



METinfo

Zeitschrift für Metrologie

Sonderdruck / September 2011



Das unterschätzte Gefährdungspotential von Laserpointern

Das unterschätzte Gefährdungspotential von Laserpointern

Laserpointer sind praktisch, handlich und leicht: Als «optische Zeigestäbe» führen sie das Publikum wie mit Zauberhand durch Präsentationen. Viele solche Pointer mit unterschiedlicher Leistung, Wellenlänge und Grösse sind im Handel erhältlich. Die Gefährdung von Augen durch Laserpointer, die optische Strahlung gebündelt abgeben, wird jedoch oft unterschätzt. Im Labor Optik des Bundesamtes für Metrologie (METAS) werden Messungen zur Beurteilung des Gefährdungspotentials vorgenommen. In den vergangenen Monaten haben die METAS-Fachleute mehrere Dutzend Laserpointer beurteilt. 95 % dieser Produkte waren ausserhalb des erlaubten Grenzwertes. Maximal wurde eine 1000-fache Überschreitung festgestellt.

PETER BLATTNER

Ein Laserstrahl zeichnet sich dadurch aus, dass er nur eine Farbe hat, also monochromatisch ist, über eine grosse Distanz kaum breiter wird und durch eine Linse auf eine sehr kleine Fläche fokussiert werden kann. Dies kann lokal zu einer sehr hohen Bestrahlungsstärke führen.

Die handelsüblichen Laserpointer (Bild 1) sind grösstenteils in drei Farben erhältlich: rot (Wellenlängen von 630 nm bis 780 nm), grün (meistens 532 nm Wellenlänge) und blau (Wellenlängen von 400 nm bis 490 nm). Der Begriff «Laser» stammt von *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, auf Deutsch *Lichtverstärkung durch die stimulierte Emission von Strahlung*. Der Begriff bezieht sich also auf die Art der Strahlenerzeugung.

Augenlinse fokussiert gebündelte Laserstrahlung auf die Netzhaut

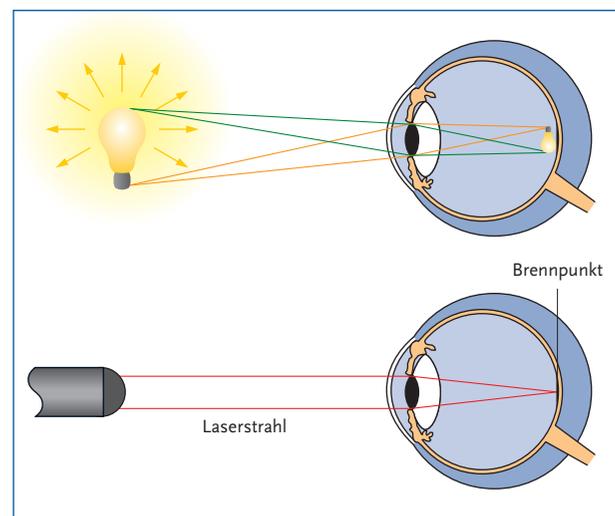
Die meisten Lichtquellen strahlen in den ganzen Raum. Je weiter eine Person oder ein Gegenstand von einer solchen Lichtquelle entfernt ist, desto kleiner ist die Strahlungsenergie, die auf die Person oder den Gegenstand trifft. Die in einer Laserquelle erzeugte Strahlung hingegen zeichnet sich durch ihre Bündelung aus: Mit einer Sammellinse, wie sie das Auge darstellt, kann der Strahl auf einen Punkt fokussiert werden. Dies ist mit einer normalen Lichtquelle nicht möglich, da das Abbild der Lichtquelle auch im Brennpunkt bestehen bleibt.

Trifft also ein Laserstrahl ins Auge, wird das bereits stark konzentrierte Licht durch die Augenlinse in extremer Weise auf die Netzhaut fokussiert. Ein Laserstrahl mit wenigen Milliwatt Leistung kann genügen, um einen schweren Augenschaden zu verursachen, während das Auge die Strahlung einer 100-Watt-Lampe problemlos verkraften kann (Illustration 2).

Typisch für Verletzungen des Auges durch Strahlung von Laserpointern ist eine thermische Schädigung der Netzhaut: Diese wird verbrannt. Eine solche Verletzung ist deshalb schwerwiegend, weil sich die zerstörten Sinneszellen nicht mehr



1 Laserpointer sind beliebt, bergen aber ein erhebliches Risiko in sich, wenn sie direkt in die Augen gerichtet werden: Ihre Strahlung kann Augenleiden hervorrufen und im Extremfall Blindheit verursachen.



2 Die Strahlung einer Glühlampe (oben) und die eines gebündelten Laserstrahls haben über die Sammellinse des Auges eine extrem unterschiedliche Wirkung auf die Netzhaut.

regenerieren. Im unglücklichsten Fall fällt der fokussierte Laserstrahl direkt auf den Sehnerv und zerstört dadurch gänzlich die Sehfähigkeit des Auges.

Die Gefährdung durch die Strahlung von Laserpointern wird oft unterschätzt, weil man sich auf die natürliche Abwendungsreaktion verlässt. In Diagramm 3 ist die maximal erlaubte Bestrahlungsdauer des Auges durch einen sichtbaren Laserstrahl dargestellt. Ein Laserpointer mit 100 mW Leistung darf maximal während 2 μ s das Auge bestrahlen; die natürliche Abwendungsreaktionszeit bei Bestrahlung mit hellem Licht beträgt jedoch rund 0.25 s, dauert also 125 000-mal zu lange...

Einteilung von Lasern in Klassen und deren Grenzwerte

Maximal zulässige Bestrahlung (MZB)

Die Internationalen Kommission für den Schutz gegen nicht-ionisierende Strahlung (ICNIRP) veröffentlicht Werte für die Bestrahlungsgrenzen, nämlich die sogenannte maximal zulässige Bestrahlung (MZB). Die MZB-Werte stellen die maximalen Werte dar, denen das Auge ausgesetzt werden kann, ohne dass damit eine Verletzung verbunden ist, sei es unmittelbar oder nach einer längeren Zeitdauer. Die MZB ist abhängig von der Wellenlänge der Strahlung, der Impuls- bzw. Einwirkungs-dauer und – im sichtbaren und im nahen Infrarot-Bereich –, von der Grösse des Bildes auf der Netzhaut.

Gemäss der Norm SN EN 60825-1:2007 werden Laser entsprechend ihrem Gefährdungspotential in verschiedene Klassen eingeteilt [1]. Als Kriterium gilt der Maximalwert der zugänglichen Strahlung, die für eine bestimmte Klasse einen Grenzwert nicht überschreiten darf [2, 3]. Die wesentlichen Klassen sind die folgenden:

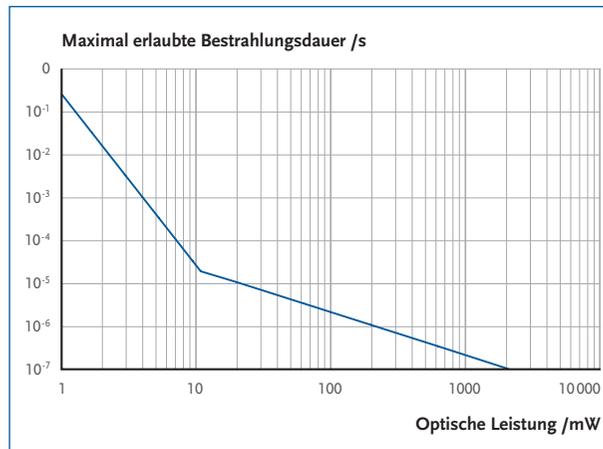
Klasse 1

Laser der *Klasse 1* führen im Normalbetrieb zu keiner direkten Schädigung, das heisst, man kann uneingeschränkt in den Strahl dieses Lasers blicken. Der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (ZGS) entspricht dem MZB-Wert für eine unbeschränkte Einwirkzeit. Für einen sichtbaren «grünen» Laser, der dauernd strahlt, beträgt der obere Grenzwert 0.39 mW; das bedeutet, dass die Strahlungsleistung des Lasers nicht grösser als 0.39 mW sein darf. Für infrarote Laserstrahlung bei 1064 nm Wellenlänge beträgt der Grenzwert 2 mW, für «blaue» Laser mit einer Wellenlänge kleiner als 450 nm 0.039 mW.

Trotz der kleinen Leistung können auch Laser der Klasse 1 unter Umständen zu störenden Blendwirkungen führen, speziell, wenn die von der Strahlung Betroffenen nicht vorgewarnt werden. Das gilt besonders bei Dunkelheit, wenn die Pupillen der Augen weit geöffnet sind. Bei sicherheitsrelevanten Tätigkeiten (Autofahren, Fliegen) kann diese Blendwirkung eine ernsthafte Gefährdung sein.

Klasse 2

Laser der *Klasse 2* sind für einen «Augenblick» harmlos. Auf Grund der natürlichen Abwendungsreaktion bei Bestrahlung



3 Maximal erlaubte Bestrahlungsdauer des Auges durch einen sichtbaren Laserstrahl.

mit hellem Licht schliessen die Augen genügend schnell, bevor es zu einer Schädigung kommt. Der Grenzwert entspricht der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) für eine Einwirkzeit von 0.25 s. Die Klasse 2 existiert nur für sichtbare Laser. Hier beträgt der Grenzwert 1 mW.

Klasse 3R

Die Strahlung von Lasern der *Klasse 3R* kann als «reduziert gefährlich» betrachtet werden, da der MZB-Wert maximal fünf-fach überschritten werden darf. Laser der Klasse 3R besitzen somit ein gewisses, aber beschränktes Gefährdungspotential. Für einen sichtbaren Laser, der dauernd strahlt, beträgt der Grenzwert 5 mW. Laser der Klasse 3R sollten nur dann eingesetzt werden, wenn ein direkter Blick in den Strahl unwahrscheinlich ist.

Klasse 3B

Bei Lasern der *Klasse 3B* ist die Direktstrahlung für das Auge gefährlich: Die Netzhaut wird dauerhaft beschädigt. Diffuse Reflexionen des Laserstrahls sind im Allgemeinen nicht schädlich. Falls die Reflexion jedoch gerichtet ist, wie das etwa bei Spiegeln oder glänzenden, z. B. metallischen Oberflächen der Fall ist, kann der Laserstrahl auch nach der Reflexion oberhalb des MZB-Wertes bleiben. Der obere Grenzwert für die meisten Laser mit einer Wellenlänge grösser als 315 nm im Dauerbetrieb beträgt 500 mW.

Klasse 4

Laser der *Klasse 4* sind für Augen und Haut gefährlich. Auch können indirekte (diffuse) Reflexionen für das Auge gefährlich sein. Diese Laser stellen häufig auch eine Brandgefahr dar. Alle Laser, die den Grenzwert der Klasse 3B übersteigen, werden der Klasse 4 zugeteilt.

Laserpointer sollen gemäss Lasernorm maximal der Klasse 2 angehören. Das Inverkehrbringen handgeführter, batteriebetriebener Laser der Klassen 3B und 4 ist in der Schweiz verboten [4].

Abschätzung des Gefährdungspotentials komplex

Das Gefährdungspotential von Lasern abzuschätzen ist komplex, hängt dieses doch von der Wellenlänge, der Einwirkzeit, der Winkelausdehnung, der Pulslänge und der Wiederhol- frequenz ab. Bei Laserpointern, die gegenwärtig in der Schweiz auf dem Markt sind, können typischerweise die folgende Annahmen gemacht werden:

- Wellenlängen von 400 nm (violett) bis 700 nm (rot), eventuell Infrarotstrahlung bei 808 nm und bei 1064 nm;
- nicht gepulste Strahlung;
- gut kollimiert (Strahldivergenz typischerweise 1 mrad bis 20 mrad);
- Strahldurchmesser: 0.2 mm bis 5 mm.

Eine rein visuelle Beurteilung der Laserstrahlung genügt nicht, weil die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges stark von der Wellenlänge abhängt (Diagramm 4). Blaue Strahlung der Wellenlänge 480 nm erscheint rund 200-mal heller als blaue Strahlung der Wellenlänge 405 nm. Auch sind gewisse Wellenlängen für das Auge nicht sichtbar, nämlich Ultraviolett (UV) und Infrarot (IR). Die Strahlungsleistung – typischerweise in Watt (W) oder Milliwatt (mW) ausgedrückt – muss deshalb mit einem geeigneten Messgerät ermittelt werden.

Messsysteme

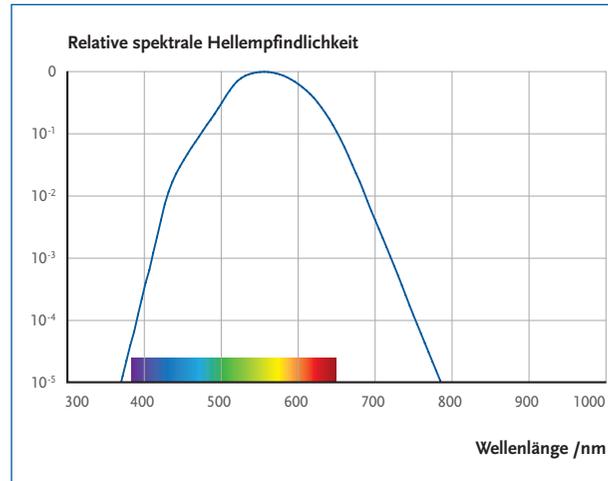
Zum Messen und Beurteilen von Laserpointern können handelsübliche Leistungsmessgeräte für Laser (Laser Power Meter) oder Radiometer verwendet werden. Es gibt im Wesentlichen drei Arten von Messsystemen:

- Auf Halbleitern basierende Photodioden, meistens Si-Detektoren;
- thermische Empfänger wie Thermosäulen und pyro-elektrische Empfänger;
- spektral-auflösende Messgeräte wie Spektorradiometer oder einfache Zwei-Kanal-Geräte, welche die Wellenlänge mittels R/B-Filter direkt bestimmen.

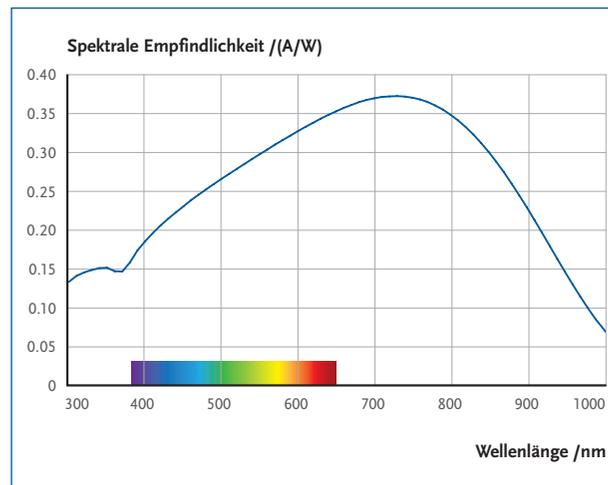
Photodioden zeichnen sich durch ihre hohe Empfindlichkeit und ihr sehr kleines Signalrauschen aus. Sie können somit für sehr kleine Leistungen (0.1 nW bis 100 µW) verwendet werden. Werden sie kombiniert mit Absorptionsfiltern oder einer Ulbricht-Kugel verwendet, ist es auch möglich, höhere Leistungen zu messen.

Der grosse Nachteil von Photodioden ist ihre Wellenlängen- abhängigkeit: Ist die Wellenlänge bzw. das Spektrum der Quelle nicht bekannt, können sehr grosse Fehler entstehen (Dia- gramm 5). Für die Beurteilung von Laserpointern können sie somit nur eingesetzt werden, wenn die Wellenlänge bekannt ist. Zum Beispiel haben die meisten «grünen» Laserpointer eine Wellenlänge von 532 nm. Anders sieht es im Blauen und Roten aus, wo mehrere Wellenlängen üblich sind (400 nm bis 490 nm bzw. 630 nm bis 780 nm).

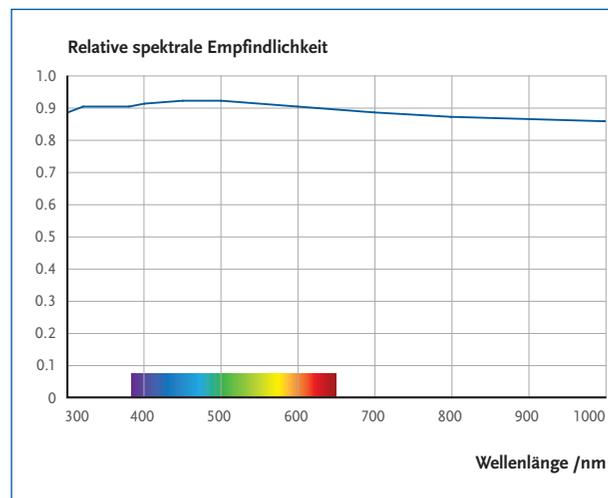
Im Gegensatz dazu haben Thermosäulen oder pyro-elektrische Empfänger meistens eine spektral flache Empfindlichkeit



4 Relative spektrale Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges entsprechend der CIE-Normkurve $V(\lambda)$ nach SN EN 60825-1:2007.



5 Spektrale Empfindlichkeit einer Photodiode.



6 Relative spektrale Empfindlichkeit einer Thermosäule.

(Diagramm 6). Man kann somit die gesamte optische Leistung eines Laserpointers mit genügender Genauigkeit bestimmen. Aufpassen muss man bei «grünen» Lasern, da sie meistens mit Frequenzverdoppelung arbeiten und manchmal auch Infrarotstrahlung bei 808 nm bzw. 1064 nm Wellenlänge aussenden, die in Bezug auf die Netzhautgefährdung anders bewertet wird als das sichtbare Licht (siehe den Abschnitt «Spezialfall 1: 'grüner' Laser» weiter hinten).

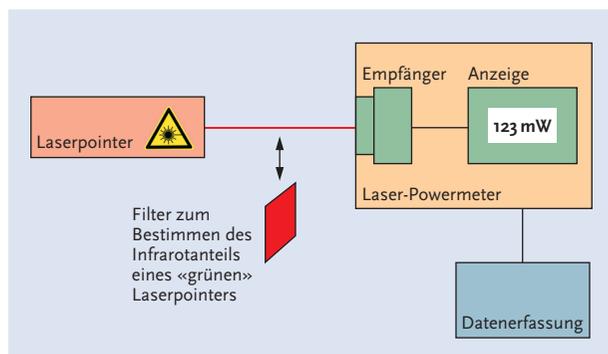
Unter Umständen wird auch die Änderung in der Umgebungstrahlung mitgemessen, beispielsweise die thermische Körperstrahlung des Operators. Bei stabilen Verhältnissen kann dieses «Dunkelsignal» vom Messsignal abgezogen werden. Der Nachteil gewisser thermischer Empfänger ist ihr hohes Rauschen und dadurch ihre geringe Absolutempfindlichkeit.

Typische Anforderungen an spektral-integrierende Messgeräte

- **Flache spektrale Empfindlichkeit:** maximal $\pm 5\%$ innerhalb des Wellenlängenbereichs von 400 nm bis 1100 nm;
- **Durchmesser der Öffnung:** idealerweise 7 mm gemäss SN EN 60825-1:2007. Da der Durchmesser des Strahls von Laserpointern meist kleiner ist, kann allenfalls auch ein Empfänger mit einer grösseren Eintrittsfläche verwendet werden;
- **Leistungsbereich:** 0.1 mW bis 2 W, das heisst, dass das Rauschniveau (Noise Equivalent Power, NEP) kleiner als $4 \mu\text{W}/\text{Hz}^{1/2}$ sein sollte;
- **Computerschnittstelle** (RS-232, USB, GPIB ...) zum Aufzeichnen des zeitlichen Verlaufs der optischen Leistung;
- **Rückverfolgbarkeit:** Die angegebenen Messresultate sollten auf nationale Normale und damit auf international abgestützte Realisierungen der SI-Einheiten rückverfolgbar sein. Die Messgeräte sollten folglich durch ein akkreditiertes Kalibrierlabor oder ein nationales Metrologieinstitut wie dem METAS kalibriert werden.

Messablauf im METAS

Hinweis: Bei der Beurteilung von Lasern und insbesondere von Laserpointern setzt sich der Begutachter möglicherweise einer Gefährdung aus. Darum gilt: Laserpointer nie in Richtung der Augen richten, weder in die eigenen noch in die anderer Personen. Diese Vorsichtsmassnahme sollte selbst dann einge-



7 Typischer Messaufbau.

halten werden, wenn vermeintlich keine optische Strahlung aus dem Laserpointer austritt. Vorsicht auch vor möglichen Reflexionen des Laserstrahls an glatten Oberflächen wie Spiegeln, Metallplatten oder Fenstergläsern!

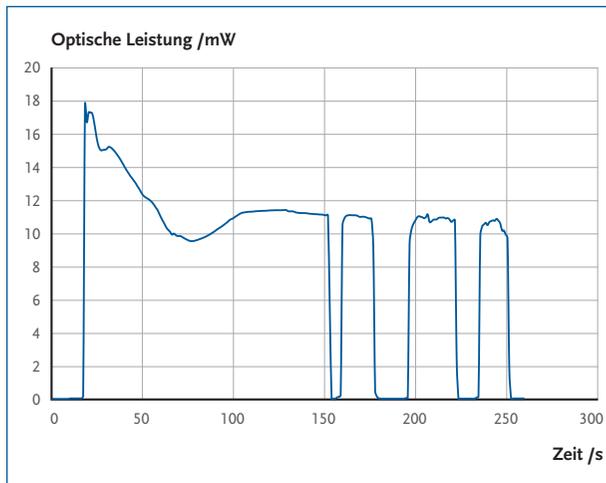
Im Labor *Optik* des METAS werden Leistungsmessgeräte sowie Laser unterschiedlichster Art wie Industrielaser, Showlaser, Laserpointer usw. gemessen und geprüft. Ziel ist festzustellen, ob diese Laser normkonform sind. Bei der Messung, Prüfung und Beurteilung von Laserpointern werden im METAS die folgenden Schritte durchgeführt:

- Deklarierte Angaben des Laserpointers erfassen; Prüfling fotografieren; nach Möglichkeit Zusatzinformationen wie Anleitungen und Spezifikationen beschaffen;
- Neue, handelsübliche Batterien einsetzen;
- Laserstrahl, Strahldurchmesser und Divergenz visuell beurteilen; **Achtung: Nicht direkt in den Strahl blicken, allenfalls Laserschutz- oder Laserjustierbrille verwenden; teilweise Brandgefahr; in einem geschützten fensterlosen Raum arbeiten.** Lässt sich die Strahldivergenz einfach anpassen, soll eine bestmögliche Strahlbündelung eingestellt werden. Falls die Divergenz oder der Strahldurchmesser zu gross sind (typischerweise grösser als 20 mrad bzw. 7 mm) oder die Strahlung moduliert ist, ist die Beurteilung durch Spezialisten (z. B. akkreditiertes Prüflabor oder nationales Metrologieinstitut) durchführen zu lassen;
- Laserpointer im stabilen, möglichst kompakten Aufbau in Bezug auf den Empfänger ausrichten (Illustration 7).
- Messgerät einschalten, aufwärmen lassen und Wellenlänge einstellen; ist die Wellenlänge nicht bekannt, ihren Wert abschätzen;
- Dunkelsignalmessung durchführen oder eventuell am Messgerät direkt «nullen»;
- Laser einschalten und Leistung über rund zwei Minuten aufzeichnen, anschliessend den Laser mehrmals ein- und ausschalten; allenfalls abkühlen lassen und/oder Batterie ersetzen und nochmals messen;
- Dunkelsignal überprüfen;
- Messung auswerten;
- Beschriftung und Markierungen überprüfen.

Auswertung

Das Diagramm 8 zeigt eine typische Messung eines Laserpointers: Für die Bewertung werden üblicherweise der Maximalwert (inklusive dessen Erfassungszeitpunkt) sowie weitere charakteristische Werte beurteilt (z. B. nach 10 s, 30 s, 60 s) und in den Messbericht übernommen.

Bedingt durch die geringe Stabilität der Prüflinge und weitere Einflussfaktoren (z. B. Unsicherheit bezüglich Wellenlänge, Kalibrierung des Messgeräts, Linearität) beträgt die Messunsicherheit typischerweise 10 %. Bei «grünen» Lasern mit einem hohen IR-Anteil kann die Messunsicherheit wesentlich höher liegen. Ein Laserpointer gilt dann als harmlos, wenn die Summe des Messwertes und der Messunsicherheit kleiner als der Grenzwert ist.



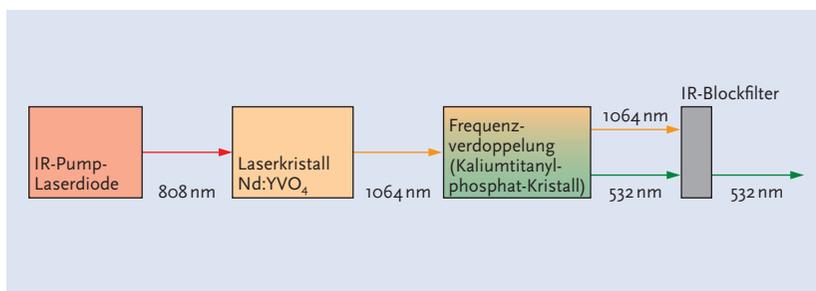
8 Typischer zeitlicher Verlauf der gemessenen optischen Leistung. Die Unterbrüche entstehen durch das mehrfache Ein- und Ausschalten des Lasers.

Spezialfall 1: «grüner» Laserpointer

Die meisten der sich auf dem Markt befindlichen «grünen» Laserpointer emittieren eine Strahlung mit einer Wellenlänge von 532 nm. Sie bestehen aus einer Pumplaserdiode, die eine Strahlung mit einer Wellenlänge von 808 nm aussendet, einem Laserkristall, der Infrarotstrahlung bei 1064 nm generiert und einem Frequenzverdoppelungskristall. Ein IR-Blockfilter filtert die nicht benötigte IR-Strahlung weg (Illustration 9).

Bei vielen illegalen Laserpointern wird dieser Filter entfernt, so dass Infrarot-Strahlung austreten kann. Je nach Laser können die Anteile der drei Linien (z. B. 532 nm, 808 nm und 1064 nm) sehr unterschiedlich sein. Die grüne Strahlung (532 nm) und die IR-Strahlung müssen getrennt beurteilt werden, weil die Grenzwerte verschieden sind: Der Grenzwert für die Strahlung mit einer Wellenlänge von 808 nm beträgt 0.64 mW, für diejenige mit einer Wellenlänge von 1064 nm jedoch 2 mW. Zusätzlich muss die additive Wirkung der Strahlung verschiedener Wellenlängen beurteilt werden.

Idealerweise werden diese Anteile mittels Spektroradiometer separat gemessen. Steht nur ein spektral-integrierendes Messgerät zur Verfügung, müssen mehrere Messungen durchgeführt werden, wobei mittels geeigneten Filtern die entsprechenden Wellenlängen individuell zu bestimmen sind.



9 Aufbau eines «grünen» Laserpointers.

Zur Beurteilung von «grünen» Laserpointern werden drei Messungen durchgeführt: Bei der ersten wird die Gesamtleistung P_{tot} bestimmt. Ist die Leistung stabil, wird ein erstes Langpassfilter (zum Beispiel RG850 von Schott, 3 mm dick) in den Strahl geführt und dort stabil gehalten. **Vorsicht vor dem durch den Filter reflektierten Strahl: allenfalls Laser kurz ausschalten oder Laserjustierbrille tragen!** Der Langpassfilter lässt nur Strahlung einer höheren Wellenlänge durch (z. B. IR-Strahlung). Die gemessene Leistung P_1 dividiert durch den Durchlassgrad des ersten LP-Filters bei 1064 nm $\tau_{1.1064}$ (typischerweise $\tau_1 = 0.9$) entspricht der IR-Leistung $P_{1064\text{nm}} = \frac{P_1}{\tau_{1.1064}}$.

Als Nächstes wird das erste Filter durch ein zweites LP-Filter ersetzt, das die Infrarotstrahlung der Wellenlänge 808 nm durchlässt, die sichtbare Strahlung aber blockiert (zum Beispiel RG695 von Schott, 3 mm dick), und eine Leistungsmessung P_2 durchgeführt. Die Leistung bei 808 nm berechnet sich dann durch Differenzbildung:

$$P_{808\text{nm}} = \frac{P_2}{\tau_{2.808}} - P_{1064\text{nm}} \frac{\tau_{2.1064}}{\tau_{2.808}}$$

Weil der Durchlassgrad des zweiten Filters typischerweise bei den zwei IR-Wellenlängen gleich ist, das heißt $\tau_{2.808} \approx \tau_{2.1064} \approx 0.9$, lässt sich der Ausdruck vereinfachen:

$$P_{808\text{nm}} \approx \frac{P_2}{\tau_{2.808}} - P_{1064\text{nm}}$$

Die sichtbare Leistung bei 532 nm (z. B. $P_{532\text{nm}}$) beträgt dann $P_{532} = P_{\text{tot}} - P_{808\text{nm}} - P_{1064\text{nm}}$.

Es gelten folgende Kriterien:

$$P_{532\text{nm}} < 1\text{ mW}, P_{808\text{nm}} < 0.64\text{ mW} \text{ und } P_{1064\text{nm}} < 2\text{ mW}.$$

Zusätzlich werden die Beiträge der sichtbaren und IR-Strahlung entsprechend ihrem individuellen Grenzwert für eine Bestrahlungsdauer von 0.25 s gewichtet. Die Gesamtsumme muss kleiner als 1 sein, damit der Laser der Klasse 2 zugeordnet werden darf:

$$\frac{P_{532\text{nm}}}{1\text{ mW}} + \frac{P_{808\text{nm}}}{1.6\text{ mW}} + \frac{P_{1064\text{nm}}}{5\text{ mW}} < 1.$$

Falls die spektrale Empfindlichkeit des Messgerätes bei 532 nm, 808 nm und 1064 nm stark verschieden ist, muss die optische Leistung entsprechend korrigiert werden.

Spezialfall 2: Infrarot-Laserpointer

Eine Strahlung der Wellenlänge 808 nm kann bei hoher Leistung – und dementsprechend hoher Gefährdung – unter Umständen schwach sichtbar sein (rot). Weil dem Beobachter bei Bestrahlung die natürliche Abwehrreaktion fehlt, ist der Grenzwert entsprechend tiefer angesetzt. Er beträgt für die Strahlungsleistung bei Wellenlänge 808 nm 0.64 mW, bei Wellenlänge 1064 nm rund 2 mW. Die Beurteilung kann mit einem ähnlichen Verfahren wie beim «grünen» Laserpointer durchgeführt werden. Falls beide Wellenlängen vorhanden sind, gilt zudem ein Grenzwert für die Summe:

$$\frac{P_{808\text{ nm}}}{0.64\text{ mW}} + \frac{P_{1064\text{ nm}}}{2\text{ mW}} < 1.$$

Berechnungs- und Beurteilungsbeispiel

Ein spektral-integrierendes Messgerät, beispielsweise eine Thermosäule, misst bei einem «grünen» Laserpointer eine Gesamtleistung von $P_{\text{tot}} = 15\text{ mW}$, und zwar ohne Filter gemessen. Wird ein RG850-Filter zwischen Laserpointer und Messempfänger geschoben, werden $P_1 = 10\text{ mW}$ gemessen. Wird ein RG695-Filter verwendet, werden $P_2 = 12\text{ mW}$ gemessen. Die Gefährdung wird nun wie folgt berechnet:

Die Leistung bei einer Wellenlänge von 1064 nm beträgt

$$P_{1064\text{ nm}} = \frac{P_1}{\tau_{1,1064}} = 11.1\text{ mW},$$

$$\text{bei } 808\text{ nm } P_{808\text{ nm}} \approx \frac{P_2}{\tau_{2,808}} - P_{1064\text{ nm}} = 2.2\text{ mW}$$

$$\text{und bei } 532\text{ nm } P_{532} = P_{\text{tot}} - P_{808\text{ nm}} - P_{1064\text{ nm}} = 1.7\text{ mW}.$$

Der Laser überschreitet den Grenzwert der Klasse 2 wie folgt: Bei einer Wellenlänge von 532 nm: $P_{532}/1\text{ mW} = 1.7$ -fach, bei 808 nm (Klasse 1): $P_{808}/0.64\text{ mW} = 3.4$ -fach und bei 1064 nm (Klasse 1): $P_{1064}/2\text{ mW} = 5.6$ -fach.

Zusätzlich wird der Grenzwert der Summe um den Faktor 5,3 überschritten:

$$\frac{1.7\text{ mW}}{1\text{ mW}} + \frac{2.2\text{ mW}}{1.6\text{ mW}} + \frac{1.1\text{ mW}}{5\text{ mW}} = 5.3.$$

Der Laser muss somit mindestens der Klasse 3R zugeordnet werden.

Würde die totale Strahlungsleistung mit dem sichtbaren Grenzwert verglichen, ergäbe die Beurteilung fälschlicherweise eine 15-fache Grenzwertüberschreitung. Würde eine Photodiode mit einer spektralen Empfindlichkeit gemäss Diagramm 5 verwendet, würde eine rund 3,5-fache Überschreitung gemessen werden.

Kennzeichnung von Lasern

Die Kennzeichnung von Lasern ist in SN EN 60825-1:2007, Kapitel 5, geregelt. Die Kennzeichnung muss ihrem Zweck entsprechend dauerhaft angebracht, lesbar und deutlich sichtbar sein. Text, Umrandung und Symbole müssen schwarz auf gel-

bem Untergrund erscheinen, mit Ausnahme der Klasse 1, wo diese Farbkombination nicht benutzt werden muss. An jeder Lasereinrichtung der Klasse 2 müssen ein Warnschild und ein Hinweisschild angebracht sein mit der Aufschrift: «LASER-STRALUNG – NICHT IN DEN STRAHL BLICKEN – LASER KLASSE 2».

95 % der gemessenen Laserpointer ausserhalb der Grenzwerte!

Das Labor *Optik* des METAS verfügt über die erforderliche Infrastruktur und das nötige Know-how, um Laserleistungsmessgeräte zu kalibrieren und Laser zu charakterisieren [5]. In den vergangenen Monaten haben die METAS-Fachleute mehrere Dutzend Laserpointer beurteilt. 95 % dieser Produkte waren ausserhalb des erlaubten Grenzwertes. Maximal wurde eine 1000-fache Überschreitung festgestellt. Hinzu kommt, dass viele Laserpointer auch falsch deklariert sind, nämlich harmloser, als sie in Wirklichkeit sind. Die METAS-Fachleute arbeiten eng mit dem zuständigen Bundesamt für Gesundheit (BAG) und den Vollzugsbehörden (Kantone) zusammen.

Referenzen

- [1] SN EN 60825-1:2007, Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (entspricht IEC 60825-1:2007). Der Text dieser Norm kann beim Schweizerischen Informationszentrum für technische Regeln (switec) bezogen werden, www.snv.ch.
- [2] Vorsicht Laserpointer: Informationsblatt des Bundesamtes für Gesundheit, www.bag.admin.ch/themen/strahlung/03710/index.html?lang=de.
- [3] Achtung, Laserstrahl, Informationsblatt über Laser der Suva, gratis zu beziehen im «Waswo-Shop», www.suva.ch, Bestellnummer 66049.d.
- [4] Allgemeinverfügung des Eidgenössischen Starkstrominspektorates (ESTI) über das Verbot des Inverkehrbringens von handgeführten, batteriebetriebenen Lasern der Klassen 3B und 4 vom 2. Mai 2011.
- [5] Peter Blattner: Achtung: Laserstrahlung!, METinfo, Vol. 16, Nr. 3, pp. 7–13, 2009.



Dr. Peter Blattner, stellvertretender Chef der Sektion *Länge, Optik und Zeit* und Laborleiter *Optik* des METAS, Direktwahl +41 31 32 33 340, peter.blattner@metas.ch.

Sonderdruck aus METinfo 2/2011.

Bundesamt für Metrologie METAS
Lindenweg 50, CH-3003 Bern-Wabern, Telefon +41 31 32 33 111, www.metas.ch