Anforderungen an die Prüfung von Lasieranlagen als Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung sowie zum Nachweis des anzeige- und genehmigungsfreien Betriebs

Stand: 19. Oktober 2021

Inhaltsverzeichnis

1. Anwendungsbereich und Ziele	3
2. Begriffe	4
3. Prüfziele.....	6
3.1. Nachweis der Genehmigung- und Anzeigefreiheit nach Nr. 1 a).....	6
3.2. Nachweis des sicheren Betriebs als anzeigepflichtige Lasieranlage nach Nr. 1 b)	6
3.3. Nachweis des sicheren Betriebs als umschlossene Laserbearbeitungsmaschine nach Nr. 1 c)	6
3.4. Nachweis des sicheren Betriebs nach Nr. 1 d)	7
4. Prüfmethoden	7
4.1. Allgemeines.....	7
4.2. Bestimmung der Bestrahlungsstärke	7
4.3. Messung der möglichen Exposition durch ionisierende Strahlung	8
4.3.1. Bestimmung der Ortsdosisleistung.....	8
4.3.2. Bestimmung der beruflichen Exposition für den genehmigungspflichtigen Betrieb nach Nr. 1 c) und Nr. 1 d)	9
4.3.3. Bestimmung einer konservativen Betriebsart	10
4.3.4. Vorverfahren zur Bestimmung der Position mit der höchsten Ortsdosisleistung.....	10
4.3.5. Anforderungen an die Messgeräte	11
4.4. Funktionsfähigkeit des Schutzgehäuses.....	12
4.5. Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen.....	12
4.5.1. Konstruktion und Auslegung	13
4.5.2. Funktionsprüfung	13
4.5.3. Überbrückung	13
5. Anforderungen an die Nachweise und Prüfberichte	14
5.1. Nachweis der Anzeige- und Genehmigungsfreiheit	14
5.2. Prüfberichte	14

6. Anlage I	15
6.1. Teil A – Grundlagen zur Berechnung der maximalen Bestrahlungsstärke	15
6.2. Teil B – Vereinfachte Berechnung der maximalen Bestrahlungsstärke unter Einbeziehung der Fokussieroptik.....	16
6.3. Teil C – Berechnungsbeispiele	16
7. Anlage II – Empfohlene Vorlage für den anzeige- und genehmigungsfreien Betrieb	18
8. Anlage III – Prüfberichtsmuster	29

1. Anwendungsbereich und Ziele

Für den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung, in denen durch das Auftreffen von Laserstrahlung nach § 2 Absatz 3 Satz 1 der Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung auf Material ionisierende Strahlung erzeugt werden kann (Laseranlagen), sind Prüfungen im Rahmen

- a) des Nachweises der Voraussetzungen zum genehmigungs- und anzeigefreien Betrieb nach § 7 StrlSchV i. V. m. Anlage 3 Teil C Satz 2,
- b) der Erstellung der Dokumente zur Anzeige des Betriebs nach § 17 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG,
- c) des Verfahrens zum genehmigungsbedürftigen Betrieb nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG im Anwendungsbereich des Genehmigungsentwurfs entsprechend Rundschreiben des BMU S II 3 – 15240/1 (genehmigungsbedürftiger Betrieb als umschlossene Laserbearbeitungsmaschine)¹ oder
- d) des Verfahrens zum sonstigen genehmigungsbedürftigen Betrieb nach § 12 Absatz 1 Nummer 1 StrlSchG

erforderlich.

Die Durchführung von Prüfungen nach den Buchstaben a) bis d) kann in Veranlassung des Betreibers und von Prüfungen nach Buchstaben c) und d) auch in Veranlassung der zuständigen Behörde im Rahmen einer Sachverständigenprüfung nach § 179 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG i. V. m. § 20 AtG erfolgen.

Zielsetzung dieses Prüfkonzeptes ist es, für die Prüfungen nach den Buchstaben a) bis d) einheitliche Prüfziele und-kriterien festzulegen.

Dieses Prüfkonzept kann für den Betrieb von Laseranlagen mit einer Bestrahlungsstärke von bis zu 10^{16} W/cm² als vollständig betrachtet werden. Bei Bestrahlungsstärken von mehr als 10^{16} W/cm² sind ggf. über dieses Prüfkonzept hinausgehende Prüfpunkte (z. B. zu den ggf. durch Aktivierung entstehenden Radionukliden) zu berücksichtigen.

Für den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung im Zusammenhang mit der Anwendung am Menschen entfällt gemäß § 17 Absatz 1 Satz 3 StrlSchG die Möglichkeit der Anzeige. Entsprechende Anlagen sind genehmigungspflichtig.

Es ist hierbei zu unterscheiden zwischen

- der Anwendung von ionisierender Strahlung am Menschen gemäß § 5 Absatz 3 StrlSchG und
- der Anwendung von nicht ionisierender Strahlung (Laserstrahlung) am Menschen, bei der ionisierende Strahlung als unerwünschter Nebeneffekt entsteht.

Laseranlagen zur Anwendung ionisierender Strahlung am Menschen fallen nicht in den Anwendungsbereich dieses Prüfkonzeptes. Laseranlagen zur Anwendung nicht ionisierender Strahlung am Menschen fallen hinsichtlich der Beurteilung des Strahlenschutzes entsprechend Nr. 1 d) in den Anwendungsbereich dieses Prüfkonzeptes. Für derartige Anlagen sind jedoch ggf. über dieses Prüfkonzept hinausgehende Prüfpunkte (insbes. zum Patientenschutz) zu berücksichtigen.

¹ Genehmigung für den probeweisen Betrieb einer von einem Schutzgehäuse umschlossenen und sich unter Normaldruck befindlichen Laserbearbeitungsmaschine mit einer maximalen Bestrahlungsstärke kleiner 10^{16} W/cm², in der durch künstliche optische Strahlung (Laserstrahlung) nach § 2 Absatz 3 Satz 1 OStrV ionisierende Strahlung erzeugt werden kann.

2. Begriffe

Soweit nicht in diesem Abschnitt definiert, basieren die in diesem Dokument verwendeten Begriffe auf deren Definitionen auf folgenden rechtlichen und technischen Normen:

Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung vom 19. Juli 2010 (BGBl. I S. 960), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 6 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist (OStrV)

DIN EN ISO 11145:2019-06, Optik und Photonik - Laser und Laseranlagen - Begriffe und Formelzeichen

DIN EN ISO 11553-1:2021-01, Sicherheit von Maschinen - Laserbearbeitungsmaschinen - Teil 1: Anforderungen an die Lasersicherheit

Laser

Gerät, mit einem verstärkenden Medium innerhalb eines optischen Resonators, das unter Ausnutzung des Effektes der stimulierten Emission kohärente elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen bis zu 1 mm emittiert

Anmerkung: Im Bereich des Schutzes gegenüber optischer Strahlung ist als wesentliche technische Norm die Technische Regel zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung von Bedeutung. In ihr wird der Begriff Laserstrahlung definiert. Sie umfasst jede elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen im Bereich zwischen 100 nm und 1 mm, die als Ergebnis kontrollierter stimulierter Emission entsteht. Der in diesem Dokument genutzte Begriff des Lasers umfasst diesen Bereich der elektromagnetischen Strahlung vollständig.

Lasengerät

Einrichtung, welche einen Laser, zusammen mit wesentlichen zusätzlichen Einrichtungen, (z. B. Kühlsystem, Netz- und Gasversorgung usw.) enthält

Laseranordnung

Lasengerät in Verbindung mit speziellen optischen, mechanischen und/oder elektrischen Komponenten für die Strahlführung und die Strahlformung

Laseranlage

eine oder mehrere Laseranordnungen in Verbindung mit Handhabungs-, Mess- und Regelsystemen

Die Laseranlage umfasst danach den oder die Laser und alle optischen, mechanischen und elektrischen Komponenten zur Strahlführung, Strahlformung und Betriebsmittelversorgung sowie soweit vorhanden das Schutzgehäuse.

Eine Laseranlage im Sinne dieses Dokumentes ist eine Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung, wenn durch das Auftreffen künstlicher optischer Strahlung (Laserstrahlung) auf Material ionisierende Strahlung i. S. des Strahlenschutzrechts, d. h. wenn Teilchen- oder Photonenstrahlung mit einer Energie von mindestens 5 Kiloelektronenvolt erzeugt werden kann.

Anmerkung 1: Im Bereich des Schutzes gegenüber optischer Strahlung ist als wesentliche technische Norm die Technische Regel zur Arbeitsschutzverordnung zu künstlicher optischer Strahlung von Bedeutung. In ihr wird der Begriff der Laser-Einrichtung genutzt. Dazu zählen Geräte, Anlagen oder Versuchsaufbauten, mit denen Laserstrahlung erzeugt, übertragen oder angewendet wird. Diese Nomenklatur basiert auf den Regelungen der International Electrotechnical Commission (IEC). Für die Anwendung dieses Dokumentes gilt jede Laser-Einrichtung gleichzeitig als eine Laseranlage entsprechend ISO-Nomenklatur. Es ist hierfür unerheblich, ob seitens des Herstellers oder Inverkehrbringers diese Bezeichnung verwendet oder angegeben wird.

Anmerkung 2: Der Begriff der Laserbearbeitungsmaschine ist in DIN EN ISO 11153-1 definiert. Sie ist eine Maschine im Sinne der Neunten Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung - 9. ProdSV) vom 12. Mai 1993 (BGBl. I S. 704) zuletzt geändert durch Artikel 19 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178) in Verbindung mit DIN ISO-Norm 11154 und dient der Bearbeitung von Materialien durch die Einwirkung von Laserstrahlung. Sie ist eine Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung im Sinne der strahlenschutzrechtlichen Regelungen, wenn in ihr durch das Auftreffen von Laserstrahlung auf Material ionisierende Strahlung i. S. des Strahlenschutzes erzeugt werden kann. Eine Laserbearbeitungsmaschine ist eine Laseranlage.

Anmerkung 3: Werden bei einer Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung durch Laserstrahlung Plasmen erzeugt, handelt es sich um eine Laseranlage und nicht um eine Plasmaanlage.

umschlossene Laseranlage

ist jede Laseranlage, die ein Schutzgehäuse besitzt, das

- den Auftreffpunkt der Laserstrahlung auf den zu behandelnden Gegenstand und diesen vollständig umschließt,
- das Einbringen von Körperteilen während des Betriebes sicher verhindert und
- nur geöffnet werden kann, wenn sichergestellt ist, dass im Inneren des Schutzgehäuses keine ionisierende Strahlung mit einer Energie von mehr als 5 keV vorhanden ist.

Anmerkung: Eine umschlossene Laseranlage muss nicht notwendigerweise hermetisch versiegelt sein.

offene Laseranlage

ist jede Laseranlage, die keine umschlossene Laseranlage ist.

Betriebsart

ist ein zeitlicher Verlauf des Betriebs einer Laseranlage zum Erreichen eines bestimmten Ziels und umfasst dabei alle einstellbaren Anlagenparameter sowie die physische Konfiguration der Anlage. Der geplante oder tatsächliche Betrieb kann sich aus mehreren verschiedenen Betriebsarten zusammensetzen.

Anmerkung 1: Für Laseranlagen umfasst demnach eine Betriebsart das Bearbeitungsverfahren (Bohren, Fräsen, Oberflächenbearbeitung etc.), das bearbeitete Material, dessen wesentliche Struktur, die Laser- und Laseroptikkonfiguration sowie die Bewegung des Werkstücks während der Bearbeitung.

Anmerkung 2: Die Bildung von mittleren Betriebsparametern der Laserkonfiguration für eine Betriebsart ist nicht zulässig.

Anlagenintegrator

ist eine Person oder Firma, welche die Komponenten, einschließlich Laser, Laseroptik, Schutzgehäuse und sonstiges Zubehör, zu einer Laseranlage zusammenfügt oder diese wesentlich modifiziert.

Bestrahlungsstärke E

gemäß DIN EN ISO 11145 Strahlungsleistung, die an einem Ort auf eine Fläche auftrifft, geteilt durch die Fläche (auch Leistungsdichte genannt)

Anmerkung 1: Der Begriff der Bestrahlungsstärke wird im Gegensatz zur Leistungsdichte gewöhnlich dazu benutzt, die Verteilung der Laserstrahlung auf der Oberfläche zu beschreiben, auf die sie auftrifft. Es ergeben sich Unterschiede bei nicht senkrechtem Einfall auf die Oberfläche.

Anmerkung 2: Für die strahlenschutzrechtliche Bewertung ist das zeitliche und räumliche Maximum der Verteilung der Bestrahlungsstärke relevant. Dieses wird in diesem Dokument verkürzend als auch maximale Bestrahlungsstärke bezeichnet.

Des Weiteren werden die Begriffe aus dem Gebiet der Lasertechnik entsprechend ihrer Definition in DIN EN ISO 11145:2019-06 verwendet.

3. Prüfziele

3.1. Nachweis der Voraussetzung für Genehmigungs- und Anzeigefreiheit nach Nr. 1 a)

- a) Nachweis, dass die Ortsdosisleistung von $1 \mu\text{Sv/h}$ im Abstand von 0,1 Meter von der berührbaren Oberfläche nicht überschritten wird und
- b) Nachweis, dass eine maximale Bestrahlungsstärke von 10^{13} W/cm^2 bei maximalen Betriebsbedingungen nicht überschritten wird

3.2. Nachweis des sicheren Betriebs als anzeigepflichtige Laseranlage nach Nr. 1 b)

- a) Nachweis, dass die Ortsdosisleistung von $10 \mu\text{Sv/h}$ im Abstand von 0,1 Metern von der berührbaren Oberfläche nicht überschritten wird und
- b) Nachweis, dass alle in § 78 StrlSchG festgelegten Grenzwerte für beruflich exponierte Personen nicht überschritten werden

3.3. Nachweis des sicheren Betriebs als umschlossene Laserbearbeitungsmaschine nach Nr. 1 c)

- a) Nachweis der sicheren Umschließung des Bearbeitungsraums zur Vernachlässigung der Ermittlung der Teilkörperexpositionen von Haut, Hand und Augenlinse (Funktion des Schutzgehäuses) und
- b) Nachweis, dass die berufliche Exposition für die effektive Dosis entsprechend § 71 Absatz 1 Nummer 2 StrlSchV unter 1 mSv pro Kalenderjahr liegt und
- c) Nachweis, dass eine Bestrahlungsstärke von 10^{16} W/cm^2 bei normalen Betriebsbedingungen nicht überschritten wird und
- d) Nachweis der Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen (z. B. Sicherheitskreise und Sicherheitssysteme) zur Abschaltung der Anlage im Bearbeitungsbetrieb

3.4. Nachweis des sicheren Betriebs nach Nr. 1 d)

- a) Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte der Exposition einer Einzelperson der Bevölkerung und
- b) Nachweis, dass die Grenzwerte der beruflichen Exposition eingehalten werden

4. Prüfmethoden

4.1. Allgemeines

Für die Bewertung des Potentials einer Laseranlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung ist die Bestrahlungsstärke am Ort des Auftreffens auf das absorbierende Material von zentraler Bedeutung. Dementsprechend ist für die Bestimmung der Bestrahlungsstärke stets der Laser in Verbindung mit der verwendeten Optik zu bewerten. Hieraus ergibt sich, dass eine Bewertung zum Strahlenschutz durch den Hersteller des Lasers allein nicht möglich ist. Das Gefährdungspotential durch ionisierende Strahlung kann nur an der vom Endbetreiber genutzten Anlage durch den Anlagenintegrator bewertet werden. Entsprechende Ergebnisse einer Gefährdungsanalyse können für die Prüfung baugleicher Laseranlagen herangezogen werden.

4.2. Bestimmung der Bestrahlungsstärke

Für die Bewertung der Anzeige- und Genehmigungsfreiheit (Nr. 1 a) ebenso wie für die Anwendbarkeit des Genehmigungsentwurfs (Nr. 1 c) muss die Bestrahlungsstärke der Laseranlage (Laserbearbeitungsmaschine) bestimmt werden.

Die Bestrahlungsstärke ist die Leistungsdichteverteilung auf der Materialoberfläche, auf die der Laserstrahl auftrifft. Um die Bestrahlungsstärke konservativ abzuschätzen, ist sie im Folgenden im Fokus auf einer senkrecht zur Strahlachse liegenden Strahlquerschnittsfläche zu bestimmen. Der vorgegebene Schwellwert muss für das Maximum der Bestrahlungsdichteverteilung auf der Strahlquerschnittsfläche (z. B. Maximum einer angepassten Gaußverteilung) eingehalten werden.

Dies kann durch eine der folgenden Varianten erfolgen:

- a) Dokumente des Anlagenintegrators zu den Spezifikationen der Laseranlage

Es sind im Rahmen der Prüfung alle relevanten Komponenten der Laseranlage hinsichtlich der Übereinstimmung mit den Komponententypen, die der Angabe zur Bestrahlungsstärke zugrunde liegen, zu kontrollieren. Sind wesentliche Angaben zu den zugrundeliegenden Komponententypen nicht verfügbar, muss die Bestimmung der Bestrahlungsstärke nach Buchstabe b oder c verifiziert werden.

- b) Berechnung der maximal erreichbaren Bestrahlungsstärke basierend auf Angaben zum Laser, zur Laseroptik, zum Strahlverlauf und zu den wählbaren Parameterbereichen:

Die Bestimmung nach Buchstabe b) muss nach den technischen Normen DIN EN ISO 11145 und DIN EN ISO 13694 erfolgen. Die Berechnung muss auf für die zeitliche und räumliche Verteilung der Laserstrahlung geeigneten Annahmen beruhen. Beispiele für eine rechnerische Abschätzung basierend auf allgemeinen Parametern des Laserstrahls sind in Anlage I, Abschnitt 6.3 enthalten. Es sind ggf. Hotspots und Abweichungen der Strahlprofilformen zu berücksichtigen.

Für die Berechnung können Strahlparameter auch durch Messungen z. B. nach DIN EN ISO 11146-1 anlagenspezifisch bestimmt werden.

c) Messung:

Die Bestimmung kann direkt nach dem Verfahren gemäß DIN EN ISO 13694 messtechnisch erfolgen. Einen Überblick zu messtechnischen Verfahren enthält auch Anhang 3 der TROS Laserstrahlung Teil 2.

4.3. Messung der möglichen Exposition durch ionisierende Strahlung

4.3.1. Bestimmung der Ortsdosisleistung

Für den genehmigungs- und anzeigefreien Betrieb einer Laseranlage ist neben der Unterschreitung des Schwellwertes der Bestrahlungsstärke von 10^{13} W/cm^2 nachzuweisen, dass die Ortsdosisleistung in 0,1 Meter Abstand von der berührbaren Oberfläche an keiner Stelle $1 \mu\text{Sv/h}$ überschreitet. Für einen genehmigungsfreien aber anzeigepflichtigen Betrieb gemäß § 17 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchV ist der Nachweis zu erbringen, dass die Ortsdosisleistung in 0,1 Meter Abstand von der berührbaren Oberfläche an keiner Stelle $10 \mu\text{Sv/h}$ überschreitet.

Messgrößen für die Ortsdosis sind nach § 1 Nummer 12 und 13 i. V. m. Anlage 18 Teil A StrlSchV die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ sowie die Richtungs-Äquivalentdosis in 3 mm Tiefe $H'(3, \Omega)$ und in 0,07 mm Tiefe $H'(0,07, \Omega)$. Die zu verwendende Messgröße richtet sich nach dem am Messort zu betrachtenden Expositions- und Schutzszenario (z. B. Teil- oder Ganzkörperexposition, Schwerpunktsenergie der Strahlung).

Für umschlossene Laseranlagen ist in erster Linie die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ die zu verwendende Messgröße. Die Energieverteilung der ionisierenden Strahlung ist nach der Transmission durch das Schutzgehäuse aufgehärtet, sodass die Schwerpunktsenergie der Photonen in der Regel oberhalb von 12 keV liegt. Damit ist die relevante Messgröße die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ für die Ganzkörperexpositionen. Bei Verdacht auf eine nicht ausreichende Abschirmwirkung (z. B. Sichtfenster besteht aus Kunststoff, Schwachstellen in der Umhausung) sind zusätzlich mögliche Teilkörperexpositionen zu beachten. Hier können die Messgrößen der Richtungs-Äquivalentdosisleistung in 0,07 mm $\dot{H}'(0,07, \Omega)$ (zur Abschätzung der lokalen Hautdosis) und in 3 mm Tiefe $\dot{H}'(3, \Omega)$ (zur Abschätzung der Augenlinsendosis) zu berücksichtigen.

Anmerkung: Die Verwendung der Messgröße Richtungs-Äquivalentdosis in 0,07 Millimeter Tiefe bei einem Einfallswinkel von 0° $H'(0,07)$ ist ebenfalls zulässig, da sie gegenüber der Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ im gesamten zu erwartenden Energiebereich konservativ ist. Im Hinblick auf die Forderung von konformitätsbewerteter Messtechnik sowie teilweise einem geringeren Ansprechvermögen wird dies in der Praxis jedoch nur selten Anwendung finden. Es ist zu beachten, dass die Richtungs-Äquivalentdosis $H'(0,07)$ zur Ermittlung einer lokalen Hautdosis verwendet wird (s.u.), so dass derartige Messergebnisse die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ im Energiebereich unterhalb von 30 keV, der bei offenen Laseranlagen den größten Anteil ausmacht, deutlich überschätzen können.

Bei offenen Laseranlagen sind durch das hier mögliche Hineingreifen in Bereiche höherer Dosisleistung auch mögliche Expositionen der Haut und der Hand sowie durch die fehlende Abschirmwirkung auch der Augenlinse zu betrachten. Daher ist die hier zu verwendende Messgröße die Richtungs-Äquivalentdosisleistung in 0,07 mm Tiefe $\dot{H}'(0,07, \Omega)$. Hierbei ist das Dosisleistungsmessgerät mit seiner Vorzugsrichtung auf den Ort des Auftreffens des Laserstrahls auf das Material auszurichten ($\dot{H}'(0,07, \Omega = 0^\circ) \equiv \dot{H}'(0,07)$).

Bei umschlossenen Laseranlagen ist der Messpunkt zur Bestimmung der Ortsdosisleistung in 10 cm Abstand vom Schutzgehäuse zu wählen. Bei offenen Laseranlagen ist der Messpunkt zur Bestimmung der Ortsdosisleistung in 10 cm Abstand von dem Ort, an dem der Laserstrahl auf das Werkstück trifft, zu wählen. In einem Vorverfahren (vgl. Abschnitt 4.3.4) ist die Position mit der höchsten Ortsdosisleistung zu ermitteln.

Um die maximal mögliche Ortsdosisleistung zu bestimmen, sind

- die Messpunkte der Ortsdosisleistung und
- das während der Messung durchgeführte Bearbeitungsverfahren

für die Prüfung auf Anzeige- und Genehmigungsfreiheit konservativ (vgl. 4.3.3) und für Prüfungen als Grundlage eines Anzeige- oder Genehmigungsverfahrens repräsentativ für den geplanten Betrieb zu wählen. Repräsentativ bedeutet hier, dass die gewählten Betriebsarten den geplanten Betrieb abdecken. Bei Prüfungen durch einen Sachverständigen entscheidet dieser darüber, welche Betriebsarten bei der messtechnischen Prüfung angewendet werden.

Da bei Messungen außerhalb des Schutzgehäuses an Orten mit möglicherweise geringer Ortsdosisleistung sehr lange Expositionszeiten notwendig sein können, können auch ergänzende nachgelagerte passive integrierende Messungen durch die zuständige Behörde beauftragt werden, um eine Abschätzung der auftretenden Expositionen zu ermöglichen.

4.3.2. Bestimmung der beruflichen Exposition für den genehmigungspflichtigen Betrieb nach Nr. 1 c) und Nr. 1 d)

Für den genehmigungspflichtigen Betrieb einer Laseranlage sind grundsätzlich die Einhaltung der Grenzwerte für die beruflich exponierten Personen nach § 78 StrlSchG und für Einzelpersonen der Bevölkerung nach § 80 StrlSchG nachzuweisen. Zur Genehmigung des Betriebs der Laserbearbeitungsmaschine gemäß Nr. 1 c) ist die Unterschreitung der Werte für die Einstufung als beruflich exponierte Person nach § 71 Absatz 1 Nummer 2 StrlSchV erforderlich, da der Genehmigungsentwurf keine individuelle personendosimetrische Überwachung vorsieht. Hierdurch kann der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte nach den §§ 78 und 80 StrlSchG entfallen. Kann dies nicht gewährleistet werden, ist ein Genehmigungsverfahren und die Prüfung gemäß Nr. 1 d) erforderlich.

Bei offenen Laseranlagen sind hierbei auch potentielle Expositionen der Haut, Hand und Augenlinse zu berücksichtigen. Der Nachweis erfolgt durch

- die Messung der Ortsdosisleistung an der Laseranlage und
- die darauf beruhende Berechnung der zu erwartenden Exposition für das an der Laseranlage beschäftigte oder sich in der Nähe regelmäßig aufhaltende Personal.

Die allgemeinen Forderungen zur Bestimmung der Ortsdosisleistung aus Abschnitt 4.3.1 sind auch hier anzuwenden. Im Sinne einer konservativen Abschätzung der potentiellen Expositionen sind für die zugrunde zu legenden Ortsdosisleistungen insbesondere die realistischen Aufenthaltsorte zu wählen,

- an denen sich Personen häufig aufhalten und/oder
- an denen die höchsten Ortsdosisleistungen auftreten.

Die ermittelten Orte sind im Prüfbericht festzuhalten.

Es ist mindestens ein für einen Arbeitsplatz im Bereich der Laseranlage repräsentativer Ort für eine integrierende Ortsdosisbestimmung während des Betriebs zu benennen. Befinden sich mehrere Arbeitsplätze im Bereich der Laseranlage, so ist eine konservative Auswahl zu treffen, die ggf. auch mehrere repräsentative Messorte ergeben kann. Weitere Messorte können für eine langfristige ortsdosimetrische Überwachung benannt werden, wenn die Ergebnisse der messtechnischen Prüfung eine endgültige Bewertung hinsichtlich der möglichen Exposition von Personen nicht zulassen.

4.3.3. Bestimmung einer konservativen Betriebsart

Zur Bestimmung der Ortsdosisleistung sind für den Betrieb der Anlage relevante Betriebsarten zu wählen. Bei Prüfungen zur Erfüllung der Voraussetzungen der Genehmigungsfreiheit ist eine hinsichtlich der zu erwartenden Exposition durch ionisierende Strahlung konservative Betriebsart zu wählen. Dies kann durch

- die Prüfung für alle möglichen Betriebsarten, d. h. alle Kombinationen aus Anlagenparametern und Materialien (Worst-Case-Suche) oder
- die Anwendung der Ergebnisse einer Risikobeurteilung im Sinne der Maschinenrichtlinie (Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG) z. B. des Anlagenintegrators für denselben Anlagentyp oder
- die Nutzung eines Satzes von Anlagenparametern und Materialien, der dokumentiert ist und nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik eine konservative Abschätzung der Exposition ermöglicht,

erfolgen.

Für Prüfungen als Grundlage eines Anzeigeverfahrens oder im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens (z. B. für Produktionsanlagen) ist aus den geplanten Betriebsarten mindestens eine zu wählen, welche für die Expositionsabschätzung als konservativ betrachtet werden kann. Ist eine Einschränkung auf bestimmte Betriebsarten nicht gewollt oder nicht möglich, so ist eine allgemein konservative Betriebsart zu bestimmen (z. B. bei Entwicklungsanlagen).

Sowohl die vom Betreiber vorgesehenen als auch die für die Prüfung genutzten Betriebsarten sind im Prüfbericht festzuhalten. Hierbei sind die für die Wiederholung der Messungen relevanten Angaben aufzuführen.

Es kann die durch die Laseranlage erzeugte ionisierende Strahlung für die messtechnische Prüfung der Abschirmwirkung auch mit einer Strahlungsquelle vergleichbarer oder konservativer Fluenzverteilung substituiert werden (z. B. durch eine Kleinst-Röntgenröhre).

4.3.4. Vorverfahren zur Bestimmung der Position mit der höchsten Ortsdosisleistung

Ziel des Vorverfahrens ist es, die Orte mit erhöhter Ortsdosisleistung zu identifizieren. Für umschlossene Laseranlagen ist es darüber hinaus erforderlich, die Größe der Strahlungsfelder an diesen Orten zu bestimmen, um für die Dosisleistungsbestimmung geeignete Messtechnik zu verwenden bzw. die Messwerte ggf. korrigieren zu können (z. B. wenn das Messvolumen nur teilweise ausgeleuchtet ist).

Bei umschlossenen Laseranlagen sind die Orte, die eine geringere Abschirmwirkung erwarten lassen (Strahlenlecks), zu betrachten. Diese umfassen sowohl potentielle Strahlenlecks im Schutzgehäuse (z. B. Nähte oder Fenster) als auch die Orte, an denen eine höhere Strahlenexposition durch die verringerte Selbstabschirmung im bearbeiteten Material (z. B. durch Eindringen des Laserstrahls bzw. des Plasmas in das Material und eine geringere Abschirmung in Richtung der bearbeiteten Fläche) auftreten kann. Des Weiteren sind ggf. die Orte zu berücksichtigen bis zu denen Körperteile in das Innere des Schutzgehäuses eingebracht werden können (Labyrinth).

Für umschlossene Laseranlagen ist zunächst eine Sichtprüfung durchzuführen. Sie dient der Identifikation von potentiellen Strahlenlecks im Schutzgehäuse sowie von Stellen, an denen die Abschirmwirkung des Schutzgehäuses reduziert sein kann. Diese können sowohl geometrisch konstruktiv als auch durch die Materialwahl bedingt sein. Sie können insbesondere an Sichtfenstern (z. B. Plexiglas), an Bauteilverbindungen (z. B. Stöße oder Schweißnähte und -punkte) und an Kabeldurchführungen auftreten. Es sind das Schutzgehäuse sowie die ohne Werkzeug abnehmbaren Vorrichtungen, die dem Schutz gegen Nutz- und Streustrahlung dienen, auf sichtbare Beschädigung zu kontrollieren.

Bei offenen Laseranlagen sind die Orte zu betrachten, die im Abstand von 10 cm vom Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück liegen und bei denen die ionisierende Strahlung durch kein oder nur wenig abschirmendes Material² verringert wird.

Die im Vorverfahren eingesetzten Messeinrichtungen müssen geeignet sein, um die auftretende gepulste Strahlung ab etwa 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ in einem Energiebereich ab 5 keV bis etwa 100 keV sicher physikalisch nachweisen zu können. Da bei der Prüfung von Strahlenlecks relativ schmale „Strahlenbündel“ nachgewiesen werden müssen und an offenen Anlagen in geringer Entfernung mit großen Gradienten im Strahlungsfeld gerechnet werden muss, sind Messeinrichtungen mit

- geringen Messvolumina bzw. Messflächen oder
- ortsauflösende Detektoren

einzusetzen, wobei gleichzeitig eine ausreichende Empfindlichkeit gegeben sein muss.

Für das Ziel des Vorverfahrens sind nur Relativmessungen von Dosisleistungen bzw. Strahlungsintensitäten von Bedeutung, so dass für diesen Einsatzzweck keine konformitätsbewerteten Messeinrichtungen nötig sind. Die Verwendung von CR-Speicherfolien bzw. Filmen für diesen Einsatzzweck, mit denen auch größere Flächen schnell überprüft werden können, inklusive entsprechender Auswertegeräte hat sich insbes. bei umschlossenen Laseranlagen in der Praxis bewährt.

4.3.5. Anforderungen an die Messgeräte

Die von Laserbearbeitungsmaschinen emittierte ionisierende Strahlung kann hoch gepulst sein und hat eine spektrale Verteilung von 5 keV bis ca. 100 keV, wobei der weitaus größte Anteil in einem Energiebereich bis 30 keV liegt. Bei Messungen außerhalb eines Schutzgehäuses ist zudem zu erwarten, dass die nachzuweisende Strahlung sich nur wenig von der Hintergrundstrahlung unterscheidet.

² Materialien mit höherer Abschirmwirkung, d.h. mit hoher Dichte bzw. hoher Ordnungszahl sind z.B. Metalle oder bestimmtes Mineralglas.

Die für die Messung eingesetzten Prüfmittel müssen für den physikalischen Nachweis dieser Strahlung geeignet sein. Dies ist insbes. bei integrierenden bzw. akkumulierenden Messverfahren (z. B. Ionisationskammern mit Ladungssammlung, TLD, o. ä.) gegeben. Darüber hinaus müssen die eingesetzten Prüfmittel über eine Konformitätsbewertung zum Nachweis der Eignung nach Mess- und Eichgesetz verfügen und einer regelmäßigen Qualitätskontrolle unterliegen. Beim Einsatz von integrierenden bzw. akkumulierenden Messverfahren ist zum Nachweis von sehr geringen Dosen (s.o.) eine entsprechend lange Messzeit unter stabilen Prüfbedingungen zu gewährleisten.

Zur messtechnischen Bestimmung der Personen- und Ortsdosis bzw. –dosisleistung sind nach § 90 Absatz 2 StrlSchV Messgeräte zu verwenden, die dem Mess- und Eichgesetz entsprechen. Sofern für diese hier geforderten Messzwecke keine geeigneten Messgeräte zur Verfügung stehen, kann die zuständige Behörde im Einzelfall die Verwendung anderer Strahlungsmessgeräte gemäß § 90 Absatz 2 Satz 2 StrlSchV gestatten. Aufgrund der Komplexität der Anforderungen bezieht sich diese Gestattung grundsätzlich auf eine Kombination aus spezifiziertem Messgerät (bzgl. Seriennummer) und klar abgegrenzter Messaufgabe.

4.4. Funktionsfähigkeit des Schutzgehäuses

Eine umschlossene Laseranlage besitzt ein Schutzgehäuse. Es dient dem Schutz vor dem Einbringen von Körperteilen in das Innere der Anlage und damit der Verhinderung höherer Teilkörperexpositionen aufgrund des geringen Abstandes und der Einwirkung niederenergetischer Strahlung insbesondere auf die Haut.

Ist das Gehäuse nicht vollständig dicht umschließend (z. B. Labyrinth), so ist der Schutz gegen das Einbringen von Körperteilen während des Vorhandenseins von Laserstrahlung im Inneren des Schutzgehäuses zu prüfen. Hierbei sind sowohl konstruktiv geometrische als auch aktive sensorische Schutzmaßnahmen möglich. Letztere müssen in die Sicherheitseinrichtungen eingebunden sein. Die Art der Öffnung als auch das Ergebnis der Prüfung sind im Prüfprotokoll festzuhalten.

Das Schutzgehäuse dient auch der Abschirmung der erzeugten ionisierenden Strahlung. Der Nachweis dieser Funktion erfolgt mit den Methoden des Abschnitts 4.3. Öffnungen im Schutzgehäuse und Bereiche, welche konstruktiv aufgrund von Bauteilverbindungen oder unterschiedlicher Bauteilwerkstoffe eine geringere Schutzwirkung erwarten lassen, sind bei der Auswahl der Prüforte zu berücksichtigen (vgl. 4.3.4).

Werden die nachfolgenden Anforderungen an das Schutzgehäuse nicht erfüllt, so ist die Laseranlage als offene Laseranlage zu behandeln.

4.5. Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen

Die Sicherheitseinrichtungen müssen alle trennenden beweglichen Schutzeinrichtungen sowohl des Schutzgehäuses einer umschlossenen Laseranlage als auch die einer sonstigen Umschließung (z. B. Raum) bei einer offenen Laseranlage umfassen. Die Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen ist für alle in Abschnitt 1 genannten Fälle zu prüfen. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit der Sicherheitseinrichtungen erfolgt durch eine Funktionsprüfung sowie eine Prüfung der vorgelegten Dokumente.

Werden die nachfolgenden Anforderungen an die Sicherheitseinrichtungen nicht erfüllt, so ist die Laseranlage als offene Laseranlage zu behandeln.

4.5.1. Konstruktion und Auslegung

Im Rahmen der Dokumentenprüfung ist anhand von Herstellerangaben die Einhaltung des Performance Levels von mind. „d“ gemäß DIN EN ISO 13849-1 bzw. des Sicherheits-Integritätslevels 3 (SIL 3) gemäß DIN EN 62061 für die Sicherheitsarchitektur zu verifizieren.

4.5.2. Funktionsprüfung

Im Rahmen der Funktionsprüfung werden die mittels Sicherheitseinrichtungen überwachten beweglichen Teile des Schutzgehäuses während des Laserbetriebs mindestens dreimal bewusst geöffnet und geprüft, ob die Laseranlage sicher abschaltet. Analoge Prüfungen sind für weitere Sensoren, z. B. zum Erkennen des Einbringens von Körperteilen an Labyrinth oder an Sensoren zur Überwachung der Strahlungsintensität im Inneren des Schutzgehäuses, durchzuführen. Es soll auch geprüft werden, inwieweit die Sicherheitseinrichtungen durch einfache Maßnahmen manipuliert werden können (vgl. DIN EN ISO 14119).

Anmerkung: Bei einer Abschaltung der Laseranlage durch Auslösen der Sicherheitseinrichtungen unter Vollast kann es zur Beschädigung von Komponenten kommen. Es wird daher empfohlen, die Funktionsprüfung der Sicherheitseinrichtungen in Abstimmung mit dem Betreiber und/oder dem Anlagenintegrator durchzuführen.

4.5.3. Überbrückung

Für Anlagen, die nach Nr. 1 a) anzeige- und genehmigungsfrei betrieben werden sollen:

Es ist zu beachten, dass eine Außerkraftsetzung der Sicherheitseinrichtungen für Laseranlagen, die nach Nr. 1 a) anzeige- und genehmigungsfrei betrieben werden sollen, nicht zulässig ist, da in diesem Fall kein SSB als verantwortliche Person zur Verfügung steht. Hier dürfen die Sicherheitseinrichtungen nicht mittels einer Überbrückung (z. B. durch einen Schlüsselschalter) außer Kraft gesetzt werden können. Dies ist durch Dokumentenprüfung (z. B. hinsichtlich der softwareseitigen Möglichkeit der Deaktivierung) sowie Inaugenscheinnahme der Laseranlage zu verifizieren.

Für Anlagen, die im Rahmen einer Anzeige oder Genehmigung nach Nr. 1 b – d) betrieben werden sollen und über die Möglichkeit der Überbrückung der Sicherheitseinrichtungen (z. B. durch einen Schlüsselschalter) verfügen:

Es muss eine ausreichend sichtbare Warnleuchte vorhanden sein oder die Anlagenparameter müssen bei überbrücktem Sicherheitskreis automatisch ausreichend eingegrenzt werden (z. B. für den sogen. Einrichtbetrieb), so dass eine für den Strahlenschutz relevante Exposition durch ionisierende Strahlung ausgeschlossen wird. Im Rahmen der Prüfung ist die Funktion der Warnleuchte und ggf. der automatischen Begrenzung der Anlagenparameter zu verifizieren. Weiterhin sind die organisatorischen Maßnahmen zum Schutz gegen unberechtigte Überbrückung abzufragen (z. B. Zugang zum Schlüssel) und im Prüfbericht festzuhalten.

5. Anforderungen an die Nachweise und Prüfberichte

5.1. Nachweis der Anzeige- und Genehmigungsfreiheit

Als Empfehlung zur Dokumentation der Erfüllung der Anforderungen für den anzeige- und genehmigungsfreien Betrieb einer Laseranlage ist in Anlage II ein Nachweismuster enthalten. Hierin sind alle erforderlichen Informationen und Kriterien enthalten, die für die Erfüllung der Anforderungen zur Anwendung von § 7 StrlSchV in Verbindung mit Anlage 3 Teil C Satz 2 erforderlich sind. Es wird dringend empfohlen, entsprechende Bewertungen nur durch fachlich ausreichend qualifizierte Personen³ durchführen zu lassen.

5.2. Prüfberichte

Über die Durchführung einer Sachverständigenprüfung ist ein schriftlicher Prüfbericht zu erstellen. Im Prüfbericht wird unter Berücksichtigung des Standes der Wissenschaft und Technik und der vom Strahlenschutzverantwortlichen angegebenen Betriebsweise der ermittelte Sachverhalt aufgeführt. Gemäß § 183 Absatz 1 Satz 1 Nummer 6, auch in Verbindung mit Absatz 3 Satz 1 StrlSchV, hat der Sachverständige der zuständigen Behörde innerhalb von vier Wochen nach der Prüfung eine Kopie des Prüfberichts vorzulegen, sofern es sich um eine Prüfung auf Grundlage des § 88 Absatz 1 StrlSchV in Verbindung mit § 172 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG handelt.

Sachverständigenprüfungen sind anhand des in Anhang III aufgeführten Prüfberichtsmusters durchzuführen. Soweit sachlich begründet, kann von einzelnen Prüfpositionen abgewichen werden. Abweichungen sind im Prüfbericht kenntlich zu machen. Grundsätzlich ist es möglich, Prüfpositionen nicht zu prüfen, wenn sie für diese Geräteart nicht zutreffend oder für den Prüfzweck ungeeignet sind. Dies muss allerdings für die Aufsichts- und Genehmigungsbehörden erkennbar sein. Bei der entsprechenden Prüfposition ist „entfällt“ zu vermerken.

Für den Fall, dass die in den Prüfberichtsmustern festgelegten Prüfungen nicht geeignet sind, z. B. aufgrund von technischen oder konstruktiven Besonderheiten oder bei sehr hohen Bestrahlungsstärken, sind diese Prüfungen durch andere adäquate Prüfungen zu ersetzen, die sich in Prüfumfang und Prüftiefe an den Standards der Prüfberichtsmuster orientieren. Die Art und Weise der alternativ durchgeführten Prüfung sowie das Prüfergebnis sind im Prüfbericht als Hinweis deutlich erkennbar zu dokumentieren.

³ Dies kann beispielsweise geschultes Fachpersonal des Herstellers oder Anlagenintegrators oder bei komplexen Anlagen oder Verfahren auch ein Sachverständiger nach § 172 StrlSchG sein. Die Verantwortung für die Wahl einer geeigneten Person obliegt dem Betreiber der Laseranlage.

6. Anlage I

6.1. Teil A – Grundlagen zur Berechnung der maximalen Bestrahlungsstärke

Für die Bewertung ist bei definierten Anlagenparametern das zeitliche und räumliche Maximum der Bestrahlungsstärke

$$E(x, y, z, t) = \frac{dP(x, y, z, t)}{dA} \text{ mit } (x, y, z) \in \mathbb{R}^3 \cap A_0$$

zu bestimmen. Wobei die Koordinaten (x, y, z) nur Punkte auf der Oberfläche A_0 umfassen. Da eine vollständige Beschreibung des Laserstrahls sehr aufwändig ist, können häufig verschiedene Annahmen zur Vereinfachung getroffen werden.

So lässt sich beispielsweise die zeitliche Verteilung der Strahlleistung im Puls als Normalverteilung nähern. Die Spitzenleistung berechnet sich für diesen Fall nach

$$P_{pk} = \sqrt{\frac{4 \ln(2)}{\pi}} \frac{Q}{\tau_H}$$

aus der Pulsenergie Q und der Halbwertsbreite der Pulsdauer τ_H .

Hinsichtlich der räumlichen Verteilung der Laserstrahlung wird die Bestrahlungsstärke dann am höchsten, wenn die Strahlungsleistung sich auf eine möglichst kleine Fläche verteilt. Daher ist die Leistungsdichteverteilung senkrecht zur Strahlachse im Fokus des Laserstrahls zu bestimmen. Für kreisförmige, normalverteilte Strahlprofile beschreibt der Strahltaillendurchmesser $d_{\sigma 0}$ ($= d_{0,86}$) die kleinste erreichbare laterale Ausdehnung und damit die größte erreichbare Leistungsdichte des Laserstrahls. Dieser Strahldurchmesser umfasst 86% der Strahlungsleistung ($1-1/e^2$). Eine alternative, gleichwertige Charakterisierung ist über den Strahltaillendurchmesser $d_{0,63}$ ($1-1/e$) möglich, der 63% der Strahlungsleistung beinhaltet und folglich kleiner ist als $d_{0,86}$.

Damit ergibt sich die räumlich und zeitlich maximale Bestrahlungsstärke für das Beispiel einer räumlich und zeitlich normalverteilten Pulsform

$$E_{pk} = 8 \sqrt{\frac{4 \ln(2)}{\pi}} \frac{Q}{\tau_H \pi d_{\sigma 0}^2} \text{ bzw. } E_{pk} = 4 \sqrt{\frac{4 \ln(2)}{\pi}} \frac{Q}{\tau_H \pi d_{0,63}^2}$$

Es ist zu verifizieren, dass die bei der Berechnung getroffenen Annahmen für die jeweilige Laseranlage begründet sind. Insbesondere muss geprüft werden, inwieweit die Gaußverteilung sowohl den zeitlichen Verlauf der Strahlungsleistung im Puls als auch in der Verteilung des Strahlprofils gut beschreibt. Kann dies nicht nachgewiesen werden, so ist die Bestrahlungsstärke mit einem Korrekturfaktor von 2 zu multiplizieren. Dieses Vorgehen stellt im Bereich der Prüfung von Laseranlagen eine konservative Schätzung für nur annähernd gaußverteilte und mit Peaks versehene Laserstrahlen dar.

Als Grundlage für die Berechnung können Angaben aus den Komponentenspezifikationen genutzt werden. Hierbei sind die tatsächlich in der Laseranlage verwendeten Komponententypen zu verifizieren.

6.2. Teil B – Vereinfachte Berechnung der maximalen Bestrahlungsstärke unter Einbeziehung der Fokussieroptik

Basierend auf den Formeln aus Teil A lässt sich unter Einbeziehung der Abbildungseigenschaften der Fokussieroptik die maximale Bestrahlungsstärke durch

$$E_{pk} = c \cdot \frac{Q}{\tau_H} \cdot \frac{1}{\lambda^2 \cdot (f/d_{\sigma 0,L})^2}$$

aus dem Strahldurchmesser $d_{\sigma 0,L}$ vor der Fokussieroptik bestimmen. Hierbei fließen die Brennweite f der Fokussieroptik und die Wellenlänge λ der Laserstrahlung mit ein. Der Einfluss des Einfallswinkels ist durch die Annahme eines senkrechten Strahleinfalls konservativ zu berücksichtigen.

Der Vorfaktor c umfasst weitere Einflussgrößen des Laserstrahls als auch Faktoren aus der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Laserstrahlung. Für reale Laseranordnungen (z. B. unter Berücksichtigung des Einflusses der Apertur und Optikausleuchtung sowie realer Beugungsmaßzahlen) stellt

$$c \approx 1$$

eine konservative Abschätzung für die Bestimmung der maximalen Bestrahlungsstärke dar.

Die Grundlage der Berechnung und Beispiele für typische Laseranlagen können der Zeitschrift StrahlenschutzPRAXIS Heft 2 / 2021 (Fachverband für Strahlenschutz e. V. für Deutschland und die Schweiz, TÜV Media GmbH).

6.3. Teil C – Berechnungsbeispiele

a) Beispiel für die Anwendung nach Teil A:

o Betriebsparameter des Lasers:

Strahlcharakteristik: zeitlich und räumlich gaußförmig

Wellenlänge λ : 1,03 μm

min. Strahltaillendurchmesser (Fokusbereich) $d_{\sigma 0}$: 16 μm

max. Pulsenergie Q : 195 μJ

min. Halbwertsbreite der Pulsdauer τ_H : 924 fs

Mit der Formel aus 6.1 ergibt sich:

$$\begin{aligned} E_{pk} &= 8 \sqrt{\frac{4 \ln(2)}{\pi}} \cdot \frac{195 \mu\text{J}}{924 \text{ fs} \cdot \pi \cdot (16 \mu\text{m})^2} \\ &= 8 \sqrt{\frac{4 \ln(2)}{\pi}} \cdot \frac{195 \cdot 10^{-6} \text{ J}}{924 \cdot 10^{-15} \text{ s} \cdot \pi \cdot (16 \cdot 10^{-4} \text{ cm})^2} \\ &= 2,0 \cdot 10^{14} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \end{aligned}$$

Ergebnis:

Laseranlage kann nicht genehmigungs- und anzeigefrei betrieben werden.

b) Beispiel für die Anwendung nach Teil B:

o Betriebsparameter des Lasers:

Strahlcharakteristik: zeitlich und räumlich gaußförmig

Wellenlänge λ : 1,03 μm

Brennweite der Fokussieroptik: 250 mm

Strahldurchmesser vor der Fokussieroptik $d_{\sigma 0,L}$: 5 mm

Pulsenergie Q : 50 μJ

Halbwertsbreite der Pulsdauer τ_H : 500 fs

Mit der Formel aus 6.2 ergibt sich:

$$\begin{aligned} E_{pk} &= 1 \cdot \frac{50 \mu\text{J}}{500 \text{ fs}} \cdot \frac{1}{(1,03 \mu\text{m})^2 \cdot (250 \text{ mm} / 5 \text{ mm})^2} \\ &= \frac{50 \cdot 10^{-6} \text{ J}}{500 \cdot 10^{-15} \text{ s}} \cdot \frac{1}{(1,03 \cdot 10^{-4} \text{ cm})^2 \cdot (250 \text{ mm} / 5 \text{ mm})^2} \\ &= 3,8 \cdot 10^{12} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \end{aligned}$$

Ergebnis:

Anlage kann genehmigungs- und anzeigefrei betrieben werden, sofern die Ortsdosisleistung in 10 cm Abstand von der berührbaren Oberfläche 1 $\mu\text{Sv/h}$ nicht überschreitet.

7. Anlage II – Empfohlene Vorlage für den anzeige- und genehmigungsfreien Betrieb

**Empfohlene Vorlage zum Nachweis der Erfüllung aller Voraussetzungen
zum anzeige- und genehmigungsfreien Betrieb einer Laseranlage
als Anlage zur Erzeugung ionisierender Strahlung**

Das Muster ist folgendermaßen untergliedert:

- A. Berichtskopf
- B. Allgemeine Angaben
- C. Beschreibung der Laseranlage
- F. Gerätebezogener Strahlenschutz
- J. Angaben des Betreibers über die beabsichtigte Betriebsweise
- K. Ermittlung der Ortsdosisleistung
- M. Auswertung

A. Berichtskopf

Bezeichnung der Laseranlage:

Tag der Bewertung:

1. Veranlassung:

- Nachweis der Genehmigungsfreiheit
nach § 7 StrlSchV i. V. m. Anlage 3 Teil C Satz 2 StrlSchV

2. Ergebnis:

- Die Laseranlage erfüllt die Anforderungen zum genehmigungs- und anzeigefreien Betrieb gemäß § 7 i. V. m. Anlage 3 Teil C Satz 2 StrlSchV

B. Allgemeine Angaben

Anschrift des Betreibers der Laseranlage

Name des für den Betrieb der Laseranlage Verantwortlichen:

Die Prüfung wurde durchgeführt von:

Standort der Laseranlage:
Anschrift (wenn abweichend zu Betreiber)

C. Beschreibung der Laseranlage

Name des Herstellers/Anlagenintegrators:

Typenbezeichnung:

Fabrik-/Seriennummer:

1. Art der Laseranlage:

- umschlossene Laseranlage
- nicht umschlossene Laseranlage

(Ermittlung der Ortsdosisleistung in Abschnitt K bezieht sich auf 10 cm vom Auftreffpunkt der Laserstrahlung)

2. Angaben zum verwendeten Laser

Art des Lasers:

Name des Herstellers:

Typenbezeichnung des Lasers:

Wellenlänge (λ): nm

Beugungsmaßzahl M^2 :

minimale Halbwertsbreite der Pulsdauer ($\tau_{H,min}$): ps

maximale Halbwertsbreite der Pulsdauer: ps

maximale Pulsenergie (Q_{max}): mJ

minimale Pulsfrequenz ($f_{p,min}$): kHz

maximale Pulsfrequenz ($f_{p,max}$): kHz

maximal mögliche mittlere Leistung W

Burst Mode möglich: ja / nein

(wenn ja: Ermittlung der Ortsdosisleistung in Abschnitt K mit Nutzung des Burst Mode)

Beschreibung:

3. Angaben zu verwendeten Laseroptiken

Nr. 1:

Hersteller:

Typ:

min. Brennweite der Fokussieroptik f : mm

Nr. ...:

Hersteller:

Typ:

min. Brennweite der Fokussieroptik f : mm

4. Umschlossene Laseranlagen: Angaben zum Schutzgehäuse

Beschreibung des Schutzgehäuses (Mindestangaben: Material (Stahl, Glas, ...), Dicke):

.....
.....
.....
.....
.....

minimaler Abstand der Wand des Schutzgehäuses zum Auftreffpunkt cm

Beschreibung der Abschlüsse an Öffnungen und Stößen:

.....
.....
.....
.....
.....

5. Ermittlung der maximalen Bestrahlungsstärke

direkte Angabe in Anlagendokumentation:

Quelle

messtechnische Ermittlung:

verwendetes Messverfahren

nach DIN EN ISO 13694 ja/nein

rechnerische Ermittlung

erforderliche Parameter:

verwendete Optik nach Nr. 3:

Durchmesser des Strahls vor der Fokussieroptik:

Größe $d_{\sigma,p} / d_{p,63}$

Wert mm

Quelle (Messung, Datenblatt, ...)

Form des räumlichen Strahlprofils (gaußförmig, Top-Hat, elliptisch, ...):

(optional)

.....

min. Strahltaillendurchmesser nach Fokussieroptik:

Größe $d_{\sigma,0} / d_{0,63}$
 Wert/Werte in x- und y-Richtung μm
 Quelle (Messung, Datenblatt, Berechnung)

Spitzenleistung: W
 Quelle (Messung, Datenblatt, Berechnung)

Bemerkungen zur Bestimmung der Parameter:

.....

resultierende, räumlich und zeitlich maximale Bestrahlungsstärke E_{pk} :
 W/cm^2

Kann die Bestrahlungsstärke einen Wert von $10^{13} \text{ W}/\text{cm}^2$ überschreiten? ja/nein
(wenn ja: kein anzeige- und genehmigungsfreier Betrieb möglich)

F. Gerätebezogener Strahlenschutz

Laseranlage bei offenem Fenster, offener Tür oder
 offener Klappe einschaltbar ja/nein
*(wenn ja: keine umschlossene Laseranlage, Ermittlung der Ortsdosisleistung
 in Abschnitt K bezieht sich auf 10 cm vom Auftreffpunkt der Laserstrahlung)*

Laseranlage wird beim Öffnen eines Fensters,
 einer Tür oder einer Klappe nicht abgeschaltet ja/nein
*(wenn ja: keine umschlossene Laseranlage, Ermittlung der Ortsdosisleistung
 in Abschnitt K bezieht sich auf 10 cm vom Auftreffpunkt der Laserstrahlung)*

Ist die Überbrückung einer Sicherheitseinrichtung durch den Betreiber möglich? ja/nein
*(wenn ja: kein anzeige- und genehmigungsfreier Betrieb als umschlossene
 Laseranlage möglich, daher weitere Prüfung hinsichtlich anzeige- und
 genehmigungsfreier Betrieb als offene Laseranlage: Ermittlung der
 Ortsdosisleistung in Abschnitt K bezieht sich auf 10 cm vom Auftreffpunkt
 der Laserstrahlung)*

G. Beabsichtigte Betriebsweise

1. Angaben zu den Betriebsarten

- Bearbeitungsverfahren einer Gefährdungsanalyse des Anlagenintegrators entnommen:
gültig für folgenden Typ der Laseranlage:
- Bearbeitungsverfahren nach Auskunft des Betreibers:

Ifd. Nr.	Betriebsarten
1	Bezeichnung: Eindeutige Beschreibung einschließlich der genutzten Anlageneinstellungen bearbeitete Materialien/verwendete Absorbermaterialien
...	Bezeichnung: Eindeutige Beschreibung einschließlich der genutzten Anlageneinstellungen Bearbeitete Materialien/ verwendete Absorbermaterialien

H. Ermittlung der Ortsdosis/Jahresdosis

1. Dokumentation der Messung

Örtliche Messbedingungen:

relevante Messorte:

z. B. zur Verifikation der Abschirmwirkung an verschiedenen Abschirmmaterialien, wie bei Sichtfenstern, zur Verifikation der Richtungsabhängigkeit bei offenen Laseranlagen

Nr.	Kurzbeschreibung
1	
2	
...	

Fotos und Pläne der Anlage einschließlich der Einbauten beigelegt	ja/nein
darin ist der Laserstrahlbereich gekennzeichnet	ja/nein
darin sind die Orte der Messungen eindeutig gekennzeichnet	ja/nein

2. Verwendete Messtechnik

Messgerät 1:

Messgröße(n):

Hersteller/Messstelle:

Typ:

Messgerät 2:

Messgröße(n):

Hersteller/Messstelle:

Typ:

3. Messszenarien (Anlageneinstellungen für die Messung)

Die Messung erfolgt auf Grundlage

- konservativ gewählter Betriebsarten aus Abschnitt J

Beschreibung der genutzt Betriebsarten:

(einschließlich der Angabe aller für Wiederholung notwendiger Anlagenparameter)

Nr.	Nr. der Betriebsart nach J, gewähltes Absorbermaterial ⁴ und weitere Anlagenparameter
1	
2	

⁴ Damit ist beispielsweise bei Laserbearbeitungsmaschinen das bearbeitete Werkstück gemeint, auf das die Laserstrahlung direkt trifft. Die Angabe ist erforderlich, sofern in der Beschreibung der Betriebsart in J mehrere genutzte Materialien angegeben wurden.

4. Messergebnisse

Messort nach K.1	Mess- größe	Mess- gerät nach K.2	Mess- szenario nach K.3	Ortsdosisleistung						
				Messwert	Standard- messun- sicherheit ⁵					
	$H^*(10)$ oder $H'(0,07)$									

Die Ortsdosisleistung überschreitet an keinem Ort
 1 $\mu\text{Sv/h}$ in 10 cm Abstand von der berührbaren Oberfläche ja/nein
(wenn nein: kein anzeige- und genehmigungsfreier Betrieb möglich)

⁵Alternativ zur Bestimmung der Standardmessunsicherheit nach GUM oder GUM Supplement 1 dürfen nachvollziehbare konservative Abschätzungen der Messunsicherheiten durchgeführt werden. Dazu dürfen Angaben aus anderen Quellen herangezogen werden. Diese sind an separater Stelle zu erläutern.

M. Auswertung

- Die Laseranlage erfüllt die Anforderungen zum genehmigungs- und anzeigefreien Betrieb gemäß § 7 i. V m. Anlage 3 Teil C StrlSchV

.....

Ort und Datum Unterschrift

8. Anlage III – Prüfberichtsmuster

Prüfbericht für Laseranlagen als Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung

Die Prüfberichtsmuster sind folgendermaßen untergliedert:

- A. Berichtskopf
- B. Allgemeine Angaben
- C. Beschreibung der Laseranlage
- D. Baulicher Strahlenschutz
- E. Personenbezogener Strahlenschutz
- F. Gerätebezogener Strahlenschutz
- G. Schaltungsbezogener Strahlenschutz
- H. Anwendungsbezogener Strahlenschutz
- J. Beabsichtigte Betriebsweise
- K. Ermittlung der Ortsdosis/Jahresdosis
- L. Aus den Jahreshgrenzwerten der effektiven Dosis abgeleitete Ortsdosiswerte
- M. Auswertung
- N. Folgerungen
- O. Hinweise

A. Berichtskopf

Prüfbericht Nr.:

Bezeichnung der Laseranlage:

Tag der Prüfung:

1. Veranlassung:

- Prüfung im Rahmen eines Anzeigeverfahrens nach § 17 Absatz 1 Nummer 3 StrlSchG:
- Prüfung im Zusammenhang mit einer wesentlichen Änderung
- Prüfung zum Nachweis von Genehmigungsvoraussetzungen nach § 13 Absatz 1 StrlSchG:
- Prüfung im Zusammenhang mit einer wesentlichen Änderung
- Sachverständigenprüfung nach § 88 Absatz 1 Nummer 1 b StrlSchV (Wiederkehrende Prüfung)

2. Prüfergebnis:

- Die Laseranlage weist keine Mängel auf
für Anzeigeverfahren:
 - Die Laseranlage erfüllt die Anforderungen zum sicheren, anzeigepflichtigen Betrieb
- für Genehmigungsverfahren:*
 - Die Laseranlage erfüllt die Anforderungen zum sicheren, genehmigungsbedürftigen Betrieb als umschlossene Laserbearbeitungsmaschine
 - Die Laseranlage erfüllt die Anforderungen zum sicheren, genehmigungsbedürftigen Betrieb als sonstige umschlossene Laseranlage
 - Die Laseranlage erfüllt die Anforderungen zum sicheren, genehmigungsbedürftigen Betrieb als offene Laseranlage
- Die Laseranlage weist Mängel auf.

B. Allgemeine Angaben

Name des Strahlenschutzverantwortlichen:

Anschrift

.....

.....

Strahlenschutzbeauftragte:

.....

.....

Die Auskünfte bei der Prüfung erteilte:

Standort der Laseranlage am Tag der Prüfung:
Anschrift (wenn abweichend zu Betreiber)

.....

.....

Gebäude:

Stockwerk:

Raum:

Die Laseranlage wird wie folgt betrieben:

- ortsfest
- mobil
- ortsveränderlich

Nutzung durch weitere Strahlenschutzverantwortliche (§ 44 StrlSchV)
Namen der Strahlenschutzverantwortlichen:

.....

.....

Wechsel des Strahlenschutzverantwortlichen:
ehem. Strahlenschutzverantwortlicher:

Sachverständigenprüfung aufgrund wesentlicher Änderung:
Art der Änderung:

Bezugsprüfbericht:

Nummer:
mit Datum vom:
erstellt durch:

Prüfbericht der letzten dieser Prüfung vorausgegangenen Prüfung:

Nummer.:
mit Datum von:
erstellt durch:

Bauartzulassung als Vollschutzanlage:

Bauartzulassungszeichen:
an der Anlage sichtbar angebracht: ja/nein
Abdruck des Zulassungsscheins vorhanden: ja/nein
Nachweis nach § 17 Absatz 3 Nummer 2 StrlSchG über das Ergebnis
der Qualitätskontrolle mit Datum vom vorhanden ja/nein

Strahlenschutzanweisung vorhanden entf./ja/nein

Datum des Inkraftsetzens:

Betriebsbuch vorhanden § 45 Absatz 2 Nummer 5 StrlSchV entf./ja/nein

Nachweise über regelmäßige Wartung gemäß
§ 88 Absatz 1 Nummer 1 Buchstabe a) StrlSchV entfällt/ja/nein

C. Beschreibung der Laseranlage

Name des Herstellers/Anlagenintegrators:

Typenbezeichnung:

Fabrik-/Seriennummer:

CE-Kennzeichnung (Konformitätsbescheinigung) nach der Maschinenrichtlinie
ja/nein

1. Art der Nutzung:

- Laseranlage zur Anwendung ionisierender Strahlung am Menschen
(nicht vom Anwendungsbereiches dieses Prüfberichtsmusters umfasst)
- Laseranlage im Zusammenhang mit der Anwendung nichtionisierender Strahlung
am Menschen
(stets genehmigungspflichtig nach § 17 Absatz 1 Satz 3 StrlSchG)
- Laseranlage nicht im Zusammenhang mit der Anwendung am Menschen:
 - Laserbearbeitungsmaschine
 - sonstige Laseranlage

2. Art der Laseranlage:

- umschlossene Laseranlage
- nicht umschlossene Laseranlage

3. Angaben zum verwendeten Laser

Art des Lasers:

Name des Herstellers:

Typenbezeichnung des Lasers:

Wellenlänge (λ): nm

Beugungsmaßzahl M^2 :

minimale Halbwertsbreite der Pulsdauer ($\tau_{H,min}$): ps

maximale Halbwertsbreite der Pulsdauer: ps

maximale Pulsenergie (Q_{max}): mJ

minimale Pulsfolgefrequenz ($f_{p,min}$): kHz
maximale Pulsfolgefrequenz ($f_{p,max}$): kHz
maximal mögliche mittlere Leistung W
Burst Mode möglich: ja / nein
Beschreibung:

4. Angaben zu verwendeten Fokussieroptiken

(vollständige Auflistung der verwendeten Fokussieroptiken einschließlich möglicher Scanoptiken)

Nr. 1:

Hersteller:
Typ:
min. Brennweite der Fokussieroptik f : mm

Nr. ...:

Hersteller:
Typ:
min. Brennweite der Fokussieroptik f : mm

5. Umschlossene Laseranlagen: Angaben zum Schutzgehäuse

Beschreibung des Schutzgehäuses (Mindestangaben: Material (Stahl, Glas, ...), Dicke):
.....
.....
.....
.....
.....

Minimaler Abstand der Wand des Schutzgehäuses zum Auftreffpunkt cm

Beschreibung der Abschlüsse an Öffnungen und Stößen:
.....
.....
.....
.....
.....

6. Offene Laseranlagen: Technische Schutzeinrichtungen

Beschreibung der Schutzeinrichtungen:

.....
.....
.....
.....
.....

7. Ermittlung der maximalen Bestrahlungsstärke

- direkte Angabe in Anlagendokumentation

Quelle:

- messtechnische Ermittlung:

verwendetes Messverfahren:

nach DIN EN ISO 13694 ja/nein

- rechnerische Ermittlung

erforderliche Parameter:

verwendete Optik nach Nr. 4:

Durchmesser des Strahls vor der Fokussieroptik:

Größe $d_{\sigma,p} / d_{p,63}$

Wert mm

Quelle (Messung, Datenblatt, ...):
.....

Form des räumlichen Strahlprofils (gaußförmig, Top-Hat, elliptisch, ...):

(optional)
.....

min. Strahltaillendurchmesser nach Fokussieroptik:

Größe $d_{\sigma,0} / d_{0,63}$

Wert/Werte in x- und y-Richtung μm

Quelle (Messung, Datenblatt, Berechnung):
.....

Bemerkungen zur Bestimmung der Parameter:

.....
.....
.....
.....

resultierende, räumlich und zeitlich maximale Bestrahlungsstärke E_{pk} :

Wert W/cm²

Kann die Bestrahlungsstärke einen Wert von 10¹³ W/cm² überschreiten? ja/nein

Kann die Bestrahlungsstärke einen Wert von 10¹⁶ W/cm² überschreiten? ja/nein

8. Weitere Angaben

- Einweisung in die sachgerechte Handhabung gemäß § 98 StrlSchV:
 - ist erfolgt
 - muss noch durchgeführt werden

Bemerkungen:

.....
.....
.....
.....

D. Bautechnischer Strahlenschutz **entfällt**

(Spezielle Anlagen können Prüfpunkte zum schaltungsbezogenen Strahlenschutz erfordern. Vergleiche hierzu Abschnitte 1 und 5.2.3 der Prüfanforderungen.)

E. Personenbezogener Strahlenschutz

Absperrvorrichtungen vorhanden und ausreichend: entf./ja/nein

(nur für genehmigungspflichtige offene Laseranlagen)

Beschreibung:

.....

.....

.....

bei wiederkehrender Prüfung:

Strahlenschutzdosimeter zur Feststellung der Ortsdosis vorhanden: entfällt/ja/nein
(sofern durch die Behörde beauftragt oder angeordnet)

Hersteller:

Typ:

Dosimeter ist an der im letzten Prüfbericht angegebenen Stelle
 positioniert ja/nein

Ort:

geeignetes Strahlenschutzdosimeter vorhanden zur Feststellung vorhanden:
(sofern durch die Behörde beauftragt oder angeordnet)

der Personendosis entfällt/ja/nein

der Teilkörperdosis entfällt/ja/nein

F. Gerätebezogener Strahlenschutz

Betriebsanleitung in deutscher Sprache am Arbeitsplatz vorhanden ja/nein

Einschalten des Geräts nur mit Schlüsselschalter, Passwort
 oder mit einer vergleichbaren Maßnahme möglich ja/nein

Eindeutiges Signal (Warnleuchte) bei eingeschaltetem
 Laser an der Laseranlage vorhanden ja/nein

Notausschalter zur Abschaltung der Laseranlage
 vorhanden, funktionsfähig und frei zugänglich ja/nein

Laseranlage wird nach Entriegelung des Notauschalters
 nicht automatisch wieder eingeschaltet ja/nein

Laseranlage bei offenem Fenster, offener Tür oder
 offener Klappe nicht einschaltbar ja/nein

Laseranlage wird beim Öffnen eines Fensters,
 einer Tür oder einer Klappe abgeschaltet ja/nein

Laseranlage wird beim Schließen eines Fensters,
 einer Tür oder einer Klappe nicht automatisch wieder eingeschaltet ja/nein

Ist die Überbrückung einer Sicherheitseinrichtung möglich? ja/nein

Beschreibung der Sicherung der Überbrückung:
(Schlüsselschalter, Softwarekennwort, organisatorische Maßnahmen für
Zugriffsbeschränkung etc.)

.....
.....
.....

Eindeutiges Signal (Warnleuchte) bei Überbrückung einer
Sicherheitseinrichtung an der Laseranlage vorhanden ja/nein

G. Schaltungsbezogener Strahlenschutz **entfällt**

*(Spezielle Anlagen können Prüfpunkte zum schaltungsbezogenen Strahlenschutz erfordern.
Vergleiche hierzu Abschnitte 1 und 5.2.3 der Prüfanforderungen.)*

H. Anwendungsbezogener Strahlenschutz **entfällt**

J. Beabsichtigte Betriebsweise

1. Angaben zu den Betriebsarten

- Betriebsarten der Genehmigung entnommen
Aktenzeichen:
- Betriebsarten dem Genehmigungsantrag oder der Anzeige entnommen:
 - Kopie liegt bei.
- Betriebsarten einer Risikobeurteilung im Sinne der Maschinenrichtlinie (Richtlinie 2006/42/EG) des Anlagenintegrators entnommen:
gültig für folgenden Typ der Laseranlage:
- Kopie liegt bei

Betriebsarten nach Auskunft des Betreibers:

zusätzliche Betriebsarten im Zusammenhang mit einer wesentlichen Änderung:

Ifd. Nr.	Betriebsarten
1	Bezeichnung:
	Eindeutige Beschreibung einschließlich der genutzten Anlageneinstellungen
	Materialien:
...	Bezeichnung:
	Eindeutige Beschreibung einschließlich der genutzten Anlageneinstellungen
	Materialien:

2. Betriebsdauer

Anzahl der Betriebsstunden/Strahlzeit im Jahr

..... h/Jahr

K. Ermittlung der Ortsdosis/Jahresdosis

1. Dokumentation des Prüfverfahrens

Örtliche Messbedingungen:

relevante Messorte:

z. B. zur Verifikation der Abschirmwirkung an verschiedenen Abschirmmaterialien, wie bei Sichtfenstern, zur Verifikation der Richtungsabhängigkeit bei offenen Laseranlagen

Nr.	Kurzbeschreibung
1	
2	
3	

Fotos und Pläne der Anlage einschließlich der Einbauten beigelegt	ja/nein
darin ist der Laserstrahlbereich gekennzeichnet	ja/nein
darin sind die Orte der Messungen eindeutig gekennzeichnet	ja/nein
Skizze/Foto der Messung beigelegt	ja/nein

2. Verwendete Messtechnik

Messgerät 1:

Messgröße(n):

Hersteller/Messstelle:

Typ:

Messgerät 2:

Messgröße(n):

Hersteller/Messstelle:

Typ:

3. Prüfszenarien (Anlageneinstellungen für die Prüfung)

Die Prüfung erfolgt auf Grundlage

- konservativ gewählte Betriebsart nach Abschnitt J,
- repräsentativ für den geplanten Betrieb gewählte Betriebsarten nach Abschnitt J
oder
- konservativ durch den Sachverständigen gewählte Betriebsart.

Beschreibung der bei der Prüfung genutzten Betriebsarten:

(einschließlich der Angabe aller für Wiederholung notwendiger Anlagenparameter)

Nr.	Nr. der Betriebsart nach J, gewähltes Absorbermaterial ⁶ und weitere Anlagenparameter (Burstmode, ...), wenn repräsentativ: Anteil an der Betriebsweise der Laseranlage
1	
2	
...	

⁶ Damit ist beispielsweise bei Laserbearbeitungsmaschinen das bearbeitete Werkstück gemeint, auf das die Laserstrahlung direkt trifft. Die Angabe ist erforderlich, sofern in der Beschreibung der Betriebsart in J mehrere genutzte Materialien angegeben wurden.

4. Messergebnisse

Messort nach K.1	Messgröße	Messgerät nach K.2	Prüfszenario nach K.3	Ortsdosisleistung (ODL)			relevanter Grenzwert der Jahres- dosis
				Messwert	Standard- messun- sicherheit ⁹	resultierende Jahresdosis nach J ^{7 8}	
Spalte 1	$H^*(10)$ oder $H'(0,07)$	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5 [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]	Spalte 6 [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]	Spalte 7 [mSv]	Spalte 8 [mSv]

⁷ Basiert die Prüfung entsprechend der Angabe unter K.3 auf einer für den Betrieb repräsentativen Auswahl von Betriebsarten, so ist hier die Summe der Dosisbeiträge der Prüfszenarien am jeweiligen Messort anzugeben.

⁸ Grundlage für die Berechnung der Jahresdosis ist die Betriebsdauer nach J.2.

⁹ Alternativ zur Bestimmung der Standardmessunsicherheit nach GUM oder GUM Supplement 1 dürfen nachvollziehbare konservative Abschätzungen der Messunsicherheiten durchgeführt werden. Dazu dürfen Angaben aus anderen Quellen herangezogen werden. Diese sind an separater Stelle zu erläutern.

Bemerkungen:

.....

Protokolldatei der zeitlichen Aufzeichnung durch Ortsdosimeter beigefügt entf./ja/nein
*(optional; zusätzlich Angaben zum zeitlich korrelierter Verlauf
 der Betriebsweise erforderlich)*

Integrierende Ortsdosis-Messungen empfohlen ja/nein

Beschreibung (Messort, Integrationszeiten etc.):

.....

Die Ortsdosisleistung überschreitet an keinem Ort
 1 µSv/h in 10 cm Abstand von der berührbaren Oberfläche ja/nein
(Bei Einhaltung dieses Wertes kann eine Anzeige- und Genehmigungsfreiheit gegeben sein.)

Die Ortsdosisleistung überschreitet an keinem Ort
 10 µSv/h in 10 cm Abstand von der berührbaren Oberfläche ja/nein

L. Aus den Jahresgrenzwerten abgeleitete Ortsdosiswerte

Nachfolgende Angaben sind erforderlich für Messorte der Tabelle in K.4, die gleichzeitig Aufenthaltsorte sind und deren Werte der Jahresdosis (Spalte 7) oberhalb der Grenzwerte der Jahresdosis (Spalte 8) liegen. Es können repräsentative Aufenthaltszeiten für die Aufenthaltsorte berücksichtigt werden (vgl. auch DIN 54113-3, Abschnitt 4.3.2)

Berufliche Expositionen:

Mess- und Aufenthaltsorte nach K.1	Abgeleitete, maximal zulässige Ortsdosis		
	$H'(0,07)$	$H^*(10)$	Bemerkungen zur Grundlage
	[µSv/h]	[µSv/h]	

Eine Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung ist
sicher unterhalb der Grenzwerte des § 80 StrlSchG

ja/nein

optionale Erläuterungen:

.....
.....
.....
.....

M. Auswertung

Die technischen Strahlenschutzvorkehrungen sind

- ausreichend.
- nicht ausreichend.

Bei der angegebenen Betriebsweise werden die Grenzwerte an

- keinem Messort überschritten.
- den nachfolgenden Messorten nach K.1 überschritten:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

N. Folgerungen

Bei den angegebenen Strahlenschutzvorkehrungen und der Betriebsweise sind

- keine besonderen Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes erforderlich.
- die nachfolgenden Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes erforderlich:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

O. Hinweise

Die nächste Prüfung sollte spätestens erfolgen am

.....

Ort und Datum Unterschrift