

Laserschutzfilter und Laserschutzbrillen

DIN
58 215

Protective screens and goggles against laser beams

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Rahmen des Gesetzes über technische Arbeitsmittel.
Diese erstrecken sich auf den gesamten Inhalt der Norm.

1. Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Schutzfilter und -brillen gegen Laserstrahlung im Spektralbereich zwischen 200 nm und 1000 μm .

2. Grundlagen

Durch die Wahl geeigneter Substanzen und Anregungsbedingungen kann man Laserstrahlung einer Vielzahl von Wellenlängen erzeugen. Außerdem gibt es Laser, deren Strahlung in gewissen Wellenlängenbereichen durchstimmbar ist. Deshalb ist es nicht möglich, ein einziges Filter herzustellen, das Schutz gegen alle Arten von Lasern bietet. Die Filter dürfen nur für die in der Kennzeichnung angegebenen Wellenlänge benutzt werden, u. U. bieten sie bei anderen Wellenlängen desselben Lasers keinen Schutz. Die Lichtdurchlässigkeit außerhalb der Laserwellenlängen soll möglichst groß sein.

Die Gefährdung des Auges durch Laser ist von der Wellenlänge der emittierten Strahlung abhängig. Für den Schutz des Auges gegen Laserstrahlung muß man deshalb den genannten Spektralbereich in zwei Abschnitte unterteilen:

a) von 200 nm bis 1400 nm

Laserstrahlung dieses Wellenlängenbereiches kann durch die brechenden Medien des Auges auf die Netzhaut fokussiert werden. Dies bedeutet eine Erhöhung der Bestrahlungsstärke um viele Größenordnungen. Die zulässigen Bestrahlungsstärken bzw. Bestrahlungen sind dementsprechend sehr niedrig.

b) 1400 nm bis 1000 μm

In diesem Strahlungsbereich können vor allem an den vorderen Augenabschnitten und der unmittelbaren Umgebung des Auges Schädigungen auftreten. Für die Verursachung von Schäden ist die Hornhautbestrahlungsstärke direkt maßgebend. Dementsprechend sind die zulässigen Bestrahlungen bzw. Bestrahlungsstärken für diese Laser wesentlich höher.

3. Anforderungen

3.1. Spektraler Transmissionsgrad

Die in diesem Abschnitt genannten Transmissionsgrenzen entsprechen einer Langzeitbestrahlung mit Dauerstrichlasern bzw. der Konzentration der Energie von Impulslasern in einem Impuls.

Der Transmissionsgrad ist unter einem $\angle$ von 0° und bei Laserschutzfiltern mit Interferenzschichten auch unter einem $\angle$ von 30° zu messen. Auf dem Filter ist die niedrigste Schutzstufe anzugeben.

3.1.1. Laserwellenlängen im Spektralbereich von 200 nm bis 1400 nm

Es sind maximal folgende Hornhaut-Bestrahlungsstärken bzw. Bestrahlungen je Impuls zulässig.

Tabelle 1. Maximal zulässige Bestrahlung bzw. Bestrahlungsstärke

Art des Lasers	Betriebs- bzw. Impulsdauer	Maximal zulässige Bestrahlungsstärke bzw. Bestrahlung
Dauerstrichlaser	über 0,1 s	$E_D = 5 \cdot 10^{-6} \text{ W/cm}^2$
Impuls-laser	über 1 μs bis 0,1 s	$H_I = 5 \cdot 10^{-7} \text{ J/cm}^2$
Riesenimpuls-laser	1 ns bis 1 μs	$H_{RI} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ J/cm}^2$

Es bedeuten:

E_D Höchste zulässige Bestrahlungsstärke auf der Hornhaut für Dauerstrichlaser

H_I Höchste zulässige Bestrahlung auf der Hornhaut für Impuls-laser

H_{RI} Höchste zulässige Bestrahlung auf der Hornhaut für Riesenimpuls-laser

Für Impulse, deren Dauer unter 1 ns liegt, sind Richtwerte noch nicht bekannt. Sie sind nach dem Stand der Erkenntnisse niedriger anzusetzen als $5 \cdot 10^{-8} \text{ J/cm}^2$.

Die Bestrahlungsstärke bzw. Bestrahlung läßt sich aus der Geometrie des Bündels und der Laserdaten berechnen. Dabei ist der ungünstigste Fall zu berücksichtigen.

3.1.2. Laserwellenlängen im Spektralbereich über 1400 nm bis 1000 μm

Neben dem CO_2 -Laser (10,6 μm Wellenlänge), der die größte Verbreitung hat, arbeiten noch eine Vielzahl von Lasern im Spektralbereich von 1400 nm bis 1000 μm . In dem gesamten Spektralbereich ist die Absorption des Wassers groß, so daß im Auge praktisch keine Strahlung bis zur Netzhaut gelangen kann. Die Werte für die zulässigen Bestrahlungsstärken bzw. Bestrahlungen sind für alle Laserstrahlen in diesem Spektralbereich stets von der Größenordnung der Werte wie sie für den CO_2 -Laser gelten.

Fortsetzung Seite 2 bis 4

Bei 10,6 μm Wellenlänge sind maximal folgende Hornhaut-Bestrahlungsstärken bzw. -Bestrahlungen je Impuls zulässig.

Tabelle 2. Maximal zulässige Bestrahlungsstärke

Art des Lasers	Betriebs- bzw. Impulsdauer	Maximal zulässige Bestrahlungsstärke bzw. Bestrahlung
Dauerstrichlaser	über 0,1 s	$E_D = 0,1 \text{ W/cm}^2$
Impuls-laser	1 μs bis 0,1 s	$H_I = 0,01 \text{ J/cm}^2$

Anmerkung: Für die Impulse, deren Dauer unter 1 μs liegt, sind Richtwerte noch nicht bekannt.

3.1.3. Schutzstufen

Die Schutzstufe ist der ganzzahlig abgerundete dekadische Logarithmus des Transmissionsgrades. Berechnet man gemäß den Abschnitten 3.1.1 und 3.1.2 den notwendigen minimalen Transmissionsgrad, so erhält man Tabelle 3. Sie gibt für die beiden Spektralbereiche 200 nm bis 1400 nm und über 1400 nm bis 1000 μm in Abhängigkeit von der zulässigen Bestrahlungsstärke die empfohlenen Schutzstufen an.

Werden Impuls laser quasikontinuierlich betrieben, d. h. mit einer Impulsfolgefrequenz von mehr als 10 s^{-1} , so muß die Schutzstufe aus der Spalte für Dauerstrichlaser entnommen werden.

3.2. Lichttransmissionsgrad

Der Lichttransmissionsgrad der Laserschutzfilter, bezogen auf Normlichtart C gemäß DIN 5033 Blatt 7 muß mindestens 0,2 betragen. Ausnahmen sind möglich, wenn die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz proportional über die Werte von DIN 5035 erhöht wird. Der Hersteller muß auf einen Lichttransmissionsgrad unter 0,2 schriftlich aufmerksam machen.

3.3. Beständigkeit gegen Laserstrahlung

Die Schutzfilter dürfen unter Einfluß der Laserstrahlung ihre Schutzwirkung nicht verlieren.

Zur Prüfung werden die Laserschutzfilter der höchsten Bestrahlungsstärke bzw. Bestrahlung ausgesetzt, gegen die das Filter noch Schutz bieten soll. Die Prüfdauer ist in Tabelle 4 festgelegt.

Tabelle 4.

Art des Lasers	Prüfdauer bei Laserschutzfiltern
Dauerstrichlaser und Impuls laser mit einer Impulsfrequenz von mehr als 10 s^{-1}	10 s
Alle Impuls laser mit einer Impulsfolgefrequenz von weniger als 10 s^{-1}	100 Impulse

Auch am Ende der Prüfdauer muß das Laserschutzfilter gemäß seiner Schutzstufe vollen Schutz bieten. Sind keine Schäden (geschmolzene Stellen, Brüche, Risse usw.) klar erkennbar, so muß die Prüfung bis zu 10mal wiederholt werden. Dies dient zur Ermittlung verborgener Beschädigungen, wie zum Beispiel Ausbleichen. Die Filter dürfen bei den höchsten zulässigen Anregungsdichten keine induzierte Transmission zeigen (Q-Switch-Effekt). Diese Prüfung erfolgt bei der angegebenen Wellenlänge, bzw. bei einer Wellenlänge in dem angegebenen Wellenlängenbereich, für den der Schutz vorgesehen ist.

4. Zusätzliche Anforderungen

4.1. Brechwert

Die zulässigen Brechwerte sind in Tabelle 5 aufgeführt und gelten für die in DIN 4646 Blatt 1 festgelegten Bereiche der Filter.

Tabelle 3. Eigenschaften und Verwendung der Laserschutzfilter

Schutzstufe	Maximaler spektraler Transmissionsgrad bei den Laserwellenlängen	Höchstzulässige Bestrahlungsstärke bzw. Bestrahlung der Hornhaut im Spektralbereich				
		200 bis 1400 nm			> 1400 nm bis 1000 μm	
		E_D $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	H_I $\frac{\text{J}}{\text{m}^2}$	H_{RI} $\frac{\text{J}}{\text{m}^2}$	E_D $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$	H_I $\frac{\text{J}}{\text{m}^2}$
L_1	10^{-1}	0,5	0,05	0,005	10^4	10^3
L_2	10^{-2}	5	0,5	0,05	10^5	10^4
L_3	10^{-3}	50	5	0,5	10^6	10^5
L_4	10^{-4}	$5 \cdot 10^2$	50	5	10^7	10^6
L_5	10^{-5}	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$	50	10^8	10^7
L_6	10^{-6}	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^2$	10^9	10^8
L_7	10^{-7}	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	10^{10}	10^9
L_8	10^{-8}	$5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^4$	—	10^{10}
L_9	10^{-9}	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^5$	—	10^{11}
L_{10}	10^{-10}	$5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	—	—
L_{11}	10^{-11}	$5 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7$	—	—