

# Besonderheiten des medizinischen Laserschutzes

Hinweis: Anreden und Funktionsbezeichnungen in diesem Dokument gelten jeweils für alle Geschlechter.

## ***Besondere Anforderungen an einen sicheren Lasereinsatz in der Medizin***

Die Nutzung von Lasersystemen in der Medizin erfordert beim Anwender ein entsprechendes Grundverständnis über die Wirkung der Laserstrahlung und mögliche Gefährdungspotenziale. **Direkt betroffen sind vor allem die Augen und die Haut.** Jedoch kann es auch zu **indirekten Gefährdungen durch Brand und Verpuffung, Gefahrstoffe und elektrische Gefahrenquellen** kommen. Hierbei sind im medizinischen Umfeld einige Besonderheiten zu beachten, die andere Schutzmaßnahmen als beim Lasereinsatz in der Messtechnik, im Physikalabor oder in der Industrie erfordern.

Nicht zuletzt resultiert dies daraus, dass die **Laserstrahlung** zur Erreichung des medizinischen Therapieziels **im Behandlungsraum** über geeignete Strahlführungssysteme (z. B. Laserfasern, Spiegelgelenkarme, Scanner) **frei navigierbar** sein muss und **als Teil des Behandlungsinstrumentariums bestimmungsgemäß auf den Patienten gerichtet** wird.

Insofern ist für die **Umsetzung eines effektiven Schutzkonzeptes in Klinik oder Praxis** weder eine Abschirmung oder Einhausung wie bei Laboraufbauten oder industriell eingesetzten Lasern möglich, noch kann das Zusammentreffen der Laserstrahlung mit sich im Operationsfeld befindlichen anderen medizinischen Geräten und Instrumenten sowie Verbrauchsmaterialien von vornherein ausgeschlossen werden. Man denke hier an Pinzetten und Spektula, um Gewebe zu halten oder zu positionieren, an Tupfer, um die Behandlungsstelle von Blut oder Abbrandprodukten zu reinigen oder an den Einsatz von flexiblen Endoskopen und Beatmungstuben.

## ***Laserwirkung in biologischen Geweben***

**Je nach Wellenlänge, Leistungsdichte und Einwirkzeit** kann Laserstrahlung in biologischem Gewebe **unterschiedliche Wirkungen** hervorrufen. **Niedrige Leistungsdichten und lange Expositionszeiten** setzen photochemische Prozesse in Gang, die in der Medizin zur photodynamischen Therapie oder Biostimulation genutzt werden können. Bei **mittleren Leistungsdichten und mittleren Expositionszeiten** kommt es zu photothermischen Prozessen, die zum Verdampfen (Schneiden) und Koagulieren von Gewebe angewendet werden. **Hohe Leistungsdichten oberhalb  $10^7 \text{ W/cm}^2$  und ultrakurze Expositionszeiten** verursachen wiederum photomechanische Effekte, die das Gewebe explosionsartig zerstören.

**Wichtig** ist dabei immer zu beachten, **dass der Laserstrahl nicht oberflächlich endet**, sondern auch noch in der Tiefe (beim Auftreffen auf unter Umständen anders absorbierende Strukturen) eine ungewollte Wirkung erzeugen kann. Diese kann durch sogenannte systemische und Kontakt-Photosensibilisatoren weiter verstärkt werden. Gemeint sind damit lichtaktive Substanzen, die im Zusammenspiel mit dem applizierten Laserlicht phototoxische oder photoallergische Reaktionen auslösen können. Hierzu zählen Medikamente ebenso wie bestimmte Kosmetika oder Kontrazeptiva. Eine sorgfältige Anamnese beim Patienten ist daher geboten

## Direkte Gefährdung der Augen und der Haut

Wie in der überwiegenden Zahl der Anwendungsfälle von nichtionisierender Strahlung wird auch der sichere Einsatz medizinischer Laser vor allem durch den **Schutz bzw. die Vermeidung einer Schädigung des Auges** erreicht. Ursächlich für eine solche Schädigung kann sein:

Laserstrahlung	Mögliche Gefahrenquelle
Direkt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• direkter Austritt aus Laserfasern, Spiegelgelenkarmen, Scannern</li> </ul>
Reflektiert	<ul style="list-style-type: none"> <li>• spiegelnde Instrumente</li> <li>• reflektierende Oberflächen an Ausrüstungsgegenständen im Raum (z. B. Fenster, Schränke, Lüftungsrahmen, Infusionsständer, Sterilgutkästen, Röntgenbildschirme, Videomonitore, OP-Leuchten, etc.)</li> </ul>
Mit veränderter Strahlgeometrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fokussierende optische Komponenten (z. B. Linsen, Lupen, Spiegel)</li> <li>• Beobachtungsoptiken (z. B. Endoskope, Mikroskope, Kolposkope, Laparoskope, Spaltlampenmikroskope, etc.)</li> </ul>
Gestreut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gebrochene Laserfasern</li> </ul>

**Wichtige abgeleitete Schutzmaßnahmen** aus der TROS „Laserstrahlung“ sind deshalb:

- 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.
- 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.
- Die Wände und andere Oberflächen im Behandlungsraum sollten möglichst keine spiegelnden Oberflächen aufweisen.
- Für alle sich im Laserbereich befindlichen Personen besteht die Pflicht zum Tragen einer geeigneten Laserschutzbrille.

Im Gegensatz zu den Augen ist die **Haut deutlich unempfindlicher gegenüber Laserstrahlung**. Dennoch kann es zu Schädigungen kommen, die je nach Laserwellenlänge von einem leichten Erythem bis hin zu starken Hautverbrennungen reichen können. Dieses Risiko ist vor allem beim Einsatz von ultrakurzgepulsten Lasern mit hohen Pulsenergien evident. Bei einer Bestrahlung von mehr als 100 J/m<sup>2</sup> bzw. Bestrahlungsstärken über 100 W/m<sup>2</sup> ist daher auf einen adäquaten Hautschutz zu achten. Freie Hautpartien am Patienten sind durch lasergeeignete Abdeckungen zu bedecken.

Bei Anwendung von UV-Laserstrahlung ist zusätzlich das Minimierungsgebot nach § 7 der **Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung (OStrV)** einzuhalten, da es durch die kanzerogene Wirkung von UV-Strahlung zu langfristigen Schädigungen kommen kann. Auf mögliche phototoxische Reaktionen der Haut durch Photosensibilisatoren ist bereits verwiesen. Diese können im Zusammenspiel mit UV-Strahlung besonders ausgeprägt sein. Entsprechende Hinweise zu Wirkungen von Medikamenten, Kosmetika und Gefahrstoffen sollten gemäß TROS „Laserstrahlung“ daher immer auch Inhalt der Unterweisung der Beschäftigten sein.

So enthalten bspw. Farbstofflaser Farbstoffe und Lösemittel, die oft giftig sind. Der Hautkontakt mit solchen Flüssigkeiten und das Einatmen ihrer Dämpfe sollte daher strikt vermieden werden. Leckagen an defekten Geräten sind umgehend zu beheben und Abfälle sicher zu entsorgen.

## Indirekte Gefährdungen bei der Laseranwendung in der Medizin

Neben den auch bei technischen Lasern möglichen Gefährdungen durch toxische Lasermedien oder giftige Abbrandprodukte von Werkstoffen (z. B. bei thermischer Zerstörung von ZnSe-Linsen in CO<sub>2</sub>-Lasern), sind im medizinischen Kontext vor allem drei Gefahrenquellen von besonderer Bedeutung:

Indirekte Gefährdung	Mögliche Gefahrenquelle
Brand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• brennbare Verbrauchsmaterialien im OP-Feld (z. B. Abdeckungen, Tupfer, Einwegspritzen, Kunststofftuben)</li> <li>• flexible Endoskope</li> </ul>
Explosion und Verpuffung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alkoholische Desinfektionsmittel</li> <li>• Narkose- und Darmgase</li> </ul>
Gefahrstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruß und durch die Laserbehandlung freigesetzte karbonisierte Gewebeteile</li> <li>• Viren oder andere Krankheitserreger, wenn infiziertes Gewebe mit Laserstrahlung behandelt wird</li> <li>• Aerosole, die beim Einsatz ultrakurzgepulster Laserstrahlung mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit aus dem Einwirkungsgebiet des Laserstrahls herausgeschleudert und dadurch hautgängig werden können</li> </ul>

Die benannten Gefährdungen stellen dabei nicht nur ein Risiko für den Anwender/Behandler, sondern vor allem für den Patienten dar. Kommt es beispielsweise zum **Abbrand von Kunststoffen**, so können giftige Gase freigesetzt werden, die in Verbindung mit Feuchtigkeit zu Gewebeerätzungen (z. B. beim Abbrand von PVC-Schläuchen) und/oder beim Einatmen zu ernststen Atemwegsschädigungen führen können.

Ein erhöhtes Brandrisiko besteht immer dann, wenn Laser in der Nähe explosiver Gase eingesetzt werden. So enthalten **Darmgase** Methan, wodurch es bei Operationen im Magen- und Darmtrakt zu einer Verpuffung kommen kann. In **sauerstoffreicher Umgebung**, z. B. bei Operationen im Atemtrakt des Patienten, ist besondere Vorsicht geboten. Insbesondere auch dann, wenn **Lichtleitfasern im Arbeitskanal flexibler Endoskope** zum Einsatz kommen. Hier heißt die oberste Regel: das Faserende muss immer sichtbar sein, um eine ungewollte Entzündung der äußeren Umhüllung des Endoskopes zu vermeiden!

**Wichtige abgeleitete Schutzmaßnahmen** aus der TROS „Laserstrahlung“ sind deshalb:

- Der Arbeitgeber hat bei der medizinischen Anwendung der Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 mittels eines freibeweglichen Lichtwellenleiterendes 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.
- Tuben und Sonden müssen aus Materialien bestehen oder mit Materialien umhüllt werden, die ausreichend beständig gegen die verwendete Laserstrahlung sind.
- 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.

**Im Falle eines Explosions- oder Brandgeschehens** gilt als erste Notfallmaßnahme: **NOTAUS-Schalter betätigen**, um die Energiezufuhr schnellstmöglich zu kappen!

Im Hinblick auf eine **Infektionsgefährdung durch freigesetzte Abbrandprodukte virulenter Gewebe** ist zunächst davon auszugehen, dass durch die hohen Temperaturen bei der Laseranwendung ein Sterilisationseffekt eintritt. Jedoch kann es beim Einsatz gepulster Laser dazu kommen, dass Bruchstücke virusbelasteter Zellen aus dem Gewebeverband herausgeschleudert und verschleppt werden. Die **TROS „Laserstrahlung“** verweist deshalb darauf, dass es bei der Einwirkung gepulster Laserstrahlung auf ein Material neben der Bildung von Gasen vor allem zu einer Zerstäubung (Aerosolbildung) kommen kann.

**Insbesondere für die Behandlung virushaltiger Tumoren** (z. B. anogenitale Kondylome, Larynx-papillome) gelten daher besondere Schutzmaßnahmen:

- Es sollte nie eine Ablation mittels gepulster Laser, wie bspw. dem Erbium-Laser, durchgeführt werden. Zu bevorzugen ist vielmehr eine thermische Vaporisation oder In-situ-Koagulation mittels Nd:YAG-Laser oder Diodenlaser.
- Muss mit Virusrestpartikeln in der Atemluft gerechnet werden (z. B. bei der Papillomentfernung), sind partikelfilternde Halbmasken mit der Filterklasse FFP2 oder FFP3 zu tragen. Grundlage für die Entscheidung, ob und welche Masken im speziellen Anwendungsfall zu tragen sind, sollte eine fundierte Gefährdungsbeurteilung bilden.
- Die Absaugung entstehender Rauche und Gase sollte so dicht wie möglich am Entstehungsort erfolgen. Absauggeräte sollten mindestens über ein zweistufiges Filtersystem bestehend aus einem Membranfilter und einem Aktivkohlefilter verfügen.

**Wichtige abgeleitete Schutzmaßnahmen** aus der TROS „Laserstrahlung“ sind deshalb:

- 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.

### ***Konsequenzen für die Qualifikation von Laserschutzbeauftragten für medizinische Anwendungen***

Der Einsatz von Lasern am Menschen zu medizinischen, aber auch zu kosmetischen Zwecken, macht eine besondere Sensibilisierung der Betreiber und Anwender im Hinblick auf die speziellen Gefährdungen in diesem Bereich erforderlich. Es sollte im Bewusstsein eines jeden Anwenders verankert sein, dass die hier zu ergreifenden Schutzmaßnahmen über diejenigen bei technischer Laseranwendung hinausgehen. Nur so können Laserunfälle im medizinischen Bereich auf ein Minimum reduziert werden.

### ***Über uns***

Die [Laseraplikon GmbH](#) ist ein nach ISO 9001:2015 **zertifiziertes Unternehmen**, welches Dienstleistungen auf dem Gebiet medizinischer, technischer und wissenschaftlicher Laseranwendungen anbietet. Ein Schwerpunkt besteht in der Organisation und Durchführung medizinischer Laserkurse zur Aus- und Weiterbildung zum Laserschutzbeauftragten sowie zum Erwerb medizinischer Fachkunde. Als Mitglied der **Deutschen Gesellschaft für Biophotonik und Lasermedizin e. V. (DGLM)** ist die Laseraplikon GmbH seit 2021 in den Arbeitsausschüssen „Ausbildung“ und „Outreach“ vertreten. Darüber hinaus arbeitet die Laseraplikon GmbH in der **Leitlinienkommission „Lasertherapie der Haut“** mit.

Bei Fragen erreichen Sie uns unter [info@laseraplikon.de](mailto:info@laseraplikon.de). Unser aktuelles **Schulungsangebot** finden Sie unter <https://www.laserkurse.de/>.

**Disclaimer:** Laserspots ist ein Informations- und Weiterbildungsangebot der Laseraplikon GmbH. Die hier präsentierten Inhalte sind Ergebnis des größtmöglichen Bemühens um objektive Richtigkeit, erheben aber keinen Anspruch auf abschließende Vollständigkeit und stellen keine Rechtsberatung dar. Im konkreten Anwendungsfall ist ggf. eine Einordnung durch eine oder einen spezialisierten Fachanwalt/-in erforderlich.