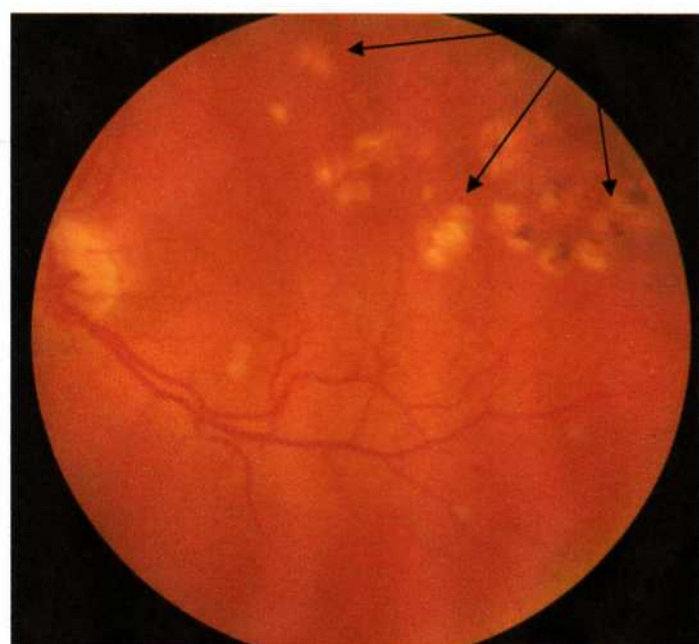


Dr. med. Florian Thienel

Laser unterscheiden sich von konventionellen Lichtquellen wie z.B. Glühlampen darin, dass sie eine gebündelte, fast parallele Strahlung exakt einer Wellenlänge mit konstanter Phasendifferenz emittieren. In der Praxis bedeutet dies, dass sich Laser auf kleinste Flächen fokussieren lassen (1)(2). Die so erzeugte hohe Energiedichte auf kleiner Fläche kann zu Gewebeschäden führen. Insbesondere das Auge ist gefährdet, da auch Laserstrahlung wie normales Licht vom optischen Apparat des Auges gebündelt und auf einen Punkt der Netzhaut konzentriert wird. Hierbei kann die einfallende Energie des Laserstrahls um den Faktor 10^6 verstärkt werden (3).

Mit steigender Energiedichte treten zunehmende Schädigungen an der Netzhaut auf: Photochemische Reaktionen; thermische Wirkung in Form von Denaturierung von Enzymen, Proteinen, Membranauflockerung, Blutung, Verdampfen von Gewebe, Karbonisierung; Photoablation (Abtragung von Materie), Photodisruption (Zertrümmerung von Gewebe). Als Folge thermischer Wirkungen bilden sich Narben aus (3)(4).



*Abb. 1: Laserbedingte Narben an der Netzhaut (Pfeile)
(Foto Dr. med. D. Sander, Quakenbrück)*

Subjektiv erleiden Menschen, die von Laserstrahlung im Bereich der Netzhaut getroffen werden, folgende Symptomatik, die nach zunehmender Schwere der Schädigung aufgeführt ist:

1. Blendung: temporäre Störung des Sehens
2. Nachbilder: sekunden- bis minutenlange Verzerrung des Sehens
3. Blitz-Blindheit („Flash-blindness“): Orientierungsverlust für einige Minuten.

Die unter 1. – 3- genannten Störungen des Sehens hinterlassen keine sichtbaren und bleibenden Spuren in der Netzhaut. Jedoch kann eine solche kurzfristige Beeinträchtigung des Sehvermögens in ihren Konsequenzen fatal sein, wenn sie den Lenker eines Motorfahrzeugs, eines Zugs oder eines Flugzeugs trifft (4)(5).

4. Laserbedingte Verbrennung von Gewebe in der Sehgrube (Fovea) - der Region des scharfen Sehens von 150 µm Durchmesser:

Diese vom Laserstrahl ausgelöste Schädigung kann zu vollkommener oder teilweiser Erblindung – Gesichtsfeldausfall - führen.

Untersuchungen zur Physiologie des Sehens haben ergeben, dass grelle oder blitzende Lichtquellen in der Umwelt die Fixierung durch die Sehgrube anziehen. Die vorderen Augenabschnitte werden nicht betroffen. (2)(4)



Abbildung 2: Blutung (Photo Dr. med. D. Sander, Quakenbrück)

Lasere werden je nach möglicher Wirkung auf den Menschen gemäß der europäischen Norm in vier Laserschutzklassen eingeteilt.

Klasse 1	Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich
Klasse 1M	Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 bis 4000 nm. Sie ist vergleichbar ungefährlich wie Klasse 1, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird! Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können jedoch vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten
Klasse 2	Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei zufälliger kurzzeitiger Einwirkungsdauer (0,25s) für das Auge ungefährlich. ... Lasereinrichtungen der Klasse 2 dürfen ohne weitere Schutzmassnahmen nur eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass weder ein absichtliches Hineinschauen für die Anwendung über längere Zeit als 0,25 s noch wiederholtes Hineinschauen in die direkte bzw. spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist. Von dem Vorhandensein eines Lidschlussreflexes zum Schutz der Augen darf in der Regel nicht ausgegangen werden.
Klasse 2M	Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm) und ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge vergleichbar ungefährlich wie ein Laser der Klasse 2, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird....Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können jedoch vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten
Klasse 3R	Die zugängliche Laserstrahlung kann im Wellenlängenbereich von 302,5 bis 10 ⁶ nm liegen. Das Risiko eines Augenschadens wird dadurch verringert, dass der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) im sichtbaren Wellenlängenbereich (von 400 bis 700 nm) auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung für Klasse 2 ... begrenzt wird. Laser der Klasse 3R sind für das Auge potentiell gefährlich.
Klasse 3B	Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut... Das direkte Blicken in den Strahl bei Lasern der Klasse 3B ist gefährlich....
Klasse 4	Lasereinrichtungen der Klasse 4 sind Hochleistungslaser, deren Ausgangsleistungen die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 3B übertreffen. Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut....

Tabelle 1: Klassifizierung von Lasern gemäss DIN EN 60825-1(2001,2003); (6)

In die Diskussion um die Bekämpfung des Kormorans wurde auch der Einsatz von Laserpointern der Laserschutzklasse 3B gebracht (7)(8)(9). Über das Internet werden zwei Geräte angeboten: Das Modell FLR005® (632,8 nm) der Firma DESMAN SARL, Campan, Frankreich, und das Gerät Avian Dissuader™ (650 nm) der Firma SEA Technology Inc., Albuquerque, New Mexico, USA.

Beide Geräte werden vom jeweiligen Hersteller der Laserschutzklasse 3B zugeordnet. Für das Gerät FRL005® wird eine Reichweite von 2,5 km (8) und eine Ausgangsleistung von 5 mW angegeben (10). Eine Untersuchung dieses Gerätes im Landesamt für Arbeitsmedizin und Arbeitsmedizin in Suhl ergab eine tatsächlich höhere Ausgangsleistung von 7,6 mW (25). Für das Gerät AvianDissuader™ wird vom Hersteller eine Reichweite von mindesten 1 km angegeben (11).

Für die Anwendung von Lasern in Deutschland gilt die Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung BGV B2 (früher VBG 93) und die zugehörigen Durchführungsanweisungen (12). Hier finden sich für den Einsatz von Lasern der Laserschutzklasse 3B u.a. folgende Regelungen:

- Laserbereiche müssen abgegrenzt (Schilder, Flatterleine) und gekennzeichnet sein
- Strahlwege müssen vor dem Einsatz festgelegt werden
- Der Laserstrahl soll am Ende des Arbeitsbereiches von einer diffus reflektierenden Fläche („Schirm“) aufgefangen und zerstreut werden
- Plötzliche beabsichtigte oder unbeabsichtigte Richtungsänderungen sind zu vermeiden
- Unkontrolliert reflektierte Strahlung an spiegelnden oder glänzenden Oberflächen ist zu vermeiden
- Im Laserbereich sich aufhaltende Personen haben sich durch auf die Wellenlänge der emittierten Laserstrahlung abgestimmte Schutzbrillen zu schützen
- Für im Außenbereich verwendete Laser (z.B. zu Vermessungsarbeiten) ist die Ausgangsleistung auf maximal 5 mW begrenzt und die Strahlachse ist so zu sichern, dass ein Auswandern des Strahls nicht möglich ist

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass der bislang als natürlicher Schutz in die Berechnungen eingegangene Blinkreflex, der die Einwirkzeit eines Laserstrahls auf 0,25 Sekunden begrenzt, bei einem Helium-Neon-Laser nur bei 17,2 % der vom Laserstrahl getroffenen Personen ausgelöst wird. 82,8 % der Personen unterliegen damit einem höheren Risiko als in den der Unfallverhütungsvorschrift zugrunde gelegten Berechnungen (13)

Aus einer Publikation von TROLLIET (8) wird deutlich, dass nicht durch eine Reizung des Gefieders oder der Haut, sondern infolge Beschuß der Augen durch den Primärstrahl oder seine Reflexionen die Vergrämungswirkung auf Vögel erzielt wird. Hierbei lassen sich weder Strahlwege kontrollieren noch unkontrollierbare Reflexionen an der Wasseroberfläche, an Tautropfen oder Metallflächen vermeiden. Der Hersteller des AvianDissuader™ empfiehlt auf seiner Homepage sogar, spiegelnde Reflexionen an Wasseroberflächen zu erzeugen (11).

Plötzliche Richtungsänderungen sind bei der Verfolgung von Vögeln programmiert. Eine diffus reflektierende Fläche lässt sich hinter den verfolgten Vögeln nicht installieren.

Die Unfallverhütungsvorschrift regelt die Anwendung von Lasern im gewerblichen Bereich. Desgleichen hat sie Relevanz auch bei nicht-gewerblicher Anwendung von Lasern. Dies ergibt sich u.a. daraus, dass bei Abweichen von der Unfallverhütungsvorschrift kein Versicherungsschutz besteht, was insbesondere für einen Geschädigten fatal sein kann.

Haftpflicht- und Unfallversicherungen müssen nach den Allgemeinen Versicherungsbedingungen sowie nach einem Urteil des Bundesgerichtshofes für Schäden durch Laserstrahlung nicht eintreten (14)(15). Die spezielle Schäden durch Strahlung abdeckende Umwelthaft-

