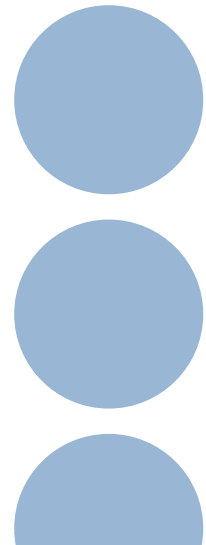


Persönliche Schutzmaßnahmen bei der Laser-Materialbearbeitung

ID 090154



1

Schutzmaßnahmen

- Rangfolge der Schutzmaßnahmen

Substitution

Technische und bauliche Maßnahmen

Organisatorische und hygienische Maßnahmen

Persönliche Schutzmaßnahmen



- Kombination von Schutzmaßnahmen oft notwendig
- Schutzmaßnahmen auch zum Schutz anderer Beschäftigter

ID 082847

3

Laserschutzbrille nach EN 207



Quelle: Laservision GmbH & Co. KG



Quelle: Protect-Laserschutz GmbH

ID 030934

4

Normen

Laserschutzbrillen

DIN EN 207 Persönlicher Augenschutz - Filter und Augenschutzgeräte gegen Laserstrahlung (Laserschutzbrillen)

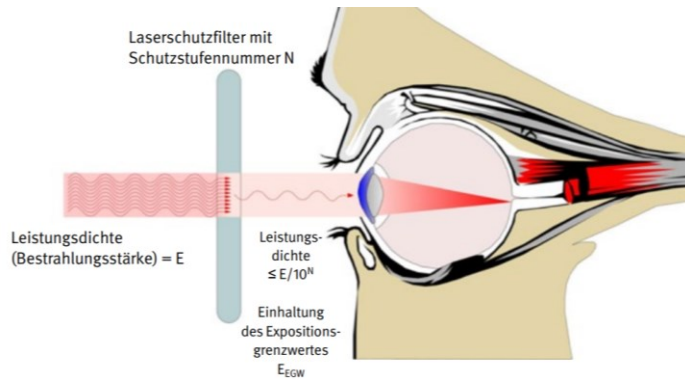
Laserjustierbrillen

DIN EN 208 Persönlicher Augenschutz - Augenschutzgeräte für Justierarbeiten an Lasern und Laseraufbauten (Laser-Justierbrillen)

ID 030935

6

Laserschutzbrillen



Beständig gegen Laserstrahlung unter Norm-Bedingungen

→ 5 Sekunden bzw.
→ 50 Pulse

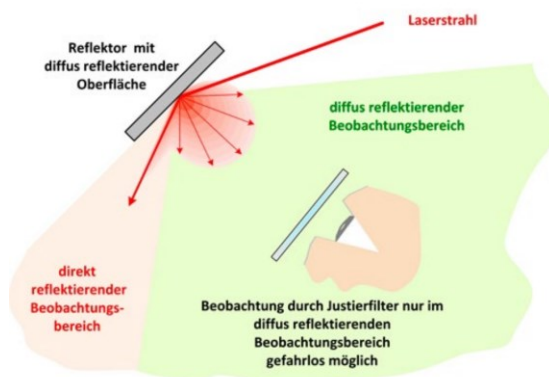
- Unfallsituation muss erkannt werden
- Gefahrenbereich muss verlassen werden

Quelle: Abbildung aus DGUV Information 203-042, www.dguv.de/publikationen > Webcode: p203042

ID 082848

7

Laserjustierbrillen



- Laserjustierbrillen reduzieren die Strahlungsleistung auf Werte unter 1 mW (Wellenlängenbereich 400 bis 700 nm; Laserklasse 2).
- Direkter Blick in den Strahl muss vermieden werden.
- Bei versehentlichem Blick in den direkten Laserstrahl unbedingt abwenden.

Quelle: Abbildung aus DGUV Information 203-042, www.dguv.de/publikationen > Webcode: p203042

ID 082849

8

Achtung!

Die **Laser-Schutzbrillen** und **Laser-Justierbrillen** sind nicht für den dauernden Blick in einen Laserstrahl geeignet. Niemals direkt in den Laserstrahl blicken.

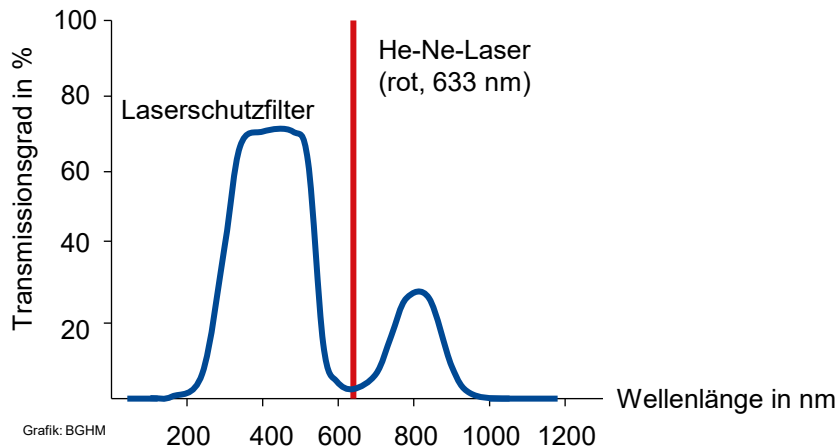


Laserstrahlung
Nicht in den Strahl blicken

ID 082850

9

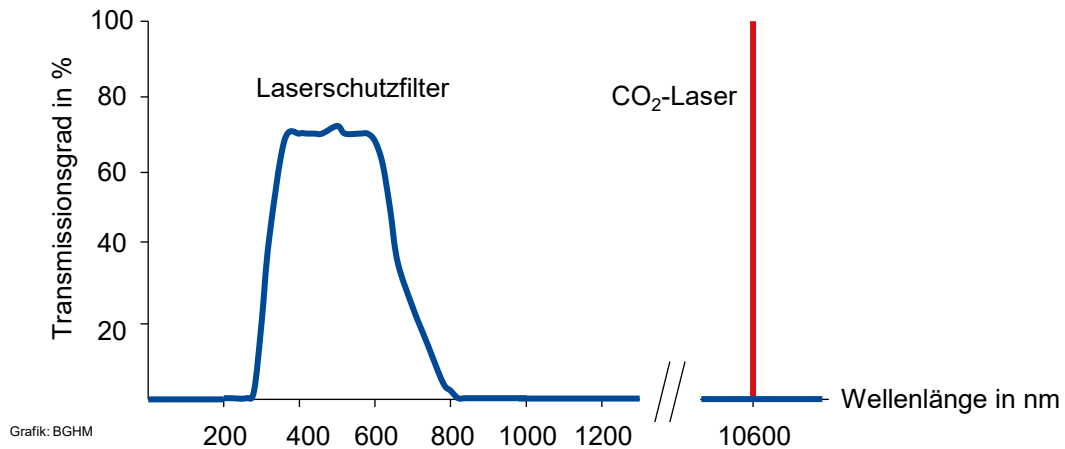
Transmissionsgrad eines Laserschutzfilters



ID 030936

10

Transmissionsgrad eines Laserschutzfilters



ID 030937


11

Schutzstufenermittlung für Laserschutzbrillen

1. Laserart (Wellenlänge)
2. Laserbetriebsart (Dauerstrichlaser, Impulslaser, ...)
3. maximale Leistungs- bzw. Energiedichte
 - zulässiger Transmissionsgrade $\tau(\lambda)$
 - Schutzstufe LB

ID 030938

12



Schutzstufe Laserschutzbrille (1)

DGUV-I 203-042
Tab. 3

(4) Transmissionsgrad

(5) Schutzstufe

(1) Wellenlänge

(2) Betriebsart


(3) max. Bestrahlungsstärke

Schutzstufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge $\tau(\lambda)$	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1400 nm			> 1400 nm bis 1.000 µm		
		Für die Laserbetriebsart								
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M
		E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
	10^{-1}	0,01	3×10^2	3×10^{11}	10^2	0,05	$1,5 \cdot 10^{-3}$	10^4	10^3	10^{12}
	10^{-2}	0,1	3×10^3	3×10^{12}	10^3	0,5	$1,5 \cdot 10^{-2}$	10^5	10^4	10^{13}
LB 3	10^{-3}	1	3×10^4	3×10^{13}	10^4	5	0,15	10^6	10^5	10^{14}
LB 4	10^{-4}	10	3×10^5	3×10^{14}	10^5	50	1,5	10^7	10^6	10^{15}
LB 5	10^{-5}	10^2	3×10^6	3×10^{15}	10^6	5×10^2	15	10^8	10^7	10^{16}
LB 6	10^{-6}	10^3	3×10^7	3×10^{16}	10^7	5×10^3	15	10^9	10^8	10^{17}
LB 7	10^{-7}	10^4	3×10^8	3×10^{17}	10^8	5×10^4	$1,5 \times 10^4$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
LB 8	10^{-8}	10^5	3×10^9	3×10^{18}	10^9	5×10^5	$1,5 \times 10^5$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
LB 9	10^{-9}	10^6	3×10^{10}	3×10^{19}	10^{10}	5×10^6	$1,5 \times 10^6$	10^{13}	10^{12}	10^{21}
LB 10	10^{-10}	10^7	3×10^{11}	3×10^{20}	10^{11}	5×10^7	$1,5 \times 10^7$	10^{14}	10^{13}	10^{22}

Quelle: DGUV/BGHM

ID 030939

13



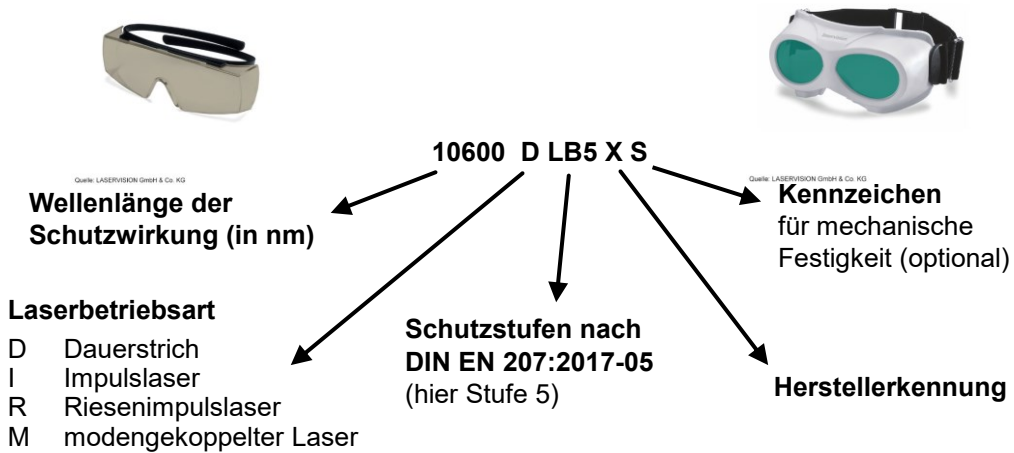
Transmissionsgrad und Schutzstufe

Transmissionsgrad				Schutzstufe
100	%	1	10^0	
10	%	0,1	10^{-1}	LB1
1	%	0,01	10^{-2}	LB2
0,1	%	0,001	10^{-3}	LB3
0,01	%	0,0001	10^{-4}	LB4
0,001	%	0,00001	10^{-5}	LB5
...				

ID 030940

14

Kennzeichnung Laserschutzbrille



ID 030941

15

Beschussversuch Laserschutzbrille CO₂ - Laser

Video - Beschuss des Schutzglases



(anklicken)

Video - Beschuss des Gehäuses



(anklicken)

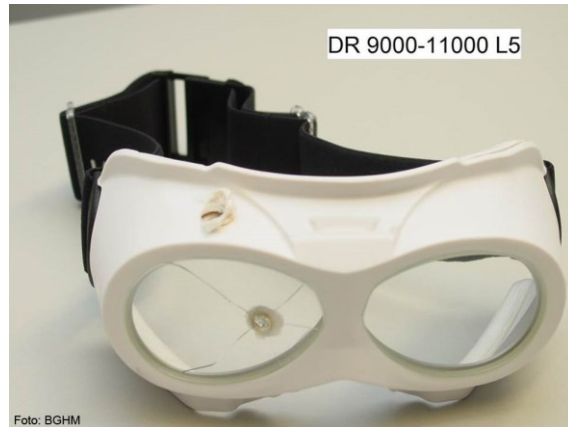
Quelle: BGHM

ID 030962

16

Beschussversuch – Laserschutzbrille CO₂-Laser

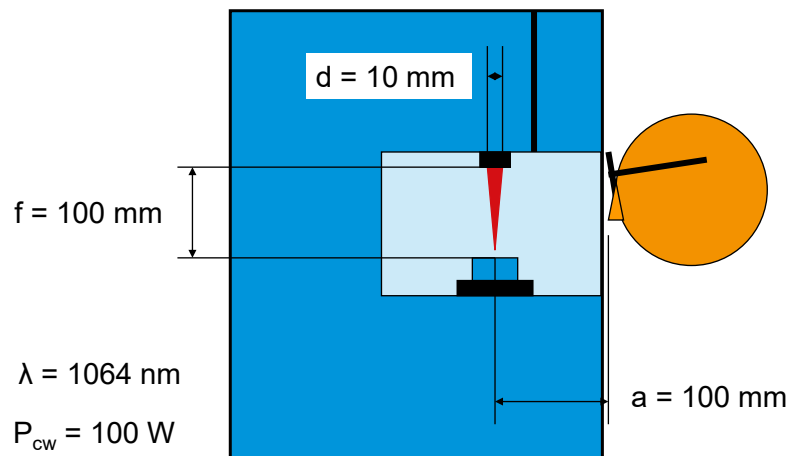
Beschuss des Gehäuses



ID 030963

17

Laserbeschriftungssystem



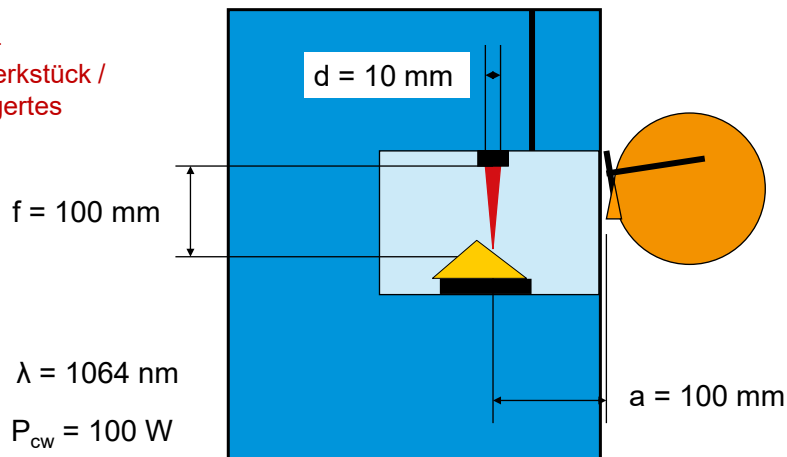
Grafik: BGHM

ID 030945

18

Laserbeschriftungssystem

worst case –
schräges Werkstück /
schräg gelagertes
Werkstück

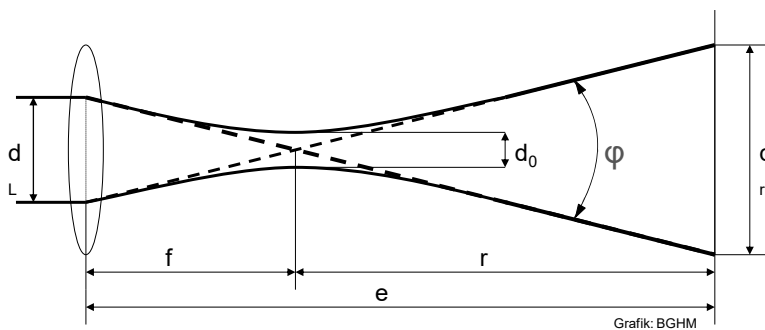


Grafik: BGHM

ID 030945

19

Laserstrahl – Relevante Kenngrößen



d_L = Rohstrahldurchmesser
 d_0 = Fokusbereich
 d_r = Strahldurchmesser im Abstand r zum Fokuspunkt

f = Brennweite der Linse
 ϕ = Divergenzwinkel

Leistung P [W]

Leistungsdichte $E = P / A$ [W / m²]
= Bestrahlungsstärke

Energie Q [J]

Energiedichte $H = Q / A$ [J / m²]
= Bestrahlung

Fläche $A = \pi d^2 / 4$

Strahlensatz $d_L / f = d_r / r$

ID 030241

20

Ermittlung Leistungsdichte

P = 100 W
d = 10 mm

$A = (\pi / 4) d^2 = (\pi / 4) (10^{-2} \text{ m})^2 = 0,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$E = P / A = 100 \text{ W} / (0,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2) = 1,27 \cdot 10^6 \text{ W/m}^2$

Schutzstufe Laserschutzbrille (2)

DGUV-I 203-042
Tab. 3

(4) L6

Schutzstufe
1064 DLB 6

Quelle: DGUV/BGHH

Schutz- stufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge $\tau(\lambda)$	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1400 nm			> 1400 nm bis 1000 μm		
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M
		E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
LB 1	10 ⁻¹	0,01	3 x 10 ²	3 x 10 ¹¹	10 ²	0,05	1,5 · 10 ⁻³	10 ⁴	10 ³	10 ¹²
LB 2	10 ⁻²	0,1	3 x 10 ³	3 x 10 ¹²	10 ³	0,5	1,5 · 10 ⁻²	10 ⁵	10 ⁴	10 ¹³
LB 3	10 ⁻³	1	3 x 10 ⁴	3 x 10 ¹³	10 ⁴	5	0,15	10 ⁶	10 ⁵	10 ¹⁴
LB 4	10 ⁻⁴	10	3 x 10 ⁵	3 x 10 ¹⁴	10 ⁵	5	1,5	10 ⁷	10 ⁶	10 ¹⁵
LB 5	10 ⁻⁵	10 ²	3 x 10 ⁶	3 x 10 ¹⁵	10 ⁶	5 x 10 ²	15	10 ⁸	10 ⁷	10 ¹⁶
LB 6	10 ⁻⁶	10 ³	3 x 10 ⁷	3 x 10 ¹⁶	10 ⁷	5 x 10 ³	1,5 x 10 ²	10 ⁹	10 ⁸	10 ¹⁷
LB 7	10 ⁻⁷	10 ⁴	3 x 10 ⁸	3 x 10 ¹⁷	10 ⁸	5 x 10 ⁴	1,5 x 10 ³	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ¹⁸
LB 8	10 ⁻⁸	10 ⁵	3 x 10 ⁹	3 x 10 ¹⁸	10 ⁹	5 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁴	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁹
LB 9	10 ⁻⁹	10 ⁶	3 x 10 ¹⁰	3 x 10 ¹⁹	10 ¹⁰	5 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁵	10 ¹²	10 ¹¹	10 ²⁰
LB 10	10 ⁻¹⁰	10 ⁷	3 x 10 ¹¹	3 x 10 ²⁰	10 ¹¹	5 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁶	10 ¹³	10 ¹²	10 ²¹

DGUV-Information 203-042

Standzeit von Laserschutzbrillen gemäß DIN EN 207:
5 Sekunden

Verwendung einer Überhöhungsfunktion $F(d)$

Vorgehensweise bei der Auswahl von Laserschutzbrillen
bei gepulsten Lasern



Quelle: DGUV

ID 090094b

23

Überhöhungsfunktion $F(d)$

Referenzstrahldurchmesser $d_{63} = 1 \text{ mm}$

Ist tatsächlicher Strahldurchmesser $d_{63} > 1 \text{ mm}$, gilt

$$F(d) = d[\text{mm}]^{1,7}$$

$$E' = E \cdot F(d)$$

für $d = 1 \dots 15 \text{ mm}$
 $E > 10^5 \text{ W/m}^2$
 $P > 10 \text{ W}$

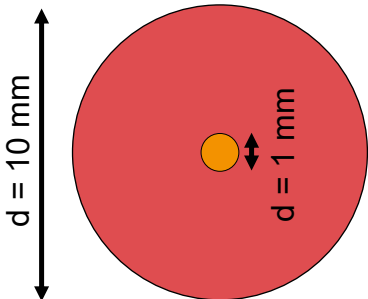
(Exponent 1,7 wurde empirisch ermittelt)

**Sofern die tatsächliche
(spezifische)
Überhöhungsfunktion
nicht bekannt ist.**

ID 090159

24

Überhöhungsfunktion F(d)



Strahl auf
Brillenoberfläche

$E = 1,27 \times 10^6 \text{ W/m}^2$ Schutzstufe DLB6

Überhöhungsfunktion

$F = d[\text{mm}]^{1,7} = 10^{1,7} = 50,12$

$E' = E \times F$

$E' = 1,27 \times 10^6 \text{ W/m}^2 \times 50,12 = 6,37 \times 10^7 \text{ W/m}^2$

ID 090161

25

Schutzstufe Laserschutzbrille (2)

DGUV-I 203-042
Tab. 3

(4) L7

Schutzstufe
1064 DLB 7

(1) 315 bis 1400 nm

(2) D

(3) 10⁸

Schutzstufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge $\tau(\lambda)$	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1400 nm			> 1400 nm bis 1000 μm		
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M
		E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
LB 1	10 ⁻¹	0,01	3 x 10 ⁻²	3 x 10 ⁻¹¹	10 ⁻²	0,05	1,5 · 10 ⁻³	10 ⁴	10 ³	10 ¹²
LB 2	10 ⁻²	0,1	3 x 10 ⁻³	3 x 10 ⁻¹²	10 ⁻³	0,5	1,5 · 10 ⁻²	10 ⁵	10 ⁴	10 ¹³
LB 3	10 ⁻³	1	3 x 10 ⁻⁴	3 x 10 ⁻¹³	10 ⁻⁴	5	0,15	10 ⁶	10 ⁵	10 ¹⁴
LB 4	10 ⁻⁴	10	3 x 10 ⁻⁵	3 x 10 ⁻¹⁴	10 ⁻⁵	5	1,5	10 ⁷	10 ⁶	10 ¹⁵
LB 5	10 ⁻⁵	10 ²	3 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻¹⁵	10 ⁻⁶	5 x 10 ²	15	10 ⁸	10 ⁷	10 ¹⁶
LB 6	10 ⁻⁶	10 ³	3 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻¹⁶	10 ⁻⁷	5 x 10 ³	1,5 x 10 ²	10 ⁹	10 ⁸	10 ¹⁷
LB 7	10 ⁻⁷	10 ⁴	3 x 10 ⁻⁸	3 x 10 ⁻¹⁷	10 ⁻⁸	5 x 10 ⁴	1,5 x 10 ³	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ¹⁸
LB 8	10 ⁻⁸	10 ⁵	3 x 10 ⁻⁹	3 x 10 ⁻¹⁸	10 ⁻⁹	5 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁴	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁹
LB 9	10 ⁻⁹	10 ⁶	3 x 10 ⁻¹⁰	3 x 10 ⁻¹⁹	10 ⁻¹⁰	5 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁵	10 ¹²	10 ¹¹	10 ²⁰
LB 10	10 ⁻¹⁰	10 ⁷	3 x 10 ⁻¹¹	3 x 10 ⁻²⁰	10 ⁻¹¹	5 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁶	10 ¹³	10 ¹²	10 ²¹

Quelle: DGUV/BGHH

ID 030946

26

DGUV-Information 203-042

Standzeit von Laserschutzbrillen gemäß DIN EN 207:
5 Sekunden

Verwendung einer Überhöhungsfunktion $F(d)$

Vorgehensweise bei der Auswahl von Laserschutzbrillen
bei gepulsten Lasern



Quelle: DGUV

ID 090094c

28

Kennzeichnung (3)

$P_0 = 100 \text{ W}$
 $P_p \leq 5,5 \text{ kW}$
 $t = 0,1 \text{ ms} - 20 \text{ ms}$
 $F = \text{Einzelimpuls bis } 300 \text{ Hz}$
 $\lambda = 1064 \text{ nm}$

$f = 100 \text{ mm}$

$d_L = 10 \text{ mm}$

Bedingungen wie bei
vorherigem Beispiel

$E' = 6,02 \times 10^7 \text{ W/m}^2$

ID 030905a

29

Schutzstufe Laserschutzbrille (3)

DGUV-I 203-042
Tab. 3

(4) L7

Schutzstufe
1064 DLB 7

Quelle: DGUV/BGHM

Schutz- stufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge $\tau(\lambda)$	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1400 nm			> 1400 nm bis 1000 μm		
					Für die Laser					
		D	I, R	M	D	I, R	M	D	I, R	M
		E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_0 W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
LB 1	10^{-1}	0,01	3×10^2	3×10^{11}	10^2	0,05	$1,5 \cdot 10^{-3}$	10^4	10^3	10^{12}
LB 2	10^{-2}	0,1	3×10^3	3×10^{12}	10^3	0,5	$1,5 \cdot 10^{-2}$	10^5	10^4	10^{13}
LB 3	10^{-3}	1	3×10^4	3×10^{13}	10^4	5	0,15	10^6	10^5	10^{14}
LB 4	10^{-4}	10	3×10^5	3×10^{14}	10^5	5	1,5	10^7	10^6	10^{15}
LB 5	10^{-5}	10^2	3×10^6	3×10^{15}	10^6	5×10^2	15	10^8	10^7	10^{16}
LB 6	10^{-6}	10^3	3×10^7	3×10^{16}	10^7	5×10^3	$1,5 \times 10^2$	10^9	10^8	10^{17}
LB 7	10^{-7}	10^4	3×10^8	3×10^{17}	10^8	5×10^4	$1,5 \times 10^3$	10^{10}	10^9	10^{18}
LB 8	10^{-8}	10^5	3×10^9	3×10^{18}	10^9	5×10^5	$1,5 \times 10^4$	10^{11}	10^{10}	10^{19}
LB 9	10^{-9}	10^6	3×10^{10}	3×10^{19}	10^{10}	5×10^6	$1,5 \times 10^5$	10^{12}	10^{11}	10^{20}
LB 10	10^{-10}	10^7	3×10^{11}	3×10^{20}	10^{11}	5×10^7	$1,5 \times 10^6$	10^{13}	10^{12}	10^{21}

(1) 315 bis 1400 nm

(2) D

(3) 10^8

ID 030946

30

Impuls

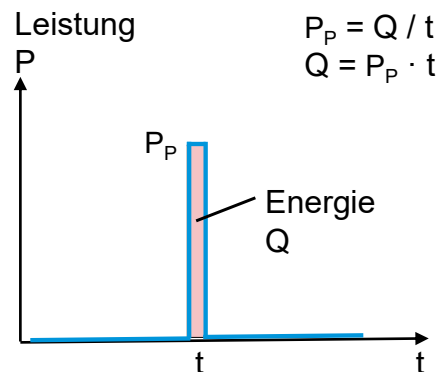
$$P_P = 5,5 \text{ kW}$$

Annahme: Maximalleistung bei $t = 1 \text{ ms}$

$$Q = P_P \cdot t = 5,5 \text{ kW} \times 0,001 \text{ s} = 5,5 \text{ J}$$


$$H = Q / A = 5,5 \text{ J} / 0,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$H = 3,9 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2$$



ID 090163

31

 BGHM

Schutzstufe Laserschutzbrille - Impuls

DGUV-I 203-042
Tab. 3

(1) 315 bis 1400 nm

(4) ILB 7

Schutzstufe
1064 ILB 7

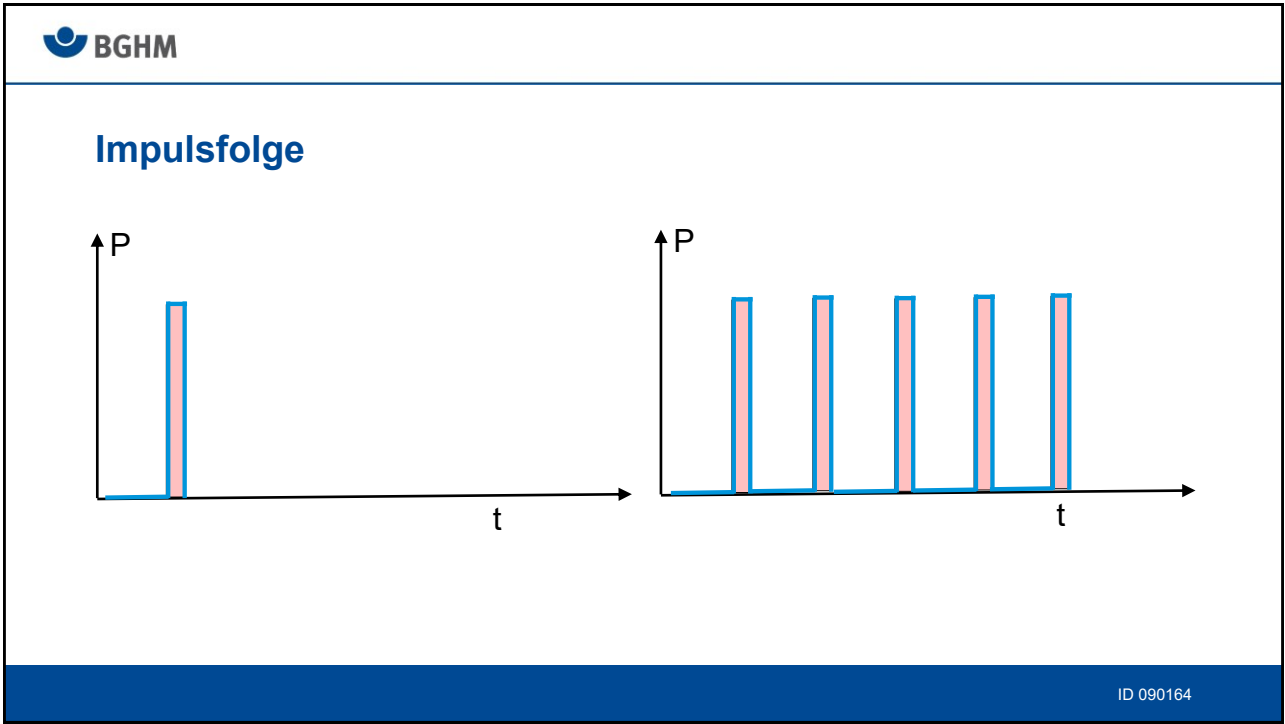
Schutzstufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge τ (λ)	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1 400 nm			> 1 400 nm bis 1 000 μ m		
		Für die Laserbetriebsart								
		D	I, R	M	D	I, R	M	I, R	M	
		E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²	E_D W/m ²	$H_{I,R}$ J/m ²	E_M W/m ²
LB 1	10 ⁻¹	0,01	3 x 10 ²	3 x 10 ¹¹	10 ²	0,05	1,5 · 10 ⁻³	10 ⁴	10 ³	10 ¹²
LB 2	10 ⁻²	0,1	3 x 10 ³	3 x 10 ¹²	10 ³	0,5	1,5 · 10 ⁻²	10 ⁵	10 ⁴	10 ¹³
LB 3	10 ⁻³	1	3 x 10 ⁴	3 x 10 ¹³	10 ⁴		0,15	10 ⁶	10 ⁵	10 ¹⁴
LB 4	10 ⁻⁴	10	3 x 10 ⁵	3 x 10 ¹⁴	10 ⁵	50	1,5	10 ⁷	10 ⁶	10 ¹⁵
LB 5	10 ⁻⁵	10 ²	3 x 10 ⁶	3 x 10 ¹⁵	10 ⁶	5 x 10 ²	15	10 ⁸	10 ⁷	10 ¹⁶
LB 6	10 ⁻⁶	10 ³	3 x 10 ⁷	3 x 10 ¹⁶	10 ⁷	5 x 10 ³	1,5 x 10 ²	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ¹⁷
LB 7	10 ⁻⁷	10 ⁴	3 x 10 ⁸	3 x 10 ¹⁷	10 ⁸	5 x 10 ⁴	1,5 x 10 ³	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁸
LB 8	10 ⁻⁸	10 ⁵	3 x 10 ⁹	3 x 10 ¹⁸	10 ⁹	5 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁴	10 ¹²	10 ¹¹	10 ¹⁹
LB 9	10 ⁻⁹	10 ⁶	3 x 10 ¹⁰	3 x 10 ¹⁹	10 ¹⁰	5 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁵	10 ¹³	10 ¹²	10 ²⁰
LB 10	10 ⁻¹⁰	10 ⁷	3 x 10 ¹¹	3 x 10 ²⁰	10 ¹¹	5 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁶	10 ¹⁴	10 ¹³	10 ²¹

(3) 5 x 10⁴

Quelle: DGUV/BGHM

ID 030946

32



33



Berücksichtigung Impulsfolge

Berücksichtigung Impulsfolge innerhalb 5 s

$$H' = H \cdot N^{0,25} \quad (\text{empirisch ermittelt})$$

$$N = f \cdot 5 / \text{s} \quad \text{Impulszahl innerhalb 5 s}$$

für $\lambda = 400 \text{ nm} \dots 10^6 \text{ nm}$

$$t < 0,25 \text{ s}$$

$$f > 1 \text{ Hz}$$

ID 090165

34



Berücksichtigung Impulsfolge

Berücksichtigung Impulsfolge innerhalb 5 s

$$f = 300 \text{ Hz}$$

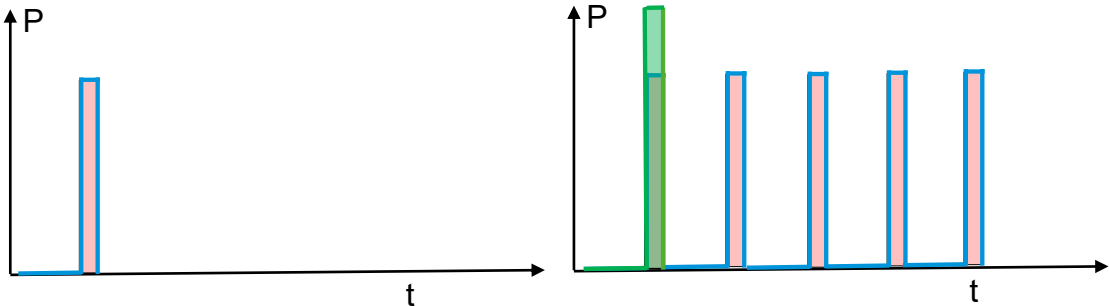
$$\begin{aligned} N &= f \cdot 5 \\ &= 1500 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H' &= H \cdot N^{0,25} \\ &= 3,9 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2 \cdot 1500^{0,25} \\ &= 3,9 \cdot 10^4 \text{ J/m}^2 \cdot 6,22 \\ &= 2,4 \cdot 10^5 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

ID 090166

35

Impulsfolge



ID 090164

Schutzstufe Laserschutzbrille - Impuls

DGUV-I 203-042
Tab. 3

(4) ILB 8

Schutzstufe
1064 ILB 8

(1) 315 bis 1400 nm

(2) I

(3) 5×10^5

Schutz- stufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei der Laserwellenlänge τ (λ)	Maximale Leistungs- (E) und/oder Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich									
		180 nm bis 315 nm			> 315 nm bis 1 400 nm			> 1 400 nm bis 1 000 μm			
		Für die Laservetriebsart									(2) I
		D	I, R	M	D	I, R	M	E ₀	I, R	M	
		E ₀ W/m ²	H _{I, R} J/m ²	E _M W/m ²	E ₀ W/m ²	H _{I, R} J/m ²	E _M W/m ²	E ₀ W/m ²	H _{I, R} J/m ²	E _M W/m ²	
LB 1	10 ⁻¹	0,01	3 x 10 ²	3 x 10 ¹¹	10 ²	0,05	1,5 · 10 ⁻³	10 ⁴	10 ³	10 ¹²	
LB 2	10 ⁻²	0,1	3 x 10 ³	3 x 10 ¹²	10 ³	0,5	1,5 · 10 ⁻²	10 ⁵	10 ⁴	10 ¹³	
LB 3	10 ⁻³	1	3 x 10 ⁴	3 x 10 ¹³	10 ⁴		0,15	10 ⁶	10 ⁵	10 ¹⁴	
LB 4	10 ⁻⁴	10	3 x 10 ⁵	3 x 10 ¹⁴	10 ⁵	50	1,5	10 ⁷	10 ⁶	10 ¹⁵	
LB 5	10 ⁻⁵	10 ²	3 x 10 ⁶	3 x 10 ¹⁵	10 ⁶	5 x 10 ²	15	10 ⁸	10 ⁷	10 ¹⁶	
LB 6	10 ⁻⁶	10 ³	3 x 10 ⁷	3 x 10 ¹⁶	10 ⁷	5 x 10 ³	1,5 x 10 ²				
LB 7	10 ⁻⁷	10 ⁴	3 x 10 ⁸	3 x 10 ¹⁷	10 ⁸	5 x 10 ⁴	1,5 x 10 ³	10 ¹⁰	10 ⁹	10 ¹⁸	
LB 8	10 ⁻⁸	10 ⁵	3 x 10 ⁹	3 x 10 ¹⁸	10 ⁹	5 x 10 ⁵	1,5 x 10 ⁴	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹⁹	
LB 9	10 ⁻⁹	10 ⁶	3 x 10 ¹⁰	3 x 10 ¹⁹	10 ¹⁰	5 x 10 ⁶	1,5 x 10 ⁵	10 ¹²	10 ¹¹	10 ²⁰	
LB 10	10 ⁻¹⁰	10 ⁷	3 x 10 ¹¹	3 x 10 ²⁰	10 ¹¹	5 x 10 ⁷	1,5 x 10 ⁶	10 ¹³	10 ¹²	10 ²¹	

Quelle: DGUV/BGHM

ID 030946

Helme, Visiere – handgeführtes Laserschweißen

Laserschweißhelm MASTR – www.laser2000.com

Laserschutzvisier FS1 – www.uvex-laservision.de

Laserschweißhelm Passive ALF – www.lasermetgmbh.de

Laserschweißhelm Panoramaxx Hybrid – www.optrel.de

Laserschweißhelm MAXIMUS – www.protect-laserschutz.de

ID 082851

38

Laserschutzhandschuhe/ -textilien

Die Schutzwirkung der PSA bis zur spezifizierten Leistungsdichte wird erreicht durch:

- den definierten Wärmetransport zur Haut, um den Energieeintrag zu fühlen (Reflexverhalten)
- die definierte Mindeststandzeit des Textils bis zum Eintreten von Verbrennungen 2. Grades



Quelle: BAuA

leichter Baumwollhandschuh
 $E = 2,7 \cdot 10^5 \text{ W/m}^2$
Flammenbildung: 1,5 s
Lochbildung: 2 s



Quelle: BAuA

Schweißerschutzhandschuh
 $E = 3,7 \cdot 10^5 \text{ W/m}^2$
Schrumpfen: sofort
Lochbildung: 5,5 s

ID 082852

39

Anforderungen an Laserschutzhandschuhe

- Ausreichend geringer Transmissionsgrad, so dass die maximal zulässige Bestrahlung der Haut (EGW_{Haut} gem. TROS Laserstrahlung) nicht überschritten wird.
- Ausreichender Widerstand gegen Lochbildung, so dass keine Schädigungen der Haut durch Überschreitung der EGW_{Haut} auftreten.
- Ausreichend lange Toleranzzeit, d. h. bei Absorption der Laserstrahlung begrenzter Wärmetransport des Schutzsystems an die Haut, so dass innerhalb der Reaktionszeit (zum Entfernen des Körperteils aus dem Expositionsbereichs) keine Schädigungen (Verbrennungen 2. Grades oder höher) der Haut auftreten.
- Sie dürfen keine Gefahr mit sich bringen, z. B. durch Entflammen, Einbrennen in die Haut, Schrumpfen etc.

ID 082853

40

DGUV-Informationen

DGUV- Information 203-042
Auswahl und Benutzung von
Laser-Schutz- und -Justierbrillen

erhältlich über: www.bghm.de



Quelle: DGUV

ID 090094a

43