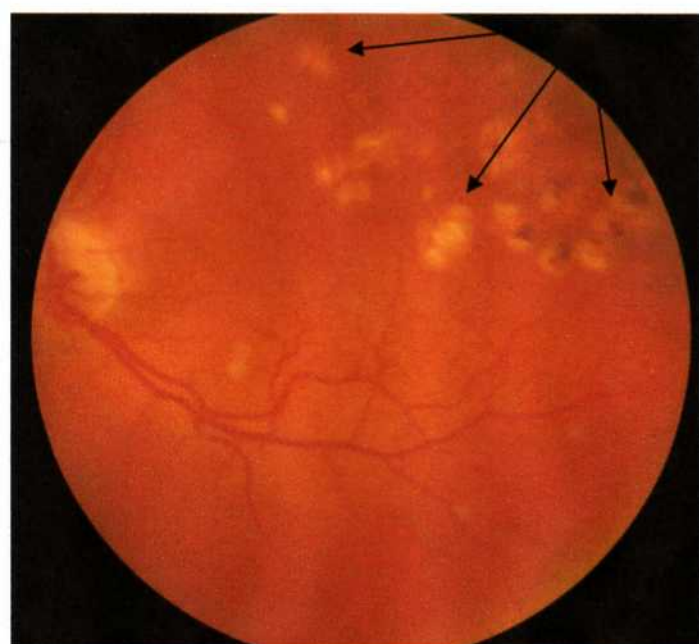


*Dr. med. Florian Thienel*

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 <sup>6</sup> 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 | <b>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....</b>   |
| 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-

pflichtversicherung muss nach den Allgemeinen Versicherungsbedingungen nur dann eintreten, wenn der Versicherte nicht von den dem Strahlenschutz dienenden Gesetzen, Verordnungen, behördlichen Verfügungen und Anordnungen abgewichen ist (16).

In einer Stellungnahme der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin vom 18.01.2005 zur Risikobewertung von Lasern, die sich an Inverkehrbringer, Unfallversicherungsträger und an für die Marktaufsicht zuständigen Behörden richtet, wird empfohlen, dass im privaten Bereich nur Produkte der Klasse 1 und 2 verwendet werden sollten. Darüber hinaus untersagt diese Stellungnahme den Einsatz von Lasern der Klasse 3R, 3B und 4 im privaten Bereich (17) – dies schließt eine Verwendung der angeführten Laser durch z.B. Angelvereine aus.

Ergänzend hierzu empfiehlt die Strahlenschutzkommission in einer am 20.04.2006 im Bundesanzeiger veröffentlichten Stellungnahme, auch im gewerblichen Bereich keine Laserpointer mit Klassen höher als 2 zu verwenden (18).

Für Laserpointer sind in der Literatur bleibende Augenschäden nachgewiesen (19). Diese können bei Bestrahlung des nicht geschützten Auges im sogenannten Lasersicherheitsbereich auftreten. Dieser berechnet sich nach folgender Formel:

$$Z_{\text{NOHD}} = \frac{(\sqrt{4P/(\pi \cdot E_{\text{MZB}})} - a)}{\Phi}$$

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| $Z_{\text{NOHD}}$ | : Entfernung zum Laserausgang       |
| $P$               | : Laserleistung                     |
| $E_{\text{MZB}}$  | : Maximal zulässige Bestrahlung     |
| $a$               | : Strahldurchmesser am Laserausgang |
| $\Phi$            | : Divergenzwinkel                   |

$E_{\text{MZB}}$  wird bei den in Frage stehenden Lasern mit  $18 \cdot t^{0,75}$  berechnet, wobei  $t$  die Einwirkungszeit des Laserstrahls auf das Auge ist (3). Nach Herstellerangabe (Schreiben SEA Technology an den Autor vom 25.04.2002) beträgt der Lasersicherheitsbereich beim AvianDissuader™ 100 Meter, für das Gerät FLR005® errechnen sich bei einer Ausgangsleistung von 7,6 mW für 1 bzw. 10 Sekunden Einwirkungszeit 37 bzw. 63 Meter.

Auch außerhalb des Lasersicherheitsbereiches sind dauerhafte Schädigungen möglich, wenn die auftreffende Energie des Laserstrahls oder seiner Reflexionen durch Benutzung von Linsen, Ferngläsern oder Teleskopen verstärkt wird.

In den letzten Jahren sind wegen einer großen Zahl von Beinahe-Unfällen auch die vorübergehenden Blendeffekte mit Nachbildern in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt (20)(21). So hat die Federal Aviation Agency (FAA) in den USA allein 400 solcher Beinahe-Unfälle registriert, die teilweise mit Laserpointern der Klasse 3a mit einer Leistung von weniger als 5 mW ausgelöst wurden (22). Nakagawara (22) gibt aufgrund von Testreihen an Piloten für einen Laser mit der Ausgangsleistung 5 mW 3,27 Kilometer als minimalen Sicherheitsabstand für die Flugsicherheit an. Dieser Wert ist auf Führer von Kraftfahrzeugen oder Schiffen übertragbar. In einem Bericht an den US-amerikanischen Kongress wird die Ausweitung der schon bestehenden Verbotszonen um Flughäfen für die Benutzung von Laserpointern empfohlen (23). In 2004 erfolgte in New Jersey eine erste Verurteilung wegen Blendung eines Piloten durch einen Laserpointer nach dem USA Patriot Act (23).

Bereits 1999 wurde vom Thüringer Ministerium für Soziales und Gesundheit festgestellt, dass bezüglich des Einsatzes des Laserpointers FLR005 der Firma Desman in einer Teichwirtschaft die Einhaltung der Unfallverhütungsvorschrift prinzipiell nicht möglich ist, so dass eine Untersagung der Verwendung geboten ist (24)(25). Auch das rheinland-pfälzische Umwelt-

ministerium hat den Einsatz von Laserpointern gegen Kormorane aus arbeitsschutzrechtlichen und tierschutzrechtlichen Bedenken abgelehnt (26). Aus gleichen Gründen wurde in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Hessen und Baden-Württemberg von einem Lasereinsatz gegen Kormorane Abstand genommen (27).

Eine in der Diskussion von Fischereiseite als für den Einsatz von Laserpointern gegen Kormorane positiv zitierte Stellungnahme des Amtes für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit Cottbus wurde vom Autor bei betreffendem Amt unter Hinweis auf die EU-Richtlinie bezüglich Zugang zu Umweltinformationen und das Akteneinsichts- und Informationszugangsgesetz des Landes Brandenburg mit Datum vom 28.09.2006 zur Einsicht erbeten. Nach telefonischer Auskunft des zuständigen Bearbeiters Dr. Franke (19.10.2006), habe es sich um ein Schreiben an die Teichwirtschaft Peitz gehandelt, das lediglich die Bestimmungen der Unfallverhütungsvorschrift aufgeführt und Berechnungen zum Lasereinsatz angestellt habe. Ein Abgleich des Textes war leider nicht möglich, da er vor Redaktionsschluss dem Autor nicht zugestellt wurde.

Zu den grundsätzlichen tierschutzrechtlichen Bedenken liegen ein Gutachten des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (28) sowie eine Stellungnahme des Tierschutzbeirats bei der Landesregierung Rheinland-Pfalz vor, die von einer potentiellen dauerhaften Augenverletzung bei den beschossenen Vögeln ausgehen (29).

#### Literatur (Internetzugänge alle 28.10.2006)

- (1) K. Kneubühl, M.W. Sigrist: Laser, Teubner, Stuttgart 1989
- (2) F. Kuhn, D.J. Pieramici (ed.): Ocular Trauma, Principles and Practice, Thieme, New York, Stuttgart 2002
- (3) Eichler J.: Laser und Strahlenschutz, Vieweg, Braunschweig 1992
- (4) Mainster M.A.: Retinal laser accidents : mechanisms and management. J Laser Appl 2000; 12: 3 - 9
- (5) Marshall J: The safety of laser pointers: myths and realities. Br J Ophtalmol 1998; 82: 1335-1338
- (6) Strahlenschutzkommission: Gefährdungen durch Laserpointer – Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, Bundesanzeiger Nr. 75, 20.04.2006, <http://www.ssk.de>
- (7) Guthörl V.: Zum Einfluss des Kormorans auf Fischbestände und aquatische Ökosysteme – Fakten, Konflikte und Perspektiven für kulturlandschaftsgerechte Wildhaltung, Wildland Weltweit Verlag 2006, p. 217/218
- (8) Trolliet B.: Un nouveau moyen d'effarouchement : le fusil laser. Bulletin Mensuel Office National de la Chasse 1993 ; 178 : 50 - 54
- (9) Schlieker E, Paetsch U. : Erste Erfahrungen beim Einsatz eines Lasers zur Kormoran-Vergrämung in M-V. Fischerei in M-V 1999; 3/99: 7 – 12
- (10) <http://www.desman.fr>
- (11) <http://www.aviandissuader.com>
- (12) Unfallverhütungsvorschrift BGV B2 „Laserstrahlung“ vom 1.10.1988 i.d.F. vom 01.01.1997 mit Durchführungsanweisungen vom Oktober 1995, Köln 1997 s.a. <http://www.arbeitssicherheit.de/servlet/PB/show/1200645/b2.pdf> und [http://www.arbeitssicherheit.de/servlet/PB/show/1200746/b2\\_da.pdf](http://www.arbeitssicherheit.de/servlet/PB/show/1200746/b2_da.pdf)
- (13) Reidenbach H.-D. et al.: Field trials with low power lasers concerning the blink reflex. Biomed Tech (Berlin); 2002; 47 Suppl 1, Pt 2: 600-601
- (14) Urteil BGH, 11.03.1998-IV ZR 92/97; NJW 1998; 27: 1956
- (15) Allgemeine Versicherungsbedingungen Haftpflichtversicherung [http://www.gdv.de/Downloads/allg\\_Bedingungen\\_pSV/01-AHB-2004.doc](http://www.gdv.de/Downloads/allg_Bedingungen_pSV/01-AHB-2004.doc)

- (16) Allgemeine Versicherungsbedingungen Umwelthaftpflichtversicherung  
[http://www.ghv.darmstadt.de/content/haftpflicht/download/bedingungen/ahb\\_bau-handw\\_vollschutz.pdf](http://www.ghv.darmstadt.de/content/haftpflicht/download/bedingungen/ahb_bau-handw_vollschutz.pdf)
- (17) Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Stellungnahme zur Risikobewertung von Lasern und LED der Klassen 2, 2M und 3A im sichtbaren Wellenlängenbereich (400 nm bis 700 nm), Dortmund, 18.01.2005;  
[http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Optische-Strahlung/Stellungnahme.html\\_nnn=true](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Optische-Strahlung/Stellungnahme.html_nnn=true)
- (18) Strahlenschutzkommission: Gefährdungen durch Laserpointer – Empfehlungen der Strahlenschutzkommission, verabschiedet am 08./09.12.2005, veröffentlicht im Bundesanzeiger Nr. 75 vom 20.04.2006 s.a. <http://www.ssk.de>
- (19) Israeli D. et al.: Laser pointers: not to be taken lightly. Br J Ophthalmol 2000; 84: 555-556
- (20) Nakagawara V.B., Montgomery R.W.: Laser pointers and aviation safety. Aviat Space Environ Medicine, 2000; 71: 1060-1062
- (21) US Food and Drug Administration: Illuminating facts about laser pointers, FDA Consumer magazine May-June 2005,  
[http://www.fda.gov/fdac/features/2005/305\\_laser.html](http://www.fda.gov/fdac/features/2005/305_laser.html)
- (22) Nakagawara V. B., et al.: The effects of laser illumination on operational and visual performance of pilots during final approach, FAA-Report No. DOT/FAA/AM-04/9 (<http://www.faa.gov/library/reports/medical/oamtechreports/2000s/media/0409.pdf>)
- (23) Elias B.: Lasers aimed at aircraft cockpits: background and possible options to address the threat to aviation safety and security, Congressional Research Service Report for Congress RS 22033 (<http://www.fas.org/sgp/crs/RS22033.pdf>)
- (24) v. Knorre D.: Untersagung des Einsatzes von Lasergewehren zur Abwehr von Kormoranen und Graureihern, Thür Ornith Mitt 2000; 49/50: 39 – 41
- (25) Schreiben der Thüringer Ministerin für Soziales und Gesundheit vom 12.07.1999 an den Naturschutzbund, Landesverband Thüringen
- (26) Schreiben der Ministerin für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz an die Vorsitzende des Ausschusses für Umwelt und Forsten des Landtages Rheinland-Pfalz vom 31.10.2002
- (27) Badische Zeitung, 16.08.2000
- (28) Gutachten des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin, Gesch.-Z. 5275-00/191447 vom 08.07.2002
- (29) <http://www.tierschutzbeirat.de> Unterpunkt Kormoran

**Danksagung:**

Ich danke Dr. med. D. Sander, Facharzt für Augenheilkunde, Quakenbrück, für die Überlassung von Fundusphotographien und Prof. Dr. Ing. H.-D. Reidenbach, Köln, für die Überlassung einer Publikation.

*Dr. med. Florian Thienel  
 Facharzt für Innere Medizin  
 Fachkunde Strahlenschutz, Zertifikat Laserschutzbeauftragter  
 St. Antoniort 1  
 D-49610 Quakenbrück*