Faktenblatt Laserpointer

1 Kurzinformation

Ein Laserpointer ist ein Laser, mit dem eine Person von Hand Punkte, Linien oder andersförmige optische Muster projizieren kann.

Laserpointer, deren Strahlung eine gewisse Stärke überschreitet, können schwere Augenschäden verursachen. Ihre Strahlung ist stark gebündelt und weitet sich mit zunehmender Distanz nur geringfügig auf. Bei kurzen Distanzen zu einem Laserpointer ist es daher möglich, dass ein grosser Teil des Laserstrahls durch die Pupille ins Auge eindringen kann. Das Auge fokussiert diesen Strahl zusätzlich, um ihn auf die Netzhaut scharf zu stellen. Im Bereich der Netzhaut entstehen dadurch Zonen mit enorm grosser Strahlungsenergie, so dass Verbrennungen, Löcher in der Netzhaut oder Blutungen entstehen können. Solche Verletzungen verschlechtern die Sehschärfe einer Person bis zu einem Grad, wo sie nur noch grob eine sich vor ihrem Kopf bewegende Hand erkennen kann. Obwohl Heilungschancen möglich sind, besteht eine grosse Gefahr bleibender Augenschäden. Wenn der fokussierte Laserstrahl auf den Sehnerv fällt, kann ein Auge im schlimmsten Fall sogar definitiv erblinden.

Laserpointer sind in verschiedene Gefährdungsklassen eingeteilt. Nur die kleinste Klasse 1 ist absolut sicher. Bei Klasse 2 sind Augenschäden möglich, wenn sich eine Person nicht reflexartig innert einer Viertelsekunde abwendet oder das bestrahlte Auge schliesst. Gefährdet sind deshalb vor allem Kinder, die von Lichtquellen angezogen werden und die während längerer Zeit in den Laserstrahl starren können. Bei Laserpointern der höheren Laserklassen 3R, 3B und 4 sind Augenschäden wahrscheinlich oder sicher. Verschärfend kommt hinzu, dass Laserpointer oft stärker strahlen, als auf Grund ihrer Klasse angenommen werden kann.

Im Weiteren kann die Strahlung von Laserpointern die Augen blenden. Dabei treten Irritationen, kurzeitige Verluste des Sehsinns wie auch länger andauernde Phantombilder auf. Letztere führen unter anderem dazu, dass Menschen Farben entweder falsch oder gar nicht mehr erkennen. Solche Blendungen können Menschen stark gefährden, da sie ihre Umwelt optisch nicht mehr richtig wahrnehmen.

Neue gesetzliche Regelung zu Laserpointern:

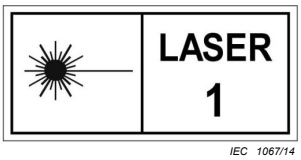
Das Parlament hat diese Gesundheitsrisiken erkannt und das Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (NISSG) verabschiedet, das ein Verbot von gefährlichen Laserpointern vorsieht. Die dazugehörige Verordnung zum Bundesgesetz über den Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall (V-NISSG) ist vom Bundesrat am 27. Februar 2019 verabschiedet worden.

Gefährliche Laserpointer sind auf Grund der neuen Regelung in der Schweiz ab 1. Juni 2019 verboten, ungefährliche Laserpointer weiterhin erlaubt. Nachfolgend sind die

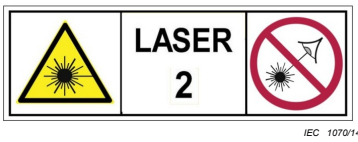
Weitere Informationen:
Bundesamt für Gesundheit BAG
Abteilung Strahlenschutz, Sektion NIS/DOS
Schwarzenburgstrasse 157, CH-3003 Bern
www.bag.admin.ch

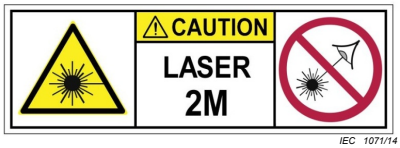
wichtigsten Punkte zur neuen Regelung aufgeführt, die Sie beachten müssen:

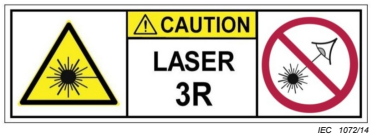
Wie erkenne ich, ob ich einen ungefährlichen und erlaubten Laserpointer habe?
Der Laserpointer trägt die abgebildete Beschriftung:

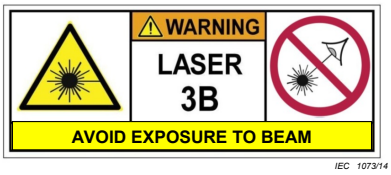


Wie erkenne ich, ob ich einen gefährlichen und verbotenen Laserpointer habe?
Der Laserpointer trägt Beschriftungen, aus denen sich die Laserklassen 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4 ableiten lassen. Die Beschriftungen können in deutscher, französischer oder englischer Sprache verfasst sein:









- Der Laser trägt andere Beschriftungen wie Laser Klasse 3A, IIIA, 1C.
- Der Laser trägt keine oder keine entzifferbare Beschriftung zu einer Laserklasse.

Was ist genau verboten?
- Der Besitz eines gefährlichen Laserpointers.
- Die Einfuhr von gefährlichen Laserpointern ins Schweizer Zollgebiet.
- Durch Durchfuhr von gefährlichen Laserpointern durch das Schweizer Zollgebiet, das heisst der Import und der anschliessende Export.
- Die Abgabe von gefährlichen Laserpointern, das heisst jedes entgeltliche oder unentgeltliche Angebot zum Vertrieb, zur Abgabe, zum Verbrauch oder zur Verwendung.

Wie kann ich einen verbotenen Laserpointer entsorgen?
- Entsorgen Sie den Laserpointer im Elektroschrott. Die nächste Entsorgungsstelle finden Sie beispielsweise mit Hilfe der folgenden Internetseite https://recycling-map.ch/de/ oder mit der Smartphone-App «Recycling Map» für iOS oder Android.
- Entfernen Sie zuerst die Batterien oder Akkus und entsorgen Sie diese in einer Batteriesammelstelle. Falls sich die Batterien oder Akkus nicht aus dem Laserpointer entnehmen lassen, so können Sie den ganzen Laserpointer in der Batteriesammelstelle entsorgen.

Bis wann muss ich einen verbotenen Laserpointer entsorgen
Entsorgen Sie Laserpointer der **Laser Klasse 1M, 2M, 3R, 3B oder 4 oder nicht gekennzeichnete Laserpointer** bis spätestens zum 1. Juni 2020 und Laserpointer der **Laser Klasse 2** bis spätestens zum 1. Juni 2021.

Darf ich einen verbotenen Laserpointer noch benutzen?
Nein, Sie dürfen Laserpointer der Laser Klasse 1M, 2M, 3R, 3B oder 4 und nicht gekennzeichnete Laserpointer ab sofort nicht mehr verwenden. Ausnahme sind Laserpointer der Klasse 2, die Sie in Innenräumen noch bis zum 1. Juni 2021 benutzen dürfen.

Wo erhalte ich weitere Informationen?

Weitere Information zu Laserpointern finden Sie auf der Webseite des Bundesamtes für Gesundheit https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/elektromagnetische-felder-emf-uv-laser-licht/laser-und-lasershows.html

Weitere Empfehlungen des BAG zu Laserpointern

- Verwenden Sie bei Vorträgen mit Vorteil die in den Präsentationsprogrammen eingebaute elektronische Laserpointerfunktion
- Verwenden Sie einen softwaregestütztes Laserpointersystem, bei dem Sie einen Presenter in der Hand halten, der keine Laserstrahlung erzeugt. Solche virtuellen Laserpointer sind im etablierten Fachhandel erhältlich
- In Sitzungszimmern und Schulungsräumen eignen sich Laserpointer der Klasse 1

Generelle Empfehlungen zum Verhalten bei Unfällen mit Laserstrahlen

Nehmen Sie unverzüglich ärztliche Hilfe in Anspruch, wenn Sie von einem Laserstrahl ins Auge oder auf die Haut getroffen worden sind, dadurch Symptome entwickeln oder unsicher über die Notwendigkeit einer ärztlichen Behandlung sind

2 Ausführliche Informationen

2.1 Verwendung und Aufbau

Laserpointer sind Produkte, die auf Grund ihrer Grösse und ihres Gewichts in der Hand gehalten bzw. mit ihr geführt werden können und die für Zeige-, Vergnügungs- und Abwehrzwecke Laserstrahlung ausstrahlen:

- Laserpointer für Zeigezwecke sind Produkte, die für eigentliche Zeigezwecke vermarktet werden. Ebenfalls unter diese Kategorie fallen konstruktiv und bedienungsmässig ähnliche Produkte mit eingebauten Laserpointern wie Schlüsselanhänger, Fernbedienungen oder Sackmesser.
- Laserpointer für Vergnügungszwecke sind Produkte, die als Showlaser, als Spielzeug, als Tierspielzeug, zu Hobbyzwecken oder zu weiteren ähnlichen Zwecken vermarktet werden. Ebenfalls unter diese Kategorie fallen aus Halbprodukten produzierte, zusammengestellte oder gebastelte Lasereinrichtungen mit Laserpointerfunktion.
- Laserpointer für Abwehrzwecke sind Produkte, die als Repellentien gegen Tiere oder Menschen sowie als persönliche Schutzmittel vermarktet werden.

Herzstück eines Laserpointer ist die Laserdiode, die den Laserstrahl erzeugt. Dieser wird im so genannten Kollimator optisch parallel ausgerichtet und tritt anschliessend aus dem Gehäuse aus. Der Ort des Strahlaustrittes muss bei starken Laserpointern der Klassen 3R, 3B und 4 gekennzeichnet sein, um Gesundheitsrisiken zu vermeiden.

Die Strahlung eines Laserpointers ist monochromatisch und besteht aus einer einzigen Farbe, die von den Halbleiter-Materialien der Diode abhängt. Ja nach deren Zusammensetzung ist die Strahlung sichtbar oder muss zuerst sichtbar gemacht werden. Letzteres Prinzip kommt vor allem bei Laserpointern mit grüner oder blauer Strahlfarbe zum Zug. Sie erzeugen unsichtbare infrarote Laserstrahlung, die anschliessend von einem Frequenzverdoppler in sichtbare Strahlung umgewandelt wird. Infrarotfilter in solchen Laserpointern sollen verhindern, dass der infrarote Laserstrahl aus dem Laserpointer austritt, um Gesundheitsgefährdungen und Brandgefahren vorzubeugen. Dieser Schutz ist allerdings bei qualitativ schlechten Laserpointern oft ungenügend (Galang et al. 2010; Hadler et al. 2013; Khedr und Khedr 2014; Hanson et al. 2016). Personen sollten es deshalb generell vermeiden, direkt in den Strahl irgendeines Laserpointers zu blicken.

Die Strahlung von Laserpointern ist stark gebündelt und weist eine hohe Intensität auf. Die Abweichung von der Bündelung oder so genannte Divergenz liegt bei einem Laserpointer typischerweise im Bereich von einem Millirad, was einer Aufweitung des Strahldurchmessers um einen Meter in 1000 Metern Distanz entspricht (Dickmann 2014; Reidenbach et al. 2014). Die Divergenz lässt sich mit Zusatzlinsen verkleinern, so dass der Strahl auch in grossen Abständen hohe Energiedichten aufweist. Die Energieverteilung über den Querschnitt ist nicht konstant, sondern hängt vom Fabrikat der Laserpointer ab.

2.2 Gesundheitliche Gefährdung

2.2.1 Gefährdung und Grenzwerte

Gesundheitliche Gefährdungen durch zu starke Laserstrahlung hängen von der Expositionszeit und der Wellenlänge (bzw. Farbe) der Strahlung ab:

- Im ultravioletten Bereich bis zu einer Wellenlänge von 400 Nanometer [nm] kann die Strahlung das Augenmedium nicht durchdringen, so dass thermische Schäden auf der Hornhaut auftreten können.

- Im sichtbaren Bereich mit Wellenlängen zwischen 400 und 780 nm kann die Strahlung durch das Augenmedium zur Netzhaut eindringen, von der sie absorbiert wird. Die dabei entstehende Temperaturerhöhung kann Netzhautareale thermisch schädigen. Die Strahlung produziert im Augeninnern zudem aggressive Sauerstoffmoleküle, die zu photochemischen Schäden im Auge und auf der Netzhaut führen können.
- Im nahen infraroten Bereich mit Wellenlängen zwischen 780 und 1400 nm kann die Strahlung durch das Augenmedium teilweise bis zur Netzhaut vordringen, von der sie absorbiert wird. Die dabei entstehende Temperaturerhöhung kann Netzhautareale thermisch schädigen.
- Im mittleren und fernen Infrarotbereich mit Wellenlängen von grösser als 1400 nm kann die Strahlung das Augenmedium nicht durchdringen, da die wässrigen Zellbestandteile des Auges die Strahlung absorbieren. Schäden thermischer oder thermomechanischer Natur entstehen deshalb vor allem auf der Hornhaut und teilweise auch in der Augenlinse.

Strahlungsanteile im sichtbaren und nahen infraroten Bereich, die auf die Netzhaut auftreffen, werden zudem durch die Hornhaut und die Augenlinse verstärkt, welche die Strahlung auf die Netzhaut fokussieren. Dadurch treten auf der Netzhaut Strahlungsenergien auf, die bis 100'000 mal grösser sind als die Strahlungsenergie des ursprünglichen Laserstrahls. Die Netzhaut stellt somit das am stärksten durch Laserstrahlung gefährdete Gewebe des Körpers dar.

Um gesundheitliche Schäden zu verhindern, hat die *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) Leitlinien für Grenzwerte zur Laserstrahlung veröffentlicht (ICNIRP 2013). Die Grenzwerte beinhalten Sicherheitsfaktoren von 2 für die Hornhaut und zwischen 2 und 10 für die Netzhaut. Die im Vergleich zu anderen Gefährdungen kleinen Sicherheitsfaktoren bedingen, dass Hersteller und Inverkehrbringer Laserpointer richtig kennzeichnen und dass Verwenderinnen und Verwender Laserpointer sicher verwenden und die Vorgaben der Hersteller einhalten.

Ob die Strahlungsgrenzwerte auch eventuelle chronische Langzeitwirkungen verhindern, ist auf Grund der Faktenlage laut ICNIRP unklar.

2.2.2 Laserklassen / Maximal zulässige Bestrahlung MZB

In der Praxis werden die Strahlungsgrenzwerte mit Laserklassen umgesetzt, die Hersteller ihren Lasern bzw. Laserpointern zuordnen müssen. Die Laserklassen beschränken entweder die Leistung des Lasers so, dass er nur die so genannte "maximal zulässige Bestrahlung MZB" ausstrahlen kann, die dem Grenzwert der ICNIRP entspricht. Ist dies nicht möglich und bietet die Strahlungsbegrenzung selber keinen Schutz der Gesundheit, weist die Laserklasse eine Verwenderin oder einen Verwender an, adäquate Sicherheitsmassnahmen zu treffen, die den Gesundheitsschutz gewährleisten.

Die Laserklassen sind in der Lasergrundnorm (Electrosuisse 2014) normiert und müssen auf einem Laserpointer ersichtlich sein. Sie bestehen aus einem Hinweisschild mit einer erklärenden Beschriftung sowie bei gefährlichen Lasern zusätzlich aus einem dreieckigen gelb gefärbten Warnschild mit einem Laserstrahlsymbol. Hinweisschilder, Warnschilder, alternative Bezeichnungen sowie (nicht auf dem Laserpointer anzubringende) Erklärungen zur Gesundheitsgefährdung der einzelnen Klassen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Laserklassen - Beschriftungen und Massnahmen

Klasse	Warnschild	Hinweisschild zu Massnahmen	Alternative Bezeichnung
	Gesundheitsgefährdung		
1	nicht vorhanden	LASER KLASSE 1	
	• Augensicherer Laser, auch bei langandauerndem Blick in den Strahl keine Gesundheitsgefahr; • Die maximal zulässige Bestrahlung MZB ist in jedem Fall eingehalten.		
1M		LASERSTRAHLUNG NICHT DIREKT MIT TELESKOPOPTIKEN BETRACHTEN LASER KLASSE 1M	
	• Divergierender oder ausgeweiteter Strahl, der bei blossem Auge augensicher ist und auch bei langandauerndem Blick in den Strahl keine Gesundheitsgefahr darstellt; • Optische Instrumente wie Ferngläser, Operngucker, Nivelliergeräte, Theodoliten etc. können den Strahl gefährlich fokussieren und zu Expositionen führen, die den Laserklassen 3R oder 3B entsprechen. Personen müssen vor diesen Risiken speziell gewarnt werden.		
2		LASERSTRAHLUNG NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN LASER KLASSE 2M	
	• Entspricht bei Expositionszeiten von bis zu 1/4 Sekunde einem Laser der Klasse 1; • Bei blossem Auge keine Gesundheitsgefahr, sofern eine Person innert 1/4 Sekunde reflexartig die Augen schliessen oder sich abwenden kann; • Gefährlich bei absichtlichem Starren in den Strahl, so dass die maximal zulässige Bestrahlung MZB überschritten wird.		
2M		LASERSTRAHLUNG NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN ODER ANWENDER VON TELESKOPOPTIKEN BESTRAHLEN LASER KLASSE 2M	
	• Divergierender oder ausgeweiteter Strahl, der bei blossem Auge keine Gesundheitsgefahr darstellt, sofern eine Person innert 1/4 Sekunde reflexartig die Augen schliessen oder sich abwenden kann; • Gefährlich bei absichtlichem Starren in den Strahl, so dass die maximal zulässige Bestrahlung MZB überschritten wird; • Optische Instrumente wie Ferngläser, Operngucker, Nivelliergeräte, Theodoliten etc. können den Strahl gefährlich fokussieren und zu Expositionen führen, die den Laserklassen 3R oder 3B entsprechen. Verwender müssen sicherstellen, dass sie keine Anwender von Teleskopoptiken bestrahlen.		
3R		LASERSTRAHLUNG DIREKTE BESTRAHLUNG DER AUGEN VERMEIDEN LASER KLASSE 3R	
	• Begrenzte Gesundheitsgefahr; • Maximal zulässige Bestrahlung MZB überschritten; • Augenschutz tragen; • Nur gerechtfertigt einsetzen; • Nur für qualifiziertes und geschultes Personal;		

	• Nicht benutzte Laser vor dem Zugriff Unbefugter schützen.		
3B		WARNUNG – LASERSTRAHLUNG NICHT DEM STRAHL AUSSETZEN LASER KLASSE 3B	
	• Gesundheitsgefahr für Augen sicher und für Haut möglich; • Maximal zulässige Bestrahlung MZB überschritten; • Nur in einem abgegrenzten und überwachten Laserbereich verwenden; • Sicherheitsvorkehrungen treffen, so dass niemand unzulässig bestrahlt wird; • Zutritt zum Laserbereich kontrollieren; • Brandgefahr ist möglich, falls der Strahldurchmesser klein oder Strahl fokussiert ist.		
4		GEFAHR – LASERSTRAHLUNG BESTRAHLUNG VON AUGE ODER HAUT DURCH DIREKTE ODER STREUSTRAH-LUNG VERMEIDEN LASER KLASSE 4	
	• Gesundheitsgefahr für Augen und Haut sicher • Maximal zulässige Bestrahlung MZB überschritten. • Nur in einem abgegrenzten und überwachten Laserbereich verwenden; • Sicherheitsvorkehrungen treffen, dass niemand unzulässig bestrahlt wird; • Zutritt zum Laserbereich kontrollieren. • Brandgefahr, falls Strahldurchmesser klein oder Strahl fokussiert ist		

Anmerkungen:

- Bei den Laserklassen 1M und 2M sind höhere Leistungen als bei Klassen 1 und 2 möglich. Da der Strahl solcher Laser aufgeweitet ist, kann ab einem gewissen Abstand nur ein Teil der Strahlung ins Auge einfallen. Dieser Strahlungsanteil darf die Vorgaben für die Klassen 1 und 2 nicht übersteigen, massgebend sind dabei eine Blende (Pupille) von 7 mm Durchmesser sowie die in der Lasergrundnorm angegebenen minimalen Abstände.
- Bei Laserklasse 2 basieren die Sicherheitsüberlegungen der Lasergrundnorm auf dem so genannten Lidschlussreflex und auf Abwendungsreaktionen, die beim Eintritt der Strahlung das Auge innerhalb von einer Viertel Sekunde schliessen bzw. eine Abwendungsreaktion auslösen. Allerdings zeigen Probandenstudien (Reidenbach et al. 2003), dass der Lidschlussreflex nur bei weniger als einem Fünftel der Probanden vorhanden ist.
- Die amerikanische Laserklasse 3a bzw IIIa entspricht der europäischen Laserklasse 3R. Laser, die in der Schweiz in Verkehr gebracht werden, müssen mit den europäischen Klassen bezeichnet werden.

2.2.3 Leistungen

Die zugelassenen Leistungen für Laser sind für die einzelnen Laserklassen in Tabelle 2 dargestellt. Sie leiten sich aus der Lasergrundnorm ab.

Tabelle 2: Zugelassene Leistungen der Laserklassen

Klasse	Wellenlänge [nm]	zu Grunde liegende Expositionszeiten [sec]	zulässige Leistung [mW]
1	400-450	>10	0,04
	450-500	>10	0,04-0,4[1]
	500-700	>10	0,4
2	400-700	< 0.25	analog Klasse 1
	400-700	> 0.25	1
3R	400-700	> 0.25	5
3B	400-700	> 0.25	≤500
4	400-700	> 0.25	>500

Mehrere Studien haben die effektive Leistungen von Laserpointern bestimmt und mit ihrer angegebenen Laserklasse verglichen. Die Resultate zeigen, dass bei einem beträchtlichen Anteil von Laserpointern die die Laserklasse und die zu treffenden Massnahmen nicht richtig angegeben sind. Verschärfend kommt hinzu, dass viele dieser falsch klassifizierten Laserpointer stärker strahlen als auf dem Produkt angegeben (Hadler et al. 2013; Dickmann 2014; Blattner 2011; Lee et al. 2016). Personen sollten es deshalb generell vermeiden, direkt in den Strahl irgendeines Laserpointers zu blicken.

2.2.4 Unfälle

Die Zahl der Unfälle, die sich durch Laserpointer in der Schweiz ereignen, ist schwer abzuschätzen. Bei einer repräsentativen Befragung von rund 2000 Personen durch das Forschungsinstitut gfs im Jahr 2013 (Bieri et al. 2013) gaben elf Prozent der Befragten an, dass sie schon einmal von einem Laserpointer geblendet wurden. Insbesondere scheinen Personen bis 26 Jahre besonders betroffen zu sein, da jede fünfte Person dieser Altersgruppe schon einmal eine Blendung erlitten hat. Über ein Zehntel der geblendeten Personen hat während des Vorfalls ein Verkehrsmittel gesteuert. Hochgerechnet ein halbes Prozent der Schweizer Bevölkerung liess sich wegen der Blendung ärztlich behandeln. Im Weiteren sind Personen, die einen Laserpointer besitzen, doppelt so stark von Blendungen betroffen im Vergleich zu Personen, die keinen Laserpointer besitzen.

Wissenschaftliche Studien zu gesundheitlichen Schäden und Gefährdungen, die verursacht haben, betreffen ausschliesslich einzelne Personen, es gibt keine epidemiologischen Studien zur Thematik. Die Unfälle wurden durch Laserpointer verursacht, die mit den Klassen 2, 3R (bzw. amerikanische Bezeichnung 3a), 3B und 4 bezeichnet waren oder auf Grund der Leistungen diesen Klassen angehören. Typische Gefahrensituationen waren der direkte Blick in den Strahl sowie der Blick in einen Strahl, den glänzende oder spiegelnde Flächen reflektiert haben. Die Unfälle wurden durch die Opfer selber oder aber Drittpersonen unbewusst oder bewusst verursacht. Die letztere Situation kommt vor allem bei Kindern oder Jugendlichen vor, die bewusst Mutproben oder Laserexperimente durchführen und sich dadurch die Augen verletzen. Die aufgetretenen Unfälle bei der Laserklasse 3R zeigen, dass die Mechanismen des Lidschlussreflexes und der Abwendungsreaktionen selbst bei moderaten Laserleistungen keinen ausreichenden Schutz bewirken.

Ein Überblick zu den Studien, die sich mit Unfällen durch Laserpointer befassen, ist unter "Dokumente" zu finden. Laserpointerunfälle äussern sich oft dadurch, dass verletzte Perso-

[1] zwischen 450 nm und 500 nm steigt der Wert nach einer Potenzfunktion von 0.04 mW auf 0,4 mW

nen verstärkt lichtempfindlich sind, nur noch verschwommen sehen oder in ihrem Gesichtsfeld Flecken oder so genannte Skotome erkennen. Ursache dieser Symptome sind Verbrennungen der Makula, der Fovea und des retinalen Pigmentepithels, Netzhautlöcher oder Blutungen im Augeninnern.

2.3 Blendungen

2.3.1 Mechanismen

Laserpointer gefährden durch ihre Blendwirkung Personen, die in der Luftfahrt, im Verkehr, bei der Polizei und bei Sicherheitsdiensten tätig sind oder an Sportsveranstaltungen teilnehmen. Solche Personen können durch den Blick in die Laserstrahlung temporär ihr Sehvermögen verlieren. Dabei treten folgenden Effekte auf:

- Blendungen führen zu Irritationen, die beim Wegfall des blendenden Laserstrahls sofort wieder verschwinden (ähnlich der Blendung durch ein entgegenkommendes Fahrzeug beim Autofahren in der Dämmerung)
- Blitzlichtblindheit führt zu einem sekundenlangen Ausfall des Sehsinnes, während dem die geblendete Person ihre Umwelt nicht mehr wahrnehmen kann
- Nachbilder sind Sinneseindrücke, bei denen der blendende Laserstrahl während mehrerer Sekunden bis Minuten auf der Netzhaut nachleuchtet und das Schwarzweiss- und Farbsehen so verfälscht, dass Personen ihre Umwelt nicht mehr richtig wahrnehmen können (ähnlich den Nachbildern, die beim direkten und sehr gefährlichen Blick in die Sonne entstehen)

Blendeffekte hängen von der ins Auge fallenden Laserstrahlenergie ab. Laserpointer unterscheiden sich auf Grund ihres gebündelten Strahles deshalb grundsätzlich von anderen Lichtquellen wie beispielsweise Taschenlampen, die einen wesentlich breiteren Abstrahlwinkel aufweisen, so dass die Strahlenergie über einen grösseren Raumbereich verteilt wird und nur ein Bruchteil der Strahlung ins Auge eindringen kann.

Neben den eigentlichen Blendungen, bei denen ein Laserstrahl ins Auge trifft, können Laserpointer auf verschmutzen, feuchten oder zerkratzten Windschutzscheiben Streueffekte hervorrufen, die beispielsweise Cockpits erhellen (Abbildung 1).

Abbildung 1: Blendeffekt mit Laserpointer auf das Cockpit eines Helikopters

Neben solchen physiologischen Effekten verursachen Laserpointer zudem psychologische Effekte. Solche Schrecksituationen treten vor allem dann auf, wenn Personen Laserstrahlen bei klaren atmosphärischen Bedingungen erst dann wahrnehmen, wenn sie aufs Auge oder auf eine Windsschutzscheibe treffen.

Die stärksten Blendeffekte rufen grüne Laserstrahlen hervor, Laserpointer anderer Farben wie rot und blau verursachen weniger Blendeffekte. Starke Blendeffekte treten zudem während der Dämmerung oder der Nacht auf, da die Augen an die beschränkten Lichtverhältnisse angepasst sind und die Pupillen grosse Durchmesser aufweisen.

2.3.2 Ausmass der Blendungen

Von 2010 bis 2017 haben Pilotinnen und Piloten schweizweit rund 500 Laserblendungen gemeldet. Die zuständige Behörde hat rund 100 dieser Fälle als schwerwiegend eingestuft, die die Besatzungen durch die Laserblendung beeinträchtigt haben. Die zuständigen Behörden gehen allerdings von einer beträchtlichen Dunkelziffer aus. Die für die Jahre 2013-2015 gemeldeten Blendungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 3: Anzahl gemeldete Blendungen in der Schweizer Luftfahrt

Jahr	Blendungen von Flugzeugcrews	Blendungen von Helikoptercrews
2013	136	14
2014	111	9
2015	108	15

Zahlen zu andern gefährdeten Berufsgruppen sind nicht erfasst. Aus der Analyse der Situationen, die bei Laserpointerattacken typischerweise auftreten, lässt sich eine mögliche Gefährdung gleichwohl abschätzen. Massgebend neben der Leistung und Farbe des Laserstrahls ist auch der Abstand zwischen der Person, die einen Laserpointer benutzt, und der geblendeten Person. Der Abstand bestimmt, wie stark sich der Laserstrahl mit der Distanz ausweitet und welcher Anteil der Strahlenergie durch die Pupille ins Auge eindringen kann. Typische Abstände von betroffenen Berufsgruppen liegen zwischen kleiner als 10 Meter (Polizei) und 300 Meter (zivile Luftfahrt). Aus den Erkenntnissen einer deutschen Probandenstudie (Reidenbach et al. 2014) lässt sich berechnen, dass Laserpointer aller Klassen sekundenlange Blendungen verursachen, die das Lesevermögen einer Person beeinträchtigen. Somit stellen auch Laserpointer der Klassen 1, 1M, 2 und 2M auf, die auf Grund ihrer limitierten Leistung keine gesundheitliche Gefährdung verursachen, eine Gefährdung als Folge ihres Potenzials für Blendungen dar.

2.3.3 Grenzwertempfehlungen für Blendungen

Es bestehen keine verbindlichen Grenzwerte, um Blendungen durch Laserpointer zu verhindern. Ausnahme bilden die Grenzwertempfehlungen der ICAO (International Civil Aviation Organisation), welche die sichtbare Laserstrahlung für Flugkorridore, Anflugzonen und Flughäfen betreffen (ICAO 2016a, 2016b). Die Empfehlungen unterscheiden folgende Zonen

- *Laser-beam free flight zone (LFFZ).* Luftraum in unmittelbarer Nähe des Flugplatzes, in dem die Bestrahlungsstärke so begrenzt ist, dass keine visuellen Störungen bei Personen auftretend
- *Laser-beam critical flight zone (LCFZ).* An die LFFZ angrenzender Luftraum in der Nähe eines Flugplatzes, in dem die Bestrahlungsstärke so begrenzt ist, dass sie kaum Blendungseffekte verursachen kann.

- *Laser-beam sensitive flight zone (LSFZ).* Luftraum außerhalb der LFFZ und LCFZ, in dem die Bestrahlungsstärke so begrenzt ist, dass Blitzblindheit oder Nachbilder unwahrscheinlich sind.
- *Gesamter Luftraum:* Im gesamten Luftraum muss die Bestrahlungsstärke jedes sichtbaren oder unsichtbaren Laserstrahls kleiner oder gleich als die maximal zulässige Bestrahlung (MZB) sein, es sei denn, dass eine Verursacherin oder ein Verursacher die Strahlungsemission der zuständigen Behörde gemeldet hat und eine Genehmigung erhalten hat.

2.4 Rechtliche Regelungen Schweiz

2.4.1 Neue gesetzliche Regelung ab 1. Juni 2019

Das neue Recht, das am 1. Juni 2019 in Kraft getreten ist, regelt Laserpointer umfassend. Es besteht aus dem *"Bundesgesetz zum Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall NISSG"* sowie der Verordnung *"Verordnung zum Schutz vor Gefährdungen durch nichtionisierende Strahlung und Schall V-NISSG* Link.

Das am 16. Juni 2017 von National- und Ständerat verabschiedete NISSG bietet die Möglichkeit, bei erheblicher Gesundheitsgefährdung als ultima ratio die Ein- und Durchfuhr, den Verkauf und den Besitz von Produkten zu verbieten. Im Fokus stehen gefährliche Laserpointer, deren Strahlung die Grenzwerte für Augen und Haut erheblich überschreitet oder die für spezifische Berufsgruppen auf Grund von Blendungen ein gravierendes Sicherheitsproblem darstellen.

Die am 27. Februar vom Bundesrat verabschiedete Verordnung V-NISSG präzisiert die entsprechenden Massnahmen. Auf Grund der Blendungsproblematik verbietet sie die Einfuhr, die Durchfuhr, den Besitz und die Abgabe aller Laserpointer der Klassen 1M, 2, 2M, 3R, 3B, 4. Erlaubt ist die Einfuhr, die Durchfuhr, der Besitz und die Abgabe von Laserpointern der Klasse 1. Diese Laserpointer dürfen auf Grund ihrem existierenden Blendungspotenzial nur in Innenräumen verwendet werden. Damit wird Blendungen, die vor allem in Aussenräumen vorkommen, vorgebeugt.

Übergangsbestimmungen

Laserpointer der Klassen 1M, 2M, 3R, 3B und 4 müssen bis spätestens ein Jahr nach Inkrafttreten dieser Verordnung fachgerecht entsorgt werden. Bis dahin ist ihr Besitz zulässig, jegliche Verwendung jedoch verboten.

Laserpointer der Klasse 2 müssen bis spätestens zwei Jahre nach Inkrafttreten dieser Verordnung fachgerecht entsorgt werden. Bis dahin ist ihr Besitz und die Verwendung ausschliesslich in Innenräumen und nur zu Zeigezwecken zulässig.

3 Literaturverzeichnis

Bieri, U.; Kocher, J. P.; Tschöpe, S.; Kohli, A.; gfs (2013): Studie nichtionisierende Strahlung und Schall. gfs.bern ag, Effingerstrasse 14, 3011 Bern, info@gfsbern.ch

Blattner, P. (2011): Das unterschätzte Gefährdungspotential von Laserpointern. In: METinfo Zeitschrift für Metrologie 18 (2), S. 1–8. Online verfügbar unter http://www.schallundlaser.ch/pdf/laser/laser_alltag/metas_laserpointer.pdf.

Dickmann, K. (2014): Gefährdung durch Bestrahlung aus Laserpointern – Untersuchungen zur Gefährdung von Piloten und Fahrzeugführern öffentlicher Verkehrsmittel beim Arbeitseinsatz. Laserzentrum FH Münster (LFM) 48565 Steinfurt

Electrosuisse (2014): EN 60825-1 Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen.

Galang, J.; Restelli, A.; Hagley, E. W.; Clarck, C. W. (2010): A Red Light for Green Laser Pointers. In: OPN Optics & Photonics News. Online verfügbar unter http://www.osa-opn.org/Content/ViewFile.aspx?id=13007.

Hadler, Joshua; Tobares, Edna; Dowell, Marla (2013): Random testing reveals excessive power in commercial laser pointers. In: JOURNAL OF LASER APPLICATIONS 25 (3), S. 32007.

Hanson, James V. M.; Sromicki, Julian; Mangold, Mario; Golling, Matthias; Gerth-Kahlert, Christina (2016): Maculopathy following exposure to visible and infrared radiation from a laser pointer: a clinical case study. In: Documenta ophthalmologica. Advances in ophthalmology 132 (2), S. 147–155.

ICAO (2016a): Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation Air Traffic Services 14th edition. ICAO, European and North Atlantic Office, 3 bis villa Émile Bergerat, 92522 Neuilly-sur-Seine Cedex, France

ICAO (2016b): Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation Aerodromes Volume I Aerodrome Design and Operations Seventh Edition. ICAO, European and North Atlantic Office, 3 bis villa Émile Bergerat, 92522 Neuilly-sur-Seine Cedex, France.

ICNIRP (2013): ICNIRP GUIDELINES ON LIMITS OF EXPOSURE TO LASER RADIATION OF WAVELENGTHS BETWEEN 180 nm AND 1,000 mm. In: Health Phys 105 (3), S. 271–295.

Khedr, Yahya A. H.; Khedr, Abdulla H. (2014): Photoblepharokeratoconjunctivitis caused by invisible infrared radiation emitted from a green laser pointer. In: BMJ case reports 2014.

Lee, M. H.; Fox, K.; Goldwasser, S.; Lau, D. W. M.; Aliahmad, B.; Sarossy, M. (2016): Green lasers are beyond power limits mandated by safety standards. In: 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Orlando, FL, USA. Annual international conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; EMBC. Piscataway, NJ, Piscataway, NJ: IEEE, S. 5144–5147.

Reidenbach, H.-D.; Dollinger, K.; Beckmann, D.; Al Ghouz, I.; Ott, G.; Brose, M. (2014): Blendung durch künstliche optische Strahlung unter Dämmerungsbedingungen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Friedrich-Henkel-Weg 1 − 25, 44149 Dortmund www.baua.de/dok/5448036. ISBN 978-3-88261-024-6

Reidenbach, H.-D.; Hofmann, J.; Dollinger, K. (2003): LASER RADIATION AND THE MYSTERY OF THE BLINK REFLEX. In: Biomedizinische Technik/Biomedical Engineering 48 (s1), S. 348–349.