

Sachgebiet Oberflächentechnik  
Stand: 20.06.2024

Mit Laserstrahlung können Oberflächen verschiedener Materialien, wie Metalle oder Kunststoffe, gereinigt oder entschichtet werden. Laserverfahren werden zum Abtrag von absorbierenden Korrosions- und Passivierungsschichten, von Lack und Beschichtungsstoffen oder von Prozessrückständen eingesetzt. Dazu wird ein fokussierter, leistungsstarker Laserstrahl genutzt (Laserklasse 4). Die Reinigung oder Entschichtung erfolgt bei geeigneter Prozessparametrierung schonend und beschädigungsfrei. In Sonderfällen lassen sich auch Oberflächenstrukturen, wie Rauigkeiten, durch den Laserprozess einstellen.

## Inhaltsverzeichnis

### Anlage 3 Muster-Betriebsanweisung ..... 19



Abbildung 1 – Prinzip der Oberflächenreinigung mit Laserstrahlung

## 1 Anwendungsgebiete

Im Rahmen dieser Fachbereich AKTUELL wird die Behandlung von Oberflächen mit Laserstrahlung betrachtet, die mit handgeführten Lasereinrichtungen durchgeführt wird. Das ist vor allem bei Arbeiten an wechselnden Einsatzorten der Fall, wie auf Baustellen, bei Arbeiten in fremden Betrieben etc.

Handgeführte Lasersysteme kommen zur Reinigung und Entschichtung von Bauteilen oder Werkstücken zum Einsatz:

- vor der Weiterbearbeitung
- bei Reinigungsarbeiten zu Wartungs-, Prüf- und Revisionsaufgaben
- bei Instandhaltungsarbeiten
- bei Spezialaufgaben

Diese Fachbereich AKTUELL dient als Handlungshilfe bei der Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung für solche Arbeiten. Die Inhalte der Schrift beziehen sich ausschließlich auf handgeführte Laser der Klasse 4 zum Reinigen und Entschichten, **nicht** auf den Umgang mit sonstigen Lasereinrichtungen, wie Lasermess-Systeme oder Laserschneidanlagen.

Die in dieser Schrift betrachteten Gefährdungen ergeben sich hauptsächlich durch die Laserstrahlung und die beim Bearbeitungsprozess entstehenden Gefahrstoffe.

Eine funktionsfähige, effiziente Absaugung ist vorzusehen. Abtragprodukte sind möglichst nahe an der Entstehungsstelle zu erfassen, zum Beispiel durch am Gerät mitgeführte Absaugung.

Arbeiten an den Lasereinrichtungen selbst, beispielsweise bei Herstellung oder Instandhaltung und Justierung, werden in dieser Schrift **nicht** behandelt.

## 2 Begriffsdefinitionen

### Absorption

... ist eine Aufnahme elektromagnetischer Strahlung in einem Medium: Dabei wird die Energie der eindringenden Strahlung zum Teil in das Medium überführt und in Wärme umgewandelt. Dadurch werden die Anteile der Transmission und Reflexion verringert. [1]

### Adaptionsschicht

... ist die Oberflächenschicht, die durch Laserbehandlung erzeugt wird.

### Aerosol

... ist ein Gemisch aus flüssigen und festen Partikeln in einem gasförmigen Medium (hier Luft).

### Arbeitsbereich

... ist der maximale Bereich, in dem sich die Bedienperson, bestimmte Körperteile, wie die Hände, der Laserbearbeitungskopf, ein Laserhandgerät oder das Werkstück befinden können.

### Augensicherheitsabstand (NOHD)

(E)NOHD – (Enhanced) Nominal Ocular Hazard Distance = (erweiterter) Augensicherheitsabstand

Gemäß der TROS Laserstrahlung beschreibt der Augensicherheitsabstand die Entfernung, bei der die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung gleich dem entsprechenden

Expositionsgrenzwert gemäß TROS Laserstrahlung des Auges für eine in der Gefährdungsbeurteilung vorgegebene Dauer ist. Soll der Augensicherheitsabstand auch die Möglichkeit einer Betrachtung mit optischen Hilfsmitteln einschließen, wird vom erweiterten Augensicherheitsabstand (ENOH) gesprochen. [2, 3]

### Bestrahlungsstärke (Leistungsdichte)

... beschreibt die auf ein Flächenelement  $dA$  fallende Strahlungsleistung  $dP$ .

Symbol:  $E$ ;  $E = dP / dA$

SI-Einheit: Watt je Quadratmeter,  $W/m^2$  [1]

### Gerichtete Reflexion (spiegelnde Oberflächen)

... beschreibt eine Reflexion an einer Fläche, bei der die Beziehung zwischen den einfallenden und reflektierten Strahlenbündeln, wie bei der Reflexion an einem Spiegel, aufrechterhalten wird. [1]

### Diffuse Reflexion (matte Oberflächen)

... beschreibt die Veränderung der räumlichen Verteilung eines Strahlungsbündels nach der Streuung durch eine Oberfläche oder eine Substanz in viele Richtungen. Ein vollkommen diffus streuendes Material zerstört jede Beziehung zwischen den Richtungen der einfallenden und der reflektierten Strahlung. [1]

**Hinweis:**

In der Regel treten diffus und gerichtet reflektierte Strahlung zusammen auf. Je geringer die Oberflächenrauigkeit und je größer der Einfallswinkel, desto höher ist der Anteil gerichteter, reflektierter Strahlung – abhängig von der Wellenlänge.

**Energiedichte (Bestrahlung)**

... ist die auf ein Flächenelement  $dA$  fallende Strahlungsenergie  $dQ$ . Sie wird mathematisch durch das zeitliche Integral der Leistungsdichte dargestellt.

Symbol:  $H$ ;  $H = dQ / dA = \int E dt$

SI-Einheit: Joule je Quadratmeter,  $J/m^2$  [1, 2]

**Expositionsgrenzwert(e) (EGW)**

... nach § 6 Absatz 2 OStrV [2] sind maximal zulässige Werte für die Exposition der Augen oder der Haut gegenüber Laserstrahlung, ohne dass damit akute Gesundheitsschädigungen – gemäß Tabelle A3.1 des Anhangs 3 der TROS Laserstrahlung Teil „Allgemeines“ [1] – zu erwarten sind. Zum Schutz vor langfristigen Schädigungen durch die kanzerogene (krebsverursachende) Wirkung von UV-Strahlung ist das Minimierungsgebot nach § 7 OStrV besonders zu beachten<sup>1</sup>. [2]

EGW sind in der TROS Laserstrahlung in Anhang 4 Abschnitt A4.1, Teil 2, „Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung“ aufgeführt. Hierbei wird stets die zeitliche Dauer der Exposition berücksichtigt.

**Gepulste Laserstrahlung (Impuls laser)**

... gibt die Energie in Form eines Einzelimpulses oder einer Impulsfolge (Puls) ab. Dabei ist die Zeitdauer eines Impulses kleiner als 0,25 s. [3]

**Laser, Laserstrahlung**

... ist eine künstlich erzeugte optische Strahlung mit speziellen Eigenschaften und ist sehr gut fokussierbar. Damit kann Leistung in Form von Strahlung über große Entfernungen übertragen werden, oder es können sehr hohe Leistungsdichten auf kleinen Flächen erreicht werden. [4]

**Laserbereich**

... ist der Bereich, in dem die Expositionsgrenzwerte überschritten werden können.

**Anmerkung:** Der Laserbereich muss sich nicht mit dem Arbeitsbereich decken, sondern kann größer sein (siehe TROS Laserstrahlung).

Bei den hier betrachteten Anwendungen ist der Laserbereich in der Regel zugänglich (DGUV Information 203-093) [6].

**Laserschutzbeauftragte (LSB)**

... haben spezielle Fachkenntnisse durch die erfolgreiche Teilnahme an einem Lehrgang mit festgelegten Ausbildungsinhalten erworben und mit einer Prüfung nachgewiesen. Die Arbeitgeberin oder der Arbeitgeber hat für den Umgang mit Lasern der Klassen 3R, 3B oder 4 Laserschutzbeauftragte zu bestellen (§ 5 OStrV). [2, 5]

**Lichtwellenleitsystem / Strahlführungssystem (Glasfaserkabel)**

... ist ein Transportmedium zur verlustarmen Übertragung von Laserstrahlung, das für bestimmte Lasereinrichtungen nutzbar ist.

**Reflexionsgrad**

... nennt man den Anteil der reflektierten Strahlungsleistung im Verhältnis zur einfallenden Strahlungsleistung.

Symbol:  $\rho$

SI-Einheit: „1“, Angabe in [%] [2, 3]

<sup>1</sup> [(BFS - Einführung - Krebserkrankungen)

### Strahlungsenergie

... ist ein Zeitintegral der Strahlungsleistung über eine bestimmte Zeitdauer  $dt$ .

Symbol:  $Q$ ;  $Q = \int P dt$

SI-Einheit: Joule (J) [2]

### Strahlungsleistung

... ist eine in Form von Strahlung ausgesandte, durchgelassene oder empfangene Leistung.

Symbol:  $P$ ;  $P = dQ / dt$

SI-Einheit: Watt (W) [2]

### Transmissionsgrad

... beschreibt den Anteil der durchgelassenen (transmittierten) Strahlungsleistung im Verhältnis zur einfallenden Strahlungsleistung.

Symbol:  $\tau$

SI-Einheit: 1 [2, 3]

## 3 Laserstrahlung

Laserstrahlung kann Schäden an Augen und Haut verursachen.

Laserstrahlung lässt sich durch optische Systeme, wie Linsen, fokussieren. Durch die Bündelung der Strahlung kann eine hohe Bestrahlungsstärke erreicht werden.

Für die Reinigung oder Oberflächenbearbeitung werden leistungsstarke Laser der Klasse 4 eingesetzt. Pilot- beziehungsweise Hilfslaser unterstützen die Positionierung und zeigen die Arbeitsposition an. Sie senden sichtbare Laserstrahlung (rot, grün) aus und entsprechen typischerweise der Laserklasse 2.

**Nicht klassifizierte Lasereinrichtungen – ohne erkennbare Laserklasse – dürfen für die Oberflächenbearbeitung nicht eingesetzt werden.**

## 4 Gefährdungen und Maßnahmen

Aufgrund der biologischen Wirkungen der Laserstrahlung sind Gefährdungen nicht

auszuschließen, deshalb sind Schutzmaßnahmen **immer** notwendig. Diese hängen sowohl von der Leistungs- beziehungsweise von der Energiedichte des Lasers als auch von der Anwendung ab. Die Angabe der Laserklasse enthält Hinweise auf die Gefährdungen, die vom jeweiligen Gerät ausgehen. Für die Festlegung der Schutzmaßnahmen ist die Maßnahmenhierarchie nach dem Arbeitsschutzgesetz zu berücksichtigen. Sicherheitstechnische Maßnahmen haben Vorrang vor rein organisatorischen Maßnahmen. Um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen zu verbessern, kann es erforderlich sein, sie mit dem Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung (PSA) zu ergänzen. Grundlegende Anforderungen, wie an das Verhalten der Beschäftigten, sind immer festzulegen.

### 4.1 Allgemeine Schutzmaßnahmen für die Nutzung von Lasern der Klasse 4

In der [DGUV Information 203-093](#) [6] finden Sie eine ausführliche Handlungshilfe, um eine Gefährdungsbeurteilung für den Betrieb von offenen Laser-Einrichtungen zur Materialbearbeitung mit Handführung oder Handpositionierung (Handgeführte Lasergeräte = HLG) zu erstellen.

Wenn kein separat-abgrenzbarer Laserbereich definiert werden kann, müssen mindestens abschließbare Haupt-/Schlüsselschalter vorhanden sein. Die Betätigung des handgeführten Lasers sollte vorzugsweise über eine Zweihand-Steuerinrichtung erfolgen (siehe DIN EN ISO 11553-2 Nr. 5.4.8.3).

Wer Lasereinrichtungen einsetzt, ist auch verantwortlich für deren sicheren Betrieb.

Die Unternehmerin oder der Unternehmer muss für den Umgang mit Lasern der Klassen 3R, 3B oder 4 Laserschutzbeauftragte bestellen (§ 5 OStrV).

## Fachkunde für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Laseranwendungen

Fachkundige müssen aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung oder Erfahrungen über ausreichende Kenntnisse in Bezug auf die Gefährdungen durch Laserstrahlung verfügen. Sie sind befähigt, Schutzmaßnahmen festzulegen, zu bewerten und zu überprüfen. Umfang und Tiefe der notwendigen Kenntnisse sind von der zu beurteilenden Tätigkeit abhängig. Die Anforderungen an eine Fortbildung sind im [DGUV Grundsatz 303-005](#) „Ausbildung und Fortbildung von Laserschutzbeauftragten sowie Fortbildung von fachkundigen Personen zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach [OStrV](#) bei Laseranwendungen“ [5] beschrieben.

In der Gefährdungsbeurteilung sind auch Gefahrstoffe, der Brand- und Explosionsschutz, und weitere Gefährdungen zu betrachten.

Alle Beschäftigten, die Tätigkeiten mit Lasereinrichtungen oder in deren Umfeld ausüben, müssen darin unterwiesen werden. Dazu gehören Hinweise zu **grundsätzlichen Verhaltensweisen**:

- Geeignete Laserschutzbrille tragen.
- Lasereinrichtungen nicht in Augenhöhe betreiben.
- Niemals direkt in den Laserstrahl blicken.
- Nicht in den Strahlengang fassen.
- Den Laser nie auf Personen richten.
- Den Laserstrahl nicht auf spiegelnde Flächen richten.
- Arbeitsbereiche abgrenzen.  
Das kann zum Beispiel durch eine vollständige Abtrennung (separater Raum/separate Kabine) oder durch geeignete Laserschutzwände erfolgen.
- Der Einschaltzustand der Lasereinrichtung muss angezeigt werden, wie durch Warnleuchte, Blinkleuchte, Rundumleuchte, Hupe.

- Beschäftigte und unbeteiligte Dritte vor Beeinträchtigungen und Blendung schützen.
- Betriebsanweisungen, die auf konkrete Arbeitsbedingungen und die vorhandenen Lasereinrichtungen anzupassen sind, müssen eingehalten werden.
- Ist die räumliche Abtrennung bzw. Abschirmung des Laserbereichs unzureichend, sind Laserarbeiten zeitlich von anderen Arbeiten zu trennen.
- Keine Reparaturen an Lasereinrichtungen durchführen.

Zusätzlich ist für Personen, die eine Lasereinrichtung bedienen, eine Schulung erforderlich, zum Beispiel durch die Herstellfirma.

Die konkreten Schutzmaßnahmen werden im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgelegt. Der oder die Laserschutzbeauftragte soll die aus fachlicher Sicht notwendigen Maßnahmen empfehlen.

Neben den allgemeinen Schutzmaßnahmen können, der Gefährdungsbeurteilung entsprechend, weitere sicherheitstechnische Maßnahmen erforderlich werden:

- Gerätezugang und Schlüsselberechtigungen festlegen.
- Verbot von optischen Instrumenten, die zu einer Erhöhung der Leistungsdichte am Auge führen können.
- zuverlässige und verhaltensunabhängig wirkende Zugangsbeschränkungen zum Laserbereich und Betriebsanzeigen (Warnleuchten) an den Zugängen, wie zu Laserbereichen.

## 4.2 Gefährdungen der Augen

Trifft ein Laserstrahl ins Auge, kann der stark gebündelte Strahl von Hornhaut und Linse zusätzlich auf die Netzhaut fokussiert werden. Aufgrund der hohen Bestrahlungsstärke/



Energiedichte können alle Teile des Auges geschädigt oder zerstört werden.

Niemals direkt in den Laserstrahl blicken.

Geeignete Laser-Schutzbrille tragen.  
Weitergehende Informationen finden Sie in der [DGUV Information 203-042](#) [3].



Abbildung 2 - Laserschutzbrille mit Kennzeichnung auf dem Brillenglas und mit Kennzeichnung am Brillengestell

### 4.3 Blendung

Bei Arbeiten mit Laserstrahlung kann es immer zur Blendung kommen. Das gilt für Arbeiten mit Lasern aller Laserklassen - auch für Pilot- oder Positionierlaser. In der Folge einer Blendung kann es durch fehlende Sicht zu Sekundärunfällen (Stolper-, Sturz- und Absturzunfällen) oder zu Fehlbedienungen von Geräten kommen, was wiederum eine Gefährdung Dritter hervorrufen kann.

### 4.4 Gefährdungen der Haut

Alle Laser zum Reinigen oder zur Oberflächenbearbeitung können sowohl die Augen als auch die Haut schädigen.

Vermeiden Sie unbedingt die direkte Bestrahlung der Haut.

Arbeiten Sie nicht mit unbedeckten Hautpartien, es sei denn, Sie können sicherstellen, dass die Expositionsgrenzwerte in Bezug auf die Strahlung für die betroffenen Hautpartien nicht überschritten werden oder der Hersteller der Lasereinrichtung eine entsprechende Freigabe erteilt hat. [6, 2]

Tragen Sie geeignete Schutzkleidung, falls die EGW für Laserstrahlung oder inkohärente optische Strahlung (Sekundärstrahlung) überschritten werden oder werden können.

Arbeiten weiteren Personen im Laserbereich, müssen zusätzlich geeignete Verhaltens- und Schutzmaßnahmen angewendet werden.

## 4.5 Gefahrstoffe aus Beschichtungen

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Beschichtungen, die wiederum aus verschiedenen Komponenten bestehen oder in mehreren Schichten aufgebracht sein können. Während der Bearbeitung von Beschichtungen oder Oberflächen mit Laserstrahlung können Gefahrstoffe entstehen, die in der Regel über die Atemwege aufgenommen werden und alveolengängig sind.

Rauche und Dämpfe sind an der Entstehungsstelle möglichst vollständig zu erfassen und abzusaugen. Ergibt die Gefährdungsbeurteilung gemäß Gefahrstoffverordnung [7], dass „Beurteilungsmaßstäbe für die inhalative Belastung“ auftretender Gefahrstoffe nicht eingehalten werden können, hat der Arbeitgeber oder die Arbeitgeberin alle technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen auszuschöpfen. Sofern dadurch die jeweiligen Beurteilungsmaßstäbe für die inhalative Belastung nicht eingehalten werden können, ist geeignete Schutzausrüstung, besonders Atemschutz, zur Verfügung zu stellen (vergleiche Kapitel 5) und muss von den Beschäftigten getragen werden. Die Verwendung belastender PSA muss zeitlich begrenzt sein.

Es ist zu prüfen, ob den Beschäftigten Waschräume sowie getrennte Aufbewahrungsmöglichkeiten für die Arbeitskleidung und die Straßenkleidung zur Verfügung zu stellen sind, um die Verschleppung gesundheitsschädlicher Stäube, zum Beispiel

von Blei<sup>2</sup> oder Asbestfasern<sup>3</sup>, in den häuslichen Bereich zu verhindern. Arbeitsmedizinische Angebots- und Pflichtvorsorge sind auf der Basis der Gefährdungsbeurteilung und der daraus abgeleiteten Maßnahmen (besonders PSA) zu prüfen. Siehe Kapitel 5.3.

### Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen

Die Fachkunde für die Gefährdungsbeurteilung umfasst „im Wesentlichen“ folgende Komponenten:

1. eine geeignete Berufsausbildung oder eine entsprechende Berufserfahrung oder eine zeitnah ausgeübte entsprechende berufliche Tätigkeit und
2. Kompetenz im Arbeitsschutz, die Kenntnisse und Fähigkeiten umfasst. Diese Kenntnisse können durch Teilnahme an spezifischen Fortbildungsmaßnahmen erworben werden. (TRGS 400, Kapitel 4.1, Absatz 3) [8]

Weitere Informationen siehe [DGUV Grundsatz 313-003](#) [9].

### Beispiele häufiger Gefahrstoffe

Aus Beschichtungen freigesetzte Gefahrstoffe können unter anderem sein:

- Bleimennige
- Chromate
- Zink
- Pyrolyseprodukte (z. B. aus Kunststoffen oder Kunstharzen)
- asbesthaltige Füllstoffe

Bevor Materialien mit unbekanntem Beschichtungen bearbeitet werden, sollten diese analysiert werden, um Informationen über die zu erwartenden Gefahrstoffe zu erhalten und geeignete Schutzmaßnahmen treffen zu können.

Falls keine Kenntnisse über die Freisetzung von Gefahrstoffen verfügbar sind, müssen die

höchstmöglichen Schutzmaßnahmen nach § 6 GefStoffV Absatz 14 angewendet werden.

Wenn die Beschichtungsstoffe bekannt sind, können Informationen zu Gefährdungen anhand der Produktdatenblätter ermittelt werden.

### Absaugung der Gefahrstoffe

Gefährdungen durch beim Prozess entstehende Gefahrstoffe sind durch eine wirksame Absaugung zu verhindern. Abtragprodukte sind möglichst nahe der Entstehungsstelle zu erfassen, z. B. durch am Gerät mitgeführte Erfassungselemente.

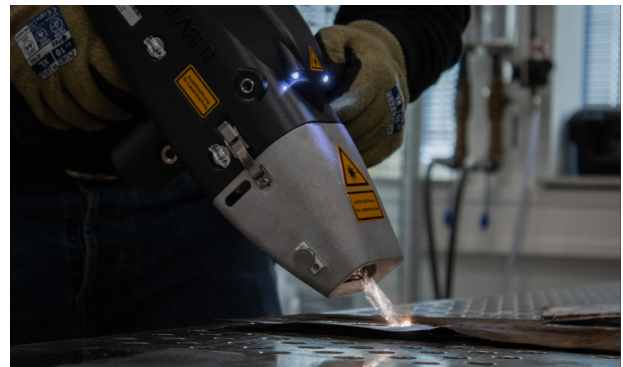


Abbildung 3 - Lasereinrichtung mit integrierter Erfassungseinheit

Dabei sind geeignete Abscheidesysteme und Filter einzusetzen.

## 4.6 Gefährdung durch Zündung (Explosions- und Brandschutz)

Die Energie der eingesetzten Laserstrahlung reicht aus, um ein explosionsfähiges Gemisch oder brennbare Stoffe zu entzünden. Daher muss während der Arbeiten das Vorhandensein oder die Bildung eines explosionsfähigen Gemisches sicher verhindert sein. Es handelt sich um Heiß- bzw. Feuerarbeiten. Deshalb ist zu prüfen, ob ein Freigabe- oder Erlaubnis-

<sup>2</sup> TRGS 505 beachten

<sup>3</sup> TRGS 519 beachten

verfahren anzuwenden ist, was besonders bei Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen und in engen Räumen (z. B. Tanks, Silos) beachtet werden muss.

Maßnahmen müssen individuell ortsbezogen und – im entsprechenden Fall – mit der auftraggebenden Seite festgelegt werden. In der Regel werden in diesem Zusammenhang der Behälter oder allgemein der Gefahrenbereich freigemessen und die Arbeiten durch einen „Erlaubnisschein“ freigegeben.

Der Arbeitsbereich ist von allen brennbaren Materialien freizuhalten, die nicht für die Bearbeitung erforderlich sind.

#### 4.7 Lärm

Die Lärmbelastung der in der Praxis häufig eingesetzten Verfahren liegt in der Regel unter 80 dB(A). Während der Bearbeitung von Werkstücken mit komplexer Geometrie oder während der Arbeiten in engen oder stark schallreflektierenden Räumen können auch höhere Lärmpegel auftreten. In diesen Fällen ist der Tages-Lärmexpositionspegel zu ermitteln. Bei Tages-Lärmexpositionspegeln > 80 dB(A) ist Gehörschutz bereitzustellen, sind die Beschäftigten zu unterweisen und die Vorsorge „Lärm“ ist anzubieten (vgl. Kapitel 5.4).

#### 4.8 Ergonomie

Abhängig von der einzunehmenden Körperhaltung und dem Gewicht der handgehaltenen Lasereinrichtung können erhöhte Belastungen auftreten. Gestalten Sie ergonomische Arbeitshöhen und reduzieren Sie erforderliche Kräfte zum Halten. Um den Einsatz von Exoskeletten für Reinigungs- und Entschichtungsarbeiten entsprechend zu bewerten, ist die [Fachbereich AKTUELL FBHL-020](#) [10] heranzuziehen.

#### 4.9 Gefährdungen durch die Beschaffenheit der Werkstückoberfläche

Aus der Zusammensetzung der abzutragenden Schicht und der Beschaffenheit der Materialoberfläche können sich weitere Gefährdungen ergeben, die bei der Planung der Arbeiten berücksichtigt werden müssen. Das betrifft Gefahrstoffe, die durch thermische Zersetzung aus den Beschichtungsstoffen freigesetzt werden können und die Reflexionseigenschaften der Oberfläche, die sowohl die Intensität als auch die Ausbreitung der reflektierten und gestreuten Strahlung beeinflussen. Dabei spielt auch die Geometrie des Werkstücks eine Rolle. Winkel, Rohre, Schweißnähte etc. führen zu einer veränderten Strahlausbreitung.



Abbildung 4 - Laserreinigung an einem stark strukturierten Bauteil mit erkennbarer, reflektierter Strahlung

#### 4.10 Organisatorische Maßnahmen

Den Beschäftigten ist vor der erstmaligen Anwendung eines Arbeitsmittels eine angemessene Information anhand der Gefährdungsbeurteilung in einer für die Beschäftigten verständlichen Form und Sprache zur Verfügung zu stellen (Gebrauchsanleitung oder Betriebsanweisungen (§ 12 BetrSichV)). Eine Musterbetriebsanweisung zur individuellen Anpassung ist in Anlage 3 dargestellt.



Besteht die Möglichkeit der Freisetzung von Gefahrstoffen, ist die Erstellung einer Betriebsanweisung gemäß § 14 GefStoffV verpflichtend.

Diese Informationen sollten für die Unterweisungen genutzt werden.

Zur **Absicherung der Arbeiten oder der Arbeitsstelle** können beispielsweise folgende Maßnahmen erforderlich sein: Lichtwellenleiter so verlegen und kennzeichnen, dass sie gegen Überfahren und gegen Zerstörung durch Unterfahren gesichert sind.

**Sicherungsposten** beobachten die mit dem Laser arbeitende Person von außerhalb des Gefahrenbereichs oder bleiben mit ihr auf andere Weise in Verbindung (Sprechfunk). Sie müssen in der Lage sein, ohne ihren Standort zu verlassen, Hilfe herbeirufen zu können.

#### Erstellung eines Rettungskonzepts

Für das Arbeiten auf Baustellen oder in engen Räumen ist es erforderlich, vor Beginn der Arbeiten ein Rettungskonzept zu erstellen und die Beschäftigten darüber zu unterrichten.

Vor Beginn von Arbeiten auf fremdem Betriebsgelände sind die Mitarbeitenden über die vorgegebenen Flucht- und Rettungswege zu informieren und die entsprechenden Ansprechpersonen des Fremdbetriebs zu benennen.

### 4.11 Arbeiten auf fremdem Firmengelände

Während der Arbeiten auf fremdem Firmengelände können zusätzliche Gefährdungen wirksam werden. Dazu gehören zum Beispiel: unbekannte Integration der Arbeiten in andere Arbeitsabläufe, notwendige Absperr- und Sicherungsmaßnahmen, Rettungswege und -Rufnummern oder die Abstimmung der Arbeiten auf den Betrieb der Fremdfirma.

Können nicht alle Gegebenheiten bei Fremdfirmen durch die Gefährdungsbeurteilung abgedeckt werden, müssen sie durch eine ergänzende Gefährdungsbeurteilung vor Beginn der Tätigkeiten am jeweiligen Arbeitsplatz erfasst und bewertet werden (z. B. Blendung, Gefährdung anderer Personen, Absperrungen, ausreichenden Sicherheitsabstand festlegen, wo möglich: räumliche Abtrennung).

Wenn gegenseitige Gefährdungen auftreten können, sollte eine gemeinsame Gefährdungsbeurteilung erstellt werden (siehe § 13 Betriebssicherheitsverordnung [11] und § 6 [DGUV Vorschrift 1](#) [12], nach § 8 ArbSchG).

### 4.12 Zusätzliche Gefahren auf Baustellen

Auf Baustellen ist neben der Anpassung an sich ständig verändernde Gegebenheiten auch die gegenseitige Behinderung durch verschiedene Gewerke zu beachten.

Koordinieren Sie die Arbeiten der verschiedenen Gewerke vor Beginn der Tätigkeiten (Koordination nach Baustellenverordnung, § 6 [DGUV Vorschrift 1](#), § 8 ArbSchG) [13].

Gefahren bestehen durch hochgelegene Arbeitsplätze auf Gerüsten oder während der Verwendung von Hubarbeitsbühnen.

Treffen Sie besondere Schutzmaßnahmen für den Blendschutz und beachten Sie dabei auch die Blendung nach unten oder oben. Außerdem muss die Personensicherung gegen Absturz vorgesehen und angewendet werden.

Häufiges Auf- und Abbauen der Geräte und der Lichtwellenleiter führen zu einem erhöhten Verschleiß.

Kontrollieren Sie die Ausrüstung vor jedem Einsatz und führen Sie regelmäßige Prüfungen in angemessenen kurzen Zeitabständen durch und dokumentieren Sie den Gerätezustand.

### 4.13 Arbeiten in engen Räumen

Wenn Reinigungs- und Entschichtungsarbeiten mit Lasern in engen Räumen durchgeführt werden müssen, ist die [TRGS 507](#) „Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern“ [14] anzuwenden. Als enge Räume gelten zum Beispiel Behälter, Tanks oder Schiffsräume.

Es sind grundsätzlich folgende Gefährdungen zu prüfen:

- Gefahrstoffe in gefährlicher Konzentration
- Brand- und Explosionsgefährdungen
- Sauerstoffmangel
- Gefährdungen durch eingeschränkte Bewegungs-, Flucht und Rettungsmöglichkeiten
- Erhöhte elektrische Gefährdungen bei Einschränkungen der Bewegungsfähigkeit und leitfähigen Oberflächen (Umgebung), vgl. [DGUV Information 203-004](#) [24].

Lasereinrichtungen sind immer wirksame Zündquellen. Daher muss das Vorhandensein oder die Bildung eines gefährlichen explosionsfähigen Gemisches während der Arbeiten in engen Räumen durch in der [TRGS 507](#) beschriebene Maßnahmen sicher verhindert sein.

Die Bereiche (enge Räume), in denen Arbeiten nach Nummer 1 Absatz 1 der [TRGS 507](#) durchgeführt werden, müssen gegen unbefugtes Betreten gesichert und gut sichtbar als Gefahrenbereich gekennzeichnet sein.

An den Zugängen sind der bestehenden Gefährdung entsprechende Sicherheitszeichen nach Anhang I Nr. 1.6 Absatz 5 GefStoffV [7], der DGUV Information 211-041 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ [15]

und Technische Regeln für Arbeitsstätten ASR A 1.3 anzubringen [16]. Weitere Informationen sind auch in der DGUV Regel 113-004, der DGUV Information 213-055 und dem DGUV Grundsatz 313-002 zu finden.

### 4.14 Alleinarbeit

Ist niemand in Ruf- oder Sichtweite, handelt es sich um Alleinarbeit. In Abhängigkeit von Gefährdung, Unfallwahrscheinlichkeit und voraussichtlicher Dauer bis zur Erstversorgung ist die Gefährdung durch Alleinarbeit zu bestimmen. Anhand des Ergebnisses in Bezug auf die Gefährdung sind Maßnahmen zur Sicherstellung der Rettungskette festzulegen. Ist das Risiko zu hoch, ist Alleinarbeit nicht zulässig, zum Beispiel bei Gefahr lebensbedrohlicher Bewusstlosigkeit in Folge eines Laserunfalls ohne zuverlässige und handlungsunabhängige Sicherungstechnik.

Für die Beurteilung der Gefährdungen müssen grundsätzlich die Tätigkeit und der Arbeitsplatz bewertet werden, z. B.:

- Gab es bereits Unfälle während dieser oder vergleichbarer Tätigkeiten?
- Besteht Absturzgefahr?

Außerdem muss das Arbeitsverfahren bewertet werden. Welche Gefährdungen bestehen hier im Umgang mit Laserstrahlung in der beabsichtigten Arbeitssituation? Beispiele:

- Zündquelle durch Arbeitstemperatur? (Brand, Explosionsgefahr)
- Entstehung von Gefahrstoffen? (ausreichende Absaugung und Belüftung)
- Schädigung der Augen, Haut usw.?
- Quetschgefahr bei Auf- und Abbau der Gerätschaften?

### 4.15 Schwangere und stillende Frauen

Schwangere und stillende Frauen dürfen nach § 11 Mutterschutzgesetz [17] unter anderem nicht mit Arbeiten beschäftigt werden, bei denen eine unverantwortbare Gefährdung für die Gesundheit von Mutter oder Kind

(Leibesfrucht, Fötus) möglich ist.<sup>4</sup> Dies ist vor allem bei der Bewertung möglicher Gefahrstoffexpositionen zu beachten.

## 4.16 Störungen, Instandsetzung

**Bei Defekten und Störungen ist die Lasereinrichtung umgehend sicher stillzusetzen.**

Instandhaltungsarbeiten am Gerät, an der Absaugung und an Peripheriekomponenten dürfen nur bei ausgeschaltetem Lasersystem erfolgen.

Instandhaltungsarbeiten dürfen nur von Fachpersonal, z. B. von Herstellfirmen, oder von dazu ausgebildeten Personen vorgenommen werden. Bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten können für das Fachpersonal weitere, erhebliche elektrische Gefährdungen auch nach dem Abschalten des Geräts auftreten.

Die in der Betriebsanleitung angegebene bestimmungsgemäße Verwendung muss beachtet werden.

Unterbinden Sie Manipulationen am System, besonders an Sicherheitseinrichtungen.

## 5 Persönliche Schutzausrüstungen, Eignung und Vorsorge

### Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)

Die erforderlichen PSA sind von der Unternehmerin oder dem Unternehmer vor Beginn der Tätigkeiten zu ermitteln und funktionsfähig bereitzustellen.

Persönliche Schutzausrüstung unterliegt der PSA-Benutzungsverordnung [18].

Für PSA der Kategorie 3, wie Atemschutzgeräte, PSA gegen Absturz (...), ist gemäß dieser Verordnung für Unterweisungen eine praktische Übung zur richtigen Benutzung vorgeschrieben.

**Laser-Schutzbrillen** werden entsprechend der PSA-Verordnung in Verkehr gebracht und entsprechend der DIN EN 207 oder E DIN EN ISO 19818-1 gekennzeichnet. Nach DIN EN 207 muss die Beständigkeit gegen Laserstrahlung unter Norm-Bedingungen 5 Sekunden oder 50 Impulse betragen.

Während der Arbeiten mit offenen Lasereinrichtungen müssen immer geeignete – aus maximaler Leistungs-/Energiedichte im jeweiligen Wellenlängenbereich abgeleitete – Laserschutzbrillen getragen werden (TROS [2], [DGUV Information 203-042](#) [3] und Anhang II der 2006/25/EG [19]). Das betrifft auch Personen, die nicht direkt Tätigkeiten mit Lasereinrichtungen ausführen, sich aber im Gefahrenbereich (Laserbereich) aufhalten.

**Atemschutzgeräte** sind nach PSA-Verordnung (EU) 2016/425 [18] in die Kategorie 3 eingeordnet.<sup>5</sup>

Ob und welcher **Atemschutz** erforderlich ist, hängt von den zu entfernenden Oberflächenbeschichtungen ab und ist jeweils vor Beginn der Arbeiten zu ermitteln, zum Beispiel durch Analyse der Beschichtungen. Wenn erforderlich müssen auch während der Arbeiten Anpassungen vorgenommen werden.

**Persönliche Schutzausrüstungen gegen Absturz (PSAgA)** sind nach PSA-Verordnung ebenfalls in die Kategorie 3 eingeordnet.

<sup>4</sup> BG RCI-Merkblatt [A027](#) „Mutterschutz im Betrieb“ und BG RCI-Merkblatt [M039](#) „Gefahrstoffe – Fruchtschädigende Stoffe“

<sup>5</sup> Das ist am CE Kennzeichen mit einem vierstelligen Code erkennbar, der die Kennnummer der überwachenden Stelle angibt.

## **Kombination persönlicher Schutzausrüstungen**

Werden mehrere Persönliche Schutzausrüstungen aufgrund verschiedener Gefährdungen benötigt, ist deren Wechselwirkung zu berücksichtigen. Eine Abstimmung der unterschiedlichen PSA untereinander und in Bezug auf die Arbeitsaufgabe und -umgebung ist erforderlich.

## **5.1 Eignungsbeurteilungen**

Eignungsuntersuchungen dienen der Beantwortung der Frage, ob die vorhandenen physischen und psychischen Fähigkeiten der Beschäftigten erwarten lassen, dass die während der Beschäftigung zu erledigenden Tätigkeiten von ihnen ausgeübt werden können.

Hilfestellung zum Thema Eignungsbeurteilung ist in der DGUV Information 250-010 "Eignungsbeurteilungen in der betrieblichen Praxis" [20] in ihrer aktuellen Version zu finden. Dort werden unter anderem die Rechtsgrundlagen und die Voraussetzungen für die Rechtmäßigkeit von Eignungsbeurteilungen dargestellt.

Für die betriebsärztliche Umsetzung von Eignungsbeurteilungen stehen mit den „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ [21] praxisnahe Informationen zur Verfügung. Als Beispiel dafür sind die DGUV Empfehlungen „Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten“ und „Arbeiten mit Absturzgefahr“ im Eignungsteil der Publikation zu nennen.

## **5.2 Arbeitsmedizinische Vorsorge**

Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber müssen auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung für eine angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge sorgen.

Nach Maßgabe des Anhangs der Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge ([ArbMedVV](#)) [22] ist Pflichtvorsorge zu veranlassen und Angebotsvorsorge anzubieten. Wunschvorsorge gemäß ArbMedVV ist auf Wunsch des oder der Versicherten zu ermöglichen, es sei denn, aufgrund der Beurteilung der Arbeitsbedingungen und der getroffenen Maßnahmen ist nicht mit einem Gesundheitsschaden zu rechnen.

Mit den „DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen“ stehen praxisnahe Informationen für die betriebsärztliche Umsetzung der arbeitsmedizinischen Vorsorge zur Verfügung. Beispielhaft sind die DGUV Empfehlungen „Atemschutzgeräte“, „Blei und anorganische Bleiverbindungen“, „Chrom(VI)-Verbindungen“, „Asbest“, „Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe“, „Schweißen und Trennen von Metallen“ sowie „Lärm“, „Belastungen des Muskel-Skelett-Systems einschließlich Vibrationen“ und „Künstliche optische Strahlung“ zu nennen.

## **6 Wartung und Prüfung**

Für eine sichere Verwendung sind die von den Herstellern angegebenen Hinweise in der Betriebsanleitung zu beachten. Das betrifft besonders die Wartungsintervalle, wie Wechsel und Reinigung von Filtern, Reinigung der optischen Einrichtungen und Prüfung der elektrischen Sicherheit.

Vor dem Wechsel der Filter von Absauganlagen ist zu prüfen, ob weitere Schutzmaßnahmen gegen Filterstäube sowie zu Brand- und Explosionsschutz getroffen werden müssen.



## 7 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

Diese „Fachbereich AKTUELL“ beruht auf dem – durch den Fachbereich Holz und Metall (FBHM), Sachgebiet Oberflächentechnik (SG OT) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) – zusammengeführten Erfahrungswissen im Umgang mit Lasereinrichtungen, die für Reinigungs- und Entschichtungsarbeiten eingesetzt werden.

Inhalte der Schrift beziehen sich **nicht** auf den allgemeinen Umgang mit Lasern und Lasereinrichtungen und **nicht** auf die Verwendung für spezielle Anwendungen in der Kunst und Denkmalpflege.

Die Bestimmungen nach einzelnen Gesetzen und Verordnungen bleiben durch diese „Fachbereich AKTUELL“ unberührt. Die Anforderungen der gesetzlichen Vorschriften gelten uneingeschränkt.

Um vollständige Informationen zu erhalten, ist es erforderlich, die infrage kommenden Vorschriftentexte einzusehen.

Der Fachbereich Holz und Metall setzt sich unter anderem zusammen aus Vertretern und Vertreterinnen der Unfallversicherungsträger, der staatlichen Stellen, der Sozialpartner, sowie herstellenden und betreibenden Firmen.

Weitere „Fachbereich AKTUELL“ oder Informationsblätter des Fachbereichs Holz und Metall stehen im Internet zum Download bereit.

## Weiterführende Informationsquellen

- BG ETEM Fachkompetenzcenter „Strahlenschutz“
- Fachinformationen des IFA der DGUV
- BG ETEM: Plakat "Vorschriften und Maßnahmen zur Lasersicherheit"
- Laserprodukte als Maschinen im Sinn der Maschinenrichtlinie ([www.baua.de](http://www.baua.de))
- Expositionsgrenzwerte für gepulste Laserstrahlung an Beispielen (Artikel aus Zeitschrift "sicher ist sicher")
- AUVA M 080 (2023-05) „Grundlagen der Lasersicherheit - Sicherheitsinformation für Arbeitnehmer:innen“
- AUVA M\*plus 087 (2023-04) „Sicherheit in der Lasermaterialbearbeitung – Sicherheitsinformation für Führungskräfte
- DIN EN 207 „Persönlicher Augenschutz - Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)“ (05/2017)
- E DIN EN ISO 19818-1 Augen- und Gesichtsschutz - Schutz vor Laserstrahlung - Teil 1: „Anforderungen und Prüfverfahren“ (05/2020)
- DIN EN ISO 11553-2 Sicherheit von Maschinen - Laserbearbeitungsmaschinen - Teil 2: Sicherheitsanforderungen an handgeführte Laserbearbeitungsgeräte (ISO 11553-2:2007); Deutsche Fassung EN ISO 11553-(02/2008)

Hinweis: Normen können über den DIN Media Verlag bezogen werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Technische Regeln zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung - TROS Laserstrahlung, Teil: Allgemeines.
- [2] Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch künstliche optische Strahlung (OStrV) vom 27.07.2010, zuletzt geändert durch Art. 5 Abs. vom 18.10.2017.
- [3] DGUV Information 203-042 "Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen" (05/2018).
- [4] HYPERLINK "<http://www.bghm.de>" [www.bghm.de](http://www.bghm.de) , webcode: 474.
- [5] DGUV Grundsatz 303-005 "Ausbildung und Fortbildung von Laserschutzbeauftragten sowie Fortbildung von fachkundigen Personen zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach OStrV bei Laseranwendungen" (12/2018).
- [6] DGUV Information 203-093 "Handlungshilfe für die Gefährdungsbeurteilung beim Betrieb von offenen Laser-Einrichtungen zur Materialbearbeitung mit Handführung oder Handpositionierung (HLG)" (04/2019).
- [7] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) in der Fassung vom 27.07.2021.
- [8] TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ (GMBI 2017 Nr. 36 S. 638).
- [9] DGUV Grundsatz 313-003 "Grundanforderungen an spezifische Fortbildungsmaßnahmen als Bestandteil der Fachkunde zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen" (11/2018).
- [10] Fachbereich AKTUELL FBHL-020 "Checkliste für den betrieblichen Einsatz von Exoskeletten" (07/2020).
- [11] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung) in der Fassung vom 27.7.2021.
- [12] DGUV Vorschrift 1 "Grundsätze der Prävention".
- [13] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz) in der Fassung vom 31.05.2023.
- [14] Technische Regeln Gefahrstoffe (TRGS) 507 "Oberflächenbehandlung in Räumen und Behältern - GMBI Nr. 18/19 2009.
- [15] DGUV Information 211-041 "Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung" (04/2016).
- [16] Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR) ASR A1.3.
- [17] Gesetz zum Schutz von Müttern bei der Arbeit, in der Ausbildung und im Studium (Mutterschutzgesetz) in der Fassung vom 01.01.2020.
- [18] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-Benutzungsverordnung) vom 04.12.1996.
- [19] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absat 1 der Richtlinie 89/391/EWG) Amtsblatt der EU L 114, 27.04.2006, S 38-59

- [20] DGUV Information 250-010  
Eignungsbeurteilungen in der betrieblichen Praxis.
- [21] DGUV Empfehlungen für arbeitsmedizinische Beratungen und Untersuchungen, Ausgabe 08/2022).
- [22] Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV), Ausgabe 07/2019.
- [23] DGUV Information 203-004  
Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln bei erhöhter elektrischer Gefährdung 04/2018

### Bildnachweis

Die gezeigten Bilder wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von:

- Abbildung 1 – Prinzip der Oberflächenreinigung mit Laserstrahlung: © BGHM
- Abbildung 2 – Laserschutzbrille mit Kennzeichnung auf dem Brillenglas: © CleanLaser
- Abbildung 3 - Lasereinrichtung mit integrierter Erfassungseinheit: © CleanLaser
- Abbildung 4 - Laserreinigung an einem stark strukturierten Bauteil mit erkennbarer reflektierter Strahlung: © CleanLaser}

### Herausgeber

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40  
10117 Berlin  
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)  
Fax: 030 13001-9876  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Sachgebiet Oberflächentechnik  
im Fachbereich Holz und Metall  
der DGUV [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

Die Fachbereiche der DGUV werden von den Unfallkassen, den branchenbezogenen Berufsgenossenschaften sowie dem Spitzenverband DGUV selbst getragen. Für den Fachbereich Holz und Metall ist die Berufsgenossenschaft Holz und Metall der federführende Unfallversicherungsträger und damit auf Bundesebene erster Ansprechpartner in Sachen Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit für Fragen zu diesem Gebiet.

An der Erarbeitung dieser Fachbereich AKTUELL haben mitgewirkt:

- DGUV Fachbereich Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse mit dem SG Nichtionisierende Strahlung
- DGUV Fachbereich Bauwesen mit dem SG Gebäudereinigung
- DGUV Fachbereich Rohstoffe und Chemische Industrie mit dem SG Gefahrstoffe
- DGUV Fachbereich Persönliche Schutzausrüstungen mit den SG Hautschutz und SG Augenschutz
- Deutscher Industrie-Reinigungs Verband e. V. (DIRV)
- Institut für Arbeitsschutz (IFA) der DGUV
- VDMA
- Clean-Lasersysteme GmbH
- 4JET Technologies GmbH
- Glatt Laser Process Technology GmbH

## Anlage 1: Hilfestellung für die Verfahrensauswahl

Vor der Einführung eines neuen Arbeitsverfahrens sollten alle Beteiligten wichtige grundlegende Fragestellungen klären. Die nachfolgende Tabelle kann Ihnen helfen, die Planung und den Aufwand richtig einzuschätzen.

### Vorgehen bei der Auswahl von Geräten und Techniken für handgeführte Reinigungs- und Entschichtungsarbeiten an Werkstücken mit Laserstrahlung (Laserstrahl-Oberflächenbehandlung)

#### Planungsphase

- a) Anwendungsfälle festlegen.
- b) Wege zum Erzielen des gewünschten Ergebnisses prüfen (Entschichten von Werkstücken durch Laserstrahlung oder andere Prozesse wie mechanische Reinigung, chemische Verfahren, andere Strahlverfahren).
- c) Prozessgrenzen definieren.
- d) Arbeitsräume/Arbeitsbereiche/zeitlichen Abläufe festlegen.

#### Tests und Auswahl geeigneter Bearbeitungssysteme

- e) Klären und erproben, welches Laserstrahl-Reinigungssystem geeignet ist, ggf. in Kooperation mit dem Hersteller. (Die Kenntnis der Laserkenngrößen ist für die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen erforderlich.)
- f) Spezifische Randbedingungen des geplanten Einsatzzwecks und des Einsatzorts ermitteln, inklusive der Materialeigenschaften.

#### Ermittlung notwendiger Schutzmaßnahmen, Erstellung erforderlicher Dokumente, Bereitstellung von Spezialwissen und Analytik

- g) Sicherheitstechnik festlegen, z. B. Lasersicherheit, Absaugtechnik, Brandschutz, Explosionsschutz, Persönliche Schutzausrüstungen, Ergonomie.
- h) Beschichtungen analysieren – als Grundlage der Gefährdungsbeurteilung.
- i) Anwendungsfall sicherheitstechnisch bewerten, Gefährdungsbeurteilung, Betriebsanweisungen und Unterweisungsunterlagen erstellen.

#### Einführung der Technik

- j) Umsetzung der festgelegten Maßnahmen nach dem TOP-Prinzip (Technische vor organisatorischen vor persönlichen Schutzmaßnahmen)
- k) Kontrolle und wenn notwendig Anpassung der Verfahren und Maßnahmen



## Anlage 2: Checkliste

Während der Arbeiten mit Lasersystemen treten stets Gefährdungen für die arbeitenden Personen wie für unbeteiligte Dritte auf. Beide Personengruppen müssen geschützt werden.

Die Checkliste hilft Ihnen, Maßnahmen zu planen und zu prüfen, um die Arbeiten mit Lasersystemen zur Reinigung und Entschichtung von Werkstücken sicher zu gestalten.

Allgemeine Maßnahmen – für alle Arbeiten notwendig	ja	nein	nicht relevant
<b>Maßnahmen vor, während und nach den Arbeiten</b>			
Gefährdungsbeurteilung durchführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Betriebsanweisung erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Unterweisungen durchführen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Laserschutzbeauftragte oder Laserschutzbeauftragten bestellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Für eine wirksame Erfassung und Absaugung von Gefahrstoffen sorgen, Laser nicht ohne Absaugung betreiben. Expositionszeiten so gering wie möglich halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Immer Laserschutzbrille benutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hautschutzplan aufstellen und Hautschutz bereitstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitere Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) gemäß Gefährdungsbeurteilung bereitstellen und nutzen (Schutzhandschuhe, Atemschutz, Schutzanzüge, ...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prüfen Sie, wenn PSA erforderlich ist, ob die Kombination verschiedener PSA möglich bzw. zugelassen ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wechselwirkungen zwischen verschiedenen PSA prüfen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Blendung vermeiden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schutz anderer Personen im Arbeitsbereich und in der Umgebung beachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lichtwellenleiter so verlegen, dass sie gegen Über- oder Unterfahren geschützt sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lichtwellenleiter nicht über scharfe Kanten verlegen bzw. ziehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist zu prüfen, ob Arbeiten mit Expositionen gegenüber gesundheitsgefährdenden giftigen Gefahrstoffen einteilige, staubdichte, komplett belüftete Schutzanzüge des Typs 3 nach DIN EN ISO14877 und umgebungsluftunabhängiger Atemschutz zu tragen erforderlich machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausrüstung vor jedem Einsatz auf Beschädigungen kontrollieren, beschädigte oder abgenutzte Ausrüstung vor Beginn der Arbeiten ersetzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitsbereich abgrenzen, abschirmen und kennzeichnen (Warnlampe).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für Zutrittssicherung sorgen, wenn erforderlich Sicherungsposten bestellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Besonderheiten bei Brandmeldeanlagen beachten. Zuständige Stellen über die Arbeiten informieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Werkstücke gegen Um- und Herabfallen sichern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Am Arbeitsplatz nicht essen, trinken, rauchen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Notfallmaßnahmen</b>			
Notfallmaßnahmen planen (Rettungskette, Notruf und Notfall-Telefonnummern, ...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lasereinrichtung in Notfällen abschalten, wenn möglich, stromlos schalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verletzte Person aus dem Gefahrenbereich bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist das Auge durch Laserstrahlung getroffen worden, muss die verunfallte Person unverzüglich einem Augenarzt oder in einer Augenklinik vorstellig werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei Einwirkungen von Gefahrstoffen gemäß Produktdatenblatt und Gefährdungsbeurteilung vorgehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind Brandlasten vorhanden, ist eine Brandwache und Kontrolle zu organisieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Baustelle/ Objekt:

Verantwortlich:

Datum:

Unterschrift

---

Spezielle Maßnahmen für besondere Anwendungsgebiete oder Arbeitsumgebungen	ja	nein	Nicht relevant
<b>Arbeiten in Räumen und Behältern – besondere zusätzliche Maßnahmen</b>			
Räume und Behälter vor Arbeitsbeginn leeren und von gefährlichen Stoffen reinigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für Arbeiten in Räumen und Behältern, die betriebsmäßig Gefahrstoffe enthalten oder enthalten haben, müssen Arbeitgeber vor Beginn der Arbeiten von einer fachkundigen Person eine <b>Freimessung</b> durchführen und mögliche Brand-, Explosions- und Gesundheitsgefährdungen beurteilen lassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zugangsöffnungen zu Räumen und Behältern müssen so gestaltet sein, dass sichergestellt ist, dass der Raum schnell verlassen werden kann und Personen jederzeit gerettet werden können (TRGS 507).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für Arbeiten in engen Räumen (Tanks, Schiffbau, Silos, Kästen, Brückenbauwerke, ...) Aufsichtsführende und Sicherungsposten gemäß TRGS 507 beauftragen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hilfsmittel für die Rettung aus engen Räumen und Behältern bereitstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Arbeiten in feuer- oder explosionsgefährdeten Bereichen – besondere zusätzliche Maßnahmen</b>			
Während der Arbeiten mit Lasereinrichtungen sicherstellen, dass das Vorhandensein oder die Bildung eines explosionsfähigen Gemisches verhindert ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alle brennbaren Materialien aus dem Arbeitsbereich entfernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Arbeiten auf Baustellen – besondere zusätzliche Maßnahmen</b>			
Zusätzliche organisatorische Maßnahmen treffen: Sicherungsposten, Kommunikationseinrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufeinander abgestimmte PSA verwenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gefährdungen anderer Gewerke/durch andere Gewerke ausschließen – Absprachen treffen, ggf. Koordinator bestellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn erforderlich, Koordinator benennen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Arbeiten auf hochgelegenen Arbeitsplätzen</b>			
Umwehrungen, Geländer als technische Absturzsicherung vorsehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Arbeiten mit Lasereinrichtungen von der Leiter aus vornehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeitsbühnen oder Gerüste nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anschlagmittel und Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Alleinarbeit</b>			
Kommunikation sicherstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rettungskonzept erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Sonstige Maßnahmen</b>			
Sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maßnahmen aufeinander abstimmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Baustelle/ Objekt:  
Datum:

Verantwortlich:  
Unterschrift

\_\_\_\_\_

# Anlage 3: Muster einer Betriebsanweisung

## Betriebsanweisung für Arbeiten mit handgeführten Klasse 4 Lasergeräten

Firma: **Firmenbezeichnung**  
 Verantwortliche Person: **Name**

Nummer:

### 1. Anwendungsbereich

#### Reinigen und Entschichten von Werkstück-Oberflächen mit Laserstrahlanlagen

Arbeitsbereich: **Betriebsort angeben oder: Wechselnde Einsatzorte bei Kunden**

Laser: **Anlagentyp, Laserklasse und Hersteller eintragen, ggf. mehrere Einträge vornehmen**

Technische Daten: **Wellenlänge: ..., Leistung: ..., Impulsdauer: ..., Spotgröße: ..., Arbeitsabstand (Fokus): ... eintragen**

### 2. Gefahren für Mensch und Umwelt



#### Lasergeräte der Laserklasse 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 auch Brand- oder Explosionsgefahren verursachen.

An bzw. innerhalb des Lasergehäuses besteht durch die spannungsführenden Teile die Gefährdung eines elektrischen Schlags bzw. Körperdurchströmung.

Es besteht Lebensgefahr.

### 3. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln



Benutzen Sie das Lasersystem nur für Anwendungen, die von der Herstellfirma autorisiert worden sind.

Der Laserbereich ist deutlich erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Unbefugten ist der Zutritt verboten (nur unter Aufsicht). An den Zugängen von Laserarbeitsbereichen ist der Betrieb durch Warnleuchten bzw. Warningschilder anzuzeigen.



Eine Bestrahlung oberhalb der maximal zulässigen Bestrahlung, auch durch reflektierte oder gestreute Laserstrahlung, ist zu verhindern. Ist das nicht möglich, sind geeignete Persönliche Schutzausrüstungen (Augenschutz, Schutzkleidung oder Schutzhandschuhe) zu tragen. Vor der Benutzung der Persönlichen Schutzausrüstungen ist zu prüfen, ob sie für den Anwendungsfall geeignet sind und ob sie keine offensichtlichen Mängel aufweisen. Im Zweifelsfall ist die mit dem Laserschutz beauftragte Person hinzuzuziehen.

Augenschutz: Laserschutzbrille mit mindestens Schutzklasse nach DIN EN 207: D **Angabe** / IR **Schutzklasse** tragen.

Hautschutz: Bei einer Bestrahlung über **Angabe** J/m<sup>2</sup> oder einer Bestrahlungsstärke über **Angabe** W/m<sup>2</sup> ist auf den erforderlichen Hautschutz zu achten.



Werden die Lasieranlagen nicht genutzt, sind sie gegen unbefugten Gebrauch durch Abziehen des Schlüssels aus dem Schlüsselschalter zu sichern.

Bei Laserleistungen über **Angabe** W besteht Brandgefahr. In der Gefährdungsbeurteilung festgelegte Schutzmaßnahmen sind zu beachten.

...

### 4. Verhalten bei Störungen und im Gefahrfall

**Notruf:**



Bei besonderen Betriebszuständen die Lasereinrichtung abschalten.

Laserschutzbeauftragte und Vorgesetzte informieren.

Im Brandfall: Nur CO<sub>2</sub>-Feuerlöscher nutzen, soweit dies gefahrlos möglich ist. Notruf absetzen.

### 5. Verhalten bei Unfällen – Erste Hilfe

**Notruf:**



Ist das Auge durch Laserstrahlung getroffen worden, muss die verunfallte Person unverzüglich bei einem Augenarzt oder in einer Augenklinik vorstellig werden.

Gerät stromlos schalten.

Verletzte Person aus Gefahrenbereich retten und Erste Hilfe leisten.

Notärztliche Versorgung sichern.

...

### 6. Instandhaltung, Entsorgung

Die Bestrahlung von Personen ist zu verhindern.

Können Laserbereiche auftreten, die vorher nicht eindeutig festlegbar sind, (z. B. Bruch von Lichtleitern), sind die Beschäftigten, die die Instandhaltung durchführen, so auszurüsten, dass sie gegen die maximal mögliche Laserstrahlung geschützt sind.

Ändert sich während der Instandhaltung die Schutzklasse, müssen die Sicherheitsbestimmungen der neuen Klasse eingehalten werden.

Datum:

Unterschrift: