



## Betrieb von Laser-Einrichtungen für medizinische und kosmetische Anwendungen

Ausgabe Stand: 15.11.2009

## **Inhaltsverzeichnis:**

Seite

### **Vorbemerkung**

<b>1</b>	Anwendungsbereich und Vorbemerkung
<b>2</b>	Allgemeines - Einführung Laserstrahlungsquellen
<b>3</b>	Begriffsbestimmungen
<b>4</b>	Regelungen und Vorschriften
<b>5</b>	Gefährdungen durch Laserstrahlung auf Augen und Haut
<b>6</b>	Schutzziele und Schutzmaßnahmen

Anhang 1	Begriffe - Glossar
Anhang 2	Beispiel : Einsatz von Laser-Warnleuchten
Anhang 3	Wichtige Punkte für eine Betriebsanweisung
Anhang 4	Einsatz von Low-Intensiv-Level-Lasern zur Biostimulation
Anhang 5	Laseranzeige gemäß BGV B2
Anhang 6	Prüfungen von Laseranlagen
Anhang 7	Aufgaben und Stellung des Laserschutzbeauftragten im Gesundheitsdienst
Anhang 8	Literatur
Anhang 9	Bezugsquellenverzeichnis

Diese Fachausschuss-Information enthält Hinweise und Empfehlungen, die die Anwendung von Regelungen zu einem bestimmten Sachgebiet oder Sachverhalt erleichtern sollen. Sie geben eine fachliche Information.

Diese Fachausschuss -Information wurde erarbeitet vom Sachgebiet „Laserstrahlung“ im Fachausschuss Elektrotechnik der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) in Zusammenarbeit mit dem DIN NA 027-01-18-04 AK / DKE GAK 812.0.1/O 18 AK 2 Laser in der Medizin.

## **1. Anwendungsbereich und Vorbemerkung**

Die vorliegende Fachausschuss -Information beschreibt Aspekte der Gefährdungen bei der Anwendung der Laser in der Medizin (Mensch und Tier) und im Bereich der Kosmetik.

Adressat ist primär der Unternehmer, aber auch der Arzt, Anwender und sonstige interessierte Personen (z. B. Technische Aufsicht und Beratung, Architekten, Planer, Sicherheitsfachkräfte, Laserschutzbeauftragte). Es werden Fachausschuss -Informationen zu den Gefährdungen und zu den Schutzmaßnahmen gegeben.

Die Benutzung von Lasern setzt einen hohen Wissensstand, sowie eine gründliche Unterrichtung der Betroffenen voraus. Diese Fachausschuss-Information ergänzt die bestehenden Regelungen der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B 2/ GUV-V B 2).

Diese Fachausschuss -Information befasst sich nicht mit medizinischen oder kosmetischen Anwendungen von inkohärenter optischer Strahlung (Nicht-Laserstrahlung).

Hinweis:

Neben Lasern werden seit einiger Zeit auch „hochenergetische Blitzlampen“ („HBL“) eingesetzt. Diese werden in der Fachausschuss -Information FA ET-003 behandelt. Beider Gefährdungsbeurteilung und der Auswahl der Schutzmaßnahmen für diese Anwendungen sind nicht die Strahlungsgrenzwerte (MZB-Werte) der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B 2/GUV-V B 2) sondern die Expositionsgrenzwerte der BG-Information „Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung“ (BGI 5006) bzw. der noch nicht in deutsches Recht umgesetzten EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“ anzuwenden.

## 2. Allgemeines - Einführung Laserstrahlungsquellen

Die meisten Lasertypen arbeiten bei bestimmten Wellenlängen, die in erster Linie vom Lasermedium abhängen und in zweiter Linie von der Konstruktion des optischen Resonators. Die Wellenlänge zu wechseln bedeutet normalerweise den Übergang zu einem anderen Lasersystem, jedoch gestatten es z. B. Farbstofflaser und einige Festkörperlaser, verschiedene Wellenlängen einzustellen. Darüber hinaus gibt es einige Lasertypen, die mehrere Wellenlängen gleichzeitig abstrahlen oder einen breiten Emissionsbereich wie z. B. bei den Ultrakurzpulslasern aufweisen. Die üblicherweise eingesetzten Laser reichen vom CO<sub>2</sub>-Laser (10600 nm) mit einer Strahlung im mittleren Infrarot (MIR) bis zu Excimer-Lasern (unter 400 nm) im Ultravioletten (UV).

Die Ausgangsleistung von Dauerstrichlasern für medizinische und kosmetische Anwendungen reicht von einigen Milliwatt bis zu Vielfachen von 100 Watt. Impulslaser haben Energien von einigen Millijoule bis zu vielen Joule pro Einzelimpuls. Damit sind momentane Impulsspitzenleistungen bis zu mehreren Gigawatt verbunden.

Die Wirkung der Laserstrahlung auf verschiedene Gewebe hängt von einer Reihe von Parametern ab, von denen die folgenden wesentliche Bedeutung haben:

- Wellenlänge(n) der emittierten Strahlung (einige Laser haben mehr als eine Wellenlänge),
- kontinuierliche oder impulsförmige Emission,
- Impulsdauer,
- Impulswiederholfrequenz und
- Art der Impulserzeugung (z. B. Modenkopplung, Güteschaltung).

Eine Übersicht über die verschiedenen Lasertypen und ihre biologische Wirkung ist in Abschnitt 5.1 zu finden.

### 3. Begriffsbestimmungen

**Im Folgenden sind einige wichtige Definitionen aufgeführt. Weitere Begriffe sind im Glossar (Anhang 1) angegeben.**

- 3.1 **Laser-Einrichtungen** sind Geräte, Anlagen oder Versuchsaufbauten, mit denen Laserstrahlung erzeugt, übertragen oder angewendet wird.
- 3.2 **Laser-Strahlung** ist jede elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Bereich zwischen 100 nm und 1 mm, die als Ergebnis kontrollierter stimulierter Emission entsteht.
- 3.3 Der **Laserbereich** ist der Bereich, in welchem die Werte für die maximal zulässige Bestrahlung (MZB, gegeben als Bestrahlung oder Bestrahlungsstärke -siehe BGV B 2/GUV-V B 2) überschritten werden können.

#### 4. Regelungen und Vorschriften

Für den Betrieb von Lasern ist insbesondere folgendes Vorschriften- und Regelwerk zu beachten:

1	GPSG	Gesetz über technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte
2	ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
3	MPG	Medizinprodukte-Gesetz
4	PSA-BV	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit
5	MP BetreibV	Medizinprodukte-Betreiberverordnung
6	BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
7	BGV B2/GUV-V B2	Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ mit Durchführungsanweisung (DA)
8	BGI 5092	Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen
9	BGR 192/GUV-R 192	Auswahl von Augen- und Gesichtsschutz
10	DIN EN 207	Persönlicher Augenschutz, Filter und Augenschutz gegen Laserstrahlung (Laser-Schutzbrillen)
11	DIN EN 208	Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justier-Brillen)
12	DIN EN 12254	Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung
13	DIN EN 60825 -1 (VDE 0837 Teil 1)	Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen
14	DIN EN 60825 - 4 (VDE 0837 Teil 4)	Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 4: Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen
15	DIN EN 61040 (VDE 0835)	Empfänger, Messgeräte und Anlagen zur Messung von Leistung und Energie von Laserstrahlen
16	DIN 60601-2-22 Beiblatt 1	Sicherheit von Lasereinrichtungen Leitfaden für die sichere Anwendung von Laserstrahlung am Menschen

## 5. Gefährdungen durch Laserstrahlung auf Augen und Haut

### 5.1 Laser-Gewebe-Wirkungen

Laserstrahlung kann auf biologischem Gewebe unterschiedliche Effekte hervorrufen, die von verschiedenen Parametern des Lasers wie der Wellenlänge, der Expositionsdauer und der Leistungsdichte/ Bestrahlungsstärke abhängen.

Die Wechselwirkungen lassen sich in photochemische, thermische und nichtlineare Wirkungen unterteilen.

#### **Photochemische Wirkungen:**

(Laser-) Licht kann in bestimmten Geweben photochemisch Veränderungen hervorrufen: z. B. photoinduzierte Isomerisierung (Konformitätsänderung von Bilirubin), photoinduzierte Dissoziation (Hydroxylradikalbildung) oder die Photosynthese von Pflanzen.

Die Biomodulation (Biostimulation) postuliert nichthermischen Photoeffekte in biologischem Gewebe.

#### **Thermische Wirkungen:**

Verdampfen (Schneiden) und Koagulieren von Gewebe beruhen auf thermischen Prozessen. Verschiedene thermische Wirkungen sind abhängig von der durch die Laserstrahlung erreichten Gewebe-Temperatur und deren Dauer. Je nach optischer Gewebeeigenschaft bei der entsprechenden Laserwellenlänge können die Temperaturen im Gewebe mit unterschiedlichen Leistungsdichten und Bestrahlungsdauern erreicht werden (siehe Tabelle 1).

37 °	keine irreversiblen Gewebeschäden
40 - 45 °	Enzyminduktion, Ödembildung, Zelltod (lange Einwirkung)
60 °	Proteindenaturierung, beginnende Koagulation und Nekrose
80 °	Kollagen-denaturierung, Zell-Membran-defekte
100 °	Austrocknung
> 150 °	Karbonisierung
> 300 °	Verdampfung, besser Übergang in die Dampf- bzw. Gasphase

**Tabelle 1:** Temperaturabhängige Wirkung

Mit der Erhitzung verändern sich die Gewebeeigenschaften. Bei der Karbonisation wird die Laserstrahlung vermehrt absorbiert und es werden schnell höhere Temperaturen erreicht. Bei der Austrocknung wird die Wärmeleitung stark abgeschwächt und es kann sich ein Wärmestau bilden.

Wichtige thermisch wirkende Laser sind z. B. der CO<sub>2</sub>-Laser, der Nd:YAG-Laser (CW und 2f-Nd:YAG) und der Argon-Ionen-Laser.

### **Nichtlineare Wirkungen**

In Abhängigkeit von Impulsdauer und Leistungsdichte ergeben sich weitere Effekte wie Photoablation und Photoionisation.

Impulsdauern von Mikrosekunden können Lasergewebe auf über 1000 °C aufheizen, was zur Plasmaausdehnung bis zum mehrfachen der Schallgeschwindigkeit führt und damit eine Schockwelle mit mechanischen Kräften auslöst. Anwendung: Laserlithotripsie = Entfernen von Nierensteinen, Plastische Chirurgie (Zerstörung von Feuermalen).

Bei Anwendung sehr hoher Leistungsdichten (ca.  $10^{11}$  W/cm<sup>2</sup> - typisch bei Impulsdauern von Nanosekunden) wird durch die sehr hohe elektrische Feldstärke der Laserstrahlung ( $10^9$  V/m) Materie ionisiert, was zum sog. „optischen Durchbruch“ (Plasmabildung) und zu mechanischen Schockwellen (Photodisruption) (Ophthalmologie, Nachstarmembranentfernung) führt.

Der zeitliche Verlauf der Strahlung ist für die Wirkung auf Auge und Haut von Bedeutung.

- Kontinuierliche, getaktete bis hin zu gepulster Strahlung bis in den Mikrosekundenbereich schädigt vornehmlich durch thermische Einwirkung,
- kurzgepulste Strahlung mit Pulsen von Nanosekunden und kürzer bewirkt sekundäre akustische bzw. mechanische Einflüsse bis hin zu direkten physikochemischen Molekülveränderungen durch Desorption (Excimer-Hornhautchirurgie).
- bei Ultrakurzgepulster Strahlung (Piko- und Femtosekundenlaser) treten in der Regel keine Schockwellen mehr auf, sondern je nach Energie direkte Veränderungen durch sog. Multiphotonenprozesse. Das heißt, dass im Gewebe Reaktionen ausgelöst werden, die sonst nur durch kurze Wellenlängen wie Blau oder UV-Licht erreicht werden. Ferner können solche Laser kurzweilige Sekundärstrahlung erzeugen. Zurzeit befinden sich derartige Laser noch in der Erforschung, jedoch ist in naher Zukunft mit einem klinischen Einsatz zu rechnen.

Die Wirkung auf Augen und Haut ist in Tabelle 2 und Laserstrahl-Wechselwirkung ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Wellenlängenbereich		Wirkung auf die Augen	Wirkung auf die Haut
100 - 315 nm	UV	Hornhautentzündung	Sonnenbrand, beschleunigte Alterung, Hautkrebs
315 - 400 nm		Linsentrübung	verstärkte Pigmentierung, Hautkrebs
400 - 700 nm	VIS	Verletzung der Netzhaut	2f-Nd:YAG-Laser; Dioden-Laser
700 - 1400 nm	IR	Linsentrübung, Verletzung der Netzhaut	Pigmentierung, Verbrennungen
1400 - 3000 nm		Linsentrübung, Verbrennung der Hornhaut	Verbrennungen
3000 nm - 1 mm		Verbrennung der Hornhaut	
			Excimer-Laser
			Nd:YAG-Laser
			Dioden-Laser
			Holmium-, Erbium-Laser
			CO <sub>2</sub> - Laser

Tabelle 2: Übersicht und Wirkung der verschiedenen Wellenlängen

## Laserstrahl

(Wellenlänge, Leistung-, CW, gepulst- Pulsform, Repetitionsrate)

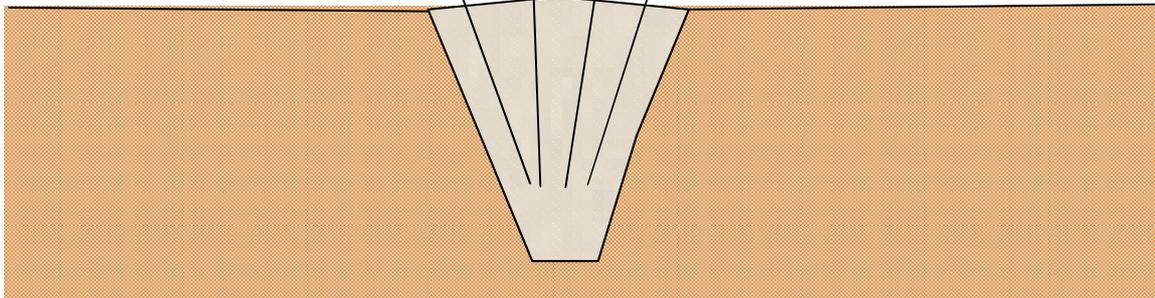
- 1) Ankopplung des Laserstrahls an die Gewebeoberfläche (Absorption des im Gewebe, Absorption des Dampfes der Strahlung innerhalb des Dampfes)
- 2) Umwandlung des Gewebes durch die eingestrahlte Energie (Erwärmung, Verdampfung, Ionisierung, mechanische Zerstörung)
- 3) Auswurf der vom Gewebe abgelösten Materie (Konvektion, Wärmeleitung, Kondensation)

### Umgebendes Medium

Luft, Wasser, Blut

### Abbrand

(Abhängig von Temperatur, Strömungsverhalten, Absorptions-Koeffizient, Fokussierende Eigenschaften)



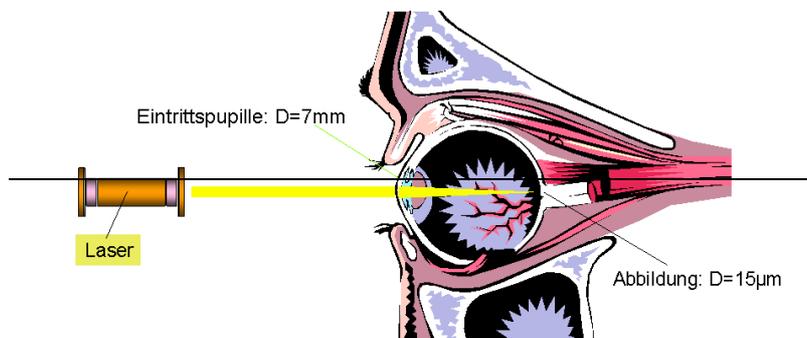
**Gewebe** (Absorptions-Koeffizient, Wärmeleitfähigkeit)

**Abbildung 1: Schematische Darstellung der Wirkung von Laserstrahlung auf Gewebe**

## 5.2 Wirkung auf die Augen

Die Netzhaut des Auges ist besonders durch Laserstrahlung mit Wellenlängen im sichtbaren und nah-infraroten Spektralbereich (zwischen 400 nm und 1400 nm) gefährdet. Dieser hohe Gefährdungsgrad ergibt sich durch die Durchlässigkeit der Augenmedien in diesem Wellenlängenbereich und durch die Fokussierung der Strahlung auf die Netzhaut. Durch die Fokussierung kann die Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut um das 500000-fache höher sein als die Bestrahlungsstärke, die auf der Hornhaut vorliegt (siehe Abb. 2).

Medizinische Laser, wie z. B. Nd:YAG oder Argon-Ionenlaser, stellen daher eine potentielle Gefahr für das Augenlicht sowohl bei direkter Bestrahlung als auch bei spiegelnder Reflexion von ebenen Flächen dar. Darüber hinaus kann bei medizinischen Lasern aller Wellenlängen auch das Betrachten von diffusen Reflexionen von rauen Oberflächen gefährlich sein.



**Abbildung 2: Laserstrahlengang im Auge (schematisch)**

Die Wärme, die bei Bestrahlung im Gewebe der Netzhaut entsteht, kann schon bei kurzen Bestrahlungsdauern zu irreversiblen Schäden führen. Die Schädigung ist zum einen von der durch die Pupille durchtretenden Strahlungsenergie, sowie zum anderen von der Laserwellenlänge, der Transmission durch die Augenmedien, der Bestrahlungsdauer und der Größe der Abbildung auf der Netzhaut abhängig. Es ist deshalb schwierig, einen exakten Grenzwert für eine Schädigung festzulegen. Im Gegensatz zu anderen Arten von Gewebe, bei denen bei sehr kleinen Läsionen keine bedeutenden Funktionsstörungen zu erwarten sind, kann es bei Schädigungen der Netzhaut zu einem irreversiblen Verlust des zentralen Sehvermögens kommen.

Strahlung mit Wellenlängen größer als 1400 nm wird in den vorderen Augenmedien (Hornhaut und Kammerwasser) absorbiert, über 3000 nm gilt die Hornhaut als alleiniges absorbierendes Medium. Wärme, die z. B. durch einen CO<sub>2</sub>-Laser in den vorderen Augenmedien erzeugt wird, kann zu angrenzendem Gewebe geleitet werden und auch dort einen thermischen Schaden verursachen. Ein chirurgischer CO<sub>2</sub>-Laser vermag die Oberfläche von Gewebe zu verdampfen bzw. kann zur Perforation der Hornhaut führen.

Je nach Wellenlänge der Laserstrahlung können auch andere Teile des Auges verletzt werden.

Der ultraviolette Wellenlängenbereich wird in drei Bereiche unterteilt, die mit verschiedenen biologischen Vorgängen in Verbindung stehen: UV-A (315 nm bis 400 nm) wird in der Linse von Erwachsenen stark absorbiert. Die schädigende Wirkung der Bestrahlung kann auch erst nach mehreren Jahren offenbar werden (kleine Trübungen können sich in der Linse bilden, welche erst nach einiger Zeit klinisch signifikant werden). UV-B (280 nm bis 315 nm) und UV-C (100 nm bis 280 nm) werden hauptsächlich durch die Hornhaut und Bindehaut absorbiert, was zur Entzündung der Hornhaut (Photokeratitis) und der Bindehaut (Photokonjunktivitis) führen kann.

Bei der Einwirkung von UV-Strahlung sind besonders Personen ohne natürliche Augenlinse und photosensible Personen (z. B. bei Medikamenteneinnahme) gefährdet.

### **5.3 Primäre Wirkung auf die Haut**

Im Allgemeinen verträgt die Haut deutlich höhere Bestrahlungen durch Laserenergie als das Auge. Die biologische Wirkung von Laserstrahlung des sichtbaren Spektralbereichs (400 nm bis 780 nm) und des infraroten Spektralbereichs (780 nm bis 1 mm) auf die Haut reicht von einem leichten Erythem bis zu starker Hautverbrennung. Dieses Risiko ist vor allem bei Ultrakurzpulslasern mit hoher Pulsenergie gegeben.

Bei der Einwirkung von UV-Strahlung ist zu beachten, dass bestimmte Medikamente und Kosmetika auf der Haut zu allergischen und toxischen Reaktionen führen können.

## 5.4 Primäre Gefahren durch den Lasereinsatz

Primäre Gefahren beim Lasereinsatz sind gegeben:

- durch direkte oder reflektierte (spiegelnd oder diffus) Strahlung, oder mit der Veränderung der Strahlgeometrie durch optische Komponenten (z. B. Linsen, Lupen, Spiegel),
- durch gestreute Strahlung, nach spiegelnder oder diffuser Reflexion bzw. Transmission durch streuende Medien.

Deren Wirkung auf verschiedene Gewebe ist abhängig von den Parametern des Laserstrahls, wie Wellenlänge, Leistungsdichte, Bestrahlungsdauer, Impulsdauer und Impulswiederholfrequenz, die in der ungewollten Einwirkung der Strahlung auf Gewebe bestehen, wobei die spektralen Eigenschaften der verschiedenen Gewebearten für das Ausmaß und den Ort der Gefährdung entscheidend sind:

- a) Strahlung im sichtbaren und im nahen Infrarotbereich (bis ca. 1400 nm) gefährdet durch die Fokussierung des vorderen Augenabschnittes in besonderem Maße die Netzhaut, wobei die infrarote Strahlung wegen ihrer Unsichtbarkeit und daher ausbleibender Abwendereaktion besonders zu beachten ist.
- b) Strahlung unter 500 nm Wellenlänge bis in den angrenzenden UV-Bereich birgt die Gefahr photochemischer Schädigung (Blaulicht-Schaden), die im Gegensatz zu thermischer Schädigung kumulativ ist, d.h. in ggf. niedriger „Dosis“ über einen langen Zeitraum entstehen kann.
- c) Strahlung anderer Spektralbereiche schädigt Auge und Haut prinzipiell in gleicher Weise, wobei die Auswirkungen je nach betroffenem Organ unterschiedlich einzustufen und im Allgemeinen beim Auge schwerwiegender sind.

## 5.5 Abbrandprodukte, die vor allem durch die thermische Zersetzung des Gewebes entstehen

- a. gasförmige Substanzen (ca. 350 chemische Verbindungen wurden identifiziert),
  - zum Teil physiologische, normalerweise im Körper vorkommende Verbindungen,
  - durch die Einwirkung der Laserstrahlung veränderte Moleküle, die z. B. durch die Erzeugung freier Radikale und der nachfolgenden chemischen Reaktionen entstehen;
- b. partikuläre Substanzen (Aerosole), die zu einem großen Teil in lungengängiger Größe entstehen, also eingeatmet und in der Lunge deponiert werden können, wie
  - Ruß und karbonisierte Gewebeteile,
  - Viren, deren Bestandteile und andere Krankheits-Erreger bzw. deren Genome, wenn infiziertes Gewebe mit Laserstrahlung behandelt wurde,
  - bei ultrakurzgepulster Laserstrahlung können Aerosole mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit aus dem Einwirkungsgebiet des Laserstrahls kommen und aufgrund ihres enormen Impulses auch durch die Haut geschossen werden,
- c. die Insufflation von Gasen in Körperhöhlen bei endoskopischem Lasereinsatz kann zu einer Gasembolie führen.

## 5.6 Quantitative Ermittlung der Gefährdung durch die zugängliche Strahlung

Eine der wichtigsten Grundlagen für die Ermittlung des Laserbereiches ist der Sicherheitsabstand (**NOHD** = nominal ocular hazard distance). Dieser ist für eine vernünftigerweise vorhersehbare Zeit festzulegen. Der Bereich kann mit Hilfe der Hinweise und aus der BG-Information „Auswahl und Benutzung von Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen“ (BGI 5092) berechnet werden. Hierbei sind die Strahlparameter (Leistung, Divergenz, Rohstrahldurchmesser (63%)) für den ungünstigsten Fall auszuwählen. In der Regel können die Hersteller diese Angaben. Siehe auch Anhang 8.

## 5.7 Spezielle Gefährdungen durch Laserstrahlung

### 5.7.1 Reflektierende Oberflächen

Laserstrahlung wird an Oberflächen in einer Weise reflektiert, die spiegelnde und diffuse Anteile hat, abhängig von der Struktur der Oberfläche und von der Wellenlänge. Auch diffuse Reflexionen die von Strahlung von Lasern der Klassen 3B und 4 ausgehen, können gefährlich sein. Bei teilweise gerichteter Reflexion, kann auch die Strahlung von Lasern der Klasse 3R gefährlich sein.

### 5.7.2 Ausrüstungsgegenstände des Raums

Fenster, Schränke, Lüftungsrahmen, Montagebügel an Tischen, Infusionsständer, Sterilgutkästen, Röntgenbildschirme, Videomonitore, OP-Leuchten usw. können blanke Oberflächen haben, die die Laserstrahlung in unvorhersehbarer Weise reflektieren können.

### 5.7.3 Instrumentierungen

Es sollte sorgfältig vermieden werden, dass der Laserstrahl unbeabsichtigt von einem Instrument reflektiert wird.

Falls man damit rechnen muss, dass der Laserstrahl ein Instrument trifft, sollten solche gemeinsam mit dem Laser benützten Instrumente:

- bei polierter Oberfläche konvex gestaltet sein mit kleinen Krümmungsradien, oder
- aufgeraut sein (gilt für Infrarot-Laser nur, wenn die Oberflächenstruktur der größeren Wellenlänge angepasst ist),  
anodisiert (brüniert) sein (gilt nicht für Infrarot-Laser).

#### **Anmerkung 1:**

*Der Anwender sollte sich bewusst sein, dass eine Oberfläche, die sichtbares Licht nicht spiegelnd reflektiert, durchaus langwellige infrarote Laserstrahlung wie die des CO<sub>2</sub>-Lasers reflektieren kann. Schwarze Instrumente können genügend Energie absorbieren, um so heiß zu werden, dass unbeabsichtigt Verbrennungen des Anwenders oder des Patienten verursacht werden. Diese Instrumente können bei infraroten Wellenlängen außerdem einen deutlichen Reflexionsgrad besitzen. Bei Eingriffen in den oberen Bereichen der Atem- und Schluckwege sollte der Anwender daran denken, dass der reflektierte Strahl oder ein aufgeheiztes Instrument den Beatmungstubus perforieren und möglicherweise entflammen kann, verbunden mit dem Risiko eines schwerwiegenden Brandes im Endotrachealbereich.*

*Reflektierende Oberflächen werden manchmal eingesetzt, um Laserenergie in Operationsbereiche zu lenken, die auf andere Weise nicht erreichbar sind. Die dabei eingesetzten Spiegel oder anderen reflektierenden Gegenstände sollten für die Laserwellenlänge und die angewandten Leistungen und Energien geeignet sein.*

**Anmerkung 2:**

*Werden Glasspiegel verwendet können diese bei großen Laserleistungen splintern und zu Verletzungen führen.*

#### **5.7.4 Elektromagnetische Verträglichkeit und Begleitstrahlung**

Viele Laser enthalten Hochspannungsnetzteile, Hochfrequenzsysteme und intensive optische Strahlungsquellen zur Laseranregung. Diese hochenergetischen Quellen können sowohl für Personen als auch für andere Geräte gefährlich sein, wenn sie nicht abgeschirmt sind. Unter normalen Bedingungen sind moderne Lasersysteme sicher. Um diesen Zustand zu erhalten, sollten alle Beschäftigten bei der Anwendung und bei der Wartung des Lasers den Herstelleranweisungen nachkommen. Insbesondere sind die Herstellerangaben hinsichtlich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (Problem Herzschrittmacher) zu beachten.

#### **5.8 Indirekte sekundäre Gefahren durch Brand und Explosion**

Laser der Klasse 3B und 4 können ausreichend Energie aussenden, dass brennbare Materialien entzündet werden, besonders in sauerstoffangereicherter Umgebung.

Brand und Explosionen können entstehen durch Einwirkung der Laserstrahlung

- auf Materialien zum Abdecken des Patienten u. a.
- auf den Endotrachealtubus u.a. Kunststoffteile
- auf explosive Substanzen, wie Darmgase, alkoholische Desinfektionsmittel usw.

Kommt durch Laserstrahlung erhitztes Material in Kontakt mit Kunststoffen, die bei operativen Eingriffen angewendet werden, bzw. setzt der Laserstrahl direkt einen Kunststoff in Brand, so können Gefahrstoffe aus den Kunststoffen freigesetzt werden. Beispielsweise verbindet sich HCl-Gas, das bei der Pyrolyse (Zersetzung durch Wärme) von PVC, z. B. von PVC-Schläuchen, entsteht, mit der Feuchtigkeit der Schleimhäute zu Salzsäure, die zu Gewebeerätzungen führen, und beim Einatmen bis zum Kollaps der Lungenbläschen mit schwersten Folgen bis zum Tod führen können.

In sauerstoffreicher Umgebung, z. B. bei Operationen im Atemtrakt des Patienten, kann es zu einem explosionsfähigen Gemisch kommen, das sich möglicherweise durch den Laserstrahl, durch Funken oder aufglühendes Material entzündet. Solche Vorgänge wurden etwa in Zusammenhang mit der schwarzen äußeren Umhüllung von flexiblen Endoskopen beschrieben.

Bei Operationen im Magen- und Darmtrakt des Patienten kann es durch vorhandene Gase wie Methan zu einer Verpuffung kommen.

Durch Erhitzung kann das Cladding einer „Glasfaser“ abschmelzen. -Hierdurch ist der Faserkern ungeschützt und seine besonderen mechanischen Eigenschaften wie die Biegebarkeit gehen verloren. Es kann leicht zu einem Bruch kommen mit erheblichen Komplikationen, da bei endoskopischen Eingriffen Splitter im Operationsfeld innerhalb des Körpers sehr schwer auffindbar sind.

Trifft Laserstrahlung auf nichtkörpereigene Substanzen z. B. Zahnfüllungen können giftige Substanzen oder Gase freigesetzt werden.

Bei laserchirurgischen Eingriffen in den Atemwegen und gleichzeitiger Verwendung von Endo-Trachealtuben muss der Tubus ausreichend geschützt oder speziell so gestaltet sein, dass eine Entflammung vermieden wird.

## **5.9 Virales Material**

Handelt es sich bei dem abgetragenen Material um virusinfiziertes Gewebe, so ist zusätzlich eine Infektionsgefährdung durch die Abbrandprodukte möglich. Zwar ist davon auszugehen, dass durch die hohen Temperaturen, die bei der Einwirkung des Laserstrahls im Gewebe auftreten, ein Sterilisationseffekt erzielt wird. Dies gilt jedoch nur für den inneren Bereich des Einschusskraters, im Randbereich dieser Zone liegt die Temperatur wesentlich niedriger, so dass auch größere Bruchstücke von Zellen aus dem Gewebe gerissen werden können. Sind diese Zellen virusinfiziert, so können intakte Viren oder größere Abschnitte des Virus-Genoms im Aerosol enthalten sein und von anwesenden Personen eingeatmet werden bzw. mit Hautpartien in Kontakt kommen. Diese Aussagen gelten für das HPV (human papilloma Virus), der in häufig mit Lasern behandeltem Gewebe auftritt, wie Warzen, Kondylomen und Papillomen, aber auch für Adenoviren in der Tränenflüssigkeit bei ophthalmologischen Operationen u.v.a. Andere Virustypen, wie etwa das HIV, sind so temperaturempfindlich, dass bei Beachtung der entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen keine akute Gefährdung durch das Virus ausgeht.

Grundsätzlich ist das Risiko einer Verschleppung vitaler Viruspartikel geringer als bei anderen Techniken wie z. B. dem Ultraschallaspirator oder der HF-Schlinge. Selbst der scharfe Löffel verursacht mehr Spritzer mit vitalen Viruspartikeln. Aber dennoch sollte bei virushaltigen Tumoren, wie zum Beispiel anogenitalen Kondylomen oder Larynxpapillomen niemals eine Ablation mit gepulsten Lasern wie dem Erbium-Laser durchgeführt werden. Besser geeignet ist eine thermische Vaporisation oder nur eine in situ Koagulation, z. B. mit dem Nd:YAG-Laser bzw. Dioden-Laser.

## **6. Schutzziele und Schutzmaßnahmen**

### **6.1 Allgemeines**

Alle Personen einschließlich des Patienten müssen ausreichend gegen Schädigungen durch Strahlung (Laserstrahlung und inkohärente optische Strahlung) geschützt sein. Weiterhin sind insbesondere für den Patienten Schutzmaßnahmen gegen Gefahren durch Feuer und Explosion zu ergreifen. Die technischen Maßnahmen und Persönliche Schutzausrüstung (PSA) gegen Einwirkungen durch Abbrandprodukte sind für das Personal und für den Patienten zu treffen.

### **6.2 Prüfungen**

#### **6.2.1 Prüfungen vor der ersten Inbetriebnahme**

Es ist sicherzustellen, dass medizinische Lasergeräte, die zur Anwendung in Gesundheitseinrichtungen gelangen, den Anforderungen der Sicherheitsnormen DIN EN 60601-1 und DIN EN 60601-2-22 entsprechen, bevor sie in Betrieb genommen werden. Dies gilt ebenso für Vorführungen wie für gekaufte oder gemietete Geräte.

#### **6.2.2 Prüfungen nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)**

Die Betriebssicherheitsverordnung enthält die allgemeinen Vorschriften, die bei der Bereitstellung und Benutzung von Arbeitsmitteln zu beachten sind. Der Arbeitgeber hat in einer Gefährdungsbeurteilung die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln (§3 Abs.1 BetrSichV). Zur Gefährdungsbeurteilung gehören auch die erforderlichen Prüfungen der bereitgestellten Arbeitsmittel, deren Art, Umfang und Fristen der Arbeitgeber festlegen muss. Ferner darf der Arbeitgeber nur Personen mit der Prüfung oder Erprobung von Arbeitsmitteln beauftragen, die die hierfür notwendige Voraussetzungen besitzen (§3 Abs. 3 BetrSichV).

### **6.2.3 Prüfungen nach Medizinproduktebetreiber-Verordnung (MPBetreibV)**

Für Medizinprodukte, für die der Hersteller solche vorschreibt oder die in Anhang 1 der Verordnung aufgeführt sind, hat der Betreiber nach den Angaben des Herstellers und den allgemein anerkannten Regeln der Technik sicherheitstechnische Kontrollen durchzuführen oder durchführen zu lassen. Die Fristen für die Wiederholung der sicherheitstechnischen Kontrollen sind entweder entsprechend den Angaben des Herstellers oder so zu wählen, dass Mängel, mit denen auf Grund der Erfahrungen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden können. Die Kontrollen sind jedoch spätestens alle zwei Jahre durchzuführen.

Eine sicherheitstechnische Kontrolle darf nur durchführen, wer

1. auf Grund seiner Ausbildung, Kenntnisse und durch praktische Tätigkeit gewonnenen Erfahrungen die Gewähr für eine ordnungsgemäße Durchführung der sicherheitstechnischen Kontrollen bietet,
2. hinsichtlich der Kontrolltätigkeit keiner Weisung unterliegt und
3. über geeignete Mess- und Prüfeinrichtungen verfügt.

Die Voraussetzungen sind durch die Person, die sicherheitstechnische Kontrollen durchführt, auf Verlangen der zuständigen Behörde nachzuweisen.

Siehe §6 MPBetreibV

### **6.3 Hierarchie von Schutzmaßnahmen, TOP- Prinzip**

Wie allgemein in der Betrachtung von gefährlichen Arbeitssituationen festgelegt ist, gilt die Anwendung der persönlichen Schutzausrüstung (PSA) nicht als ausreichende Bedingung für eine unfallfreie Arbeitsumgebung. Zunächst ist der Lasereinsatz in einer baulichen und hinsichtlich der Ausstattung geeigneten Umgebung durchzuführen, dann müssen alle technischen und organisatorischen Maßnahmen ergriffen werden, eine mögliche Gefährdung so gering wie möglich zu halten. Die Anwendung der PSA ist daher der letzte Schritt in den Maßnahmen für eine unfall- bzw. schädigungsfreie Arbeitsumgebung.

Diese Hierarchie lässt sich in einer Tabelle mit entsprechender Rangfolge zusammenstellen:

	<b>Zuordnung von Schutzmaßnahmen und Schutzausrüstungen</b>
<b>1.Schutzmaßnahmen Bau und Ausstattung</b>	Geschlossener Raum, geeignete Oberflächen von Türen und Fenstern, wenig reflektierendes Instrumentarium, Kennzeichnung, Warnlampen
<b>2.Technische Schutzmaßnahmen</b>	Normgerechte Ausstattung des Lasers, Abschirmungen, elektrischer Strom, Elektro-Installation der Räume nach VDE, Spezielle Absaugung für Abbrandprodukte
<b>3. Organisatorische Schutzmaßnahmen</b>	Personal unterweisen, Anwesenheits-Beschränkung, Haustechnische Überwachung und fristgerechte Prüfung der Laser, Bereitstellung von sterilem Wasser zum Löschen, ggf. Beatmung des Patienten mit verringerter Sauerstoff-Konzentration Verkürzung der Expositionszeit - hierbei ist der Patientenschutz zu beachten
<b>4. Persönliche Schutzausrüstung</b>	Laser-Schutzbrillen, Laser-Justierbrillen, Schutz-Filter, Schutzkleidung, Handschuhe, Visier als Spritzschutz, Atemschutz,
<b>5. Sonstige Schutzmaßnahmen</b>	freie Hautpartien von Patienten bedecken ggf. durch lasergeeignete Patientenabdeckung, ggf. lasergeeignete Endo-Trachealtuben verwenden

**Tabelle 3: Zuordnung von Schutzmaßnahmen und Schutzausrüstungen**

## **6.4 Brandschutz**

Es wird empfohlen, dass eine Spritzflasche mit mindestens 500 ml sterilem Wasser oder Kochsalzlösung nahe bei den Operationsinstrumenten bereitgehalten wird. Sie soll dazu dienen, schwelende Abdecktücher und kleine Feuerstellen zu löschen.

Wenn die Vorgehensweise mit dem Laser geeignet ist, einen Brand zu verursachen, sollte daran gedacht werden, Feuerlöscher auf Kohlendioxidbasis vorzusehen. Diese Feuerlöscher sollten so in der Nähe oder im OP positioniert sein, dass schnell auf sie zugegriffen werden kann.

## **6.5 Unterweisung**

Der Unternehmer hat für die Unterweisung zu sorgen.

Die Unterweisungen müssen regelmäßig (mindestens 1 x jährlich) durchgeführt werden.

Bevor Personen, im Laserbereich tätig werden, müssen sie hinsichtlich der Gefährdung und den zu treffenden Schutzmaßnahmen unterwiesen worden sein. Die Unterweisung muss regelmäßig auf den aktuellen Stand und bei sich verändernden Arbeitsbedingungen angepasst werden.

Alle durchgeführten Lasersicherheitsunterweisungen müssen dokumentiert und archiviert werden. (siehe UVV „Grundsätze der Prävention“ und ggf. auch Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV)).

## **6.6 Zeitplan für Inspektionen**

Der Laserschutzbeauftragte sollte in Anlehnung an die Benutzerinformation des Geräteherstellers einen Zeitplan für Inspektionen festlegen. Bestimmte Inspektionsschritte können täglich erforderlich sein, um zu prüfen, ob das Gerät ordnungsgemäß funktioniert.

## **6.7 Bautechnische Schutzmaßnahmen**

### **6.7.1 Fenster und Wände**

Fenster, Rollos und Türen sollten die grundlegenden Anforderungen der DIN EN 60825-4 einhalten, sofern sie als Schutzabschirmung verwendet werden. Fenster zum Blick in den Raum mit guten Seheigenschaften können auch nach DIN EN 207 ausgelegt sein. Sofern die Strahlungsintensität auf der Wand gering ist ( $E < 10^4 \text{ W/m}^2$ ) ist keine genauere Analyse notwendig. Die Wand muss schwer entflammbar sein.

## **6.7.2 Türschalter und Türverriegelungen**

Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass Personen beim Betreten eines Raumes, in dem eine Laseranwendung stattfindet, ungeschützt in einen Laserbereich gelangen können, kann die Tür durch eine Zwangszuhaltung gesperrt werden.

Siehe Informationsschrift „Auswahl und Anbringung elektromechanischer Positionsschalter für Sicherheitsfunktionen“ (BGI 575).

In seltenen Fällen kann es auch notwendig sein, einen Türschalter an den Steckverbinder für die fernbediente Sicherheitsverriegelung anzuschließen, so dass sich der Laser beim Öffnen der Tür zum Arbeitsbereich abschaltet. Diese Unterbrechungen können jedoch unnötige und möglicherweise schwerwiegende Verzögerungen in einem Behandlungsverlauf bewirken (beispielsweise beim Einsatz eines Lasers zur Blutstillung). Den Einsatz von Türverriegelungen sollten der Laserschutzbeauftragte und der Unternehmer gemeinsam mit den Beauftragten der Feuerwehr und den Sicherheitsfachkräften der Gesundheitseinrichtung abstimmen.

## **6.7.3 Eigenschaften der Wandbekleidungen und anderer Oberflächen im Raum**

Die Wände und andere Oberflächen sollten so weit wie möglich keine spiegelnden Oberflächen haben. In Operationsräumen kann diese Schutzmaßnahme oft nicht umgesetzt werden. Dann sind andere Schutzmaßnahmen entsprechend auszulegen oder zusätzlich einzuplanen. Beispielsweise muss für die Schutzbrille dann gegebenenfalls eine höhere Schutzstufe gewählt werden.

## **6.8 Gerätetechnische konstruktive Maßnahmen**

### **6.8.1 Normgerechte Ausstattung des Lasergeräts**

Zur normgerechten Ausstattung gehören u.a.: Schlüsselschalter, Notausschalter, Fußschalter mit Haube, optisches und akustisches Signal.

### **6.8.2 Mikromanipulatoren**

In vielen medizinischen Bereichen wird mikrochirurgisch operiert, zum Beispiel in der Augenheilkunde und der Neurochirurgie, oder bei endoskopischen Eingriffen in der Gynäkologie, Proktologie, HNO, Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. Für den Lasereinsatz in diesen Gebieten werden Mikromanipulatoren verwendet, die an das Operationsmikroskop (Spaltlampe, usw.) angekoppelt werden und den senkrecht zur optischen Achse eingeführten Laserstrahl fokussieren und über einen beweglichen Spiegel in das Operationsgebiet lenken. Der bewegliche Spiegel erlaubt dem Chirurgen über einen Joystick die Positionierung des Laserstrahls im Zielgebiet. Bei dieser hochentwickelten Technik mit optischen Präzisionskomponenten treten jedoch eine Reihe möglicher Risiken in der Strahlpositionierung auf.

- 1) Die erforderliche Orts-Übereinstimmung des Arbeitsstrahls mit dem Zielstrahl ist gemeinsam mit allen anderen Strahlführungs- und Applikationsinstrumenten nicht immer gewährleistet. Abhilfe durch Kontrolle und Justage vor dem OP-Einsatz.
- 2) Die erforderliche Fokusübereinstimmung von Arbeitsstrahl und Zielstrahl ist bei Wellenlängen im fernen Infrarot (CO<sub>2</sub>-Laser) oder Ultraviolett (Excimer-Laser) wegen der unterschiedlichen Brechkraft der Fokussierlinse für den Arbeitsstrahl und den sichtbaren Suchstrahl problematisch. Abhilfe kann durch Fokussierung mit Hohlspiegeln anstatt von Linsen erreicht werden, oder durch unterschiedliche Divergenz der Strahlen auf die letzte Linse (neue Geräte).
- 3) Bei Mikromanipulatoren, die durch große Strahlaufweitung hochfokussierend sind, ist die Schärfentiefe am Gewebe wesentlich kleiner als die des Operationsmikroskops, wodurch bei Befunden mit Ausdehnung in Strahlrichtung die Lasereinwirkung leicht außerhalb der Fokusebene mit geringerer Leistungsdichte erfolgt. Abhilfe durch regelmäßiges Nachfokussieren.
- 4) Bei hochfokussierenden Mikromanipulatoren beträgt der Strahldurchmesser am umlenkenden Spiegel mehrere Zentimeter und verläuft in einem Fokussierkonus in Richtung Endoskop (Rohr oder Spekulum o.ä.). Am proximalen Eingang des Endoskops kann der Strahldurchmesser noch eine ähnliche Größe wie der Endoskop-Eingang haben, so dass der Bewegungsspielraum für den Operateur gering ist.
- 5) Bei Wellenlängen im Sichtbaren oder benachbarten Wellenlängenbereichen können nur kleine Bauformen des strahlumlenkenden Spiegels zwischen den optischen Strahlengängen des Stereo-Operationsmikroskops liegen. Bei hochfokussierenden Mikromanipulatoren wird der Spiegel meist paraxial angeordnet, wodurch der Laserstrahl unterhalb der optischen Achse des Mikroskops verläuft und erst im Zielpunkt mit ihr übereinstimmt. Bei endoskopischen Eingriffen kann der Strahl am Eingang des Endoskops noch so weit außerhalb der optischen Achse liegen, dass ein Teil des Strahls im Fokussierkonus außerhalb des Endoskops verläuft und den Patienten bestrahlt und zu Verletzungen führt, die während der Operation am Mikroskop nicht beachtet werden können, da sie außerhalb der Schärfenebene des Mikroskops erfolgen.
- 6) Auf Grund der optischen Anordnung der Mikromanipulatoren ist der Durchmesser des Fokussierkonus des Suchstrahls i.a. kleiner als der des Arbeitstrahls. Dies kann zu einer Falschinterpretation der Strahlage führen, da auch, wenn der Suchstrahl vollständig innerhalb des Endoskops verläuft, ein Teile des Arbeitsstrahls außerhalb verlaufen und zu einer Verletzung des Patienten führen können.

## 6.9 Augenschutz bei Verwendung von Beobachtungsoptiken

Falls Beobachtungsoptiken wie Endoskope, Mikroskope, Kolposkope, Laparoskope, Spaltlampenmikroskope oder andere optische Einrichtungen verwendet werden, sollten diese mit geeigneten Filtern oder eingebauten Strahlverschlüssen (engl. Shutter) ausgestattet sein. Diese verringern das Risiko einer Augenschädigung, die durch ggf. reflektierte Strahlung entstehen kann. Ist die Optik monokular, sollte daran bedacht werden, das nicht abgedeckte Auge zu schützen.

Indirekte Beobachtung durch Videokameras (z. B. Videoendoskope) vermeiden Probleme mit reflektierter Strahlung in der Beobachtungsoptik.

Bei unabsichtlich ausgelöster Laserstrahlung oder beim Brechen der Laserfaser besteht außerdem Verletzungsgefahr für die Augen. Daher sollten alle anwesenden Personen geeignete Laser-Schutzbrillen tragen.

Der Laserschutzbeauftragte (LSB) sollte diese Gefährdungen ermitteln und in der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigen.

Weitere Informationen siehe BGI 5092 „Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen“.

## 6.10 Besondere Schutzmaßnahmen

### 6.10.1 Endotrachealtubus-Brände

Bei laserchirurgischen Eingriffen in den Atemwegen unter gleichzeitiger Verwendung von Endo-Trachealtuben muss der Tubus ausreichend geschützt oder speziell so gestaltet sein, dass eine Entflammung unwahrscheinlich ist. Bezüglich näherer Einzelheiten zu diesem Thema wird auf ISO/TR 11991 verwiesen. Die Gefährdungen durch Entflammung von Endotrachealtuben, Kunststoffteilen, Klebestreifen, Salben und chirurgischen Präparationslösungen sind auf vielfältige Weise beherrschbar. Dazu gehören insbesondere (aber nicht ausschließlich) der Einsatz unbrennbaren chirurgischen Instrumenten, Venturi-Beatmungstechniken (*jet ventilation*), die Abschirmung mit angefeuchteten Stoffen und die Verwendung von Gasmischungen, die die Verbrennung weniger fördern. Die Anästhesisten sollten bei Operationen, bei denen der Tubus im unmittelbaren Laserareal liegt, nicht-entflammbare, speziell hergestellte oder angemessen abgeschirmte Tuben einsetzen, die der Laserstrahlung ausreichend widerstehen.

Standardtuben aus Kunststoff oder Gummi sind besonders gefährlich und sollten vermieden werden, sofern die Alternativen einsetzbar sind. Es sind Unfälle in Verbindung mit spiralförmig gewickelten Metallklebebändern bekannt geworden, die deshalb vermieden werden sollten. Falls es keine medizinische Gegenanzeige gibt, sollten die Blockermanschetten von Beatmungstuben mit Flüssigkeit gefüllt und zusätzlich außen mit feuchten Tupfern abgedeckt werden, da selbst bei den sogenannten lasersicheren Tubi, die Manschette hochentflammbar sein kann.

Verbrennungen im aerodigestiven Trakt treten besonders bei hoher Sauerstoffkonzentration oder in der Anwesenheit oxidierender Gase (Stickoxid) auf. Deshalb sollte bei laryngo-trachealen Eingriffen die niedrigste vertretbare Sauerstoffkonzentration gewählt werden. In einigen Fällen, in denen koaxiale Laserfasern eingesetzt werden, kann mit Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) bei niedriger Durchflussrate gespült werden, um die Entflammbarkeit am Zielort des Lasers herabzusetzen. Dabei sollte sorgfältig der Sauerstoffpartialdruck (p(O<sub>2</sub>)) überwacht werden.

### **6.10.2 Endogene Verbrennung**

Um die Verpuffung endogener Gase wie Methan im Magendarmtrakt zu vermeiden, sollten Ventilationstechniken lokal angewandt werden.

### **6.10.3 Brände von Endoskopen**

Die meisten Umhüllungen von flexiblen Endoskopen sind brennbar. Deshalb sollte darauf geachtet werden, dass diese Umhüllungen nicht der Laserstrahlung ausgesetzt werden. Im Fall metallener röhrenförmiger Übertragungssysteme (wie z. B. starrer Bronchoskope, Laparoskope, Laryngoskope) sollte eine Aufheizung der Wandung vermieden werden, um das Risiko einer thermischen Schädigung von anliegendem Gewebe zu minimieren.

Der Anwender sollte die ordnungsgemäße Positionierung der Glasfaser innerhalb des Endoskops überprüfen, bevor er den Strahl freigibt. Dazu kann es hilfreich sein

- die Rundheit des Zielflecks zu prüfen,
- die Faser so weit vorzuschieben, dass deren Spitze endoskopisch zu sehen ist. Man sollte sich dessen bewusst sein, dass die Faserspitze während der Laserstrahltransmission übermäßig heiß werden kann, so dass das Endoskop oder (bei Berührung) das Gewebe geschädigt werden kann, obwohl der Zielfleck normal aussieht.
- Besondere Vorsicht ist bei endoskopischen Eingriffen in einer sauerstoffangereicherten Umgebung geboten.

#### **6.10.4 Bezüge und Abdeckungen**

Schwämme, Gazestücke und Tupfer, die sich in der Nähe des Operationsgebiets befinden können, sollten mit steriler Kochsalzlösung oder Wasser angefeuchtet werden. Hierbei sind unbedingt die medizinischen Erfordernisse vorrangig zu berücksichtigen. Wenn Lasergeräte der Klasse 4 im Einsatz sind, können chirurgische Abdecktücher Feuer fangen. Der operationsfeldnahe Bereich des Abdecktuchs kann mit steriler Salzlösung oder Wasser feucht gehalten werden, sofern dadurch nicht die sterile Abdeckung gefährdet wird, oder andere Risiken wie sekundäre Infektionen durch feuchte Kammern resultieren können.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es Normen für lasergerechte OP-Abdeckungen (DIN EN ISO 11810-1/-2) gibt. Entsprechende Produkte sollten eingesetzt werden.

Wenn ein Laserhandstück auf einem trockenen Bereich des sterilen Abdecktuchs abgelegt wird, kann das Abdecktuch entflammen, falls der Laser versehentlich ausgelöst wird oder das Handstück nach seiner Verwendung noch heiß ist. Dies kann ganz unbemerkt vor sich gehen. Es sollte deswegen zur Routine werden, in einer Behandlungspause die Laseraustrittsöffnung entweder mit einer laserfesten Kappe zu verschließen oder das Laserhandstück in einen sicheren Halter zu stecken und/oder das Lasergerät in "Stand-By" zu schalten. Das Laser-Übertragungssystem sollte nie auf dem Patienten abgelegt oder in anderer Weise der Kontrolle entzogen sein.

#### **6.10.5 Reinigungs-, Desinfektions- und Narkosemittel**

Jedes erstmals mit dem Laser in Berührung kommende Mittel sollte vor seiner Verwendung auf seine Brennbarkeit geprüft werden. Der Anwender sollte die Verwendung nicht-entflammbarer Mittel (z. B. auf wässriger Basis) erwägen. Wenn auf brennbare Mittel nicht verzichtet werden kann, sollte genügend Zeit eingeplant werden, damit sich das aufgebrauchte Mittel vollständig verflüchtigen kann.

#### **6.10.6 Besondere Rauchabsaugsysteme**

Luftschadstoffe sollten so nahe wie praktisch möglich an der Quelle erfasst und durch eine lokale Absaugung entfernt werden. Diese Absaugung sollte so gestaltet sein, dass potentiell infektiöses Material nicht stromab in das Abluftsystem eingeleitet wird. Dies kann mit einem mobilen Rauchentferner erreicht werden, der Aktivkohle- oder HEPA-Filter (mindestens 0,1 µm) enthält, die bei dieser Partikelgröße einen Rückhaltewirkungsgrad von über 99 % aufweisen. Die örtliche Rauchabsaugung eliminiert außerdem Zellreste und Dämpfe. Auf diese Weise werden die Sicht und damit die Präzision und die Sicherheit verbessert. Der regelmäßige Austausch von Wechselfiltern gemäß den Herstellerempfehlungen sollte überwacht werden.

**Anmerkung:**

*Muss mit Virusrestpartikeln in der Atemluft gerechnet werden (z. B. bei Papillomentfernung), sind partikelfiltrierende Halbmasken mit der Filterklasse FFP 2 oder FFP3 zu tragen.*

**6.10.7 Laserrauch im Atemweg des Patienten**

Wenn bei Laserbehandlungen im oberen Atemtrakt Jet-Beatmung angewandt wird, kann die Strömung Rauchpartikel und Gase in das Atemsystem des Patienten transportieren, falls nicht eine Kanülenbeatmung unterhalb der Läsion möglich ist.

Es sollte erwogen werden, unter pulsoxymetrischer Kontrolle den Eingriff unter Apnoe durchzuführen, alternierend mit der durch den Anästhesisten eingeleiteten Sauerstoffaufsättigung.

**6.10.8 Schädliche Dämpfe**

In einigen Lasersystemen werden gegenwärtig viele gefährliche Gase verwendet, wie Chlor, Fluor, Chlorwasserstoff, und Fluorwasserstoff. Es sollte darauf geachtet werden, dass sie sorgfältig gelagert werden und dass sichergestellt ist, dass schädliche Dämpfe bei Fehlfunktionen ausreichend abgeführt werden. Farbstoffe und die zugehörigen Lösemittel sind oft giftig. Während des Entleerens und Befüllens von Farbstofflasern sollten die Herstellerempfehlungen bezüglich der Handhabung besonders sorgfältig beachtet werden. Hautkontakt mit den verwendeten Flüssigkeiten und das Einatmen ihrer Dämpfe sollten vermieden werden. Abfälle sollten in einer zulässigen Weise entsorgt werden.

**6.10.9 Kontaminationen in Druckgasflaschen für den endoskopischen Einsatz**

In Druckgasflaschen und in Druckregulatoren wurden bakterielle Kontaminationen und metallische Überreste gefunden. Gespülte Laserfasern und Insufflatoren, die das Gas von der Flasche in Körperhöhlen leiten, sollten deshalb mit zwischengeschalteten Filtern versehen sein, um die Kontaminationen zurückzuhalten.

## **Anhang 1: Begriffe – Glossar**

### **A.1.1 Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)**

Der Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) ist die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz, bei der eine akute oder chronische Schädigung der Gesundheit der Beschäftigten nicht zu erwarten ist. Bei der Festlegung wird von einer in der Regel achtstündigen Exposition an fünf Tagen in der Woche während der Lebensarbeitszeit ausgegangen.

### **A 1.2 Bestrahlung (Dosis, für CW Laser)**

An einem Punkt der Oberfläche der Quotient aus der Strahlungsenergie  $dQ$ , die auf ein Oberflächenelement trifft, das diesen Punkt enthält und der Fläche  $dA$  dieses Elementes.

Symbol:  $H$ ; 
$$H = \frac{dQ}{dA} = \int E dt$$

SI-Einheit: Joule je Quadratmeter,  $J \cdot m^2$

### **A 1.3 Bestrahlungsstärke**

Quotient der Strahlungsleistung  $dP$ , die auf ein Flächenelement einfällt, geteilt durch die Fläche  $dA$  dieses Elements.

Symbol:  $E = \frac{dP}{dA}$

SI-Einheit: Watt je Quadratmeter,  $W \cdot m^{-2}$

### **A 1.4 HEPA, High Efficiency Particulate Airfilter (engl.) - Hochleistungs-Partikel-Filter**

Poröses Filter, das normalerweise dazu verwendet wird, um Partikel aus Luftströmen zu entfernen. Der hochwirksame Luftfilter kann 99,97% der Partikel mit der Größe  $0,3 \mu m$  und größer aus dem Luftstrom herausfiltern.

### **A 1.5 Impulsdauer**

Zeitintervall zwischen den Halbwerten der Spitzenleistung in der ansteigenden und abfallenden Flanke eines Impulses (abermals: engl. full width at half maximum, FWHM). Sie führen ja auch auf S. 15 den NOHD Sicherheitsabstand ein, was ja auch aus dem Englischen übernommen wurde (siehe auch S. 30)

**A 1.6** Der Laserschutzbeauftragte ist eine sachkundige Person, die auf Grund ihrer fachlichen Ausbildung oder Erfahrung ausreichend Kenntnisse über die zum Einsatz kommenden Laser erworben hat und so eingehend über die Wirkung der Laserstrahlung, über die Schutzmaßnahmen und Schutzvorschriften unterrichtet ist, dass sie die notwendigen Schutzvorkehrungen beurteilen und auf ihre Wirksamkeit prüfen kann. (siehe auch Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“)

**A 1.7** **Maximal zulässige Bestrahlung (MZB) (engl.: Maximum Permissible exposure – MPE)**

Die maximal zulässigen Bestrahlungswerte (MZB-Werte) stellen die maximalen Werte der Bestrahlungsstärke bzw. der Bestrahlung dar, denen das Auge oder die Haut ausgesetzt werden dürfen, ohne dass es zu Schädigungen kommen kann. Die MZB-Werte hängen von der Wellenlänge der Laserstrahlung, der Einwirkungsdauer der Wiederholfrequenz von Pulsfolgen und von der Größe des Bildes auf der Netzhaut ab. Sie sind in der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2/GUV-V B2) angegeben.

**A 1.8** **Steckverbinder für fernbediente Sicherheitsverriegelung**

Steckverbinder an der Laser-Einrichtung, der es ermöglicht, externe Steuerelemente anzuschließen, die von anderen Bauteilen der Laser-Einrichtung getrennt aufgestellt sind.

**A 1.9** **Sicherheitsabstand (engl. nominal ocular hazard distance, NOHD)**

Die Entfernung, bei der die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung gleich dem entsprechenden Grenzwert der maximal zulässigen Bestrahlung der Hornhaut des Auges (MZB) ist. Schließt man beim Sicherheitsabstand auch die Möglichkeit der Betrachtung mit optischen Hilfsmitteln ein, so wird vom „erweiterten Sicherheitsabstand“ gesprochen.

**A1. 10** **Strahlungsleistung**

In Form von Strahlung ausgesandte, durchgelassene oder empfangene Leistung.

Symbol: P oder  $\phi$  ;  $P = \frac{dQ}{dt}$

SI-Einheit: Watt (W)

**A 1.11** **Laser-Übertragungssystem**

Systeme, die die Laser-Strahlung zum Behandlungsort leiten, z. B. Faseroptik, Handstück, Mikromanipulator, Scannervorrichtung u.s.w

**A 1.12** **Laser-Warnleuchten** sind zur Anzeige des Betriebs von Lasern der Klasse 4 vorgeschrieben

## Anhang 2 : Beispiele: Einsatz von Laser-Warnleuchten

Im Folgenden sind Empfehlungen zur Anbringung von Laser-Warnleuchten gegeben, die über die Anforderungen der Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2/GUV-V B2) hinausgehen.

**Laser-Warnleuchten** sind zur Anzeige des Betriebs von Lasern der Klasse 4 vorgeschrieben. Rundum- oder Blinkleuchten sind nur beim Einsatz im Freien erforderlich. An den Eingängen eines Raumes im medizinischen Umfeld soll die Warnleuchte auf der Schloss-Seite der Tür etwa in Augenhöhe (z. B. in 1,60 m Höhe) oder direkt oberhalb des Einganges angebracht sein. Die Warnleuchte soll nur während des Betriebs des Lasers eingeschaltet sein (z. B. durch einen automatischen Schalter beim Ein- bzw. Ausschalten des Lasers). Da in medizinischen Einrichtungen auch andere optische Warnsignale in Betrieb sein können, sollte die Laser-Warnleuchte im Einschaltzustand das Wort „LASER“ auf gelben Grund anzeigen. Durch die Verwendung von Leuchten mit zwei Leuchtmitteln wird eine erhöhte Ausfallsicherheit der Warnleuchte gewährleistet.



**Abbildung A1:**

Beispiel für einen Stromanschluss und eine Kopplung mit Emissionswarnanzeige nach außen und innen im OP



**Abbildung A2:**

Beispiel für einen OP-Eingangsbereich mit Kennzeichnungen und Eintritt über gesonderte Öffnungsschalter



**Abbildung A3:**

Beispiel für ein beleuchtetes Schild, das die Emission von Laserstrahlung innerhalb des Operationsraumes anzeigt

**Beispiel:**

Im Klinikbereich, wo verschiedene Laser im gleichen Operationsraum betrieben werden können, kann es im Einzelfall sinnvoll sein, dies von außen sichtbar zu machen. Dies ist in den folgenden Bildern dargestellt.



**Abbildung A4:**

Lasersicherheit „Laser in Betrieb“

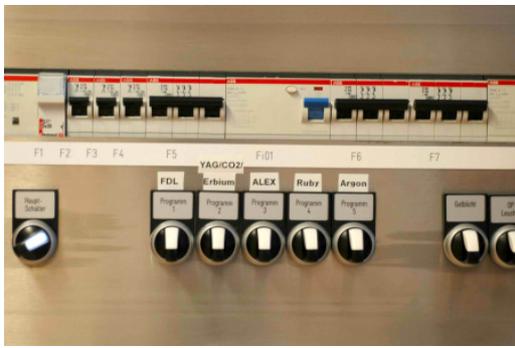


**Abbildung A5:**

## Lasersicherheit „Nd:YAG /CO<sub>2</sub>/Erbium“



**Abbildung A6:**  
Rubinlaser



**Abbildung A7:**  
Lasersicherheit „Steuerung der verschiedenen Laser“

## Anhang 3: Wichtige Punkte für eine Betriebsanweisung

### BETRIEBSANWEISUNG

Geltungsbereich:  
Raum:

Gebäude:

Laserschutzbeauftragter:  
Telefon:

### ANWENDUNGSBEREICH

#### LASER

(Klasse 3R, 3B und 4)

**Klasse:**

**Typ/Medium:**

**Hersteller:**

Bestrahlungsstärke oder Strahldurchmesser:	Impulsdauer [s]:	Wellenlänge oder Wellenlängenbereich [nm]:	Leistung [Watt]:

### GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT



**Klasse 3R:** Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge.

**Klasse 3B:** Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.

**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.

## SCHUTZMAßNAHMEN UND VERHALTENSREGELN



Laserschutzbrille nach  
DIN EN 207 tragen.

Laser-Justierbrille nach  
DIN EN 208 tragen.

Kennzeichnung:

Kennzeichnung:

- Der Laserbereich ist deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Der Bereich ist so abzugrenzen, das Unbefugte während des Betriebes nicht unbeabsichtigt in den Laserbereich gelangen können. An den Zugängen zu geschlossenen Räumen, in denen Lasereinrichtungen der Klasse 4 betrieben werden, ist der Betrieb durch Warnleuchten anzuzeigen.
- Eine Bestrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung, auch durch reflektierte oder gestreute Laserstrahlung, ist wirksam zu verhindern. Ist dies in Laserbereichen der Klasse 3R, 3B oder 4 nicht möglich, sind geeignete Augenschutzgeräte, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe zu tragen.
- Neben der Verwendung einer Laser-Schutzbrille ist bei einer Bestrahlung über  $100 \text{ J/m}^2$  oder einer Bestrahlungsstärke über  $100 \text{ W/m}^2$  auch auf einen Hautschutz zu achten. Bei Laserleistungen über  $0,5 \text{ W}$  besteht Brandgefahr.
- Vor der Benutzung der Augenschutzmittel oder der Schutzkleidung ist sich zu vergewissern, dass diese für den jeweiligen Anwendungsfall geeignet sind und keine offensichtlichen Mängel aufweisen. Im Zweifelsfall ist der Laserschutzbeauftragte hinzuzuziehen.
- Der Fernverriegelungsstecker ist an einen Not-Aus-Schalter, einen Türkontakt oder an eine andere gleichwertige Einrichtung mit Schutzfunktion anzuschließen.
- Bei Nichtbenutzen ist die Laser-Einrichtung gegen unbefugten Gebrauch durch abziehen des Schlüssels aus dem Schlüsselschalter zu sichern.
- Die Lasereinrichtung ist bei Nichtbenutzung durch Verwendung der Strahldämpfungseinrichtung zu sichern.

## NEBENWIRKUNGEN DER LASERSTRAHLUNG

**Es sind Schutzmaßnahmen zu treffen:**

- sofern die Energie- und Leistungsdichte der Laserstrahlung eine Zündung brennbarer Stoffe oder explosionsfähiger Atmosphäre herbeiführen kann,
- sofern durch Einwirkung von Laserstrahlung gesundheitsgefährdende Gase, Dämpfe, Stäube, Nebel, explosionsfähige Gemische oder Sekundärstrahlungen entstehen können.

## VERHALTEN BEI STÖRUNGEN

- Bei ungewöhnlichen Betriebszuständen der Lasereinrichtung abschalten. Laserschutzbeauftragten und Vorgesetzten informieren.
- Bedienungsanleitung beachten.
- Reparaturarbeiten nur vom Fachpersonal durchführen lassen.
- **Bei Brand:** Mit CO<sub>2</sub> - 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:** \_\_\_\_\_

<b>Notarzt</b>	<b>XXXX</b>	<b>FEUERWEHR:</b>	<b>XXXX</b>
<b>Augenarzt</b>	<b>xxx</b>		
<b>Augenklinik</b>	<b>xxx</b>		

In Kraft gesetzt von:..... am:.....

#### **Anhang 4 : Einsatz von Low-Level-Intensity-Lasern zur Bio-Modulation (Bio-Stimulation)**

Als Behandlungsmaßnahme, die u.a. sowohl zur Förderung der Wundheilung als auch der Schmerzreduktion angewandt wird, werden oft Laser der Klassen 3R und 3B angewendet.

Die Klassifizierung der eingesetzten Lasersysteme in der Low-Level-Intensity-Laser Anwendung erfolgt in der Regel anhand der Emissionsleistung. Dabei können zum Teil bis zu  $P \text{ (CW)} \leq 500 \text{ mW}$  zur Anwendung kommen.

Diese Laser sind oft mit divergenten Austrittsflächen versehen. Hierdurch kann es in einigen Fällen (typische Leistungen hier  $P = 10 \text{ mW}$ ) zu sehr kleinen Laserbereichen von wenigen Zentimeter ( $< 10 \text{ cm}$ ) kommen, wobei dann geringere Schutzmaßnahmen eingeplant werden können. Diese Angaben sind durch den Hersteller zu bescheinigen.

## Anhang 5: Laseranzeige gemäß BGV B2

Laseranzeige gemäß Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2)

Anmeldender Betrieb: \_\_\_\_\_

(Betrieb, Straße, PLZ, Ort) \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Telefax: \_\_\_\_\_

Mitgliedsnummer: \_\_\_\_\_

Betreff: Laseranmeldung

Herstellerfirma: \_\_\_\_\_

Laser Produktbezeichnung: \_\_\_\_\_

Laserart mit Angabe der Wellenlänge  $\lambda$ : \_\_\_\_\_

Leistung bei gepulsten Lasern:  $P_{EI}$  Impulswiederholfrequenz  $F =$  \_\_\_\_\_

Leistung bei CW-Lasern:  $P_{MAX} =$  \_\_\_\_\_

Laserklasse im Betrieb: \_\_\_\_\_

Betriebsort: Abteilung \_\_\_\_\_

Ort: \_\_\_\_\_

Zum Laserschutzbeauftragten wurde \_\_\_\_\_ bestellt.

Voraussichtliche Inbetriebnahme der Lasereinrichtung:

\_\_\_\_\_

Ort / Datum

Unterschrift  
(und Name in Druckbuchstaben)

## **Anhang 6: Prüfungen von Laseranlagen**

### **A6.1 Allgemeines**

Der Anwender kann nicht alle Tätigkeiten durchführen, die mit einer vollständigen Prüfung und der Wartung eines Lasers und seines Zubehörs zusammenhängen. Es gibt aber einige wichtige Prüfungen, die vor der Inbetriebnahme und während der Betriebszeit eines Lasers durchgeführt werden sollten. Die Festlegung und die Durchführbarkeit einzelner Prüfungen hängen vom Lasertyp ab. Prüfprotokolle, die der Hersteller bereitstellt, sollten beachtet werden. Die Person, die diese Prüfungen durchführt, muss gemäß der Technischen Regel für Betriebssicherheit TRBS 1203 „Befähigte Personen – Allgemeine Anforderungen -“ hierzu befähigt sein.

#### **A6.1.1 Allgemeines**

Es wird empfohlen, die in der Tabelle A6.1 aufgeführten Geräteteile regelmäßig in den in der Tabelle angegebenen Zeitabständen zu prüfen.

#### **A6.1.2 Anzeigeelemente**

Sichtbare oder hörbare Laseremissionsanzeigen sollten zu Beginn jeder Behandlungssitzung auf korrekte Funktion geprüft werden.

#### **A6.1.3 Augenschutzmittel**

Alle Augenschutzmittel, sowie besondere Schutzfilter, die in Endoskope und andere Vorrichtungen eingebaut werden, sollten in regelmäßigen Abständen nachgesehen und gereinigt werden. Kratzer, Sprünge, beschädigte Gestelle usw. können die Schutzwirkung herabsetzen. Die erforderliche Kennzeichnung sollte ebenfalls leserlich sein.

<b>Teil der Ausrüstung</b>	<b>Häufigkeit der Prüfung</b>	
Netzkabel und Fußschalterkabel	Vor der ersten Anwendung des Tages	
Not-Aus-Schalter	Einmal im Monat	
Verriegelungen, die dem Anwender zugänglich sind	Einmal im Monat	
Laseremissionsanzeige(n)	Vor der ersten Anwendung des Tages	
Strahlungsleistung / Impulsenergie	Vor der ersten Anwendung des Tages	
Beweglichkeit des Spiegelarms und mechanische Prüfung	Zu Beginn jeder Behandlung	
Übereinstimmung von Ziel- und Arbeitsstrahl	Zu Beginn jeder Behandlung	
Faser (mechanische Prüfung)	Bei jedem Auswechseln von Fasern	
Güte des Zielstrahls	Vor jeder Behandlung oder vor jedem Wechsel von Zubehör des faseroptischen Übertragungssystems	
Faser (Kalibrierung)	Vor der ersten Anwendung des Tages	
Spezialzubehör	Nach Bedarf (siehe Text)	
Augenschutzmittel	Einmal im Monat	

**Tabelle A6.1 - Zeitplan für Inspektionen (beispielhaft)**

#### **A6.1.4 Kabelleitungen**

Die Netzanschluss- und Fußschalterleitungen sollten auf Beschädigungen geprüft werden, insbesondere an den Stellen, wo sie in Stecker oder Kupplungen übergehen, bevor der Laser an das Stromnetz angeschlossen wird. Auch nach Abschluss einer Behandlung ist es sinnvoll, diese Überprüfung auf Schäden vorzunehmen, da während der Anwendung Kabel überrollt oder beschädigt werden können.

Kabel müssen so verlegt werden, dass Stolperfallen vermieden werden.

#### **A6.1.5 Leistungskalibrierung**

Es gibt hauptsächlich zwei Gründe für Veränderungen der Ausgangsleistung eines Lasersystems. Erstens kann der Laser wegen solcher Vorgänge wie der Dejustierung der Resonatorspiegel seine Ausgangsleistung ändern. Zweitens kann das Laserstrahl-Übertragungssystem die Leistung drastisch mindern, wenn es dejustiert, verschmutzt oder beschädigt ist. Deshalb sollten alle Laser regelmäßig kalibriert werden.

Viele Laser besitzen eingebaute Messsysteme zur Messung der am distalen Ende des Übertragungssystems abgegebenen Leistung.

Diese Prüfungen sollten regelmäßig stattfinden, gewöhnlich vor jeder Anwendung und möglicherweise während einer Anwendung, wenn es Hinweise gibt, dass die abgegebene Leistung zu- oder abgenommen hat.

Die Art und Weise der Kalibrierung kann je nach Lasertyp und Hersteller verschieden sein. Beispielsweise kann einmal die tatsächlich abgegebene Leistung, das andere Mal die Transmission des Übertragungssystems gemessen werden.

Die meisten Laser besitzen ein eingebautes Gerät, das die Laserleistung am Ende der Lichtübertragungssystemes misst. Sollte dieses nicht der Fall sein, z. B. bei Systemen mit einem Spiegelarm, dann ist es wichtig, den Leistungsverlust im Übertragungssystem zu berücksichtigen.

Hierbei ist aber zu beachten, dass, insbesondere, wenn die Öffnung des Leistungsmessgerätes nach oben zeigt, durch Staub, Kondensat etc die Transmission des Schutzfenster verringert ist und so eine falsch niedrige Leistung angezeigt, bzw. bei automatischer Nachkalibrierung tatsächlich eine zu hohe Leistung abgegeben wird. Deshalb sind derartige interne Leistungsmessgeräte regelmäßig auf Verschmutzungen zu prüfen.

Die Nachjustierung des Lasers und seine Kalibrierung sind Aufgaben für den Lieferanten oder einen ausgebildeten technischen Spezialisten.

#### **A6.1.6 Not-Aus-Schalter**

Not-Aus-Schalter am Laser sollten in regelmäßigen Zeitabständen auf korrekte Funktion geprüft werden.

#### **A6.1.7 Optische Fasern**

Bevor optische Fasern angeschlossen werden, sollten beide Enden auf Verschmutzung und die Faser auf ihrer gesamten Länge auf Schäden kontrolliert werden. Für diese Untersuchung sind eine Lupe mit 10- bis 14-facher Vergrößerung und eine gute Lichtquelle nötig.

*Warnhinweis:* Verwenden Sie keine Lupe, wenn die Faser an den Laser angeschlossen ist. Besteht die Gefahr einer Fokussierung der Strahlung durch Lupe und Auge und damit eines Netzhautschadens.

#### **A6.1.8 Prüfliste für die vorbeugende Wartung**

Diese Prüfliste wird normalerweise vom Hersteller vorgegeben oder von anderen geeigneten qualifizierten Beschäftigten abgearbeitet.

- a) Optische Teile inspizieren und reinigen.
- b) Verbrauchsmaterial wie Farbstoffe, Kühlmittel, Filter usw. prüfen, ersetzen oder nachfüllen.
- c) Ausgangsgrößen überprüfen, optischen Resonator nachjustieren, falls nötig.
- d) Die ordnungsgemäße Funktion des Strahlverschlusses (engl. Shutter), der ausfallsicheren Sicherheitsverriegelungen, der Not-Aus-Schalter und der Fußschalter überprüfen.
- e) Überprüfen, ob alle angezeigten Werte für Leistung, Energie und Impulsgrößen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Bereiche liegen.
- f) Die ordnungsgemäße Funktion aller optischen Teile des Übertragungssystems prüfen.
- g) Die Übereinstimmung zwischen Arbeitsstrahl und Zielstrahl prüfen.
- h) Die elektrische Sicherheit der Ausrüstung überprüfen.

### **A6.1.9 Prüfungen durch den Anwender**

Den Anwendern wird eine Reihe einfacher, aber nützlicher Prüfungen empfohlen, die vor jeder klinischen Lasersitzung vorgenommen werden sollten. Dazu können gehören:

- a) Fußschalter- und Netzanschlussleitungen nach sichtbaren Zeichen von Abnutzung absuchen.
- b) Das Laserhandstück auf Beschädigung und/oder Verschmutzung überprüfen. Insbesondere ist nachzusehen, ob die Linse verschmutzt ist.
- c) Die Faseroptik nach Schadstellen an ihrer Ummantelung absuchen (soweit anwendbar); die Faser nach Absplitterungen oder Schmutzbelägen an ihrem Ende untersuchen. Eine Lupe mit 10-facher Vergrößerung kann hierzu nützlich sein.

#### Warnhinweis:

Beobachten Sie das Faserende nicht, solange der Laser auf 'Bereit' steht. Stellen Sie sicher, dass der Laser auf 'Stand-By' steht oder die Faser nicht mit dem Laser verbunden ist.

- d) Die Übereinstimmung von Zielstrahl und Arbeitsstrahl prüfen.
- e) Die Laserausgangswerte am distalen Ende des Übertragungssystems messen, falls ein Leistungs-/Energiesmessgerät eingebaut ist.
- f) Die Funktion des Not-Aus-Schalters testen.
- g) Die Verfügbarkeit und Unversehrtheit der Augenschutzmittel prüfen.

### **A6.1.10 Sicherheitsverriegelungen**

Alle Sicherheitsverriegelungen (engl. interlocks) (z. B. Türkontakte, ausreichender Kühlwasserfluss, Fasersteckererkennung) sollten in regelmäßigen Zeitabständen auf korrekte Funktion geprüft werden.

#### **A6.1.11 Spiegelgelenkarm**

Vor jeder Anwendung sollten Laser, die einen Spiegelgelenkarm oder einen Mikromanipulator haben, darauf geprüft werden, dass die Beweglichkeit in jede vorgesehene Richtung und über den gesamten Schwenkbereich gewährleistet ist. Der Spiegelgelenkarm sollte daraufhin untersucht werden, dass er keine mechanischen Schäden aufweist und dass die Optik korrekt montiert ist.

#### **A6.1.12 Spezialzubehör**

Zubehör, das für die Verwendung mit dem Laser konstruiert wurde (wie Saphirkontaktspitzen, lasergeeignete Instrumente, Rauchabsauggeräte usw.) sollten auf Schäden untersucht und/oder auf ordnungsgemäße Funktion hin geprüft werden. Dabei sollte den Anweisungen des Herstellers oder den vom Laserschutzbeauftragten festgesetzten Forderungen beachtet werden.

#### **A6.1.13 Strahlungsleistung**

Wenn Leistung bzw. Energie am distalen Ende eines Übertragungssystems verloren gegangen ist, gibt es dafür hauptsächlich zwei Gründe: Fehljustierung an irgendeiner Stelle des optischen Strahlengangs oder Verschmutzung eines der Spiegel, Linsen oder Fasern, aus denen das Übertragungssystem besteht. Deshalb sollte die distale Strahlungsleistung oder alternativ der Prozentsatz der distalen Leistung im Verhältnis zur Leistung am Laserkopf (der in vielen Lasern gemessen wird) in regelmäßigen Zeitabständen bestimmt werden.

Die meisten Hersteller bieten zu diesem Zweck integrierte oder externe Systeme an. Sogar ein geringfügiger Schmutzbelag auf nur einer der optischen Komponenten verringert nicht nur die Leistung/Energie, sondern kann außerdem wegen der Energieabsorption zu einem Hitzeschaden an der betroffenen Komponente führen. Dies gilt sowohl für Impulslaser wie auch für Dauerstrichlaser. Auch die distal abgegebene Impulsenergie sollte geprüft werden.

#### **A6.1.14 Strahlübereinstimmung**

Vor jeder Anwendung sollten Laser, die mit einem Spiegelarm ausgerüstet sind, auf die Übereinstimmung der Strahlengänge von Ziellaser und Arbeitslaser geprüft werden. Diese Prüfung sollte nach Möglichkeit auch während der Anwendung vorgenommen werden, wenn befürchtet wird, dass die Strahljustierung beeinträchtigt wurde. Eine solche Prüfung kann mittels eines markierten hölzernen Zungenspatels als Zielobjekt auf einfache Weise vorgenommen werden. Der Zielstrahl dient dazu, den Behandlungsstrahl auf die Zielmarke zu richten.

Nach Auslösen des Behandlungsstrahls sollte die Marke verschwinden. Der Zielstrahl sollte mit dem Arbeitsstrahl innerhalb der Toleranzen übereinstimmen, die der Hersteller angegeben hat. Anschließend an die kurzzeitige Strahlauslösung sollte der Einbrandfleck auf Symmetrie und gleichmäßige Tiefe untersucht werden.

Linsen und Spiegel sollten nicht angefasst werden, weil sie von Hautfeuchtigkeit beschädigt werden können. Nur die vom Hersteller empfohlenen Sterilisations- und Reinigungsmethoden sollten angewandt werden.

Beide Faserenden sollten sauber sein und keine Absplitterungen aufweisen, d. h. an der Kante und an der Endfläche unbeschädigt sein. Gespülte Fasern (solche, in denen Flüssigkeit oder Gas mitgeführt werden) sollten geprüft werden, um sicherzustellen, dass die Austrittsöffnungen offen sind und das Kühlmittel frei strömt. Es sollten keine Flüssigkeitsreste in den Lumen einer solchen gespülten Faser eingeschlossen sein. Besonderes Zubehör wie Saphirspitzen und andere lichtstreuende Teile sollten ebenfalls auf Sauberkeit geprüft werden.

### **Allgemeines**

Die gesamte medizinische Laserausrüstung muss von einer befähigten Person gewartet werden.

Die Wartung schließt eine Reihe von Tätigkeiten ein

- a) vorbeugende Wartung des Lasers und des Zubehörs,
- b) Kalibrierung der Ausgangsleistung, der Energie und der Impulseigenschaften,
- c) Aufgaben des Anwenders in Zusammenhang mit der klinischen Anwendung.

Um die Sicherheit der Beschäftigten bei diesen Wartungsarbeiten zu gewährleisten, wird empfohlen, diese Arbeiten in einem Laser-Überwachungsbereich durchzuführen, der schon eingerichtet ist, oder in einer zeitweise dafür vorgesehenen Einrichtung.

#### **A6.1.15      Reinigung und Desinfektion**

Es wird empfohlen, dass die Ausrüstungsgegenstände gereinigt und/oder desinfiziert werden, bevor sie zum Service oder in die Wartung gegeben werden. Sie sollten frei von Verschmutzungen sein, die für die Wartungsperson schädlich sein könnten.

Der Hersteller des Lasers empfiehlt normalerweise Desinfektionsmittel, die geeignet und für die Laserausrüstung unschädlich sind. Die üblichen Hygienestandards müssen beachtet werden, um die Wirksamkeit des Desinfektionsmittels gegen die betreffenden pathogenen Keime zu beurteilen.

#### **A6.1.16      Zielstrahl**

Vor und fallweise während der Anwendung sollte die Qualität des Zielstrahls am distalen Ausgang des Übertragungssystems untersucht werden. Der Strahl sollte aus etwa 5 cm bis 10 cm Abstand auf eine saubere weiße Fläche gerichtet werden. Der Fleck sollte gleichförmig und kreisrund aussehen. Obwohl die Intensitätsverteilung geringfügig inhomogen sein darf, sollten doch keine Verschmierungen, Flecke, Streulicht oder dunkle Schatten vorhanden sein. Dies würde auf Schäden oder Verschmutzungen des Übertragungssystems hinweisen. Wenn der Zielstrahl scharf begrenzt ist und normale Helligkeit aufweist, dann befindet sich die Faserspitze wahrscheinlich in einem guten Zustand.

## Anhang 7:

### Aufgaben und Stellung des Laserschutzbeauftragten im Gesundheitsdienst

Die Unfallverhütungsvorschrift "Laserstrahlung" (BGV B2/GUV-V B2) fordert die schriftliche Bestellung von sachkundigen Laserschutzbeauftragten für den Betrieb von Lasereinrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 Laser-Einrichtungen (siehe § 6 BGV B2 und Durchführungsanweisung zu § 6 der BGV B2).

Eine schriftliche Bestellung ist nicht notwendig, wenn der Unternehmer der Berufsgenossenschaft nachweist, dass er selbst die erforderliche Sachkunde besitzt, und den Betrieb der Lasereinrichtung selbst überwacht.

Der Laserschutzbeauftragte muss auf Grund seiner fachlichen Ausbildung oder Erfahrung ausreichende Kenntnisse über die zum Einsatz kommenden Laser erworben haben und so eingehend über die Wirkung der Laserstrahlung, über die Schutzmaßnahmen und Schutzvorschriften unterrichtet sein, dass er die notwendigen Schutzvorkehrungen beurteilen und auf ihre Wirksamkeit prüfen kann.

Eine spezielle Ausbildung ist zwar nicht zwingend vorgeschrieben, es wird aber empfohlen, dass die Laserschutzbeauftragten an einem berufsgenossenschaftlichen oder von der Berufsgenossenschaft anerkannten Kurs für Laserschutzbeauftragte teilnehmen.

#### **Anmerkung:**

*Auf der Internetseite der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro (BGETE) ist eine Liste der Kursveranstalter aufgeführt, die gegenüber dem Fachausschuss „Elektrotechnik“ erklärt haben, dass Sie den Anhang 3 der Durchführungsanweisungen der UVV „Laserstrahlung“ (BGV B 2/GUV-V B 2) bei ihren Schulungen zu Grunde legen.*

Die Sachkunde kann aber durchaus durch betriebsinterne Ausbildungen durch eigene Laserfachleute oder durch Fachleute des Herstellers oder Vertreibers erworben werden. Es wird empfohlen, darüber einen Nachweis auszustellen.

Die notwendige Fachkunde hängt von der Art der Lasereinrichtung und der Anwendung ab.

### **Hierzu einige Beispiele:**

1. Bei der Anwendung eines Akkupunkturlasers der Laserklasse 3R ist in der Regel der MZB-Wert nach 20 cm unterschritten. Hier kann eine auf das Lasergerät zugeschnittene Unterrichtung über notwendige Schutzmaßnahmen durch den Hersteller ausreichend sein. Der Anwender hat dann die erforderliche Sachkunde für dieses spezielle Gerät. Hierzu ist jedoch ein schriftlicher Nachweis durch den unterweisenden Hersteller über die vermittelnden Inhalte bzw. Sachkunde notwendig.
2. Ophthalmologen, haben auf Grund seiner Facharztausbildung über die notwendige Fachkunde für die von ihnen eingesetzten Geräte. Die erforderliche Sachkunde als Laserschutzbeauftragte (LSB) kann er zusätzlich erwerben.
3. Bei anderen Anwendungen von Laserstrahlung (insbesondere beim Einsatz von Lasern der Klassen 3B oder 4) ist in der Regel eine Ausbildung über mindestens 6 Stunden gemäß Anhang 3 der Durchführungsanweisungen der UVV „Laserstrahlung“ (BGV B2/GUV-V B2) notwendig. Hierbei sollte der Schwerpunkt auf die konkreten Gefährdungen der jeweiligen Anlage und die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen, nicht auf allgemeine Hinweise zu den biologisch-physiologischen Wirkungen von Laserstrahlung gelegt werden, letztere können bei Medizinern üblicherweise vorausgesetzt werden.

Die Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2/GUV-V B2) fordert in § 6, dass der Unternehmer dem Laserschutzbeauftragten folgende Aufgaben zu übertragen hat:

1. *Überwachung des Betriebes der Lasereinrichtung(en),*
2. *Unterstützung des Unternehmens hinsichtlich des sicheren Betriebes und der notwendigen Schutzmaßnahmen und*
3. *Zusammenarbeit mit den Fachkräften für Arbeitssicherheit.*

Die Unfallverhütungsvorschrift weist also dem Laserschutzbeauftragten eine beratende und überwachende Funktion zu; die eigentliche Verantwortung bleibt beim Unternehmer bzw. Vorgesetzten. Zur Ausführung der genannten Aufgaben gehören insbesondere:

- *Beratung bei der Beschaffung und Inbetriebnahme (z. B. Errichtung und Kennzeichnung des Laserbereiches),*
- *Beratung bei der Festlegung der technischen Schutzmaßnahmen (möglichst niedrige Laserklassen wählen) und der organisatorischen Schutzmaßnahmen (ggf. z. B.. besondere schriftliche Anweisungen),*
- *fachliche Auswahl der persönlichen Schutzausrüstung, Unterweisung der Beschäftigten,*
- *Mitwirkung an den Prüfungen der Lasereinrichtungen und der persönlichen Schutzausrüstungen (letztere auf ihren ordnungsgemäßen Zustand),*
- *Überwachung der Einhaltung der Sicherheits- und Schutzmaßnahmen (insbesondere der Abgrenzung und Kennzeichnung des Laserbereiches, des Verhaltens im Laserbereich, der ordnungsgemäßen Benutzung der persönlichen Körperschutzmittel),*
- *Information des Unternehmers bzw. Vorgesetzten über Mängel, Störungen und Unfälle,*
- *Zusammenarbeit mit der Sicherheitsfachkraft (elektrische Sicherheit, Gefahrstoffe, Brand- und Explosionsgefahr, Sekundärstrahlung).*

In kleineren medizinischen Einrichtungen, wie z. B. in Arztpraxen, kann es zweckmäßig sein, bestimmte Aufgaben an externe Einrichtungen weiter zu vergeben. So können z. B. die Prüfungen von Lasergeräten nach Medizinprodukte-Betreiberverordnung oder Betriebssicherheitsverordnung durch den Hersteller oder einen speziellen Servicedienst durchgeführt werden. Dann besteht die Aufgabe des Laserschutzbeauftragten für diese Punkte darin, die Einhaltung der Wartungsintervalle und die Beauftragung zu überwachen.

In größeren medizinischen Einrichtungen ist es hingegen sinnvoll, dass der verantwortliche Anwender (z. B. Arzt, Therapeut) selbst Laserschutzbeauftragter ist und die Schutzmaßnahmen selbst festlegt.

## **Externer LSB**

Gemäß § 6 der UVV „Laserstrahlung“ (BGV B2/GUV-V B2) ist nicht ausgeschlossen, dass der LSB als externe Person die Aufgaben wahrnimmt, was im medizinischen Bereich jedoch die Ausnahme sein sollte. Dies hat allerdings zur Folge, dass die Einhaltung der Sicherheitsmaßnahmen vor Ort überprüft werden müssen, d.h. er sollte in möglichst kurzer Zeit (in der Regel innerhalb von ca. 15 Minuten) vor Ort sein können.

Ein Laserschutzbeauftragter ist auch für die Instandhaltung von Lasereinrichtungen der Klassen 1, 2 oder 3A (1M, 2M) dann erforderlich, wenn während der Instandhaltung dieser Lasereinrichtungen die Strahlung von eingebauten Lasern der Klassen 3R, 3B oder 4 frei werden kann. Dies ergibt sich aus § 9 „Instandhaltung von Lasereinrichtungen“ der UVV „Laserstrahlung“ (BGV B 2 / GUV-V B 2).

Der Laserschutzbeauftragte muss ausreichend Gelegenheit haben, regelmäßig die erforderlichen Schutzmaßnahmen überprüfen zu können. Er kann für mehrere Anlagen eingesetzt werden, wenn die örtlichen Verhältnisse es gestatten, dass er den Betrieb überwachen kann. Innerhalb eines Raumes soll es nur einen Laserschutzbeauftragten geben.

Verantwortung trägt der Laserschutzbeauftragte nur für den Aufgabenbereich, der ihm übertragen ist. Es sollte also darauf geachtet werden, dass die erforderlichen Befugnisse in der schriftlichen Bestellung eindeutig festgelegt werden. Zu verantworten braucht der Laserschutzbeauftragte nur das, was er seiner Stellung nach beeinflussen kann. So hat im Allgemeinen nur der zuständige Vorgesetzte die Befugnisse, finanzielle Mittel des Unternehmens einzusetzen oder personelle Sanktionen durchzusetzen.

Der Laserschutzbeauftragte muss jedoch auf seine Meldepflicht achten. Kann er im Einzelfall nichts zur Gefahrenabwehr tun, weil seine Einwirkungsmöglichkeit erschöpft ist, hat er die Pflicht, den zuständigen Vorgesetzten einzuschalten, damit dieser das Notwendige veranlassen kann. Geschieht diese Meldung rechtzeitig, dann trägt der Vorgesetzte die Verantwortung. Unterlässt es der Laserschutzbeauftragte jedoch, rechtzeitig auf von ihm erkannte Mängel hinzuweisen oder gibt fachlich falsche Hinweise, so trägt er dafür die Verantwortung.

## Anhang 8: Literatur

- *Unfallverhütungsvorschrift „Laserstrahlung“ (BGV B2/GUV-V B2)*
- *Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ (BGV A1/GUV-V A1)*
- BG-Information „Expositionsgrenzwerte für künstliche optische Strahlung“ (**BGI 5006**)
- BG-Information „Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen“ (**BGI 5092**)
- BG-Information „Auswahl und Anbringung elektromechanischer Positionsschalter für Sicherheitsfunktionen“ (**BGI 575**)
- **DIN EN 60825-1 (VDE 0837 Teil 1)** „Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen“
- **DIN EN 60825- 4** „Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 4: Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen“
- **DIN EN 207** „Persönlicher Augenschutz, Filter und Augen-Schutz gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“
- **DIN EN 208** „Persönlicher Augenschutz, Brillen für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)“
- **DIN EN 60601-2-22 Beiblatt 1: 2007-10**  
Sicherheit von Lasereinrichtungen - Leitfaden für die sichere Anwendung von Laserstrahlung am Menschen  
(IEC/TR 60825-8:2006)
- **Bewertung von Abbrandprodukten bei der medizinischen Laseranwendung**  
Laser in der Materialbearbeitung – Sonderband  
VDI Technologiezentrum  
ISBN-Nr.: 3-00-002352-6

- VDE-Schriftenreihe - Normen verständlich Band 104 von Dr. Ernst Sutter Laserstrahlung, inkohärente Strahlung, Sonnenstrahlung, Titel: „Schutz vor optischer Strahlung“ Normenreihe DIN EN 60825 (VDE 0837) 2. Auflage 2002, 390 Seiten, DIN A5, kartoniert ISBN 978-3-8007-2667-7, Preis: 22,00 EUR
- **DIN-VDE-TB 508**  
Normen mit Grundlagencharakter, Grenzwerten und Konstruktionsanweisungen - Normen mit Vorgaben für Schutzeinrichtungen und -vorkehrungen. Hrsg.: DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und VDE Verband de ISBN: 9783800730674 beim VDE-Verlag, BEUTH  
DIN-VDE-Taschenbücher Band DIN-VDE-TB 508

## **Anhang 10: Bezugsquellenverzeichnis**

Nachstehend sind die Bezugsquellen der in dieser Fachausschuß-Information aufgeführten Vorschriften und Regeln zusammengestellt:

### **1. Gesetze, Verordnungen**

Bezugsquelle: Buchhandel  
oder Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln.  
E-Mail: [verkauf@heymanns.com](mailto:verkauf@heymanns.com)  
Internet: <http://www.heymanns.com>

### **2. Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln und Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit sowie Berufsgenossenschaftliche Grundsätze**

Bezugsquelle: zuständige Berufsgenossenschaft  
oder Carl Heymanns Verlag KG,  
Luxemburger Straße 449, 50939 Köln.  
E-Mail: [verkauf@heymanns.com](mailto:verkauf@heymanns.com)  
Internet: <http://www.heymanns.com>

### **3. Normen**

Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH  
Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin  
E-Mail: [postmaster@beuth.de](mailto:postmaster@beuth.de)  
Internet: <http://www.beuth.de>  
bzw. VDE-Verlag GmbH,  
Bismarckstraße 33, 10625 Berlin  
E-Mail: [vertrieb@vde-verlag.de](mailto:vertrieb@vde-verlag.de)  
Internet: <http://www.vde-verlag.de>