

Technische Regeln zur Arbeitsschutz- verordnung zu künstlicher optischer Strahlung	TROS Laserstrahlung	Teil 3: Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Laserstrahlung
---	--------------------------------	---

Die Technischen Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (TROS Laserstrahlung) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Laserstrahlung wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit** unter Beteiligung des Ausschusses für Arbeitsmedizin ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

Diese TROS Laserstrahlung, Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Laserstrahlung“ konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs die Anforderungen der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung und der Verordnung zur Arbeitsmedizinischen Vorsorge. Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnungen erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Bestellung eines Laserschutzbeauftragten (LSB)
 - 4 Grundsätze bei der Festlegung und Durchführung von Schutzmaßnahmen
 - 5 Unterweisung
 - 6 Betriebsanweisung
 - 7 Literaturhinweise
- Anhang 1 Schutzmaßnahmen bei bestimmten Tätigkeiten, Verfahren und Betrieb spezieller Laser
- Anhang 2 Zuordnung von Maßnahmen
- Anhang 3 Beispiele zur Kennzeichnung und Abgrenzung von Laserbereichen
- Anhang 4 Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)
- Anhang 5 Was ist bei der Erstellung einer Betriebsanweisung zu beachten?

1 Anwendungsbereich

- (1) Der Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung beschreibt das Vorgehen bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik, wie es in der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV) gefordert wird. Die Dokumentation der anzuwendenden Schutzmaßnahmen ist Teil der Gefährdungsbeurteilung (siehe auch Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung).
- (2) Die TROS Laserstrahlung gilt für Laserstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 100 nm und 1 mm.
- (3) Unabhängig von den in dieser TROS Laserstrahlung beschriebenen Vorgehensweisen sind vom Arbeitgeber die Beschäftigten oder ihre Interessenvertretung, sofern diese vorhanden ist, aufgrund der einschlägigen Vorschriften zu beteiligen.

2 Begriffsbestimmungen

In diesem Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung werden Begriffe so verwendet, wie sie im Teil „Allgemeines“ der TROS Laserstrahlung definiert und erläutert sind.

3 Bestellung eines Laserschutzbeauftragten (LSB)

- (1) Zur Gewährleistung des sicheren Betriebs einer Laser-Einrichtung der Klassen 3R, 3B und 4 ist nach § 5 OStrV ein LSB schriftlich zu bestellen. Anforderungen an die Fachkenntnisse sowie Aufgaben und Pflichten enthält Abschnitt 5 des Teils „Allgemeines“. Die Zuordnung der Laser-Einrichtungen zu Laserklassen bezieht sich auf Laser-Einrichtungen, die nach DIN EN 60825-1:2008-05 [6] klassifiziert wurden. Die Klassifizierung nach dieser Norm gilt jedoch für das „Endgerät“ und nicht zwingend für „gekapselte“ Laser, z. B. in einer Einrichtung für die Materialbearbeitung. Wenn an derartigen Einrichtungen Wartungs- und Servicearbeiten durchgeführt werden, ist dafür – ggf. entsprechend einer theoretischen Klassenzuordnung – ein LSB zu bestellen. Dies gilt auch beim Umgang mit nicht nach DIN EN 60825-1:2008-05 [6] klassifizierten Lasern (die Anwendung dieser Norm ist nicht zwingend) bzw. mit Entwicklungsmustern und Prototypen sowie mit LWL-Komponenten ab einem Gefährdungsgrad 3R.
- (2) Auch bei Lasern der Klassen 1M und 2M kann das direkte Blicken in den Strahl mit Hilfe optischer Instrumente (Theodolit, usw.) eine Gefährdung darstellen. In solchen Fällen ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob auch hier die Bestellung eines LSB erforderlich ist.

4 Grundsätze bei der Festlegung und Durchführung von Schutzmaßnahmen

4.1 Allgemeines

- (1) Ergibt die Gefährdungsbeurteilung (siehe Teil 1 „Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung) nach § 3 OStrV, dass eine Gefährdung durch Laserstrahlung nicht ausgeschlossen werden kann, dann sind nach §§ 3 und 7 OStrV Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefährdung durch Laserstrahlung nach dem Stand der Technik festzulegen und durchzuführen.

(2) Dabei sind die Entstehung und die Ausbreitung von Laserstrahlung vorrangig an der Quelle zu verhindern oder auf ein Minimum zu reduzieren. Dazu ist der Laserbereich möglichst klein zu halten. Durch die Anwendung von Schutzmaßnahmen müssen in jedem Fall die Expositionsgrenzwerte nach Anhang 4 Abschnitt 4.1 des Teils 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung eingehalten werden.

(3) Ziel ist eine weitere Reduzierung der Expositionen auf ein erreichbares Minimum auch unterhalb der Expositionsgrenzwerte. Dies gilt insbesondere für Expositionen gegenüber ultravioletter Strahlung, da die festgelegten Expositionsgrenzwerte nicht für den Schutz vor Langzeitschäden – wie Linsentrübung, Hautalterung und Hautkrebs – ausgelegt sind.

(4) Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass auch Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen der Laserstrahlung nicht auszuschließen sind, dann sind Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik vorzusehen, die diese indirekten Gefährdungen wie vorübergehende Blendung, Brand- und Explosionsgefahr ausschließen oder minimieren.

4.2 Rangfolge von Schutzmaßnahmen

(1) Bei der Festlegung und Durchführung der Schutzmaßnahmen ist gemäß § 7 Absatz 1 OStrV die folgende Rangfolge einzuhalten:

1. Vermeidung oder Minimierung von Gefährdungen durch Laserstrahlung an Arbeitsplätzen durch andere geeignete Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel (Substitutionsprüfung, Minimierungsgebot)
2. Technische Schutzmaßnahmen
3. Organisatorische Schutzmaßnahmen
4. Persönliche Schutzausrüstung (z. B. Augenschutz und Schutzkleidung)

(2) Kollektiv wirkende Schutzmaßnahmen haben gemäß § 4 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) Vorrang vor individuellen.

(3) Wenn Sofortmaßnahmen die Exposition unter die Expositionsgrenzwerte absenken sollen, haben Schutzmaßnahmen, die sich schnell durchführen lassen, eine höhere Priorität.

4.3 Vermeidung oder Minimierung der Gefährdungen durch Laserstrahlung

(1) Die Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel sind so auszuwählen, dass keine oder nur vernachlässigbare Expositionen der Beschäftigten gegenüber Laserstrahlung auftreten.

(2) Ist dies nicht möglich, sind alternative Arbeitsverfahren zu prüfen und gegebenenfalls anzuwenden, welche die Exposition der Beschäftigten durch Laserstrahlung so gering wie möglich halten (Substitutionsprüfung).

(3) Um Gefährdungen der Beschäftigten auszuschließen oder so weit wie möglich zu verringern, haben nach dem Stand der Technik folgende Schutzmaßnahmen Priorität:

- Laserstrahlung möglichst auf den Nutzungsort beschränken,
- Schutzmaßnahmen auf dem Ausbreitungsweg von Laserstrahlung direkt am Arbeitsplatz (z. B. Verrohrung) vorsehen,
- mit möglichst niedriger Laserleistung arbeiten (entsprechend der jeweiligen Anwendung),
- räumliche Ausdehnung des Laserbereichs möglichst klein halten,
- Zahl der sich im Laserbereich aufhaltenden Personen möglichst klein halten: Im Laserbereich dürfen sich nur Personen aufhalten, deren Aufenthalt dort erforderlich ist,
- Laser-Einrichtungen der Klasse 1 oder 2 zur Grundjustierung verwenden.

4.4 Technische Schutzmaßnahmen

(1) Technische Schutzmaßnahmen sind mit dem Ziel durchzuführen, die Expositionen der Beschäftigten vorrangig an der Quelle zu verhindern oder auf ein Minimum zu reduzieren.

(2) Zu den technischen Schutzmaßnahmen gehören z. B.

- geeignete Positionierung der Strahlungsquelle(n),
- Verwendung von Abschirmungen, Strahlfallen, Blenden, optischen Filtern,
- Einsatz von Schutzvorhängen und Schutzwänden,
- Einhausungen, ggf. mit Verriegelung,
- Abschränkungen,
- Vorrichtungen zur automatischen Abschaltung.

(3) Der Einschaltzustand der Laser-Einrichtung muss eindeutig angezeigt werden, z. B. in Räumen durch Warnleuchten oder Leuchttableaus oder bei Einsätzen im Freien durch Blinkleuchten oder Rundumleuchten.

(4) In Abhängigkeit von der Gefährdung, die von der Laser-Einrichtung ausgeht, kann es erforderlich sein, den Zugang schleusenartig auszubauen (z. B. bei medizinischen Anwendungen) oder Türkontakte vorzusehen, durch die der Laser beim Betreten des Laserbereiches ausgeschaltet wird (z. B. bei Robotern).

(5) Bei räumlich getrennter Anordnung von Strahlungsquelle und Strahlaustritt (Arbeitskabine) darf die Laserstrahlung auch im Störfall nicht aus dem Zuleitungssystem austreten.

(6) Zum Schutz vor gefährlichen Reflexionen sind Gegenstände und Flächen mit reflektierenden Oberflächen aus der Umgebung des Laserstrahls soweit wie möglich fernzuhalten, zu entfernen oder abzudecken.

(7) Maßnahmen der Ersten Hilfe entsprechend § 10 ArbSchG, insbesondere die sofortige Leistung Erster Hilfe nach einem Arbeitsunfall, müssen trotz der vorhandenen Schutzmaßnahmen möglich sein.

(8) Werden mehrere Laser-Einrichtungen gleichzeitig in demselben Raum betrieben, sind deren Strahlengänge gegenseitig abzuschirmen. Es ist anzustreben, dass der Strahlengang nur von einer Seite aus zugänglich ist. Die optische Achse darf in der Regel nicht auf Fenster und Türen gerichtet werden. Ist dies im Einzelfall zwingend erforderlich, so sind weitere Schutzmaßnahmen notwendig.

(9) Laserschutzwände gemäß DIN EN 60825-4 [8] erfüllen die Anforderungen an Abschirmungen von Laserbereichen.

Hinweis:

Bezüglich der Verwendbarkeit und Zuverlässigkeit der eingesetzten Laserschutzwände verweist DIN EN ISO 11553-1 [10] auf die im Rahmen der „Niederspannungsrichtlinie“ 2006/95/EG harmonisierte Norm DIN EN 60825-4 [8], deren Anwendung für den Hersteller ebenfalls mit der Konformitätsvermutung verbunden ist. Neben einer Reihe konstruktiver Vorgaben verlangt diese Norm in jedem Fall die Ermittlung der sog. „vorhersehbaren Maximalbestrahlung“ (VMB) der Laserschutzwände. Diese muss unter Berücksichtigung vernünftigerweise vorhersehbarer Fehlerbedingungen im Einzelfall rechnerisch oder experimentell durch den Hersteller bestimmt und in der Benutzerinformation angegeben werden. Die Widerstandsfähigkeit der einzusetzenden Schutzwände muss sich grundsätzlich nach dieser VMB richten. Dafür kann der Arbeitgeber Schutzwände mit festgelegter Schutzwirkung von spezialisierten Herstellern beziehen, die für ihre Produkte eine sog. „Schutzgrenzbestrahlung“ (SGB) spezifizieren. Eine Grundlage für die Spezifikation von Schutzwänden mit festgelegter Schutzwirkung sind dreifach gestaffelte „Prüfklassen“: Wartungsintervalle, in denen die Wirksamkeit bzw. der Verschleiß der Schutzwände – z. B. durch Augenschein – geprüft wird. Die entsprechenden Zeitabstände können zwischen 10 s (bei kontinuierlicher Beobachtung) und 30 000 s (bei automatischem Produktionsablauf) betragen. Die Dauer der Schutzwirkung von Laserschutzsystemen muss den Anforderungen der Laserklasse 1 genügen (Zeitbasis 30 000 s).

(10) Für Laserleistungen $P < 100 \text{ W}$ oder der Laserenergie $Q < 30 \text{ J}$ pro Einzelimpuls erfüllen auch Abschirmungen gemäß DIN EN 12254 [4] die Anforderungen an Abschirmungen von Laserbereichen.

(11) Abschirmungen, die zur temporären Abgrenzung von Laserbereichen dienen, z. B. bei der Instandhaltung von Laser-Einrichtungen oder bei der medizinischen Anwendung, sind geeignet, wenn sie der DIN EN 12254 [4] entsprechen. Abschirmungen mit geringeren Beständigkeitsanforderungen als in der genannten Norm sind im Einzelfall zulässig, wenn sichergestellt wird, dass die Laser-Einrichtung rechtzeitig vor dem Versagen der Abschirmung abgeschaltet wird.

Hinweis:

Die DIN EN 12254 [4] gilt nicht für „Laserumschließungen“ und Lasergehäuse, die Teil der Laser-Einrichtung sind oder zum Anbau an ein Lasersystem geliefert werden, um eine Laser-Einrichtung (nach DIN EN 60825-1 [6]) zu bilden. Für diese Einhausungen (Umschließungen) gilt die DIN EN 60825-4 [8].

(12) Bei der Anwendung von Hochleistungslasern der Klasse 4 ist der Brandgefahr durch Verwendung geeigneter Strahlbegrenzungen zu begegnen (z. B. wassergekühlte Hohlkegel).

(13) Die Arbeitsumgebung ist möglichst hell und reflexionsarm zu gestalten.

4.5 Organisatorische Schutzmaßnahmen

- (1) Soweit Gefährdungen der Beschäftigten durch Expositionen gegenüber Laserstrahlung durch technische Maßnahmen nicht ausgeschlossen oder so weit wie möglich verringert werden können, sind organisatorische Schutzmaßnahmen zu treffen.
- (2) Zu organisatorischen Schutzmaßnahmen, die zur Verminderung der Gefährdung durch Laserstrahlung beitragen, gehören z. B.
 - Minimierung der Expositionszeit durch Optimierung der Arbeitsabläufe,
 - Vergrößerung des Abstandes zwischen der Laserstrahlungsquelle und dem bzw. den Beschäftigten,
 - Wechsel von Tätigkeitsanteilen zwischen höher und niedriger exponierten Bereichen,
 - Kennzeichnung, Abgrenzung und Festlegung von Zugangsregelungen zu Laserbereichen,
 - Unterweisung und Üben der gefährlichen Arbeiten ohne Laserbetrieb, sodass die Beschäftigten die Tätigkeiten im Umfeld des Lasers sicher ausführen können.

4.5.1 Kennzeichnung von Laserbereichen

- (1) Nach § 7 Absatz 3 OStrV ist ein Arbeitsbereich als Laserbereich zu kennzeichnen, wenn die Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung überschritten werden können. Die Kennzeichnung muss deutlich erkennbar und dauerhaft sein. Beispiele für geeignete Kennzeichnung enthält Anhang 3 dieser TROS Laserstrahlung.
- (2) Der Zugang zum Laserbereich ist mit dem Warnzeichen W004 „Warnung vor Laserstrahl“ zu kennzeichnen. Weitere Details zur Kennzeichnung sind in der Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A1.3 [11] zu finden.
- (3) Wenn bei zeitlich und räumlich beschränkter Anwendung von Laser-Einrichtungen auf Bühnen und in Studios der Laserbereich aus szenischen Gründen zugänglich sein kann, ist im Grundsatz neben der Unterweisung der Beschäftigten eine geeignete Kennzeichnung am Bühneneingang für die Darsteller anzubringen.

Hinweis:

Bei Verwendung von Showlasern, bei LiDAR-Anwendungen oder anderen Laser-Einrichtungen im Freien, bei denen eine Gefährdung des Luftverkehrs möglich ist, ist eine Meldung des Betriebes gemäß Luftverkehrsordnung bei der örtlichen Flugsicherung erforderlich.

4.5.2 Abgrenzung von Laserbereichen

- (1) Der Laserbereich ist nach § 7 Absatz 3 OStrV abzugrenzen. Die Eignung der Abgrenzung ist für jeden Einsatzort und entsprechend der Gefährdung gesondert zu beurteilen und regelmäßig zu überprüfen.
- (2) Die Abgrenzung kann z. B. durch Lichtschranken, Verriegelungen, bauliche Maßnahmen oder temporär durch Absperrketten erfolgen.

4.5.3 Zugangsregelung für Laserbereiche

(1) Im Laserbereich dürfen Beschäftigte nur tätig werden, wenn das Arbeitsverfahren dies erfordert. Der Zugang ist für Unbefugte einzuschränken, wenn dies durch technische Maßnahmen möglich ist. Ist dies nicht möglich, dann sind durch organisatorische Schutzmaßnahmen (z. B. Zugangsverbote) entsprechende Zugangsregelungen sicherzustellen.

(2) Laser-Einrichtungen der Klasse 3B und 4 sind in der Regel mit einem schlüsselbetätigten Hauptschalter am Gerät ausgerüstet. Neben einem schlüsselbetätigten Hauptschalter kann diese Art der Sicherung auch durch andere Steuer- und Bedienungseinrichtungen, wie z. B. Magnetkarten, oder auf andere Weise vom Hersteller gewährleistet werden. Der Schlüssel kann z. B. ein Passwort sein. Der Umgang, die Verantwortlichkeiten und die Berechtigungen (Schlüsselgewalt) sind durch den Arbeitgeber zu regeln.

4.6 Persönliche Schutzausrüstungen

(1) Wenn durch technische und organisatorische Schutzmaßnahmen Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht ausgeschlossen werden können, sind geeignete individuelle Schutzmaßnahmen anzuwenden. Dies betrifft insbesondere die Anwendung persönlicher Schutzausrüstung (PSA).

(2) Persönliche Schutzausrüstungen dienen zum Schutz der Augen und der Haut.

(3) Persönliche Schutzausrüstungen gelten als geeignet, wenn sie die Sicherheit und die Gesundheit der jeweiligen Beschäftigten unter Berücksichtigung der jeweiligen Arbeitsbedingungen gewährleisten und den Anforderungen der Verordnung über die Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen auf dem Markt (8. ProdSV) oder der neuen PSA-Verordnung (EU) 2016/425 entsprechen.

Hinweis:

Laser-Schutz- und -Justierbrillen gehören nach Anhang I der PSA-Verordnung 2016/425 zur Kategorie II.

Die Bereitstellung auf dem Markt von Produkten, die unter die Richtlinie 89/686/EWG bzw. die 8. ProdSV fallen, der genannten Richtlinie entsprechen und vor dem 21. April 2019 in Verkehr gebracht wurden, ist auch nach dem Inkrafttreten der Verordnung (EU) 2016/425 weiterhin zulässig soweit keine sicherheitstechnischen Bedenken (formeller Einwand gegen die verwendete Norm, Rückruf, etc.) bestehen.

(4) Die Beteiligung der Beschäftigten bei der Auswahl von persönlichen Schutzausrüstungen erhöht die Akzeptanz und damit die Benutzung der Schutzausrüstung. Die Mitbestimmungsrechte der Beschäftigtenvertretung ergeben sich aus dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) in Verbindung mit dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) und anderen entsprechenden Rechtsgrundlagen, z. B. dem Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG).

(5) Für jede bereitgestellte persönliche Schutzausrüstung hat der Arbeitgeber die erforderlichen Informationen für die Benutzung in für die Beschäftigten verständlicher Form und Sprache bereitzuhalten. Gemäß § 12 ArbSchG in Verbindung mit § 3 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung – PSA-BV) hat der Arbeitgeber die Beschäftigten darin zu unterweisen, wie die persönlichen Schutzausrüstungen sicherheitsgerecht benutzt werden. Soweit erforderlich, hat er eine Schulung in der Benutzung durchzuführen.

4.6.1 Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen

(1) Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen müssen gemäß 8. ProdSV mit der CE-Kennzeichnung gekennzeichnet sein. Brillen, bei denen diese Kennzeichnung fehlt, dürfen nicht eingesetzt werden.

Hinweis:

Jede vom Benutzer vorgenommene Veränderung kann dazu führen, dass sich die Schutzeigenschaften der PSA verringern (z. B. durch Lackieren der Laser-Schutzbrille).

(2) Geeignete Augenschutzmittel bieten Schutz gegen eine zufällige Exposition von direkter, spiegelnd reflektierter oder diffus reflektierter Laserstrahlung. Trotz Augenschutzmittel ist jedoch der Blick in den direkten Strahl zu vermeiden.

(3) Geeignete Augenschutzmittel sind z. B. Laser-Schutzbrillen, die der DIN EN 207 [2] und Laser-Justierbrillen, die der DIN EN 208 [3] entsprechen.

Hinweis:

Weitere hilfreiche Informationen zur Auswahl von geeigneten Augenschutzmitteln sind auch in [14] enthalten.

4.6.2 Schutzkleidung

(1) Der Schutz der Haut durch geeignete Schutzkleidung hat die Aufgabe, die Laserstrahlung so zu verringern, dass die Expositionsgrenzwerte für Laserstrahlung sicher unterschritten werden.

(2) Wenn die Expositionsgrenzwerte der Haut überschritten werden können, ist geeignete Schutzkleidung zu verwenden, wenn keine anderen Maßnahmen ergriffen werden können, um die Exposition zu beseitigen oder zu minimieren. Dies kann insbesondere beim Umgang mit Lasern der Klasse 4 erforderlich sein. Hinweise zur Hautgefährdung finden sich auch in der Benutzerinformation der Hersteller.

(3) Gesichtsschutz (Visiere) und Schutzhandschuhe können besonders bei Strahlung im UV-Bereich durch UV-Laser (z. B. Excimer-Laser) erforderlich sein.

Hinweis:

Weitere hilfreiche Informationen zu Persönlicher Schutzausrüstung für Tätigkeiten mit handgeführten oder positionierten Laserbearbeitungsgeräten sind in [16] enthalten.

4.7 Schutzmaßnahmen gegen indirekte Auswirkungen

4.7.1 Schutzmaßnahmen vor inkohärenter optischer Strahlung beim Betrieb von Lasern

Bei der Anwendung von Lasern mit hoher Leistung, insbesondere beim Schweißen, Schneiden, Abtragen und Erhitzen von Material, kann eine gefährliche inkohärente optische Begleitstrahlung entstehen. Die Schutzmaßnahmen hierzu sind im Teil 3 „Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung“ der TROS IOS beschrieben.

4.7.2 Schutzmaßnahmen vor vorübergehender Blendung

(1) Die wichtigsten Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer vorübergehenden Blendung sind:

- Abschirmung der sichtbaren Laserstrahlung gegenüber den Beschäftigten,
- Verwendung von nicht-reflektierenden Materialien am Arbeitsplatz und
- Vermeidung des direkten Blicks in einen sichtbaren Laserstrahl.

(2) Bei Arbeiten mit sichtbarer Laserstrahlung sind darüber hinaus die Strahlverläufe so zu gestalten, dass weder ein direkter Blick in einen Strahl noch eine Reflexion eines Strahls wahrscheinlich sind.

(3) Ist die Vermeidung einer vorübergehenden Blendung nicht möglich, lässt sich eine maximale Minderung der Auswirkungen einer vorübergehenden Blendung durch die Verwendung der für die jeweilige Tätigkeit kleinstmöglichen Laserstrahlleistung erreichen.

4.7.3 Schutzmaßnahmen vor Brand- und Explosionsgefährdung

(1) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Schutzmaßnahmen getroffen werden, wenn die Energie- oder Leistungsdichte der Laserstrahlung eine Zündung brennbarer Stoffe oder explosionsfähiger Gemische herbeiführen kann (siehe auch TRGS 800 [13] und TRBS 2152 Teil 3 [12], insbesondere Abschnitte 5.10.1 Hinweise und 5.10.2 Schutzmaßnahmen für alle Zonen). Brennbar sind z. B. entzündbare Gase, entzündbare Flüssigkeiten und entzündbare Feststoffe gemäß Gefahrstoffverordnung sowie sonstige brennbare Materialien wie z. B. Holz, Papier, Textilien und Kunststoffe.

(2) Bei der Anwendung von Laser-Einrichtungen der Klassen 3B und 4 muss immer geprüft werden, ob ausreichende Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren getroffen worden sind.

(3) Bei der Anwendung von Hochleistungslasern der Klasse 4 im infraroten Wellenlängenbereich ist der Brandgefahr durch Verwendung geeigneter Strahlbegrenzungen zu begegnen, z. B. durch wassergekühlte Hohlkegel.

(4) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass bei der medizinischen Anwendung von Laserstrahlung im Bereich von Organen, Körperhöhlen und Tuben, die brennbare Gase oder Dämpfe enthalten können, Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahr getroffen werden.

4.7.4 Schutzmaßnahmen vor entstehenden Gefahrstoffen

(1) Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Schutzmaßnahmen nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) getroffen werden, sofern durch Einwirkung von Laserstrahlung gesundheitsgefährdende Konzentrationen von Gefahrstoffen (Gasen, Dämpfen, Stäuben, Nebeln oder Aerosolen) entstehen können. Diese Forderung ist erfüllt, wenn der Laserbereich von Gefahrstoffen z. B. durch eine Absaugung frei gehalten wird.

(2) Werden solche Gefahrstoffe für eine spezielle Anwendung der Laserstrahlung eingesetzt, dürfen nur die dafür erforderlichen Mindestmengen im Laserbereich vorhanden sein. Es sind Maßnahmen zu treffen, die eine Gefährdung der Beschäftigten durch das Zünden dieser Stoffe verhindern. In den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), welche die Anforderungen der GefStoffV konkretisieren, werden beispielhaft Schutzmaßnahmen beschrieben.

Hinweis:

Bei der Einwirkung gepulster Laserstrahlung auf ein Material kann es neben der Bildung von Gasen vor allem zu einer Zerstäubung (Aerosolbildung) kommen.

4.7.5 Schutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung

(1) Bei der Anwendung von bestimmten Laser-Einrichtungen, die ultrakurzgepulste Laserstrahlung emittieren (z. B. Femtosekunden-Laser, UKP-Laser), kann durch die Wechselwirkung mit Materie ionisierende Strahlung als Sekundärstrahlung entstehen.

(2) Der Arbeitgeber muss beim Betrieb derartiger Anlagen die Anforderungen aus dem Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) und den zugehörigen Verordnungen einhalten und geeigneten Schutzmaßnahmen treffen.

(3) Die vom Hersteller mitgelieferten Benutzerinformationen sowie die Warnhinweise am Gerät sind zu beachten.

4.8 Verwendung von Arbeitsmitteln durch die Beschäftigten

Der Arbeitgeber hat dafür zu sorgen, dass Beschäftigte

- die Laser-Einrichtungen entsprechend der Betriebsanweisung nach Abschnitt 6 bestimmungsgemäß verwenden,
- dem zuständigen Vorgesetzten jede von ihnen festgestellte unmittelbare erhebliche Gefahr für die Sicherheit und Gesundheit durch Laserstrahlung sowie jeden an den Schutzsystemen festgestellten Defekt an Laser-Einrichtungen unverzüglich melden.

5 Unterweisung

Basis für die Unterweisung der Beschäftigten ist das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung und der sich daraus ableitenden Schutzmaßnahmen. Detaillierte Informationen zur Unterweisung sind im Abschnitt 7 des Teils 1 „Beurteilung der Gefährdung durch Laserstrahlung“ der TROS Laserstrahlung zu finden.

6 Betriebsanweisung

- (1) Zugangsregelungen und Anwendung persönlicher Schutzausrüstungen sind erforderlichenfalls in einer Betriebsanweisung zu regeln. Bei jeder maßgeblichen Veränderung der Arbeitsbedingungen muss die Betriebsanweisung aktualisiert werden.
- (2) Eine Betriebsanweisung kann folgende Inhalte haben:
1. Anwendungsbereich,
 2. Gefährdungen für den Menschen,
 3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln,
 4. Verhalten bei Störungen,
 5. Verhalten bei Unfällen,
 6. Abschluss der Arbeiten.
- (3) Ein Muster für eine Betriebsanweisung ist im Anhang 5 dieser TROS Laserstrahlung zu finden.

7 Literaturhinweise

- [1] DIN 5685-1:2003-07: Rundstahlketten ohne Belastungsprüfung – Teil 1: Langgliedrig
- [2] DIN EN 207:2012-04: Persönlicher Augenschutz – Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)
- [3] DIN EN 208:2010-04: Persönlicher Augenschutz – Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)
- [4] DIN EN 12254:2012-04: Abschirmungen an Laserarbeitsplätzen – Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung
- [5] DIN EN 60079-28:2013-03: Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 28: Schutz von Geräten und Übertragungssystemen die mit optischer Strahlung arbeiten
- [6] DIN EN 60825-1:2008-05: Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen
- [7] DIN EN 60825-2:2011-06: Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWLKS)
- [8] DIN EN 60825-4:2011-12: Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 4: Laserschutzwände
- [9] DIN EN 60825-12:2004-12: Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 12: Sicherheit von optischen Freiraumkommunikationssystemen für die Informationsübertragung
- [10] DIN EN ISO 11553-1:2009-03: Sicherheit von Maschinen – Laserbearbeitungsmaschinen – Teil 1: Allgemeine Sicherheitsanforderungen
- [11] Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“, GMBI 2013, S. 334 [Nr. 16] (v. 13.3.2013)
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A1-3.pdf>

- [12] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152, Teil 3, „Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre“, GMBI 2009, S. 1583 [Nr. 77] (v. 20.11.2009)
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Anlagen-und-Betriebssicherheit/TRBS/pdf/TRBS-2152-Teil-3.pdf>
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 800 „Brandschutzmaßnahmen“, GMBI 2011, S. 33-42 [Nr. 2] (v. 31.1.2011)
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-800.pdf>
- [14] DGUV Information 203-042: Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen (BGI 5092)
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi5092.pdf>
- [15] Fachausschuss Information „Betrieb von Laser-Einrichtungen für medizinische und kosmetische Anwendungen“, Fachausschuss Elektrotechnik, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2009)
- [16] Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse Nr. 132, Persönliche Schutzausrüstung für Tätigkeiten mit handgeführten oder positionierten Laserbearbeitungsgeräten, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund (2007)
<http://www.baua.de/de/Publikationen/AWE/Band4/AWE132.html>

Weitere Literaturquellen

- DGUV Regel 112-189: Benutzung von Schutzkleidung
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr189.pdf>
- DGUV Regel 112-192: Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgr192.pdf>
- DGUV Information 204-022: Erste Hilfe im Betrieb
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/i-509.pdf>
- DGUV Information 203-036: Laser-Einrichtungen für Show- oder Projektionszwecke
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi5007.pdf>
- DGUV Information 203-039: Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen (LWKS)
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi5031.pdf>

Anhang 1

Schutzmaßnahmen bei bestimmten Tätigkeiten, Verfahren und Betrieb spezieller Laser

A1.1 Betrieb von Messlasern

(1) Bei der Anwendung von Laser-Einrichtungen der Klasse 1M, 2M und 3A ist sicherzustellen, dass nicht direkt durch optisch sammelnde Instrumente, z. B. Nivelliergeräte, Ferngläser oder Teleskope, in den Laserstrahl geblickt wird.

(2) Bei der Verwendung von Laser-Einrichtungen der Klasse 3R im sichtbaren Wellenlängenbereich bzw. Laser-Einrichtungen der Klasse 3R, bei denen die Strahlrichtung konstant ist, haben sich folgende Maßnahmen bewährt:

- Die Ausgangsleistung des Lasers wird auf das für die Anwendung erforderliche Maß beschränkt. Dies kann durch die Auswahl der Laser-Einrichtung oder durch Vorschalten abschwächender Filter erreicht werden.
- Der Laserstrahl verläuft außerhalb des Arbeits- und Verkehrsbereiches.
- Die Strahlachse wird so gesichert, dass ein Auswandern des Laserstrahls nicht möglich ist. Diese Sicherung kann beispielsweise aus einem Rohr vor der Laser-Einrichtung bestehen, das als Strahlfänger dient.
- Der Bereich um den Laserstrahl wird in einem Abstand von 1,5 m, z. B. mit einer Absperrkette gemäß DIN 5685 [1] abgegrenzt und mit Laserwarnzeichen gekennzeichnet (siehe ASR A1.3 [11], Warnzeichen W004).

A1.2 Benutzung von Lasern zu Unterrichtszwecken in allgemeinbildenden Schulen

(1) Für Unterrichtszwecke sind nur Laser-Einrichtungen der Klassen 1 oder 2 zu verwenden.

(2) Bei der Benutzung von Laser-Einrichtungen der Klasse 2 ist dafür zu sorgen, dass besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden, insbesondere durch zusätzliche Leistungsbegrenzung, Abgrenzung, Kennzeichnung und Unterweisung. Es ist dafür zu sorgen, dass

- der Laserbereich durch Abschirmung auf das notwendige Maß begrenzt und durch Abgrenzung gegen unbeabsichtigtes Betreten gesichert ist;
- Zugänge zu Laserbereichen mit Laserwarnzeichen gekennzeichnet sind;
- diese Laser-Einrichtungen nur von Befugten und unterwiesenen Personen betrieben werden;
- bei der Vorbereitung von Versuchen und Vorführungen nur Personen beteiligt oder zugegen sind, die zuvor über die Gefahren der Laserstrahlung und die erforderlichen Schutzmaßnahmen unterrichtet worden sind;
- Beobachter bzw. Teilnehmer vor Beginn des Versuches bzw. der Vorführung über die Gefahren der Laserstrahlung unterrichtet worden sind;
- Versuche und Vorführungen mit der jeweils geringsten notwendigen Laserleistung durchgeführt werden.

(3) Neben Lasern der Klassen 1 und 2 können auch Laser der Klassen 1M und 2M verwendet werden, wenn zusätzlich sichergestellt wird, dass der Strahlquerschnitt nicht durch optisch sammelnde Instrumente verkleinert werden kann.

A1.3 Betrieb von Lasern zu medizinischen und kosmetischen Zwecken

(1) Müssen Instrumente bei medizinischer Anwendung in den Strahlengang gebracht werden, hat der Arbeitgeber solche Instrumente zur Verfügung zu stellen, die durch Formgebung und Material gefährliche Reflexionen weitgehend ausschließen.

(2) Wird Laserstrahlung zu medizinischen Zwecken eingesetzt, hat der Arbeitgeber dafür zu sorgen, dass die dabei verwendeten optischen Einrichtungen zur Beobachtung oder Einstellung mit geeigneten Laser-Schutzfiltern ausgerüstet sind.

(3) Der Arbeitgeber hat bei der medizinischen Anwendung der Laserstrahlung von Laser-Einrichtungen der Klasse 4 mittels eines freibeweglichen Lichtwellenleitendes oder Handstücks dafür zu sorgen, dass Hilfsgeräte und Abdeckmaterialien, die dem Laserstrahl versehentlich ausgesetzt werden können, möglichst nicht bzw. nur gering reflektierend und mindestens schwer entflammbar sind.

(4) Tuben und Sonden müssen aus Materialien bestehen oder mit Materialien umhüllt werden, die ausreichend beständig gegen die verwendete Laserstrahlung sind.

Hinweis:

Ausführliche Informationen zum Einsatz von Lasern in der Medizin sind in [15] enthalten.

A1.4 Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Laser-Einrichtungen im Freien

Bei Laseranwendungen im Freien ist es nicht möglich, den Laserstrahl mit einem Gehäuse vollständig zu umgeben. Daher ist der Laserbereich zu ermitteln, d. h. es sind die Bereiche zu erfassen, in denen die Expositionsgrenzwerte der OStrV überschritten werden können. Dabei sind neben der direkten Strahlausbreitung auch die Bereiche, in denen durch Reflexion die Expositionsgrenzwerte überschritten werden können, zu ermitteln und in den Laserbereich einzubeziehen.

A1.4.1 Technische Schutzmaßnahmen

(1) Technische Schutzmaßnahmen zur Verkleinerung des Laserbereiches sind vor allem bei Laser-Einrichtungen der Laserklassen 3R, 3B und 4 erforderlich. Bei Lasern der Klassen 1M, 2M und 3A sind diese Maßnahmen nur erforderlich, wenn zu erwarten ist, dass mit optischen Geräten mit vergrößernder Wirkung in den Strahl geblickt wird. Bei Lasern der Klassen 2 und 2M sowie der Klassen 1M und 3A und sichtbarer Laserstrahlung sind diese Maßnahmen nur erforderlich, wenn die Gefahr von vorübergehender Blendung besteht.

(2) Die Laser-Einrichtung muss stabil aufgestellt sein. Durch Blenden oder Einhausung ist erforderlichenfalls zu verhindern, dass der Strahl den zulässigen Strahlbereich verlässt.

(3) Bei veränderlichen Strahlrichtungen müssen mechanische oder elektronische-/Software-Richtungsbegrenzungen zur Begrenzung des Laserbereiches eingesetzt werden.

(4) Der Strahl ist möglichst so zu führen, dass er außerhalb von Verkehrsräumen verläuft.

Hinweis:

Als weitere Informationsquelle in Bezug auf Verkehrsräume und der dort einzuhaltenen Abstände kann auch die DIN EN 60825-12 [9] herangezogen werden (als Bezeichnungen für Verkehrsräume wird in der DIN EN 60825-12 [9] der Begriff Standorte verwendet).

(5) Im Laserbereich darf optisches Gerät mit vergrößernder Wirkung nur verwendet werden, wenn es mit geeigneten Laser-Schutzfiltern ausgestattet ist.

(6) Die Ausbreitung des Strahles muss durch einen ausreichend bemessenen Strahlfänger (Strahlbegrenzung), der Ungenauigkeiten bei der Strahlausrichtung berücksichtigt, eingeschränkt werden. Auf den Strahlfänger kann verzichtet werden, wenn der Laserbereich, ggf. unter Berücksichtigung der Beobachtung mit vergrößernden optischen Geräten, vollständig innerhalb des Betriebsgeländes liegt und Arbeitsplätze nicht betroffen sind.

(7) Ist es in Sonderfällen erforderlich, dass Laserstrahlen, die die Expositionsgrenzwerte überschreiten, das Betriebsgelände verlassen, so sind neben der Sicherstellung, dass keine Personen exponiert werden, auch die zuständigen Behörden (Luftfahrtaufsicht, Ordnungsamt) in die Planung einzubinden.

(8) Soweit beim Betrieb von Lasern ein Laserbereich entsteht, ist dafür zu sorgen, dass Personen nicht in diesen Bereich gelangen können. Hierfür muss der gesamte Laserbereich mit geeigneten Mitteln abgesperrt bzw. abgegrenzt und mit Warnzeichen und ggf. Hinweisschildern in ausreichendem Maß gekennzeichnet werden. Falls dies nicht durchgängig möglich ist oder das Fernhalten von Unbefugten auf diese Weise nicht sichergestellt werden kann, muss der Laserbereich beispielsweise durch Posten oder technische Einrichtungen lückenlos überwacht werden.

(9) Der Betrieb der Laser-Einrichtung ist durch ein deutlich erkennbares optisches Signal anzuzeigen.

A1.4.2 Organisatorische Schutzmaßnahmen

(1) Der Laserbetrieb ist zu unterbrechen, falls ungeschützte Personen in den Laserbereich gelangen oder Gegenstände in den Strahlbereich gelangen, die eine unkontrollierte (spiegelnde) Reflexion hervorrufen können.

(2) Die Laser-Einrichtung ist gegen unbefugten Gebrauch zu sichern.

Anhang 2

Zuordnung von Maßnahmen

(1) Die Hierarchie der Maßnahmen lässt sich beispielhaft in einer Tabelle (siehe Tabelle A2.1) mit entsprechender Rangfolge zusammenstellen.

(2) Bereits im Vorfeld der Planung einer Laser-Einrichtung sind entsprechende bauliche Maßnahmen zu ergreifen, die einen möglichst sicheren Umgang mit der Laser-Einrichtung ermöglichen. Räume, in denen sich zukünftig Laser-Einrichtungen der Klassen 3R, 3B oder 4 befinden sollen, sind z. B. so zu gestalten und auszustatten, dass Decken, Wände sowie jede zugehörige Raumausstattung diffus reflektierende Oberflächen aufweisen und dass für unvermeidbare reflektierende Oberflächen (z. B. Fenster) entsprechende Abdeckungen vorhanden sind.

Tab. A2.1 Zuordnung von Maßnahmen

Maßnahmen	Zuordnung
Technische Schutzmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> – geschlossener Raum – Laser-Einhausung (gekapselter Laser) – geeignete Oberflächen von Türen und Fenstern – wenig reflektierendes Instrumentarium – Warnlampen Weitere Einrichtungen am Laser: <ul style="list-style-type: none"> – Ausstattung des Lasers nach DIN EN 60825-1 (u. a. Shutter, Abschaltung, Schutzgehäuse) – Abschirmungen – spezielle Absaugung für ggf. entstehende Gase, Dämpfe, Stäube, Nebel, Rauche und Aerosole
Organisatorische Schutzmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> – Kennzeichnung – Anwesenheits-Beschränkung – haustechnische Überwachung und fristgerechte Prüfung der Laser – Verkürzung der Expositionszeit (hierbei ist bei medizinischer Anwendung ggf. der Patientenschutz zu beachten)
Persönliche Schutzmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> – Laser-Schutzbrillen – Laser-Justierbrillen – Laserschutz-Filter (z. B. Visier) – Schutzkleidung – Schutzhandschuhe – freie Hautpartien (z. B. auch des Patienten) bedecken durch lasergeeignete Abdeckungen
Unterweisung, Koordination	<ul style="list-style-type: none"> – Unterweisung der Beschäftigten und Abstimmung zwischen Arbeitgebern und Selbständigen

Anhang 3

Beispiele zur Kennzeichnung und Abgrenzung von Laserbereichen

In den Abbildungen A3.1 und A3.2 werden Beispiele zur Kennzeichnung und Abgrenzung von Türen vor Laserbereichen und von begehbaren Laserbereichen dargestellt.

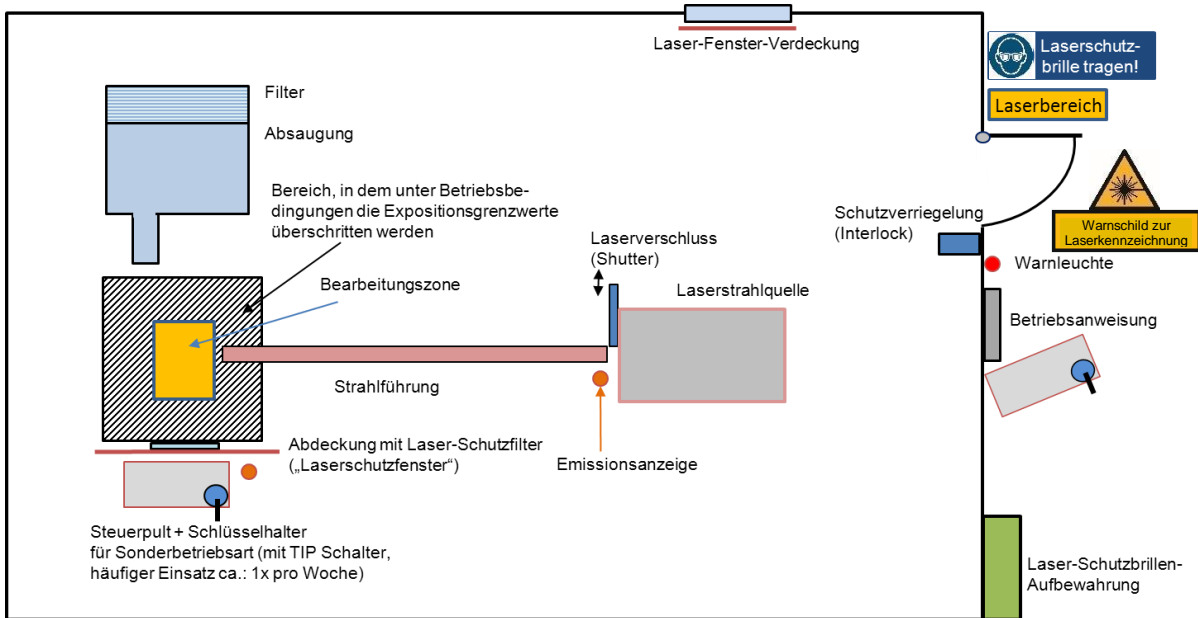


Abb. A3.1 Kennzeichnung und Abgrenzung des gesamten Raumes als Laserbereich für industrielle Anwendungen. Bei anderen Anwendungen kann die Schutzverriegelung an der Eingangstür durch andere Maßnahmen zur Abgrenzung (z. B. schleusenartiger Eingang) ersetzt werden.

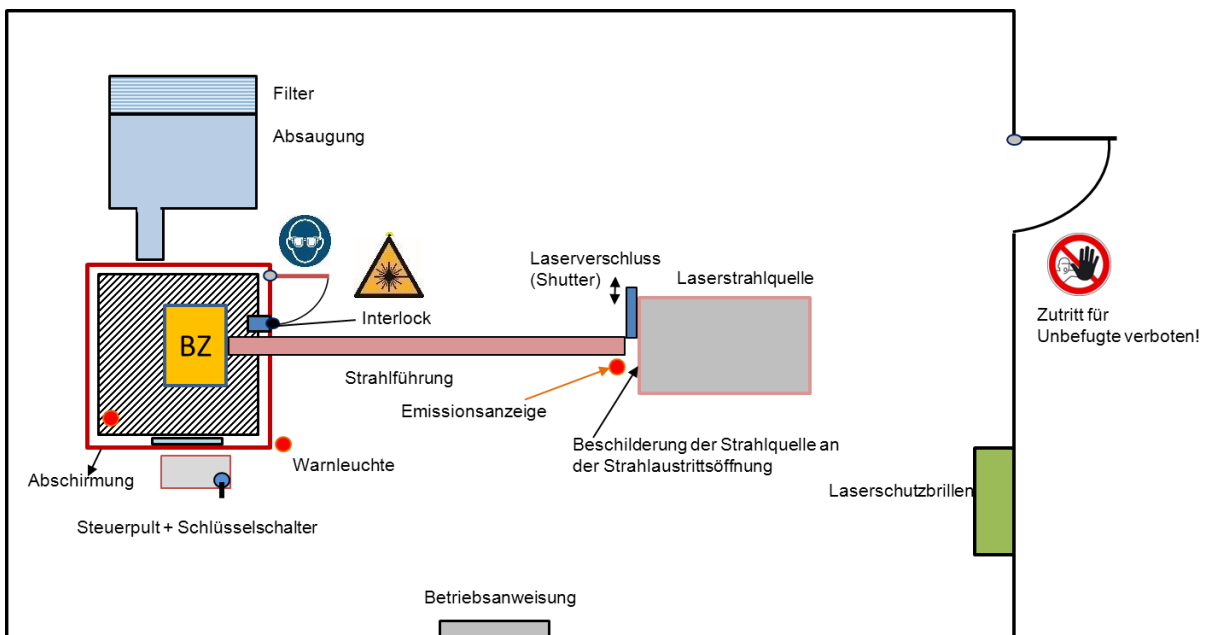


Abb. A3.2 Kennzeichnung und Abgrenzung eines begehbaren Raumes mit innen liegendem Laserbereich für industrielle Anwendungen.

Anhang 4

Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Lichtwellenleiter-Kommunikations-Systemen (LWLKS)

A4.1 Allgemeine Regeln zum sicheren Arbeiten an und mit LWLKS

Unter Beachtung der folgenden Regeln gemäß Tabelle A4.1 darf bei Gefährdungsgraden 1 bis 3R im laufenden Betrieb gearbeitet werden.

Tab. A4.1 Regeln zum sicheren Arbeiten an LWLKS

Betrachten der Faser	Nicht mit ungeschütztem Auge oder einem optischen Gerät auf Faserenden oder Steckerstirnflächen blicken.
	Faserende nicht auf andere Personen richten.
Optische Instrumente	Nur speziell ausgewählte oder angefertigte optische Instrumente mit Filter oder Dämpfung benutzen, bei Gefährdungsgraden größer oder gleich 1M oder 2M indirekte Sehhilfen (Kamera und Monitor, Schattenbildspießgeräte) benutzen.
Faserenden	Offene Faserenden abdecken (Spießschutz, Klebeband), wenn nicht daran gearbeitet wird. Offene Stecker mit Staubschutzkappen versehen.
Faserbündchen	Nur vom Sender abgekoppelte Fasern brechen.
	Spezielles Bandspleißgerät verwenden.
Messleitungen	Die optische Quelle als Letztes anschließen und als Erstes trennen.
Wartung	Nur nach spezieller Arbeitsanweisung durchführen.
Reinigung	Nur geeignete Methoden benutzen.
Änderungen am LWLKS	Nur mit besonderer Befugnis.
Board extenders (LWL-Bauteil zur Reichweiten-Erhöhung)	Leiterplatten-Adapter für das Arbeiten außerhalb der Gestelle nicht bei Karten mit optischen Sendern benutzen.
Schlüsselschalter	Schlüssel nur in Obhut autorisierter Personen aufbewahren.
Testeinrichtungen	Die Laserklasse der Testeinrichtung muss dem Gefährdungsgrad des Standortes entsprechen.
Warnzeichen	Standorte mit Gefährdungsgraden oberhalb 1M sind immer mit dem Laserwarnzeichen und dem Gefährdungsgrad zu versehen.

A4.2 Festlegung von Schutzmaßnahmen

(1) Der Betreiber eines kompletten LWLKS hat die Verantwortung für die Lasersicherheit. Das beinhaltet unter anderem die Festlegung der Standorttypen und des Gefährdungsgrades mit den entsprechenden Schutzmaßnahmen. Dies bedeutet, dass an jeder zugänglichen Stelle des gesamten Systems sicherzustellen ist, dass die dort zugewiesenen Gefährdungsgrade nicht überschritten werden und für Installations- und Wartungsarbeiten nur entsprechend unterwiesenes Personal eingesetzt wird.

(2) Bei Gefährdungsgraden 2, 2M, 3R, 3B oder 4 muss der Zugang zum Laserbereich mit dem Laserwarnschild W004 nach Anhang 1 Ziffer 2 ASR A1.3 [11] und der Angabe des jeweiligen Gefährdungsgrades gekennzeichnet sein.

(3) Die Funktion einer automatischen Leistungsverringerung ist vor der Inbetriebnahme des LWLKS zu prüfen.

(4) Die Bedingungen, unter denen im Wartungsfall eine automatische Leistungsverringerung außer Kraft gesetzt werden darf, sind klar zu definieren. In diesem Fall können die austretenden Leistungen größer sein als für den entsprechenden Gefährdungsgrad zulässig. Beim Überschreiten der Grenzwerte der Klasse 1 sind die Gefährdungen und Schutzmaßnahmen zu bestimmen und ggf. in Arbeitsanweisungen niederzulegen.

(5) Bei Arbeiten mit sichtbarer Laserstrahlung der Gefährdungsgrade 2, 2M oder 3R im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm, bei denen bisher von einem Schutz durch Abwendungsreaktionen einschließlich des Lidschlussreflexes ausgegangen wurde, sind die Beschäftigten dahingehend zu unterweisen, dass von diesem Schutz nicht ausgegangen werden darf und stattdessen aktive Schutzreaktionen (sofortiges Schließen der Augen, Abwendung des Kopfes aus dem Strahl) auszuführen sind.

(6) Bezüglich der Schutzmaßnahmen können folgende Anwendungsbereiche mit Lichtwellenleitersystemen oder -komponenten grob unterschieden werden:

- Normalbetrieb des LWLKS; der Anwender muss nicht unterwiesen sein (z. B. Beschäftigte in angeschlossenen Betrieben);
- Wartung, Montage und Prüffeld;
- Forschung und Entwicklung.

A4.2.1 Schutzmaßnahmen für Anwender und Personen, die sich in uneingeschränkten Bereichen aufhalten

(1) Eine Gefährdung für den Anwender wird u. a. durch mechanische Verriegelungen oder automatische Leistungsverringerungen verhindert.

(2) Wenn keine Gefährdung vorliegt, sind auch keinerlei Warn- oder Hinweisschilder am Gerät notwendig.

Hinweis:

Bei Laser-Einrichtungen mit Gefährdungsgraden 1 und 1M ist es dem Hersteller nach der DIN EN 60825-2 [7] freigestellt, ein Hinweisschild anzubringen oder diese Information nur in die Gebrauchsanleitung aufzunehmen.

A4.2.2 Schutzmaßnahmen bei Wartung, Montage und im Prüffeld

(1) Der Umgang mit LWLKS-Komponenten bei diesen Arbeiten erfordert eine besondere Sorgfalt bezüglich Sauberkeit, Reinigung, mechanischer Belastungen und Biegeradien sowie speziell dafür ausgebildetes Personal.

(2) Kann bei Arbeiten an einem System Strahlungsleistung oberhalb der GZS der Klasse 1 zugänglich werden, sind die betreffenden Beschäftigten mindestens jährlich zu unterweisen.

(3) Bei LWLKS mit hohen Strahlungsleistungen wird die Sicherheit häufig mit einer Steuerung zur automatischen Leistungsverringerung gewährleistet. Ist diese defekt oder abgeschaltet, sind die Schutzmaßnahmen für die höhere Laserleistung anzuwenden.

(4) Falls z. B. bei Installationsarbeiten die endgültigen Gefährdungsgrade durch den Betreiber noch nicht festgelegt wurden, ist die Klassifizierung der optischen Sendekomponenten oder Testeinrichtungen zur Festlegung der Schutzmaßnahmen zu verwenden.

A4.2.3 Schutzmaßnahmen in Forschung und Entwicklung

(1) Solche Arbeiten werden im Allgemeinen an noch nicht umschlossenen LWLKS durchgeführt. Gefährdungsgrade und Standorttypen sind noch nicht definiert. Daher sind die Laserklassen der einzelnen verwendeten Sendekomponenten oder Messgeräte zu ermitteln und zur Bestimmung der Gefährdung sowie Festlegung der Schutzmaßnahmen zu verwenden. Gleiches gilt für Verbindungsstellen, an denen Strahlung z. B. beim Öffnen von Steckverbindern zugänglich werden kann. Der Arbeitsplatz ist zu kennzeichnen und die Schutzmaßnahmen sind entsprechend der maximal möglichen Emission festzulegen.

(2) Bei temporären Versuchsaufbauten im Laborbereich können oftmals technische Maßnahmen, die eine Gefährdung ausschließen oder nach dem Stand der Technik verringern können, aufgrund des zeitlichen Aufwandes nicht oder nicht vollständig zur Anwendung kommen. Der Schutz der Beschäftigten muss in solchen Fällen vor allem durch organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen, wie z. B. Zugangsbeschränkungen, Betriebsanweisungen, Arbeitsvorschriften, Verwendung von Laser-Schutzbrillen, sowie Unterweisungen sichergestellt werden.

A4.3 Besondere Schutzmaßnahmen

A4.3.1 Schutzmaßnahmen bei Brandgefahr

Im Laserbereich, insbesondere in der Nähe der Faserendflächen, dürfen keine brennbaren Materialien und keine entzündbaren Stoffe gelagert werden.

A4.3.2 Schutzmaßnahmen bei Explosionsgefahr

(1) Aufgrund der extremen Leistungsdichte am Strahlaustritt von LWLKS muss oberhalb der Werte aus der Tabelle A4.2 in entsprechenden Umgebungen unter Umständen mit Explosionsgefährdungen gerechnet werden.

(2) Bei Einsatz in derartigen Umgebungen ist die Leistung und Leistungsdichte so zu begrenzen, dass sie die explosionsfähigen Gemische nicht entzünden kann. Genauere Informationen für den Explosionsschutz in Gas- oder Dampf-Luft-Atmosphären sind in den Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 3 [12] zu finden. Darüber hinaus enthält die DIN EN 60079-28 [5] weitere hilfreiche Informationen.

Tabelle A4.2 zeigt die Strahlungsleistungen, die keine Zündquelle darstellen, wenn davon auszugehen ist, dass die Strahlung an einem Festkörper vollkommen absorbiert, in eine Erwärmung umgesetzt und so eine heiße Oberfläche erzeugt wird. Die in der Tabelle genannten Werte sind grobe Vereinfachungen mit großem Sicherheitsabstand. Bei geringerer Absorption, guter Wärmeableitung an die Umgebung oder aber auch bei fehlendem Absorber sind auch höhere Leistungen möglich, ohne dass es zur Zündung kommt. In diesem Zusammenhang ist auch die Möglichkeit der

Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre bei Benutzung alkoholischer Reinigungsmittel, z. B. beim Säubern von Steckerstirnflächen, zu berücksichtigen. Diese Atmosphäre selbst ist zwar für die LWLKS-Strahlung transparent, kann aber u. U. durch ein absorbierendes Staubkorn gezündet werden.

Tab. A4.2 Strahlungsleistungen, die keine Zündquelle darstellen

Explosionsgruppe	I und IIA	IIA	IIB	IIC	IIC
Temperaturklasse	T1–T3	T4	T1–T4	T1–T4	T5–T6
Leistung in mW	150	35	35	35	15
Bestrahlungsstärke in $\text{mW} \cdot \text{mm}^{-2}$ bei Flächen $< 400 \text{ mm}^2$	20 ^{a)}	5	5	5	5

a) Bei Flächen $> 30 \text{ mm}^2$ gilt der $5 \text{ mW} \cdot \text{mm}^{-2}$ -Grenzwert, wenn sich brennbares Material (z. B. Kohlenstaub) im Strahl befinden kann.

A4.3.3 Betrachten und Prüfen von Strahlaustrittsstellen

(1) Das Betrachten der Steckerendflächen bei Arbeiten an LWLKS ist nur dann erlaubt, wenn die folgenden Bedingungen insgesamt eingehalten werden:

- der betreffende Laser ist außer Betrieb (z. B. durch Ziehen der Baugruppe),
- der betreffende Laser ist gegen Wiedereinschalten gesichert (z. B. durch ein Hinweisschild),
- mit einem optischen Leistungsmesser wurde einwandfrei festgestellt, dass Leistungsfreiheit herrscht. Die Messzeit muss größer sein als eine ggf. vorhandene zyklische Wiedereinschaltzeit nach automatischer Leistungsverringerung (ALV).

(2) Falls optische Instrumente (z. B. zur Begutachtung von Spleißen oder Steckerstirnflächen) für Faserenden unter Last verwendet werden sollen, müssen diese speziell ausgewählt (d. h. mit geeigneten Schutzfiltern versehen) werden.

(3) Zur Beobachtung können beispielsweise indirekte Video-Mikroskope verwendet werden.

A4.3.4 Messungen an Lichtwellenleiter-Verteilern und technischen Einrichtungen

(1) Von angeschlossenen Messgeräten geht bei bestimmungsgemäßer Verwendung keine Gefährdung aus. Besondere Schutzmaßnahmen sind nicht erforderlich. Auch hier ist jedoch aus Sicherheitsgründen ein direktes Blicken in den Strahl (Stecker mit Kupplung am Ende der Messleitung) zu unterlassen.

(2) Muss das Messgerät für spezielle Aufgaben im Einzelfall z. B. offen verwendet werden, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen (z. B. Tragen von Laser-Schutzbrillen) vorzusehen.

(3) Beim Messen des optischen Leistungssignals an Lichtwellenleiter-Verteilern (z. B. Gf-KEG, Gf-HVt) oder an den übertragungstechnischen Einrichtungen wird durch Auftrennen von Verbindungen des Lichtwellenleiter-Übertragungssystems die Laserleistungsverringerung aktiviert, sofern das geschlossene LWLKS Laser der Klasse 3R, 3B oder 4 enthält. Um sicherzustellen, dass auch im ungünstigsten Fall keine Personengefährdung auftritt, ist der optische Leistungsmesser sofort nach dem Auftrennen an der zu messenden Stelle anzuschließen und das andere offene Ende mit der Staubschutzkappe zu versehen.

(4) Ein Betrachten der Steckerendflächen (direkter Blick in den Strahl) ist bei Messungen zu unterlassen. Danach kann die manuelle Lasereinschaltung aktiviert werden. Während der bewussten manuellen Lasereinschaltung darf der optische Leistungspegelmesser nicht entfernt werden. Nach Beendigung der Messungen muss die manuelle Lasereinschaltung deaktiviert werden und die Steckverbindungen sind wieder ordnungsgemäß zu schließen.

A4.3.5 Spleißarbeiten am Kabel

(1) Für die Spleißgeräte an sich sind keine besonderen Sicherheitsbestimmungen zu beachten, da aus diesen Geräten keine oder nur geringe Strahlungsleistung der Klasse 1 oder 2 austreten kann.

(2) Bei Spleißarbeiten am Kabel sind die Fasern am Spleißtisch so zu positionieren, dass von einem eventuell austretenden Strahl keine Gefährdungen ausgehen können (Personengefährdung, Brandgefahr). Eine ausreichende Beleuchtung des Arbeitsplatzes ist sicherzustellen.

(3) Bei planbaren Spleißarbeiten an Kabelanlagen sind die Übertragungssysteme beidseitig an den Lichtwellenleiter-Verteilern bzw. Lichtwellenleiter-Hauptverteilern aufzutrennen.

A4.3.6 Servicearbeiten an vermieteten oder unbekanntem LWLKS („Dark Fibre“)

Werden Arbeiten an unbekanntem Fasern mit unbekanntem Gefährdungsgrad durchgeführt, so ist von der höchsten anzutreffenden Leistung auszugehen. Die Schutzmaßnahmen sind für den Gefährdungsgrad 4 auszuwählen und anzuwenden. In der Regel muss im oben beschriebenen Fall im abgeschalteten Zustand gearbeitet werden.

A4.3.7 Sonstige Hinweise zu Schutzmaßnahmen

(1) Mikroskopier-Einrichtungen zur Steckerbegutachtung oder Faseruntersuchung und an Spleißgeräten müssen mit Filtern versehen sein, die die Bestrahlung auf ein ungefährliches Maß reduzieren. Durch das Abschalten der Laser bei derartigen Tätigkeiten lassen sich Gefährdungen durch Laserstrahlung sicher vermeiden. Dies gilt vor allem auch beim Wechseln von Komponenten.

(2) Nach Möglichkeit sind LWLKS-Steckverbinder mit selbstschließenden sicheren Kappen zu benutzen.

(3) Bei Arbeiten an LWLKS oder Komponenten von LWLKS mit Strahlungsleistungen oberhalb der Grenzwerte für die Klasse 1 ist der Zutritt für Betriebsfremde zu verhindern, bei Leistungen oberhalb des Gefährdungsgrades 1 dürfen nur unterwiesene Beschäftigte eingesetzt werden.

(4) Für Arbeitsplätze, bei denen Strahlung der Klasse 3R, 3B oder 4 zugänglich werden kann, ist in der Regel eine Betriebsanweisung zu erstellen.

(5) Im Laserbereich dürfen sich nur Personen aufhalten, deren Aufenthalt dort nötig ist. Beim Einschalten eines Lasers der Klasse 3R, 3B oder 4 sind die im Laserbereich anwesenden Personen rechtzeitig vorher zu verständigen.

(6) Bei Entwicklungsarbeiten an Hochleistungssystemen (mit Einmoden-Fasern) mit Strahlungsleistungen größer als der Grenzwert für Klasse 1M ist ein Laserbereich festzulegen.

Anhang 5

Was ist bei der Erstellung einer Betriebsanweisung zu beachten?

1. Anwendungsbereich

Im Anwendungsbereich einer Betriebsanweisung wird festgelegt, vor welcher Einwirkung ein Schutz erreicht werden soll, in diesem Beispiel „Schutz gegen Laserstrahlung“. Folgende Angaben werden dokumentiert:

- Ort des Arbeitsbereiches/Arbeitsplatzes
- Laserklasse
- Betriebsart (kontinuierlich, gepulst),
- Wellenlänge
- Leistung des Lasers ...

2. Gefährdungen für den Menschen

Es wird beschrieben, welche Gesundheitsschäden durch die beschriebenen Einwirkungen auftreten können. Dabei wird auch Bezug auf die Zielorgane (Auge und Haut) genommen:

- Augenschädigung
- Hautschädigung
- Blendungsgefahr
- Lebensgefahr (Hochleistungslaser mit Strahlungsleistungen von mehreren kW)
- sonstige Gefährdungen durch indirekte Auswirkungen (Brandgefahr, Explosionsgefahr, Gefährdungen durch inkohärente optische Strahlung, Gefährdungen durch ionisierende Strahlung, Gefährdungen durch Gase, Dämpfe, Stäube, Nebel und Aerosole)

3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

In diesem Abschnitt wird festgelegt, welche Handlungsweisen durchzuführen sind. Dabei kann auch auf eine Handlungsanleitung verwiesen werden, die als Anlage an die Betriebsanweisung formuliert wird. Des Weiteren wird auf einzuhaltende Schutzmaßnahmen sowie auf gegebenenfalls erforderliche regelmäßige Überwachung und Kontrollen eingegangen. Beispiele für Punkte, die für diesen Abschnitt relevant sind:

- die Einhaltung der Expositionsgrenzwerte,
- die arbeitstägliche Funktionsprüfung der zwangsläufigen Abschaltung der Strahlung von Verkleidungs- und Verdeckungssystemen mit selbsttätiger Überwachung,
- die Wirkung der Abschirmungen,
- die Eindämmung von Reflexionen,
- die notwendigen Absaugungen, z. B. bei Gefahrstoffentstehung,
- die Aufstellung von Hinweisschildern vor Gefahren,
- die Verwendung der Laser-Schutzbrillen oder Laser-Justierbrillen sowie anderer persönlicher Schutzausrüstungen.

4. Verhalten bei Störungen

In diesem Abschnitt wird angegeben, wie sich die Beschäftigten bei Störungen zu verhalten haben. Es wird dabei eine einzuhaltende Reihenfolge festgelegt. Beispiel:

1. Bei Auftreten von Gefahren vor oder während der Arbeit ist die Vorgesetzte Frau Musterfrau oder der Vorgesetzte Herr Mustermann und/oder die Arbeitsverantwortliche Frau Musterfrau oder der Arbeitsverantwortliche Herr Mustermann zu informieren.

Name: ...

Telefon: ...

2. Die oder der Arbeitsverantwortliche ist berechtigt und verpflichtet, die Arbeiten erforderlichenfalls zu unterbrechen oder abzubrechen.
3. Bei Arbeitsunterbrechung ist der Arbeitsplatz abzusichern.
4. Wartungs-, Service und Instandsetzungsarbeiten sind nur durch Firma Mustermann nach Auftrag durch die Arbeitsverantwortliche oder den Arbeitsverantwortlichen in Auftrag zu geben.

5. Verhalten bei Unfällen

Es wird beschrieben, welche Maßnahmen bei Unfällen getroffen werden müssen. Dabei wird auf die sofortige Gefahrenminderung (z. B. Betätigung des Not-Aus- oder Not-Halt-Schalters), die Absicherung des Arbeitsbereiches sowie insbesondere auf die Meldekette eingegangen. Beispiel:

1. Vor Rettung/Bergung von Verletzten Eigensicherung beachten, z. B. Anlage abschalten, Stromzufuhr ausschalten, Not-Aus-Schalter betätigen!
2. Soforthilfe leisten!
3. Notruf (112) oder „betrieblichen“ Notruf, der nach außen durch qualifiziertes Personal weitergeleitet wird, absetzen!
4. Erste Hilfe leisten!
5. Telefonische Unfallmeldung an: ...

6. Wartung und Service

Es wird festgelegt, welche Maßnahmen bei Wartung und Service notwendig sind.

7. Abschluss der Arbeiten

Hier wird festgelegt, wie der Arbeitsplatz nach Beendigung der Arbeiten gesichert und verlassen werden muss. Dies beinhaltet das Herstellen des ordnungsgemäßen und sicheren Arbeitsplatzes, Aufräumen der Arbeitsstelle, Kontrolle und Reinigung der Ausrüstungen und Hilfsmittel.

Beispiel für eine Betriebsanweisung für eine Laser-Schweißanlage

Beispiel	BETRIEBSANWEISUNG
1. Anwendungsbereich	
	ARBEITSBEREICH: MUSTERBETRIEB DATUM: dd.mm.jjjj UNTERSCHRIFT: RAUM: Werkstatt Name: ARBEITSPLATZ: Laser-Schweißanlage, Nd: YAG 1 000 W; Laserklasse 4
2. Gefährdungen für Menschen	
   	<p>Die bei der Bearbeitung auftretende Laserstrahlung und durch die Zusammenwirkung mit dem Material auftretende inkohärente optische Strahlung können Gesundheitsschäden an Haut und Augen hervorrufen. Durch die durch Laserstrahlung hervorgerufenen Brände besteht Verbrennungs- und Erstickungsgefahr. An bzw. innerhalb des Lasergehäuses besteht durch die spannungsführenden Teile die Gefährdung des elektrischen Schlages bzw. Körperdurchströmung. Es kann zu tödlichen Verletzungen kommen.</p>
3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln	
	<ul style="list-style-type: none"> • Umgang mit der Laser-Schweißanlage gemäß HANDBUCH: H00 • Persönliche Schutzausrüstung, Verwendung von Laser-Schutzbrillen LB7 nach DIN EN 207 • Absaugung im Entstehungsbereich bei Laserschweißarbeiten einschalten • Beseitigen der Brand- und ggf. Explosionsgefahr • Lüftung (natürliche: Fenster, Türen, Tore; maschinelle: Ventilatoren)
4. Verhalten bei Störungen	
	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Auftreten von Gefahren vor oder während der Arbeit sind der Vorgesetzte und der Arbeitsverantwortliche zu informieren. Name: Herr Mustermann, Telefonnummer 1234 • Der Arbeitsverantwortliche ist berechtigt und verpflichtet, die Arbeiten zu stoppen oder abubrechen. • Bei Arbeitsunterbrechung ist der Arbeitsplatz abzusichern. • Reparaturen der elektrischen Teile der Laseranlage nur von einer Elektrofachkraft durchführen lassen.
5. Verhalten bei Unfällen	
	<ul style="list-style-type: none"> • Anlage abschalten! Im Brandfall Löschversuche unternehmen! Soforthilfe leisten! • Notruf 112 oder „betrieblichen“ Notruf, absetzen! Erste Hilfe leisten! • Notruf 112 oder 9999 (Zentrale intern) • Erste Hilfe 112 oder 9999 (Zentrale intern) • Telefonische Unfallmeldung an: Frau Musterfrau, Telefonnummer 2233 <div style="text-align: right;">  </div>
6. Wartung und Service	
	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Wartungs- und Servicearbeiten müssen bei ausgeschalteter Laserstrahlungsquelle in elektrisch spannungsfreiem Zustand durchgeführt werden. Wartungsarbeiten sowie einfache Reparaturen darf nur eine unterwiesene Person durchführen. • Schäden an der Laser-Maschine dürfen nur von den dazu beauftragten Personen beseitigt werden. • Für die Wartung ist zuständig: _____ • Für den Service ist zuständig: _____
7. Abschluss der Arbeiten	
	<p>Herstellen des ordnungsgemäßen und sicheren Arbeitsplatzes. Aufräumen der Arbeitsstelle. Kontrolle und Reinigung der Ausrüstungen und Hilfsmittel, leere Gasflaschen in das Lager bringen.</p>