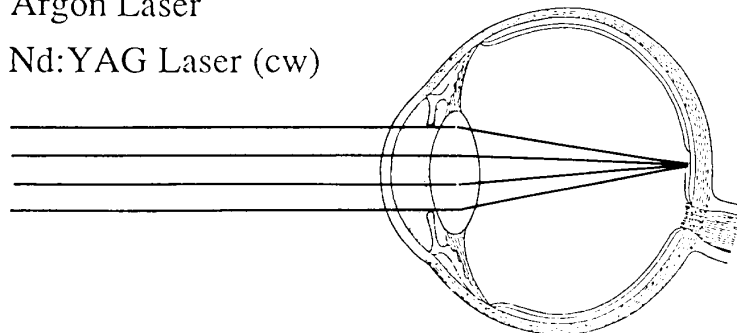


Abb. 5.4: Verhalten verschiedener Laser im Auge.

5.1.1.2 Schäden an der Haut

Schäden an der Haut sind gleichfalls von Wellenlänge und Leistungsdichte des Laserlichts abhängig (Abb. 5.6)

Im UV-C Bereich ist die Eindringtiefe bereits durch das Stratum corneum der Haut begrenzt, während UV-B bis in die oberste Epithelschicht eindringt. Beide Strahlenbereiche erzeugen mehr oder weniger ausgeprägte Hautrötungen (Erytheme), die bei intensiver Einwirkung mit Schwellungen, Blasenbildung und der Entstehung offener Wunden einher gehen können. Obwohl bisher im Laserbereich noch nicht eindeutig nachgewiesen, muß bedacht werden, daß besonders das UV-B an der Entstehung von Hautkrebs beteiligt sein kann (= mutagene Wirkung). Langzeitig können sich nach UV-C- und UV-B Einwirkung Pigmentflecken als Reaktion auf die Lasereinwirkung ausbilden.

UV-A, sichtbares Laserlicht und IR-A durchdringen die Epidermis und können u.U. durch das Corium bis in die Subcutis vordringen. Dies bedingt je nach Leistungsdichte und Einwirkungsdauer u.U. tief liegende schwere Verbrennungen bis zur Verkohlung von Hautgeweben. Auch bei geringen Leistungsdichten können nach Einnahme von Medikamenten (z.B. Tetracyclinen) im UV-A photoallergische Reaktionen auftreten.

Im IR-B und IR-C ist die Eindringtiefe durch Wasserabsorptionsbanden begrenzt. Gerade dadurch können aber beim Auftreffen von Laserlicht (Nd-YAG, CO₂-Laser) schwere Verbrennungen auftreten. Er-YAG-Laser (gepulst) setzen flache lochförmige Verbrennungen entsprechend dem Strahlquerschnitt. Sie emittieren im Maximum der Wasserabsorption.

Die maximal zulässigen Bestrahlungsstärken für einige der im medizinischen Bereich gebräuchlichen Laser gehen aus Tab. 5.5 hervor. Grundlage ist die Richtlinie VDE 0837 ((2) in Tab. 5.1). Man sollte sich - ähnlich wie bei der Betrachtung zu den Augenschäden - klarmachen, daß es sich hier um in der Praxis eben noch vertretbare Grenzwerte handelt, die im Schadensfall juristisch relevant werden können.

Laser Typ	Wellenlänge (nm)	max. zulässige Bestrahlung am Auge (MZB) gemäß VDE 0837		max. zulässige Bestrahlung an der Haut (MZB) gemäß VDE 0837	
		Leistungsdichte (W/cm ²)	Zeit (s)	Leistungsdichte (W/cm ²)	Zeit (s)
Argon	488-514,5	0,0018	1	1,1	1
Heijum-Neon	632,8	0,0018	1	1,1	1
Ga-Arsenid	910	0,0046	1	1,1	1
Nd:YAG	1064	0,0090	1	1,1	1
CO ₂	10600	0,56	1	0,56	1

Tab. 5.5 Maximal zulässige Bestrahlungsstärken für einige medizinisch genutzte Laserarten (VDE 0837)

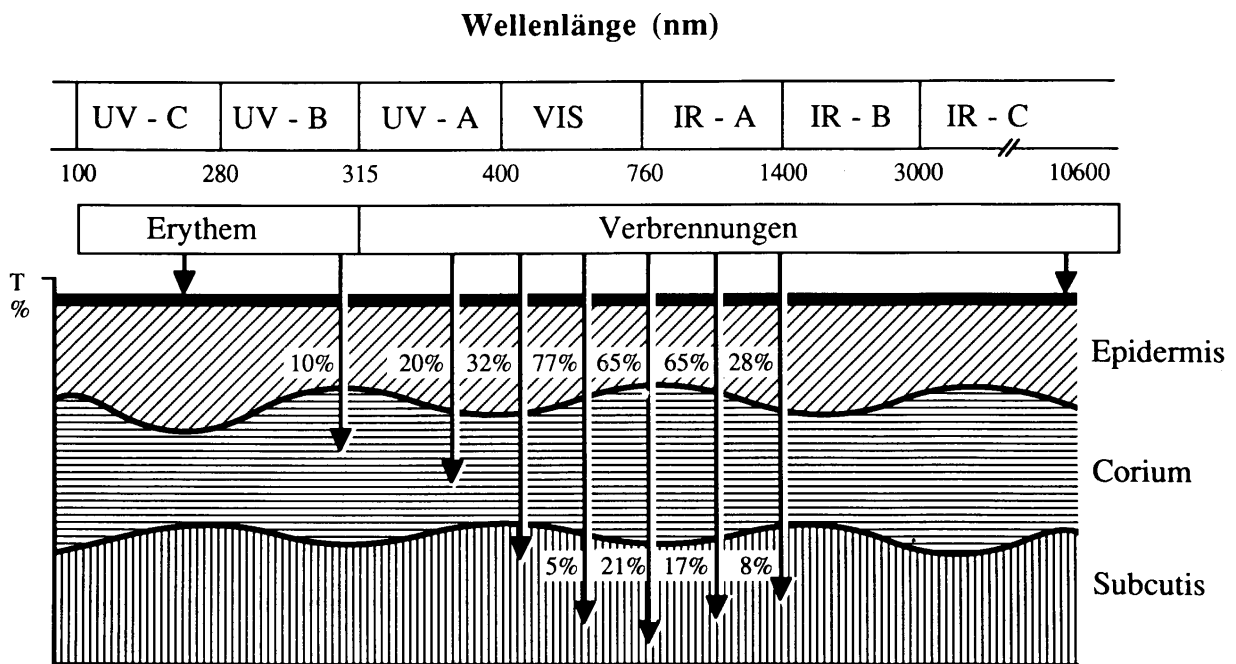


Abb. 5.6 Laserschädigungen an der Haut

5.1.1.3 Indirekte Personenschäden

Indirekte Personenschäden können bei Fehlfunktionen und bei Defekten am Laser und seiner Peripherie auftreten. Beim Betrieb von Farbstofflasern mit Zirkulationssystemen kommt es häufig zum Austritt von Farbstofflösungen, die nicht nur hautschädlich und atemschädigend sind, sondern zumeist cancerogene Farbstoffe enthalten. Hier ist besonders darauf zu achten, daß die Entsorgung solcher Farbstofflösungen nur durch fachkundiges Personal erfolgt. Ebenso ist die Betriebssicherheit von Hochspannungsspeisegeräten regelmäßig zu überprüfen, da sie eine häufige Unfallursache darstellen. Zerstörung der Laserröhre bei Gaslasern führt zum Auftreten giftiger Gase (Halogene bei Excimerlaser) oder zum Austritt hoch toxischer Stäube (Beryllium aus der Kathodenbeschichtung von Argonionenlasern). Der weitaus größte Anteil derartiger Schäden ist durch regelmäßige sicherheitstechnische Kontrollen (§11 MedGV) und durch sorgfältige Einweisung des Bedienungspersonals (§10 MedGV) vermeidbar.

5.1.2 Sachschäden

Sachschäden entstehen dann, wenn Laserlicht direkt oder indirekt auf schmelzbare oder entflammbare Materialien fällt und diese zerstört oder entzündet. Eine große Zahl von

Praxisbeispiele bietet die Unfallverhütungsvorschrift VGB 93 (Tab. 5.1; Nr. (9)). Die grundsätzliche Überlegung zur Vermeidung derartiger Schäden bezieht sich auf die Strahlführung der verwendeten Laser. Im Bereich des Laserstrahls dürfen keine brennbaren Gegenstände stehen, insbesondere solche aus Kunststoffen. Der Laserstrahl darf nicht auf entzündliche Gegenstände fallen, etwa Behälter mit Narkosemitteln. Energiereiche, gepulste Laser können aus Wandmaterialien Asbeststäube freisetzen, die langfristig cancerogen wirken können. Materialien, auf die der Laserstrahl fällt, können u.U. schmelzen, wobei reflektierende Schmelzen entstehen, die den Strahl in beliebige Richtungen reflektieren und so zu Personenschäden führen können. Gepulste Laser können Narkosegase zur Explosion bringen. Die Zerstörung von Kunststoffen (z.B. Teflon, PVC) führt zum Auftreten giftiger Gase und Dämpfe (Tab. 5.7).

<p>Lasermedium</p> <ul style="list-style-type: none">• Halogene (Excimer)• Farbstoffe + Lösungsmittel (Dye)• Abgase (CO₂)• Berylliumoxidstaub (Ar+) (Kathodensputtering) <p>Behandlung</p> <p>Pyrolyseprodukte</p> <ul style="list-style-type: none">• Nitrosamine• polyzyklische Kohlenwasserstoffe (Teerprodukte) <p>Kunststoffe z.B.: PMMA</p> <ul style="list-style-type: none">• Zyanwasserstoff• HCl + Monomere
--

Tab. 5.7 Indirekte Gefährdung durch Lasereinwirkung: chemische Gefährdung

5.1.3. Laserklassifizierung

Die geschilderten und aus der internationalen Praxis bekannten Schädigungsmuster haben zu einer Einteilung der Laser nach Gefahrenklassen geführt, die Handhabe für die Einhaltung von Schutzmaßnahmen bieten soll (Tab. 5.8; Abb. 5.9).

- 1. Klasse 1: Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich.**
- 2 Klasse 2: Die zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich [400 nm bis 700 nm]. Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 sec) ungefährlich für das Auge.**
- 3. Klasse 3 A: Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlungsquerschnitt durch optische Instrumente verkleinert wird. Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm) bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 sec), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.**
- 4. Klasse 3 B: Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut.**
- 5. 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- oder Explosionsgefahr verursachen.**

Tab. 5.8 Laserklassifizierung

Man beachte allerdings, daß diese Gefahrenklassifizierung für die *zugängliche* Laserstrahlung gilt. Insofern kann bei Wartungsarbeiten (z.B. Öffnen des Gehäuses eines Excimer-Laser gepumpten Farbstofflasers) eine Erhöhung der Gefährdung und damit der Gefahrenklasse eintreten, was zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen erforderlich machen kann. Weiter folgt aus der Tabelle 5.8, daß - abgesehen von HeNe-Ziellasern geringer Energie - alle medizinisch genutzten Laser zu den Gefahrenklassen 3b und 4 gehören und somit einen erheblichen Sicherheitsaufwand rechtfertigen. Eine Zusammenfassung der Laserklassifizierung im Schaubild gibt Abb. 5.9.

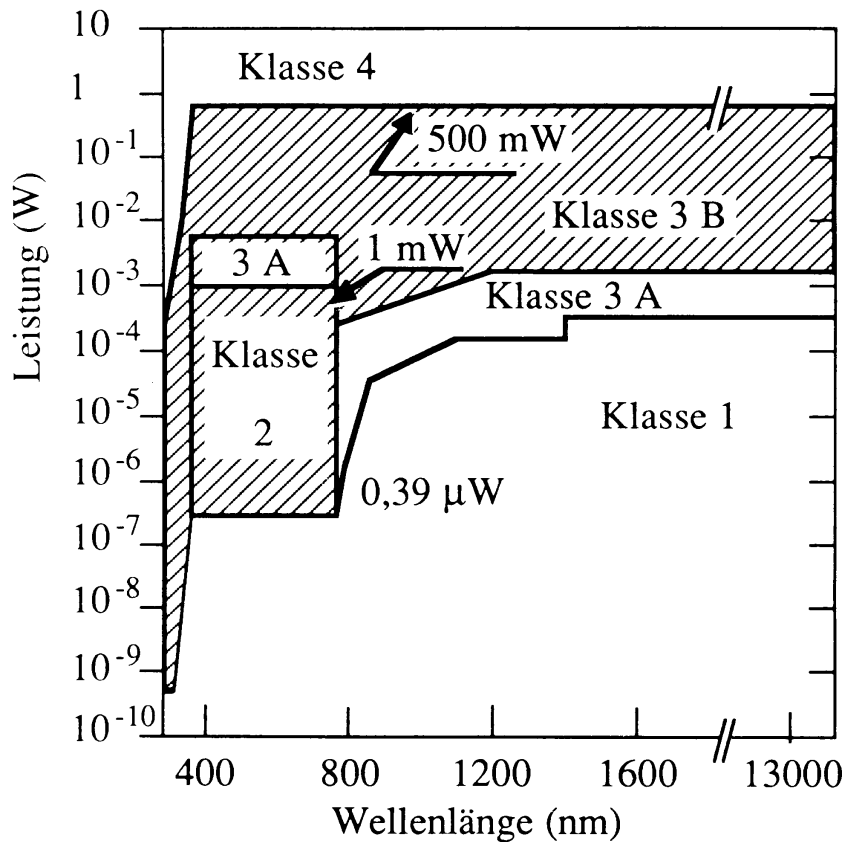


Abb.5.9 Laserklassifizierung in Abhängigkeit von emittierter Wellenlänge und Leistung

5.2 LASERSCHUTZ

5.2.1 Laserschutzbereiche

Aus dem bisher Gesagten ergeben sich die Notwendigkeit des Laserschutzes und zugleich bereits einige einfache Regeln für den Umgang mit Lasern.

Eine der wichtigsten Grundregeln ist es, daß

bei Inbetriebnahme eines Lasers Unbefugte den
Laserschutzbereich zu verlassen haben.

Diese einfachste Regel erlaubt es, rund 70% aller laserbedingten Unfälle auszuschließen. Insbesondere haben Kinder und Jugendliche - Ausnahmen für Ausbildungszwecke sind zulässig

und bedingen besondere Vorsichtsmaßnahmen [Tab. 5.1 Nr. (5)] - keinen Zutritt zu Laserschutzbereichen. Diese Regelung ist unbedingt einzuhalten und vom Betreiber einer Lasereinrichtung durch entsprechende Anordnungen durchzusetzen.

Voraussetzung dafür ist eine ausreichende Kennzeichnung des Laserschutzbereiche und das Vorhandensein von optischen Warnsignalen, die die Betriebsbereitschaft des Lasers anzeigen. Entsprechend normierte Warnzeichen sind Vorschrift (VBG93 *Crab.5. 1 -Nr.8 -§7* und Anhang 3 zur Durchführungsverordnung der VBG 93). Für die medizinisch relevanten Laser gilt Abb. 5.10.

Laser Klasse 3B

a) sichtbare Laserstrahlung



b) unsichtbare Laserstrahlung



Laser Klasse 4

a) sichtbare Laserstrahlung



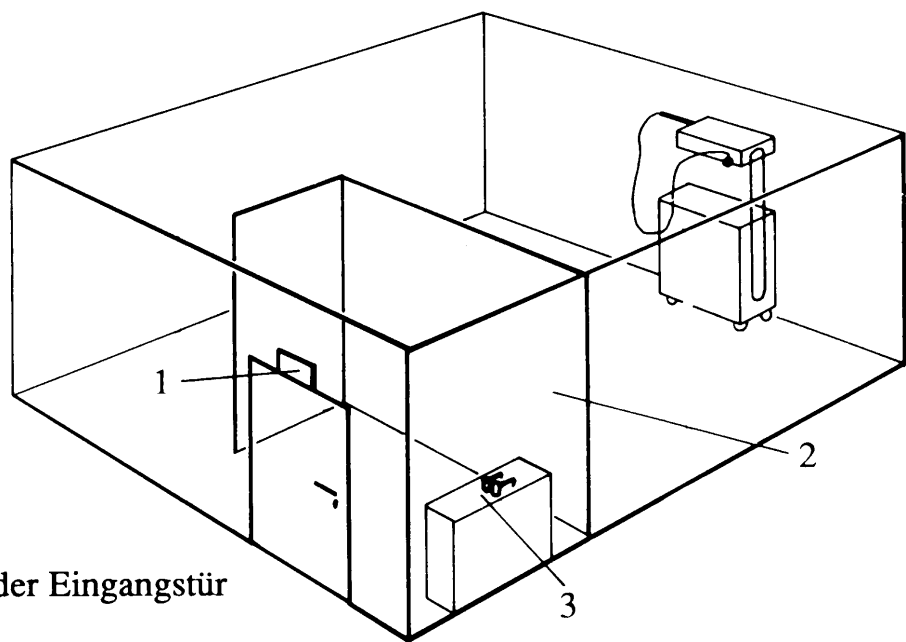
b) unsichtbare Laserstrahlung



I

Abb. 5.10 Warnzeichen zur Kennzeichnung von medizinisch relevanten Laserschutzbereichen.

Weiter sind Laserschutzbereiche von vornherein baulich so auszulegen, daß direkte Strahleffekte ebenso wie indirekte Lasereffekte (Reflexe, Dämpfe, Rauch, Gase) innerhalb des Schutzbereiches verbleiben und abgefangen werden. Bewährt hat sich eine Aufteilung in den eigentlichen Laserbetriebsraum und einen Vorraum mit Abtrennung durch nicht brennbare Wände oder Vorhänge mit entsprechender Abluft für chemische Noxen. Ein solcher Bereich ist vom eigentlichen Verkehrsbereich abzutrennen. Hierfür gibt VGB 93 eindrucksvolle Beispiele. Die baulichen Voraussetzungen veranschaulicht Abb. 5.11.



- 1 - Warnleuchte an der Eingangstür
- 2 - Schutzvorhang, trennt Eingangszone vom eigentlichen Laserschutzbereich
- 3 - Depot für Laserschutzbrillen

Abb. 5.11 Prinzipieller Aufbau eines Laserschutzbereiches.

Auch innerhalb der Laserschutzbereiche ist durch bauliche und organisatorische Maßnahmen ein größtmöglicher Schutz für das dort beschäftigte Personal zu erreichen. Dies gilt z.B. für die Struktur der Wände, etwa Kachelungen im OP-Bereich, die außerordentlich unterschiedliches Reflexionsvermögen für die jeweilige Laserstrahlung besitzen können: eine Kachelung, die sichtbare Wellenlängen kaum reflektiert, kann ausgezeichnetes Reflexionsvermögen für IR-Laser besitzen.

5.2.2 Augenschutz

Augenschutz kann bereits durch geeignete Führung des Laserstrahls weitgehend verwirklicht werden. Besonderes in Forschungslaboratorien empfiehlt es sich, soweit möglich die Strahlführung durch Glas- oder durchsichtige Kunststoffrohre zu ummanteln, so daß bei weiträumiger Strahlführung ein direkter Kontakt mit dem Laserstrahl nicht möglich ist. Vorgeschrieben ist die Benutzung von Laserschutzbrillen für alle medizinisch relevanten Laser (VGB 93 §8, Abs.2). Derartige Schutzbrillen enthalten im einfachsten Falle Filtergläser mit der Eigenschaft von Kantenfiltern, die je nach Schutzklasse das auftreffende Licht um den Faktor 10^{-1} - 10^{-11} herabsetzen [Tab. 5.1 Nr.(7)]. Besondere Konstruktionen sind für gepulste Laser notwendig, da bei direkten Auftreffen des Laserstrahls u.U. das Schutzglas zerstört wird. Hierfür werden Schutzbrillen, bestehend aus mehreren hintereinander geschalteten Gläser und Splitterschutz aus Kunststoff benötigt. Wichtig ist ein exakter Sitz der Laserschutzbrille, der gewährleistet, daß nicht seitlich einstrahlende Laserreflexe an der Brille reflektiert werden und so das Auge erreichen. Alle Laserschutzbrillen haben den Nachteil, daß im sichtbaren Bereich Laserreflexe nicht gesehen werden können. Für die Justage von Lasern sind besondere Justierbrillen entwickelt und normiert worden [Tab. 5.1 Nr. (8)]. Diese Justierbrillen gewährleisten keinen wirksamen Augenschutz. Berechnungsgrundlagen für Laserschutzbrillen liefert die Durchführungsanweisung zur VGB 93 [Tab. 5.1 Nr. (9)]. Laserschutzbrillen müssen so aufbewahrt werden und so zugänglich sein, daß sie jederzeit vor Betreten des eigentlichen Schutzbereiches angelegt werden können [Abb. 5.11 Nr. (3)].

5.2.3 Hautschutz

Über eine geeignete Laserschutzkleidung im medizinischen Bereich existieren keine bindenden Vorschriften. Dennoch verlangt VGB 93 §8 Abs.2 beim Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3b und 4, daß der Betreiber dem Personal Schutzkleidung zur Verfügung stellt. Im wesentlichen sollte derartige Schutzkleidung die Einwirkung von UV-B verhindern und nicht brennbar sein. Bei Operationen sollten Schutzhandschuhe aus nicht brennbarem Material getragen werden. Schutzkleidung sollte genügend dick sein, um thermischen Einwirkungen zu widerstehen.

5.2.4 Überprüfung der Lasereinrichtung

Bei Inbetriebnahme ist der Benutzer einer Lasereinrichtung verpflichtet, sich von der Funktionssicherheit des Lasergeräts und seiner Peripherie, insbesondere auch der Sicherheit in der Strahlführung und der Schutzfunktionen zu überzeugen (§9, §11 Med GV). Dies gilt nicht nur für die Erst-Inbetriebnahme, sondern grundsätzlich für jede Inbetriebnahme einer Lasereinrichtung. Diese Vorsichtsmaßnahme beugt vor allem Hochspannungsunfällen und Unfällen durch Auftreffen des Laserstrahls auf unabsichtlich in dessen Bereich stehende Materialien, Geräte, reflektierende Oberflächen usw. vor. Medizinische Lasergeräte sind in der Regel mit Sicherheitsfunktionen (Blendeschalter am Handstück, Fußschalter) ausgestattet, so daß der Austritt des Laserstrahls nur kontrolliert erfolgen kann. Derartige Schutzvorrichtungen müssen vor Freigabe des Lasers überprüft werden. Ebenso ist zu überprüfen, ob eine Absaugung von Gasen, Dämpfen oder Rauch, die beim Betrieb des Lasers oder bei seiner Anwendung entstehen, ordnungsgemäß funktioniert.

5.2.5 Sicherheitsbelehrung des Bedienungspersonals

Wesentliche Voraussetzung für die Einhaltung der notwendigen Sicherheitsbestimmungen und für einen sachgerechten Umgang mit den Lasereinrichtungen ist eine eingehende Belehrung aller Personen, die Zugang zu einem Laserschutzbereich haben. Dies dient ebenso der eigenen Sicherheit wie der Sicherheit außerhalb des Laserschutzbereichs (§10 MedGV Abs. 1). Werden Laser als Teil einer Gerätekombination benutzt, so muß jeder Benutzer in die gesamte Gerätekombinationen eingewiesen werden (§10 MedGV Abs. 2).

5.3 PFLICHTEN DES LASERSCHUTZBEAUFTRAGTEN

Prinzipiell ist für die Einhaltung der gültigen Bestimmungen beim Benutzen von Lasern der Betreiber der Lasereinrichtung verantwortlich (z.B. Krankenhausträger, Verwaltung einer Forschungseinrichtung oder Hochschule). Diese Funktionen können einem Laserschutzbeauftragten übertragen werden. Dieser übernimmt zugleich mit dem Amt auch wesentliche persönliche Verantwortung für diesen Bereich und ist im Einzelfalle für ein Versagen persönlich haftbar.

Der Laserschutzbeauftragte hat im Auftrag und in Einvernehmen mit dem Betreiber der Lasereinrichtung:

- (1) die Einrichtung und Abgrenzung von Laserschutzbereichen anzuordnen und zu überwachen;
- (2) den Personen- und Sachschutz innerhalb des Schutzbereichs sicherzustellen, die Einhaltung der Sicherheitsvorschriften zu überwachen und den jeweiligen Bedürfnissen des Anwenders anzupassen;
- (3) die Funktionsfähigkeit des Lasers und seiner Peripherie, insbesondere seiner Sicherheitsfunktionen laufend zu überwachen;
- (4) im Schutzbereich tätige Personen regelmäßig über die Maßnahmen zum Laserschutz zu belehren und im Einzelfall in die speziellen Gegebenheiten eines Schutzbereiches einzuweisen;
- (5) den Betreiber der Lasereinrichtungen bezüglich der Sicherheitsaspekte zu beraten.

Vor Übernahme einer solchen Funktion sollte eine vertragliche Regelung angestrebt werden, die dem Laserschutzbeauftragten entsprechende Weisungsbefugnisse überträgt. Nur so kann er diese Aufgabe wirkungsvoll und verantwortlich übernehmen.

Ebenso empfiehlt sich eine vertragliche Regelung der Haftungsverhältnisse. Im Falle eines Laserunfalles ist der Laserschutzbeauftragte dem Betreiber wie auch der öffentlichen Hand gegenüber verantwortlich und kann im Einzelfalle wegen einer Ordnungswidrigkeit (§ 20 MedGV) oder einer Straftat (§ 21 MedGV) belangt werden. Eine regelmäßige Dokumentation aller Betriebsvorfälle, insbesondere auch der Laserschutzbelehrungen und der Hinweise an die Benutzer und Betreiber der Lasereinrichtung ist daher vorgeschrieben.

5.4 WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- Sliney D., Wolbarsht M. (1985): Safety with Lasers and Other Optical Sources. Plenum Press: New York, London 1985.
- Berlien H.P., Müller G. (1994): Angewandte Lasermedizin. Bd2, Abschnitt IV. Sicherheitsaspekte. ecomed Berlin 1994.