

# Sicherheit und Gesundheit – Sicherheit im Laser-Labor

der Fakultät für Physik

Wien, 2019-03-12

# Obligatorische Regeln

- Laserlabore müssen mit nebenstehendem Symbol gekennzeichnet sein.
- Das Betreten dieser Räume ist für nicht befugtes Personal, das nicht von (einer | einem) befugten Mitarbeit(erin | er) begleitet wird, **strengstens verboten**.
- Beim Betrieb von Lasern der Klasse 3B + 4 muss ein neben dem Eingang zum Labor sichtbar angebrachtes Warnlicht leuchten.
- Das Betreten eines Labors mit einem aktiven Warnlicht ist **strengstens verboten**.



- Installieren Sie im Labor Lasersicherheitsvorhänge oder -wände mit ausreichender Feuerschutzsicherheitsklasse um Laserzonen zu trennen.
- Neuen Kolleg(en | innen) müssen alle Regeln am ersten Arbeitstag im Lasersicherheitsbereich aktiv erklärt werden.
- Jed(e | r) Einzelne ist verantwortlich für die Sicherheit in (seinem | ihrem) Bereich.
- Aktivieren Sie Laser erst, wenn alle Sicherheitsmaßnahmen ergriffen und alle Mitarbeit(er | erinnen) vorgewarnt sind.
- Tragen Sie Leuchtmittel (Stirnlampe, Taschenlampe) bei sich, falls die Notbeleuchtung aus experimentellen Gründen abgedeckt ist.

# Obligatorische Regeln

- Jeder Zwischenfall und Unfall muss unverzüglich beim Lasersicherheitsbeauftragten gemeldet werden. Der Beauftragte der Fakultät ist [Wilhelm Markowitsch](#) (Durchwahl 72625).
- Der Lasersicherheitsbeauftragte wird sich um alle weiteren Schritte kümmern.

Klasse	Beschreibung
1	Die Laserstrahlung ist ungefährlich oder der Laser ist in einem geschlossenen Gehäuse.
1M	Die Laserstrahlung ist ungefährlich, solange keine optische Instrumente (z.B. Lupen, Fernrohre) verwendet werden.
2	Die zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie sollte bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich sein, solange der natürliche Lidschlussreflex funktioniert. Verlassen Sie sich <b>NICHT</b> darauf.
2M	Wie Klasse 2, solange keine optischen Instrumente wie Lupen oder Ferngläser, verwendet werden.

Textquelle: [Wikipedia](#) (CC-by-sa-3.0)

Klasse	Beschreibung
3R	Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge.
3B	Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut. Diffuses Streulicht ist in der Regel ungefährlich. (Beispiel: Laser von CD-/DVD-Brennern, bei denen die Laserstrahlung allerdings nicht direkt zugänglich ist)
4	Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Beim Einsatz dieser Laserstrahlung besteht Brand- oder Explosionsgefahr. Dies ist eine für Forschungslaser typische Klasse.

Textquelle: [Wikipedia](#) (CC-by-sa-3.0)

- Blockieren Sie den Laserstrahl beim Ein- und Ausbau optischer Komponenten mit einem geeigneten Strahlblocker/Schild.
- Benutzen Sie nur schwarzes (bzw. schwarz eloxiertes) Werkzeug.
- Verbauen Sie nur fest fixierte optische Elemente.
- Justieren Sie den Laser bei der kleinstmöglichen Leistung.
- Entfernen Sie jegliche Art von Schmuck oder Uhren von Ihren Händen.
- Bringen Sie niemals Papier oder Lösungsmittel in den Strahl von Klasse 3B oder 4 Laser ein.

- Sämtliche an Geräten angebrachte Sicherheitshinweise sind zu beachten.
- Selbst diffuse Reflexionen können noch große Energie besitzen. Bei einem Klasse-4-Laser kann dies desaströse Konsequenzen, wie Verbrennungen oder schwere Augenschäden, haben.
- Computermonitore auf Strahlhöhe sind, da der Laserstrahl an ihnen reflektiert werden kann, ein ernstzunehmendes Sicherheitsrisiko. Drehen Sie daher den Monitor vom Experiment weg, trennen Sie ihn von diesem durch eine Lasersicherheitswand oder montieren Sie ihn in einer anderen Höhe.

- Maßgeblich bei nichtionisierender Strahlung: die thermische Leistung pro Fläche sowie die wellenlängenabhängigen Absorptionseigenschaften des Gewebes.
- Auch andere intensive Lichtquellen als Laser (z.B. Xenon-Lampen) können signifikanten Augenschaden herbeiführen.
- Blue-light-hazard: Dauerhafte Exposition mit blauem Licht (insbesondere UV-C) kann auch bei niedrigen Intensitäten über längere Zeit zu einer Bindehautentzündung führen.
- Bedecken Sie bei Verwendung von Lasern der Klasse 3B und 4 Ihre Haut vollständig um Verbrennungen vorzubeugen.

# Gefahreneinstufung in Abhängigkeit der Wellenlänge

## Wellenlängenbereich

< 400 nm

Organische Molekülbindungen werden zerstört und die Absorbtionstiefe sinkt. Schädigungen treten auch bei geringen Leistungsdichten auf.

400 nm bis 1,4  $\mu\text{m}$

Hornhaut, Augenflüssigkeit, Augenlinse und Glaskörper sind transparent. **Starke Gefährdung** der Netzhaut. Wellenlängen über 750 nm sind zudem unsichtbar. Somit kommt es zu keinen Abwendreaktionen wie dem Lidschlussreflex.

1,4  $\mu\text{m}$  bis 3  $\mu\text{m}$

Die Hornhaut absorbiert die Strahlung großflächig. Dieser Bereich wird auch als „augensicher“ bezeichnet. Verlassen Sie sich **NICHT** darauf, denn das ist bei höheren Laserleistungen gefährlicher Unsinn.

> 3  $\mu\text{m}$

Die Hornhaut absorbiert sie Strahlung großflächig, aber die Absorbtionstiefe sinkt auf unter 0,1 mm. Dadurch kann es zu Schäden der Hornhaut kommen.

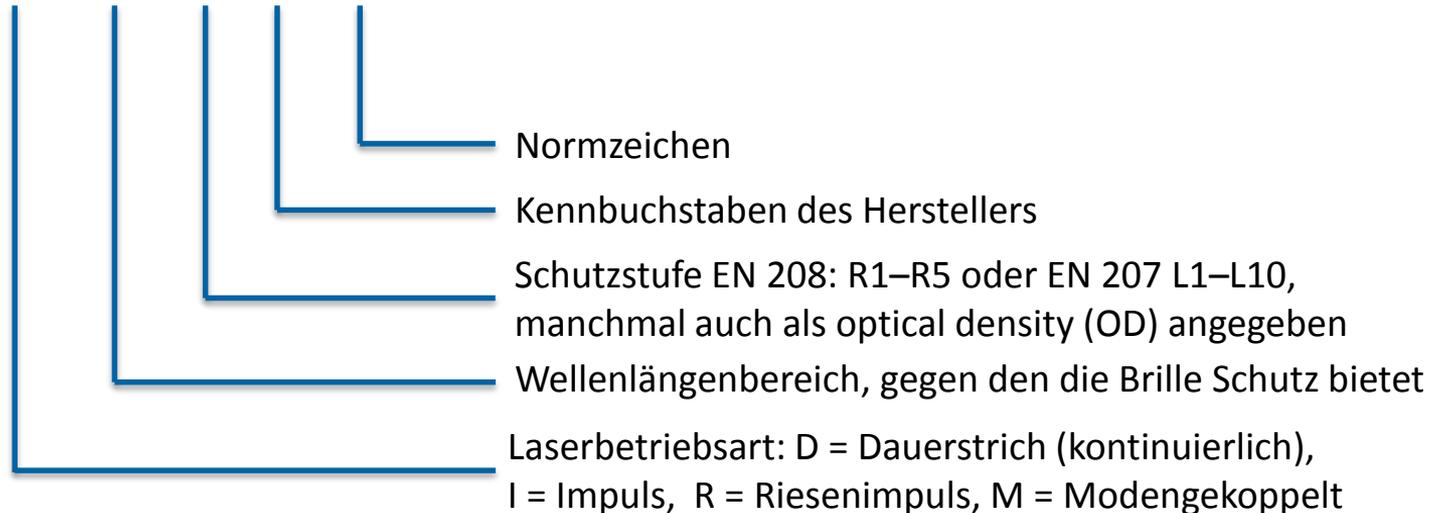
- Benutzen Sie **IMMER** Laserschutzbrillen.
- Die Schutzbrille muss zu **ALLEN** Lasertypen in Ihrer Umgebung passen.
- Schutzbrillen sind nicht allmächtig!
- Schutzbrillen sind nur für eine Exposition von 5 s getestet.
- Schutzbrillen mit Schäden müssen ausgetauscht werden.
- Bewegen Sie Ihre Augen auch mit der Schutzbrille **NIE** auf Höhe des Strahls.

# Schutz- und Justierbrillen laut Euronormen 207 und 208

- Die Norm EN 207 definiert Anforderungen an Laserschutzbrillen.
- Laserschutzbrillen sollen nur vor einer zufälligen Bestrahlung und nicht vor einem Blick in den Laserstrahl schützen.
- Bei Arbeiten mit dem Laserstrahl kann es notwendig sein, diesen ausreichend gut zu sehen. Laserschutzbrillen haben dafür üblicherweise eine zu hohe optische Dichte.
- Zu diesem Zweck werden Laserjustierbrillen verwendet, deren Anforderungen in der Norm EN 208 zusammengefasst sind. Die Brille muss zudem den Wortlaut „Laserjustierbrille“ tragen.

# Schutz- und Justierbrillen laut Euronormen 207 und 208

- Die Spezifikationen sind auf den Brillen und/oder Datenblättern vermerkt.
- Beispiel: D 1064 L5 X DIN CE



# Schutzbrillen laut Euronorm 207

- Die Euronorm 207 verlangt, dass die Schutzbrille den Nutzer mindestens 10 s vor einem Dauerstrichlasers (D) bzw. 100 Pulse eines Impulslasers (I, R) schützt.

Betriebsart	Pulsdauer	Einheit	Betriebsart	Pulsdauer	Einheit
D	> 0,25 s	W/m <sup>2</sup>	R	10 <sup>-9</sup> bis 10 <sup>-6</sup> s	J/m <sup>2</sup>
I	10 <sup>-6</sup> bis 0,25 s	J/m <sup>2</sup>	M	< 10 <sup>-9</sup> s	W/m <sup>2</sup>

- Die Schutzstufe  $L_n$  gibt an um wie viele Größenordnungen  $n$  die Intensität abgeschwächt wird für die drei Bänder 180–315 nm, 315–1400 nm und 1400 nm–1000  $\mu\text{m}$  getrennt angegeben.

# Schutzbrillen laut Euronorm 207

Schutzstufe	Transmission	Maximale Leistung (E) bzw. Energiedichte (H) im Wellenlängenbereich								
		180 nm bis 315 nm			315 nm bis 1400 nm			1400 nm bis 1000 $\mu\text{m}$		
		D $\text{W}/\text{m}^2$	I,R $\text{J}/\text{m}^2$	M $\text{W}/\text{m}^2$	D $\text{W}/\text{m}^2$	I,R $\text{J}/\text{m}^2$	M $\text{W}/\text{m}^2$	D $\text{W}/\text{m}^2$	I,R $\text{J}/\text{m}^2$	M $\text{W}/\text{m}^2$
L1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{11}$	$10^2$	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$10^4$	$10^3$	$10^{12}$
L2	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{12}$	$10^3$	$5 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$10^5$	$10^4$	$10^{13}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
L10	$10^{-10}$	$10^7$	$3 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{20}$	$10^{11}$	$5 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^6$	$10^{13}$	$10^{12}$	$10^{21}$

Beispiel: Ein kontinuierlich strahlender Laser hat eine Leistung von  $50 \text{ mW/cm}^2$  und eine Wellenlänge von  $780 \text{ nm}$ .

1. Die Betriebsart ist D.
2.  $50 \text{ mW/cm}^2$  entsprechen  $500 \text{ W/m}^2$ .
3. Schutzstufe L1 ist mit maximal  $100 \text{ W/m}^2$  zu gering, aber Schutzstufe L2 ist mit maximal  $1000 \text{ W/m}^2$  ausreichend.
4. Die Schutzbrille muss also **zumindest** D 780 L2 entsprechen.

# Justierbrillen laut Euronorm 208

Schutzstufe	Transmission	400 nm bis 700 nm	
		Leistung (Pulsdauer > $2 \cdot 10^{-4}$ s) W	Energie (Pulsdauer $10^{-9}$ s bis $2 \cdot 10^{-4}$ s) J
R1	$10^{-1}$	0,01	$2 \cdot 10^{-6}$
R2	$10^{-2}$	0,1	$2 \cdot 10^{-5}$
⋮	⋮	⋮	⋮
R5	$10^{-5}$	100	$2 \cdot 10^{-2}$

Alle Werte bezogen auf einen Strahldurchmesser von maximal 7 mm.

# Lasersicherheit – Weiterführende Informationen

Weiterführende Informationen können Sie im Merkblatt [M 080](#) der [AUVA](#) finden.

Gestaltung: Katharina Prochazka, [Stephan Puchegger](#)

Inhalt: Markus Arndt, Stefanie Barz, Petra Beckmannova, Florian Blaser, Philipp Haslinger, Nikolai Kiesel, Wilhelm Markowitsch, Med. Universität, MPFL, Stephan Puchegger, RRM, Christoph Schuster-Bourgin, Viktor Schlosser, Nina Weinmann

Der Text wurde mit Hilfe von [regular expressions](#) gegendert.