



baua:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Dr. Ljiljana Udovicic

Gruppe 2.2
Physikalische Faktoren

Neue Technische Regeln zur
künstlichen optischen Strahlung
23. September 2014, BAuA Dortmund

**TROS Laserstrahlung -
Messungen und Berechnungen,
Schutzmaßnahmen**

baua:

OStrV

Abschnitt 2: Ermittlung und Bewertung der Gefährdungen
durch künstliche optische Strahlung; Messungen

§ 4 Messungen und Berechnungen



TROS Laserstrahlung

**Teil 2 „Messungen und Berechnungen von Expositionen
gegenüber Laserstrahlung“ →**

beschreibt das Vorgehen bei der Planung, der Beauftragung,
der Durchführung und Auswertung von Messungen und
Berechnungen zur Exposition am Arbeitsplatz und den
Vergleich der Messergebnisse mit den Expositionsgrenzwerten
(EGW)

TROS Laserstrahlung Teil 2 - Gliederung

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Vorgehen bei Messungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung
 - 4 Einflussfaktoren bei der Ermittlung der Expositionsgrenzwerte
 - 5 Beispiele zur Berechnung von Expositionen und Expositionsgrenzwerten
 - 6 Literaturhinweise
- Anlage 1 Messgrößen und Parameter zur Charakterisierung von Laserstrahlung
- Anlage 2 Messgrößen und Parameter für die Berechnung oder die Messung von Laserstrahlung
- Anlage 3 Beschreibung von Messgeräten
- Anlage 4 Expositionsgrenzwerte

3

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Vorgehen bei Messungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung

Messung optischer Strahlung →
eine komplexe Aufgabe, die entsprechende Fachkenntnisse erfordert

Vorprüfung →

Sind genug Informationen vorhanden, um die Exposition ohne eine Messung bestimmen zu können?

- Es liegen **Herstellerangaben** vor, die sicherstellen, dass die Expositionsgrenzwerte nicht überschritten werden. ⇨ Beispiele
- Eine Berechnung der zu erwartenden Exposition ist möglich. ⇨ Beispiel

4

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

⇒ Es liegen genügend Herstellerangaben vor, um sicherzustellen, dass die Expositionsgrenzwerte niemals überschritten werden.

Beispiel 1: „Laserpistole“ zur Geschwindigkeitsmessung, Laserklasse 1

Beispiel 2: Barcode-Lesegeräte der Klasse 1M und 2M, wie sie an der Supermarktkasse eingesetzt werden (es werden keine optischen Instrumente zur Beobachtung verwendet)



Quelle: „Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung“, © Europäische Union, 2011

5

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

⇒ Eine Berechnung der Exposition ist möglich.

Beispiel: Berechnung des Augensicherheitsabstands (NOHD von Nominal Ocular Hazard Distance)



die Entfernung, bei der die Bestrahlungsstärke oder die Bestrahlung dem Expositionsgrenzwert entspricht

Angaben:

Laserleistung $P = 50 \text{ mW}$

Strahldivergenz $\varphi = 0,5 \text{ mrad}$

Strahldurchmesser am Ort des Strahlaustritts $d = 2 \text{ mm}$

Expositionsgrenzwert $E_{EGW} = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

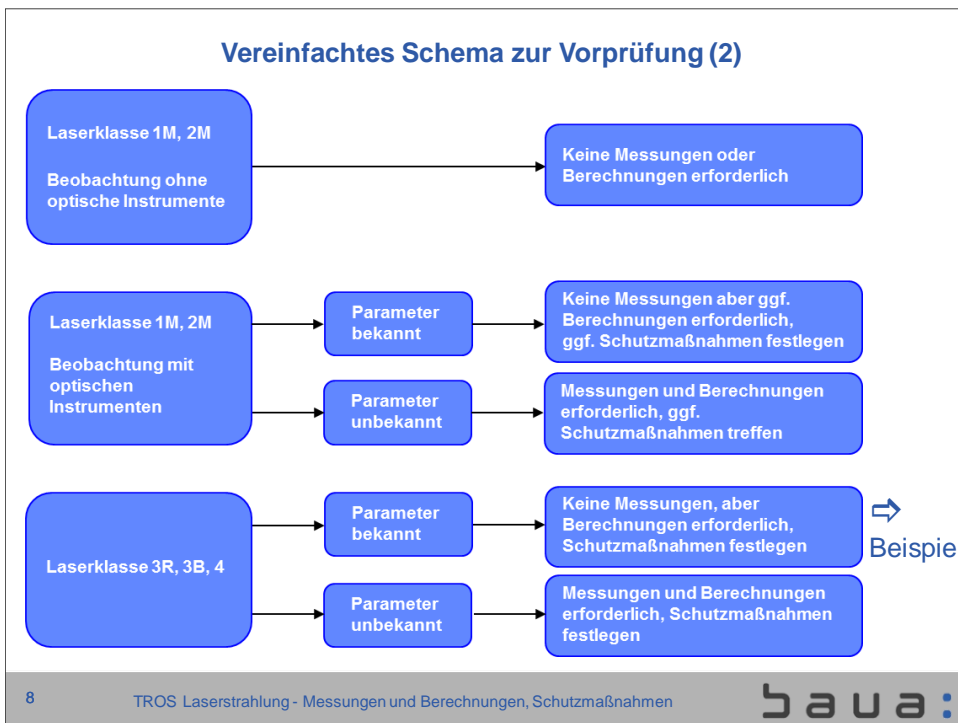
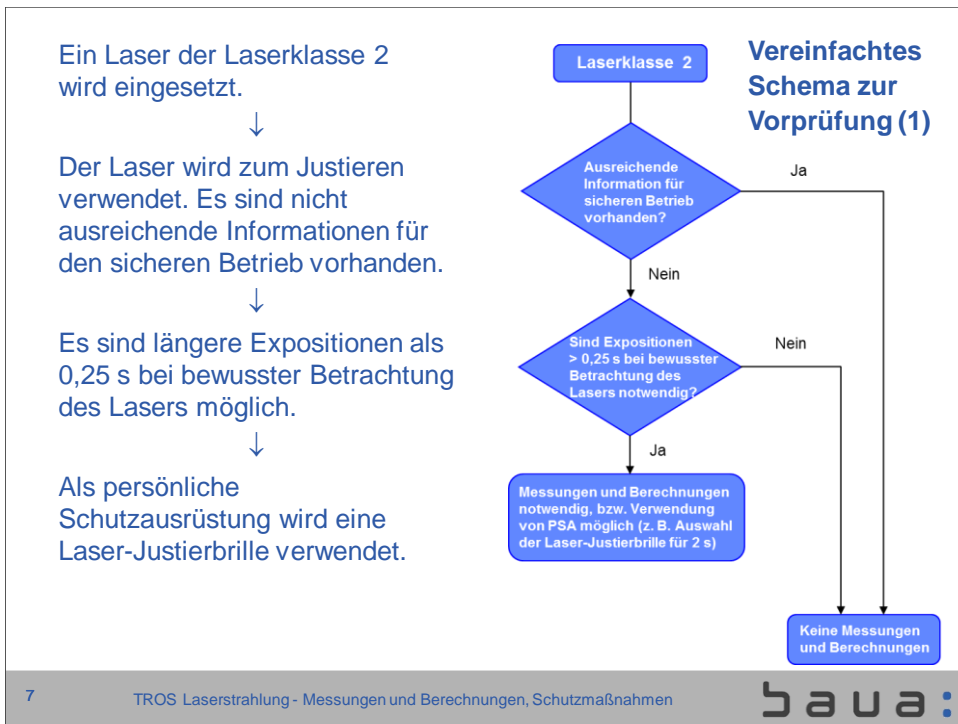
Berechnung:

$$\text{NOHD} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot E_{EGW}}} - d}{\varphi} = \frac{\sqrt{\frac{4 \cdot 0,05 \text{ W}}{\pi \cdot 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}}} - 0,002 \text{ m}}{0,0005 \text{ rad}} = 24 \text{ m}$$

6

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:



In der Vorprüfung lässt sich keine eindeutige Entscheidung treffen,
ob die Expositionsgrenzwerte eingehalten werden.



Messungen der Exposition sind erforderlich

- eine komplexe Aufgabe, Fachkenntnisse sind erforderlich →
falls der Arbeitgeber selbst nicht über ausreichende Kenntnisse und
notwendige Messgeräte verfügt, kann er damit eine **fachkundige
Person** beauftragen →

TROS Laserstrahlung, Teil 1, Abschnitt 3.3 „Fachkundige für die
Durchführung von Messungen und Berechnungen von Expositionen
gegenüber Laserstrahlung“

9

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Fachkundige Person →

3.5 Fachkundige für die Durchführung von Messungen und Berechnungen von Expositionen gegenüber Laserstrahlung

(1) Messungen dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die über die dafür notwendige Fachkunde und die erforderlichen Einrichtungen verfügen. Der Fachkundige für die Durchführung von Messungen und Berechnungen muss je nach Situation über die unter Abschnitt 3.4 aufgelisteten Kenntnisse zur Gefährdungsbeurteilung verfügen. Darüber hinaus muss er zusätzliche Kenntnisse in der Laserstrahlungs-Messtechnik nach dem Stand der Technik, über die Durchführung von Expositionsmessungen und die Beurteilung der Ergebnisse haben. Die Kenntnisse sind auf dem aktuellen Stand zu halten.

(2) Berechnungen dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die über die dafür notwendige Fachkunde verfügen.

(3) Die Kenntnisse für die Durchführung von Expositionsmessungen und -berechnungen am Arbeitsplatz können u. a. durch Teilnahme an einer geeigneten Fortbildungsveranstaltung von z. B. Technischen Akademien, Unfallversicherungsträgern oder ähnlichen Institutionen erworben und aufgefrischt werden.

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Vor der Messung ist eine detaillierte **Analyse der Arbeitsaufgaben und Expositionsbedingungen** der Beschäftigten notwendig →

- Anzahl, Positionen und Arten der Laserstrahlungsquellen,
- Strahlungsanteile, die reflektiert und/oder gestreut werden,
- zeitlicher Verlauf der Laserstrahlungsemission
- Expositionsdauer
- fotosensibilisierende chemische oder biologische Stoffe am Arbeitsplatz (falls vorhanden)
- Expositionsbedingungen unter verschiedenen Betriebsarten (im normalen Betrieb sowie bei Wartungs- und Servicearbeiten)
- zu berücksichtigende **Expositionsgrenzwerte**

11

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



Expositionsgrenzwerte →

Tab. A4.4 Expositionsgrenzwerte für die Exposition des Auges durch Laserstrahlung, lange Expositionsdauer ($t \geq 10$ s); Fortsetzung

Wellenlänge der Laserstrahlung betroffenes Organ Dauer der Exposition

Wellenlänge λ / nm (siehe a)	Durchmesser der Messblende D / mm	Expositionsdauer / s		
		10 - 10 ²	10 ² - 10 ⁴	10 ⁴ - 3·10 ⁴
Sichtbar 400 - 600 Photochemische Netzhautschädigung (siehe b)	7	$H = 100 \text{ Cs J} \cdot \text{m}^{-2}$; $\gamma = 11 \text{ mrad}$ (siehe c)	$E = 1 \text{ Cs W} \cdot \text{m}^{-2}$; $\gamma = 1,1 t^{0,5} \text{ mrad}$ (siehe c)	$E = 1 \text{ Cs W} \cdot \text{m}^{-2}$; $\gamma = 110 \text{ mrad}$ (siehe c)
		$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t \leq T_2$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t > T_2$	$E = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ $H = 18 \text{ Cs} \cdot t^{0,75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $E = 18 \text{ Cs} \cdot T_2^{0,25} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	
IR-A 700 - 1400		$\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t \leq T_2$ $\alpha > 1,5 \text{ mrad}$ und $t > T_2$	$E = 10 \text{ Cs} \cdot \text{Cs} \cdot \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ $H = 18 \text{ Cs} \cdot \text{Cs} \cdot t^{0,75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $E = 18 \text{ Cs} \cdot \text{Cs} \cdot T_2^{0,25} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (maximal 1000 W·m ⁻²)	

Messparameter Expositionsgrenzwerte: Bestrahlungsstärke E, Bestrahlung H Parameter

12

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



Planung der Messung

- Für welche Wellenlängen müssen die Expositionsmessungen durchgeführt werden?
Falls keine Angaben über die Wellenlängen vorhanden sind → **Messung des Spektrums** → Auskunft über die Wellenlängen, für die die Expositionsmessungen durchgeführt werden müssen
→ z. B. Gittermonochromatoren, Diodenarray-Spektrometer
- Um welche Expositionsdauer handelt es sich?
- Welche Messgrößen müssen ermittelt werden?
- Unter welchen Messbedingungen muss gemessen werden?
- Welches Messverfahren wird angewendet?

13

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Expositionsdauer → Analyse der Arbeitsaufgabe und der möglichen Expositionbedingungen

Expositionsdauer	Anwendungen
0,25 s	typisch für den zufälligen Blick in den sichtbaren Laserstrahl
2 s	typisch für den bewussten Blick eines unterwiesenen Beschäftigten in den Laserstrahl eines Klasse-2-Lasers beim Justieren
5 s oder 10 s	typisch für die Auswahl von Laser-Schutzbrillen und Filtern je nach Ausgabedatum der Norm, nach der der Filter geprüft wurde (seit und bis 2010)
100 s	typisch für den zufälligen Blick in den Laserstrahl mit Wellenlängen größer als 400 nm
30 000 s	typisch für den beabsichtigten Blick in Richtung Laserstrahlungsquelle über längere Zeiträume, d. h. länger als 100 s

14

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Welche **Messgrößen** müssen ermittelt werden? →

in der Mehrzahl der Fälle die Wellenlänge, die Laserleistung oder
 Laserenergie sowie der Laserstrahldurchmesser →

Messgeräte

- Messung der Laserleistung des Dauerstrichlasers →
 Laserleistungsmessgeräte
- Messung der Laserenergie bei gepulsten Lasern →
 Laserenergiemessgeräte
- Messung des Laserstrahldurchmessers → CCD Kameras
- Messung der Impulsdauer und Impulsfolgefrequenz →
 mittels eines schnellen Fotodetektors und eines
 entsprechenden Oszilloskops

15

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



Welche **Messblenden** müssen verwendet werden?

- Die Expositionsgrenzwerte der Bestrahlungsstärke und der
 Bestrahlung beziehen sich auf bestimmte Flächen →
 die Messungen müssen mit den passenden Messblenden
 durchgeführt werden

Wellenlängenbereich / nm	Blendendurchmesser D / mm	
	Auge	Haut
$100 \leq \lambda < 400$	1 für $t \leq 0,35$ s $1,5 \cdot t^{3/8}$ für $0,35$ s < $t < 10$ s 3,5 für $t \geq 10$ s	3,5
$400 \leq \lambda < 1\ 400$	7	3,5
$1\ 400 \leq \lambda < 10^5$	1 für $t \leq 0,35$ s $1,5 \cdot t^{3/8}$ für $0,35$ s < $t < 10$ s 3,5 für $t \geq 10$ s	3,5
$10^5 \leq \lambda \leq 10^6$	11	3,5

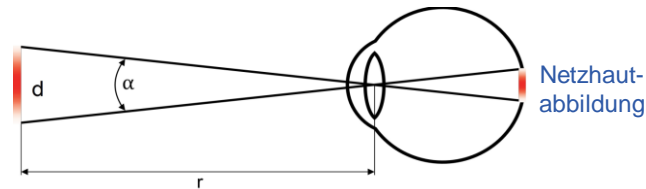
16

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



Winkelausdehnung α der Quelle

- Die EGW im Wellenlängenbereich 400 nm - 1400 nm sind abhängig von der Größe der Abbildung des Laserstrahls auf der Netzhaut → Winkelausdehnung $\alpha = d/r$



- Für $\alpha \leq 1,5$ mrad wird die Quelle als „Punktlichtquelle“ betrachtet → auf der Netzhaut entsteht ein minimaler Fleck von etwa 25 μm Durchmesser → auf diese „worst-case“-Betrachtung beziehen sich die EGW
- Für $\alpha > 1,5$ mrad wird die Quelle als „ausgedehnte Quelle“ betrachtet → die einfallende Strahlungsleistung wird über eine größere Fläche auf der Netzhaut verteilt → der Expositionsgrenzwert kann angehoben werden → **Korrekturfaktor C_E**

17

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Korrekturfaktor C_E →

Tab. A4.6 Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter

Parameter	Winkelausdehnung / mrad	Wert
C_E	$\alpha \leq \alpha_{\min}$	1
	$\alpha_{\min} < \alpha \leq 100$	α / α_{\min}
	$\alpha > 100$	$\alpha_{\max} / \alpha_{\min}$ bei $\alpha_{\max} = 100$ mrad

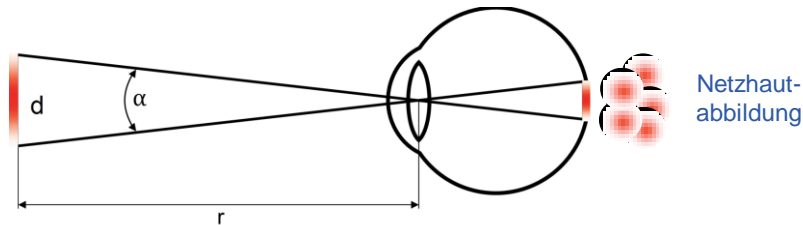
18

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Messverfahren - Grenz-Empfangswinkel γ_P

- zu berücksichtigen im Falle der Beurteilung der photochemischen Netzhautgefährdung
- steigende Betrachtungsdauer \rightarrow Augenbewegungen führen dazu, dass die Abbildung der Quelle über eine größere Fläche der Netzhaut verschmiert wird \rightarrow die Gefährdung wird verringert



- für eine längere Betrachtungsdauer ist ein größerer Empfangswinkel vorgegeben, der vom Detektor „gesehen“ wird $\rightarrow \gamma_P$

19

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



Grenz-Empfangswinkel $\gamma_P \rightarrow$

Tab. A4.4 Expositionsgrenzwerte für die Exposition des Auges durch Laserstrahlung, lange Expositionsdauer ($t \geq 10$ s); Fortsetzung

Wellenlänge λ / nm (siehe a)	Durchmesser der Messblende D / mm	Expositionsdauer / s		
		10 - 10 ²	10 ² - 10 ⁴	10 ⁴ - 3·10 ⁴
Sichtbar 400 - 600 Photochemische Netzhautschädigung (siehe b)	7	H = 100 C ₀ J·m ⁻² ; $\gamma = 11$ mrad (siehe c)	E = 1 C ₀ W·m ⁻² ; $\gamma = 1,1 \cdot 10^{0,5}$ mrad (siehe c)	E = 1 C ₀ W·m ⁻² ; $\gamma = 110$ mrad (siehe c)

Tab. A4.6 Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter

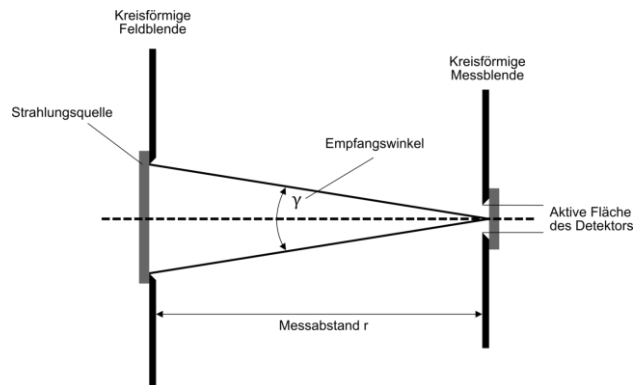
Parameter	Expositionsdauer t / s	Wert / mrad
γ_P	$t \leq 100$	11
	$100 < t \leq 10^4$	$1,1 \cdot t^{0,5}$
	$t > 10^4$	110

20

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



Messverfahren



Begrenzung des Empfangswinkels γ durch eine Blende vor der Strahlungsquelle

21

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Durchführung der Messungen und Auswertung der Messergebnisse

- bei den Messungen ist immer vom "worst-case"-Szenario auszugehen
- das Ergebnis der Messung muss in den Strahlungsgrößen und Einheiten der Expositionsgrenzwerte vorliegen
- der Messwert wird mit dem entsprechenden Expositionsgrenzwert verglichen
- Messunsicherheit berücksichtigen →
wenn der Messwert im Bereich des Expositionsgrenzwertes liegt, muss die Messunsicherheit klein genug sein, damit entschieden werden kann, ob die Summe aus Messwert und Messunsicherheit ober- oder unterhalb des Expositionsgrenzwertes liegt

22

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Beispiel:
 Wellenlänge $\lambda = 1064 \text{ nm}$
 Leistung $P = 50 \text{ mW}$
 Strahldurchmesser $d = 2 \text{ mm}$
 Expositionsdauer $t = 2 \text{ s}$
 $\alpha \leq 1,5 \text{ mrad}$ (es handelt sich um eine Punktlichtquelle)

Wird der Expositionsgrenzwert für die thermische Netzhautschädigung eingehalten?

a) Berechnung des Expositionsgrenzwerts E_{EGW} :

$$H_{EGW} = 90 \cdot C_C \cdot C_E \cdot t^{0,75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

Parameter C_C und C_E : $C_C = 1, C_E = 1$

$$H_{EGW} = 151,4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$E_{EGW} = \frac{H_{EGW}}{t} = \frac{151,4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}}{2 \text{ s}} = 75,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

23 TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen **baua:**

Expositionsgrenzwert $E_{EGW} \rightarrow$

Tab. A4.3 Fortsetzung

Wellenlänge λ / nm (siehe a)	Durchmesser der Messblende D	Expositionsdauer t / s						
		$10^{-13} - 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-9} - 10^{-7}$	$10^{-7} - 1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10$
Sichtbar und IR-A	400 - 700	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$H = 18 t^{0,75} \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	
	700 - 1050	$H = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot C_A \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$H = 2,7 \cdot 10^4 t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$H = 5 \cdot 10^{-3} \cdot C_A \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$H = 18 t^{0,75} \cdot C_A \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	
	1050 - 1400	$H = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot C_C \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$H = 2,7 \cdot 10^5 t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$H = 5 \cdot 10^{-2} \cdot C_C \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$			$H = 90 t^{0,75} \cdot C_C \cdot C_E \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	

24 TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen **baua:**

Parameter C_C und $C_E \rightarrow$

Tab. A4.6 Korrekturfaktoren und sonstige Berechnungsparameter

Parameter	Gültiger Spektralbereich λ / nm	Wert
C_C	700 - 1 150	1
	1 150 - 1 200	$10^{0,018(\lambda - 1150)}$
	1 200 - 1 400	8

Parameter	Winkelausdehnung / mrad	Wert
C_E	$\alpha \leq \alpha_{min}$	1
	$\alpha_{min} < \alpha \leq 100$	α / α_{min}
	$\alpha > 100$	$\alpha_{max} / \alpha_{min}$ bei $\alpha_{max} = 100$ mrad

25

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

b) Berechnung der gemessenen Bestrahlungsstärke E

Blendendurchmesser $D = 7$ mm

\rightarrow Es wird die gesamte Leistung, die durch die Messblende auf den Detektor fällt, festgehalten und auf die Fläche der Messblende bezogen:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (7 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 3,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$E = \frac{P}{A} = \frac{50 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{38,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 1299 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Ergebnis:

Die Bestrahlungsstärke $E = 1299 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ liegt weit über dem Expositionsgrenzwert $E_{EGW} = 75,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Die Schutzmaßnahmen sind erforderlich.

26

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Messbericht

Die Ergebnisse sind in einem Bericht zusammenzufassen.

- Anlass und Ziel der Messungen,
- Einzelheiten des Arbeitsplatzes,
- Analyse der Arbeitsaufgabe,
- Art und Typ der Laserstrahlungsquelle,
- Expositionssituation und Messorte,
- verwendete Messgeräten und Messverfahren, Messunsicherheiten,
- Expositionsgrenzwerte, die zur Beurteilung herangezogen wurden,
- Ergebnisse der Messung und der Beurteilung,
- geeignete Schutzmaßnahmen

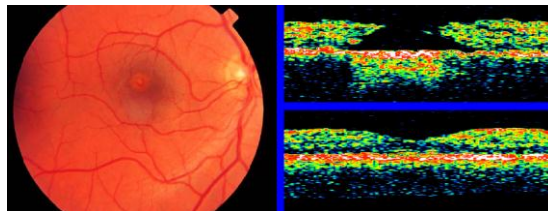
27

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Schädigungen, verursacht durch übermäßige Exposition gegenüber Laserstrahlung

Netzhautschädigung im Bereich des schärfsten Sehens, Unfall mit
einem Nd:YAG Laser, 6 ns, 15 mJ pro Impuls



Netzhautaufnahme mit
einer Funduskamera

Optische Kohärenz-
Tomografie →

- nach 2,5 Monaten (oben)
- gesunde Fovea (unten)

Quelle: Mainster et al: „Assessment of
alleged retinal laser injuries“, Arch.
Ophthalmol. 122, 1210 (2004), mit
Genehmigung von Dr. Bruce E. Stuck,
US Army Medical Department

28

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Statistische Daten aus der Laser Accident Database

- eine Datenbank von Rockwell Laser Industries → dokumentiert Laserunfälle seit dem Jahr 1964
- etwa 8000 Unfälle bis Ende 2010

Laser Accident Database

Laser Accident Detail
 The laser accident database maintained by Rockwell Laser Industries has been gathered from a broad range of sources since 1964. By involving the laser community as a whole can provide the safe and knowledgeable use of lasers and prevent similar events from occurring in their own facilities.
 For more information about the laser accident database, please contact us via email or call on RLI representative at (800) 94-LASER.

Report an Accident
 Accident Report Form

Filter Results

From: 1999
 To: Now
 Country: Show All
 Subcontinent: Show All
 Laser Type: Show All
 Classification: Show All
 Protection: Show All
 Failure: Show All

Laser Accident Database

Case: 6493
 Year: 2002
 Country: Canada

Fiber broke in the middle during a procedure. Break location was about 10cm from the tip of the fiber. It was not injured.

Case: 6496
 Year: 2000
 Country: Japan

According to the complaint description, "After lasing 45 points from anterior to inferior wall, the assisting dr realized the red beam (laser) was leaking out of the optical fiber near the handle." The dr replaced it with a new catheter to complete.

Case: 6498
 Year: 1999
 Country: China

Appt noted dr used laser without the dr's filter on & lost his vision for half an hour.

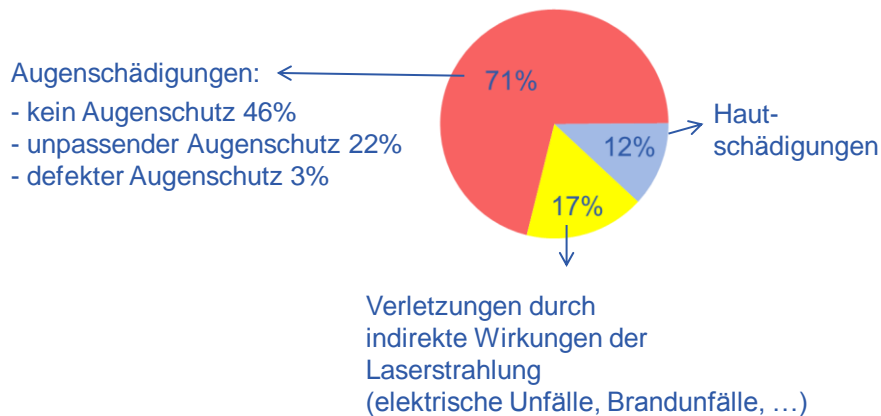
Submit

29

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



- der größte Teil der Laserunfälle betrifft das Auge, gefolgt von Verletzungen durch indirekte Wirkungen der Laserstrahlung und durch Hautverletzungen



30

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen



OStrV

Abschnitt 3: Expositionsgrenzwerte für und Schutzmaßnahmen
gegen künstliche optische Strahlung

§ 7 Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung der
Gefährdungen von Beschäftigten durch künstliche optische
Strahlung



TROS Laserstrahlung

**Teil 3 „ Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen durch
Laserstrahlung“ →**

beschreibt das Vorgehen bei der Festlegung von
Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik

31

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

TROS Laserstrahlung Teil 3 - Gliederung

- 1 Anwendungsbereich
 - 2 Begriffsbestimmungen
 - 3 Bestellung eines Laserschutzbeauftragten
 - 4 Grundsätze bei der Festsetzung und Durchführung von
Schutzmaßnahmen
 - 5 Unterweisung
 - 6 Betriebsanweisung
- Anlage 1 Bestimmte Tätigkeiten, Verfahren und Betrieb spezieller Laser
- Anlage 2 Zuordnung von Schutzmaßnahmen und Unterweisung
- Anlage 3 Beispiele zur Kennzeichnung und Abgrenzung von
Laserbereichen
- Anlage 4 Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Lichtwellenleiter-
Kommunikations-Systemen (LWLKS)
- Anlage 5 Was ist bei Erstellung einer Betriebsanweisung zu beachten?

32

baua:

Bestellung eines Laserschutzbeauftragten

- die Anforderungen an die Sachkunde, die Aufgaben und die Rechte → aufgeführt im Abschnitt 5 des Teils „Allgemeines“
- **Ein sachkundiger Laserschutzbeauftragter ist schriftlich zu bestellen:**
 - zur Überwachung des sicheren Betriebs einer Lasereinrichtung der Klassen 3R, 3B und 4
 - bei Wartungs- und Servicearbeiten an „gekapselten“ Lasern in einer Einrichtung für die Materialbearbeitung
 - bei nicht nach DIN EN 60825-1 klassifizierten Lasern, Entwicklungsmustern, Prototypen und LWL-Komponenten ab einem Gefährdungsgrad 3R
 - bei Lasern der Klassen 1M und 2M kann ein direkter Blick in den Strahl mit Hilfe optischer Instrumente gefährlich sein → im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sollte geprüft werden, ob auch hier die Bestellung eines Laserschutzbeauftragten sinnvoll ist

33

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Grundsätze bei der Festlegung und Durchführung von Schutzmaßnahmen

- die Entstehung und die Ausbreitung von Laserstrahlung sind vorrangig an der Quelle zu verhindern oder auf ein Minimum zu reduzieren
- die Expositionsgrenzwerte müssen durch die Anwendung von Schutzmaßnahmen eingehalten werden
- eine weitere Reduzierung der Exposition auf ein erreichbares Minimum auch unterhalb der EGW (insbesondere Exposition durch UV-Strahlung) ist erstrebenswert

34

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Rangfolge von Schutzmaßnahmen

- Vermeidung oder Minimierung von Gefährdungen durch Laserstrahlung, z. B. durch die **S**ubstitutionsprüfung **S**
- ↓
- **T**echnische Schutzmaßnahmen **T**
- ↓
- **O**rganisatorische Schutzmaßnahmen **O**
- ↓
- **P**ersönliche Schutzausrüstung **P**

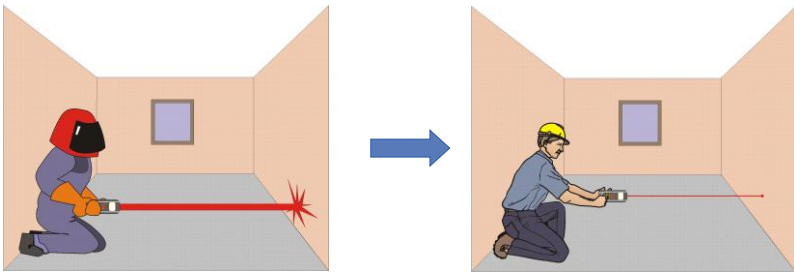
→ Kollektive Schutzmaßnahmen haben Vorrang vor individuellen

→ Schutzmaßnahmen, die sich schnell durchführen lassen, haben eine höhere Priorität

35 TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen **baua:**

Vermeidung oder Minimierung der Gefährdungen durch Laserstrahlung

- Arbeitsverfahren und Arbeitsmittel so auswählen, dass keine oder nur vernachlässigbare Expositionen der Beschäftigten auftreten können
- falls dies nicht möglich ist → alternative Arbeitsverfahren oder alternative Laserquellen prüfen und anwenden (Substitutionsprüfung)



Quelle: „Ein unverbindlicher Leitfaden zur Richtlinie 2006/25/EG über künstliche optische Strahlung“, © Europäische Union, 2011

36 TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen **baua:**

Technische Schutzmaßnahmen

Ziel → die Exposition der Beschäftigten vorrangig an der Quelle verhindern oder auf ein Minimum reduzieren

- Schutzmaßnahmen an Zugängen → Hinweise auf den Einschaltzustand der Laser-Einrichtung durch Warnleuchten oder bei Einsätzen im Freien durch Blinkleuchten
- geeignete Positionierung der Laserquelle → z. B. darf der Laserstrahl nicht auf Fenster und Türen gerichtet werden
- Arbeitsumgebung → hell und reflexionsarm → reflektierende Flächen abdecken, reflektierende Gegenstände entfernen
- Verwendung von optischen Filtern und Strahlfallen
- Einsatz von Einhausungen sowie Abschirmungen (Laserschutzvorhänge, Laserschutzwände) zur Abgrenzung von Laserbereichen

37

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Organisatorische Schutzmaßnahmen (1)

Ziel → eventuell noch bestehende Gefährdungen der Beschäftigten durch Exposition gegenüber Laserstrahlung ausschließen →

Raum- und/oder zeitorganisatorische Maßnahmen, die zur Verminderung der Gefährdung durch Laserstrahlung beitragen:

- Minimierung der Expositionszeit durch Optimierung der Arbeitsabläufe
- Vergrößerung des Abstands zur Laserstrahlungsquelle
- Wechsel von Tätigkeitsanteilen zwischen höher und niedriger exponierten Bereichen
- Unterweisung und üben der gefährlichen Arbeiten ohne Laserbetrieb

38

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Organisatorische Schutzmaßnahmen (2)

- Kennzeichnung von Laserbereichen →
Laserbereich ist zu kennzeichnen,
wenn die EGW für Laserstrahlung
überschritten werden können →
Warnzeichen W004 „Warnung vor
Laserstrahl“ nach ASR A1.3 (2013)
- Abgrenzung von Laserbereichen → durch Lichtschranken,
Verriegelungen, bauliche Maßnahmen oder durch Absperrketten
- Festlegung von Zugangsregelungen zu Laserbereichen →
 - Beschäftigte dürfen im Laserbereich nur tätig werden, wenn das
Arbeitsverfahren dies erfordert
 - Zugang für Unbefugte durch technische Maßnahmen verhindern;
wenn nicht möglich, organisatorische Schutzmaßnahmen →
Zugangsverbot



39

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Persönliche Schutzausrüstung (1)

Wenn trotz technischer und organisatorischer Schutzmaßnahmen die
Gefährdungen nicht ausgeschlossen sind → individuelle Schutzmaß-
nahmen

- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) dient zum Schutz der Augen und
der Haut
 - PSA soll für den einzelnen Beschäftigten nach seinen
Arbeitsbedingungen ausgewählt werden
(erhöht die Akzeptanz und die Schutzwirkung)
 - Beschäftigte sind zu unterweisen, wie die PSA zu benutzen ist
- 50% der Laserunfälle verbunden mit Nichttragen des Augenschutzes

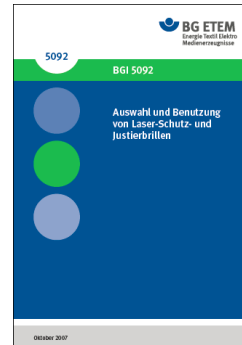
40

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Persönliche Schutzausrüstung (2)

- Augenschutzmittel bieten Schutz gegen eine zufällige Exposition von direkter, spiegelnd reflektierter oder diffus gestreuter Laserstrahlung
- trotz Augenschutzmittel ist der Blick in den direkten Laserstrahl zu vermeiden
- Laser-Schutzbrillen und Laser-Justierbrillen müssen gemäß der 8. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz die CE-Kennzeichnung enthalten
- Informationen zur Auswahl von geeigneten Augenschutzmitteln → BGI 5092 „Auswahl und Benutzung von Laser-Schutz- und Justierbrillen“



41

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Persönliche Schutzausrüstung (3)

- Anforderungen, die eine Laser-Schutzbrille erfüllen muss, sind in der DIN EN 207 festgelegt
- Anforderungen, die eine Laser-Justierbrille erfüllen muss, sind in der DIN EN 208 festgelegt; eine Laser-Justierbrille schwächt die Leistung des Laserstrahls auf Werte der Laserklasse 2 ab; nicht geeignet für einen länger andauernden Blick in den direkten Laserstrahl
- Schutzkleidung: Dort, wo die UV-Strahlung entsteht (z. B. durch Excimer-Laser) können Gesichtsschutz (Visiere) und Handschuhe erforderlich sein.

42

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Schutzmaßnahmen gegen indirekte Auswirkungen (1)

Schutzmaßnahmen treffen, die indirekte Gefährdungen ausschließen oder minimieren

- Inkohärente optische Strahlung → bei Anwendungen von Lasern mit hoher Leistung beim Schweißen, Schneiden, usw. → TROS IOS Teil 3



- Blendung → die wichtigste Schutzmaßnahme ist es nicht direkt in einen sichtbaren Laserstrahl zu blicken und am Arbeitsplatz keine reflektierenden Materialien zu verwenden

- Gefahrstoffe → z. B. bei der Bearbeitung von Kunststoffen mit Lasern; geeignete Schutzmaßnahme ist ein wirksames Absaugsystem → Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)



43

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Schutzmaßnahmen gegen indirekte Auswirkungen (2)

- Brand- und Explosionsgefährdung →
 - wenn die Energie- oder Leistungsdichte der Laserstrahlung eine Zündung brennbarer Stoffe oder explosionsfähiger Atmosphäre verursachen kann → TRGS 800 und TRBS 2152 Teil 3
 - Schutzmaßnahme gegen Brandgefahr, z. B. ein wassergekühlter Hohlkegel



- Ionisierende Strahlung → Röntgenverordnung (RöV) bzw. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)



44

TROS Laserstrahlung - Messungen und Berechnungen, Schutzmaßnahmen

baua:

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Ljiljana Udovicic

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Gruppe Physikalische Faktoren
Friedrich-Henkel-Weg 1-25
44149 Dortmund

Telefon: 0231-9071-2821

E-Mail: Udovicic.Ljiljana@baua.bund.de