



Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

INSTITUTE OF LASER MEDICINE

Prof. Dr. P. Hering

Sind Laserpointer fürs Auge gefährlich?

[S.Klein](#), [D.Kleine](#), [P.Hering](#)

Institut für Lasermedizin, Universität Düsseldorf, Postfach 101007, 40001 Düsseldorf
Fax 0211/81-11374, **Telefon** 0211 / 81-12761 (-12149)

Zur Untersuchung dieser Frage haben wir in Zusammenarbeit mit dem WDR Köln (Redaktion Monitor) 10 Laserpointer (gekauft Ende Januar) bzw. 23 Laserpointer (gekauft Anfang März) unterschiedlicher Hersteller bzw. Vertreiber vermessen. Die in den Pointern verwendeten Laser sind Halbleiterlaser, in denen sich fokussierende Optiken befinden, so daß ein schmaler Strahl entsteht, der sich auch nach mehreren Metern nur gering verbreitert.



Abb.1: Originalstrahl der Laserdiode im Vergleich mit dem aus dem Laserpointer austretenden nachfokussierten Strahl. Meistens werden, wie auch hier zu sehen, in Laserpointern aus Kostengründen fehlerhafte Laserdioden eingebaut.

Eine typische Anwendung solcher Laserpointer ist die Benutzung als optischer "Zeigestock" beim Projizieren von Bildern bzw. Vortragsfolien auf eine mehrere Meter entfernte Wand. Die Bestrahlungsstärke dieser Pointer muß dabei so intensiv sein, daß der Laserpunkt auf der beleuchteten Projektionswand deutlich zu erkennen ist.

Gleichzeitig darf die Bestrahlungsstärke aber nur so hoch sein, daß bei einem unbeabsichtigten, direkten Blick in den Laserstrahl eine Schädigung des Auges auszuschließen ist.

Nach der Beurteilung aufgrund der DIN EN 60825-1: 1997 [1] ist dies bei Lasern im Spektralbereich von 400 bis 700 nm nur mit Leistungen bis maximal 1 mW der Fall (Laserklasse 2); ferner bei Lasern, deren Strahl soweit aufgeweitet wurde, daß durch die Augenpupille (Durchmesser 7 mm) höchstens eine Leistung von 1 mW gelangen kann (Laserklasse 3a). Nach dieser internationalen Norm sind die Laser nach ihrer Gefährlichkeit zu klassifizieren. Zur Überprüfung der Klassifizierung wird die Leistung des Lasers hinter einer 7 mm Blende gemessen, die sich 10 cm vom Laser entfernt befindet (Abb. 2). Die Bestrahlungsstärke nach DIN EN ergibt sich, indem die gemessene Leistung durch die Blendenfläche geteilt wird.

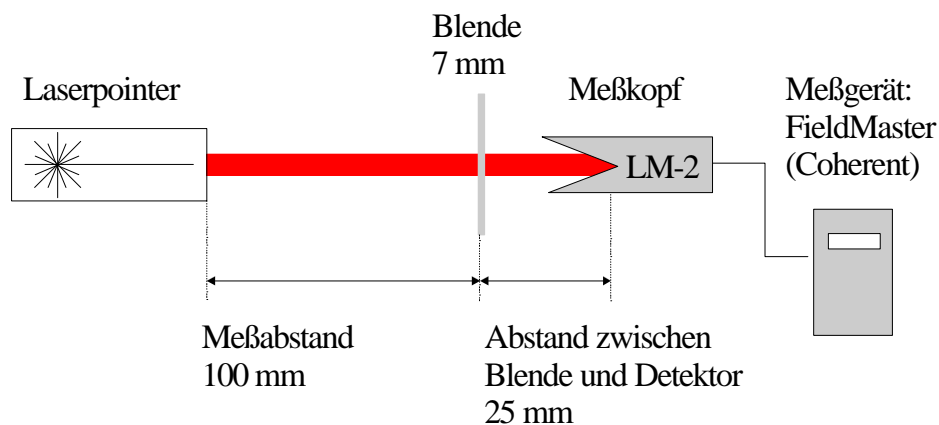


Abb.2: Aufbau zur Bestimmung der Bestrahlungsstärke nach DIN EN 60825-1 (1997).

Ist diese errechnete Bestrahlungsstärke für Laser im sichtbaren Wellenlängenbereich größer als 25 W/m^2 , ist eine Schädigung des Auges (genauer der Netzhaut) trotz des Lidschlußreflexes zu erwarten. Solche Laser werden in die Laserklasse 3B eingeordnet. Laser, die nach der amerikanischen Norm FDA (Code of Federal Register 21 CFR 1040.10 & 1040.22) Laserklasse IIIA entsprechen, sind nach der DIN Norm in Laserklasse 3B einzuordnen, da bei FDA die Grenzbestrahlungsstärke von 25 W/m^2 nicht als Klasseneinteilungskriterium vorgeschrieben wird.

Im gewerblichen Bereich sind Laser der Klasse 3B bei der Berufsgenossenschaft [2,3] und bei den Ämtern für Arbeitsschutz anzeigespflichtig. Strenge Schutzmaßnahmen wie zum Beispiel das Tragen von Laserschutzbrillen und die Unterweisung durch einen Laserschutzbeauftragten müssen strikt eingehalten werden.

Eine weitere Untersuchung, die von uns durchgeführt wurde, ist die Bestimmung der tatsächlichen Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut. Dazu wird zuerst die reale Bestrahlungsstärke

des Laserpointers ermittelt. Mittels einer CCD-Kamera wird die reale Fleckgröße des Laserstrahls in einem definierten Abstand zum Laser aufgenommen. Anhand dieses Bildes läßt sich die Fläche angeben, auf die die gesamte Leistung trifft. Wird die gemessene Leistung durch diese Fläche geteilt, ergibt sich die reale Bestrahlungsstärke.

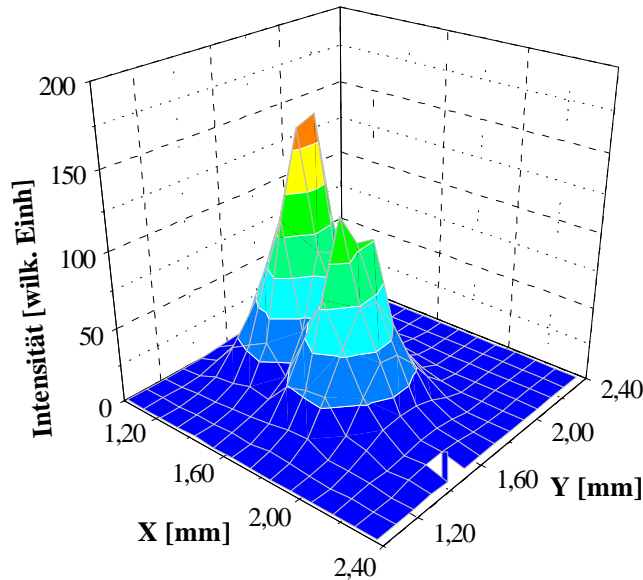


Abb. 3: Räumliche Bestrahlungsstärke des Laserpointers Nummer 9, 1,5 m vom Laser entfernt aufgenommen.

Zur Verdeutlichung ist in Abbildung 3 beispielhaft das mit der CCD-Kamera aufgenommene Intensitätsbild des Laserpointers Nummer 9 dargestellt. Wie an der räumlichen Verteilung der Bestrahlungsstärke zu erkennen ist, ist diese nicht gleichmäßig auf der beleuchteten Fläche verteilt, sondern weist stärkere Inhomogenitäten auf.

Um eine Aussage über die auf die Netzhaut fallende Bestrahlungsstärke machen zu können, wird der Laserstrahl durch ein modelhaft aufgebautes Auge abgebildet (Abb. 4).

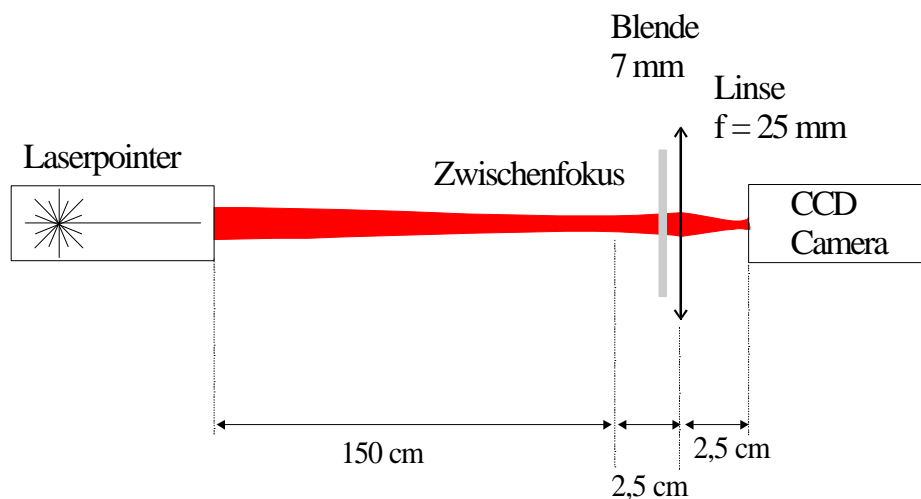


Abb. 4: Modelaufbau zur Bestimmung der Bestrahlungsstärke auf der Retina (Netzhaut).

Dieses Augenmodell [4,5] besteht aus einer 7 mm Blende (Pupille), hinter der sich eine Linse mit 25 mm Brennweite (entspricht Gesamtbrechkraft des Auges) befindet. Die CCD-Kamera, die sich 25 mm (Augenlänge) hinter der Linse befindet, repräsentiert die Netzhaut (Abb. 5). Somit entspricht die Fleckgröße, die mit der CCD-Kamera bestimmt wurde, der tatsächlichen Fleckgröße auf der Netzhaut unter Annahme dieses Augenmodells. Die Bestrahlungsstärke ergibt sich auch hier durch Division der Leistung durch die Fleckgröße.

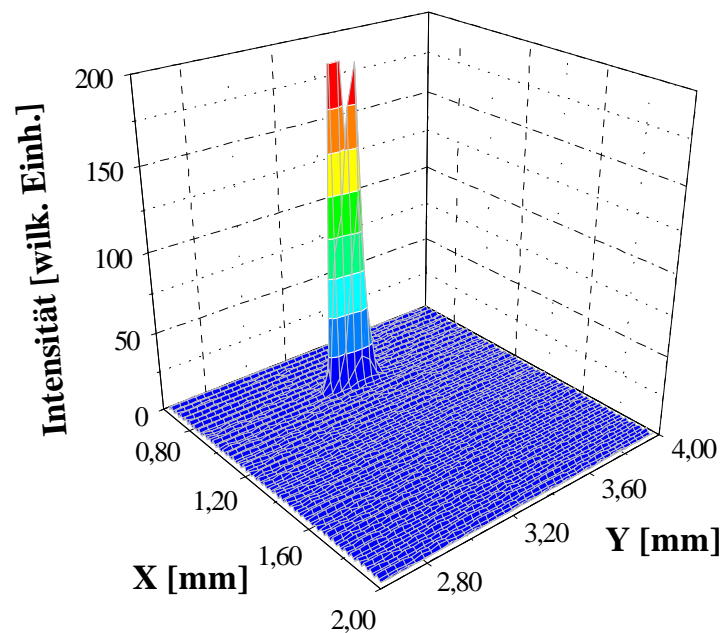


Abb. 5: Räumliche Bestrahlungsstärke des Laserpointers Nummer 9 nach der Abbildung durch das modelhafte Auge.

Die Abbildung 5 zeigt die räumliche Verteilung der Bestrahlungsstärke nach dem Durchgang durch das Augenmodell. Im Vergleich zu Abbildung 3 ist die Verkleinerung der Fleckgröße deutlich zu erkennen. (Die absolute Skalierung in Millimetern ist in beiden Bildern gleich.)

Die Angabe der realen Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut ist besonders für Augenärzte von Interesse, da so ein Vergleich mit medizinischen Untersuchungen an der Netzhaut möglich wird.

Herstellerangaben				Messungen						
Laserpointer Nr.	Leistung [mW]	Wellenlänge [nm]	Laserklasse	Wellenlänge [nm]	Leistung [mW]	Bestrahlungsstärke nach DIN EN60825-1 [W/m ²] Grenzwert 25 W/m ²	ermittelte Laserklasse nach DIN EN60825-1	reale Bestrahlungsstärke in 1,5 m Entfernung [kW/m ²]	Fleckgröße auf der Netzhaut (Model) [mm ²]	Leistungsdichte auf der Netzhaut (Model) [kW/m ²]
1	<1	670	2	677	1,5	39	3B	4,3	0,0036	417
2	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe	654	3,4	88,4	3B	26,2	0,0025	1380
3	<5	635-680	IA	666	1,3	33,7	3B	4,6	0,0032	405
4	<5	650 630-680	IIIA	655	3,8	98,8	3B	15,8	0,0021	1843
5	<5	650 630-680	IIIA	651	2,5	65	3B	31,3	0,0022	1163
6	<5	660-680	IIIA	674	1,3	33,8	3B	4,2	0,0018	732
7	<1 <5	660 639 660-680	2	654	1,1	28,6	3B	6,1	0,0017	635
8	<5	630-680	IIIA	649	2,5	65	3B	6,6	0,0037	681
9	<1	630-650	2	671	1,8	46,8	3B	3,5	0,0035	511
10	<5	630-680	IIIA	672	3,6	93,6	3B	5,4	0,327	11

Tab.1: Daten der Laserpointer angegeben vom Hersteller und die entsprechenden Meßergebnisse (Messungen vorgenommen Ende Januar 1998).

Laserpointer Nummer	Kaufort	Herstellerangaben			Messungen			
		Leistung [mW]	Wellenlänge [nm]	Laserklasse	Wellenlänge [nm]	Leistung [mW]	Bestrahlungsstärke nach DIN EN60825-1 [W/m ²] Grenzwert 25 W/m ²	ermittelte Laserklasse nach DIN EN60825-1
1	München	<1	660-680	2	664	0,6	15,6	2
2	München	<1	630-680	2	672	0,7	18,2	2
3	Berlin	<5	630-680	IIIA	681	4,9	127,4	3B
4	Berlin	<5 <3	630-680	IIIA 2	648	3,7	96,2	3B
5	Berlin	<1	630-680	2	647	0,93	24,2	2
6	Mainz	<5	640-680	IIIA	676	3,3	85,8	3B
7	Mainz	<5	635-680	IIIA	676	1,4 mit 3,0V 3,1 mit 4,5V	36,4 80,6	3B
8	Mainz	<5 <3	630-680	IIIA 2	648	3,7	96,2	3B
9	Frankfurt	<5	630-680	IIIA	678	3,1	80,6	3B
10	Frankfurt	<5	630-680	IIIA	650	4,9	127,4	3B
11	Hamburg	<5	635-670	IIIA	650	4,7	122,2	3B
12	Hamburg	<1	660	2	660	0,82	21,3	2
13	Köln	<1	630-680	2	673	1,3	33,8	3B
14	Köln	<1	630-680	2	674	0,81	21,1	2
15	Köln	<1	630-680	2	650	0,71	18,5	2
16	Köln	<1	660-680	2	675	2,3	59,8	3B
17	Köln	<1	630-680	2	658	0,84	21,8	2
18	Köln	<5	640-680	IIIA	676	6,5	148,2	3B
19	Stuttgart	<0,95	630-660	2	660	1,2	31,2	3B
20	Dresden	<1	660-680	2A	675	1,1	28,6	3B
21	Dresden	<1	630-680	2	652	0,76	19,8	2
22	Halle	<1	660-680	2A	breitbandig um 670 nm	1,19	30,9	3B
23	Halle	<5	635-680	IIIA	breitbandig um 670 nm	1,5	39,0	3B

Tab.: Daten der Laserpointer angegeben vom Hersteller und die entsprechenden Meßergebnisse (Messungen vorgenommen Anfang März 1998).

Ergebnisse:

In der oben aufgeführten Tabelle sind sowohl die Herstellerangaben als auch die von uns gemessenen Daten aufgelistet. Die Messung der Wellenlänge war erforderlich, um eine Wellenlängenanpassung an das Leistungsmeßgerät ([FieldMaster](#) mit Meßkopf [LM-2](#); Fa. Coherent, Santa Clara, California) durchzuführen.

Tabelle 1:

Die nach DIN EN 60825-1 vorgenommene Messung der Bestrahlungsstärke zeigt eindeutig, daß alle 10 Laserpointer in die Laserklasse 3B einzuordnen sind. Ferner ist festzustellen, daß nicht ein einziges Gerät nach EN 60825-1: 1997 vom Hersteller bzw. Vertreiber zutreffend klassifiziert worden ist.

Alle diese Laser sind gefährlich, da das Auge durch den Lidschlußreflex nicht mehr geschützt wird.

Ein Vergleich zwischen der Bestrahlungsstärke vor dem Auge und der daraus resultierenden Bestrahlungsstärke auf der Netzhaut zeigt, daß eine generelle Aussage, wie stark eine Laserstrahl durch die abbildenden Eigenschaften des Auges verkleinert wird, nicht möglich ist. Der Verkleinerungsfaktor liegt bis auf einen Sonderfall zwischen 40 und ca. 180. Generell verfügen die vermessene Laserpointer über eine sehr gute Strahlqualität. Das bedeutet, daß der Laserstrahl durch das Auge bis zur Beugungsbegrenzung verkleinert werden kann [7]. Der minimal erreichbare Strahldurchmesser auf der Retina ist demnach 10 µm.

In einem Artikel von Mainster [8] wird ein theoretisches Model vorgestellt, mit dem es möglich ist, die Temperaturerhöhung auf der Retina nach einer Bestrahlungsdauer von 0,1 s zu bestimmen. Im schlimmsten Fall wird der Strahl eines Laserpointers auf der Retina auf einen Fleck von 10 µm verkleinert. Bei einem 5 mW Laser bedeutet dies eine Temperaturerhöhung von 15 bis 20 °C je nach Wellenlänge. Bei diesen Temperaturerhöhungen muß von einer thermischen Schädigung der Netzhaut ausgegangen werden.

In der jetzigen Situation, in der Laser klein und handlich geworden sind und zu günstigen Preisen an Privatleute verkauft werden, ist es wohl an der Zeit die Vorschriften für solche Laser neu zu überarbeiten. Ganz sicher aber ist, daß solche Laser nicht an Kinder und Jugendliche verkauft werden dürfen, da gerade ihnen die Gefahren dieser Geräte in keiner Weise bewußt sind.

Tabelle 2:

Die in der zweiten Tabelle aufgelisteten Laserpointer wurden ca. 5 Wochen nach der Austrahlung des Beitrages über Laserpointer, der Ende Januar in Monitor (WDR) gesendet wurde, in verschiedenen Städten Deutschlands gekauft. Wie zu sehen ist, sind auch jetzt noch Laserpointer erhältlich, die eine Ausgangsleistung von über 1 mW haben und damit Laser der Klasse 3B sind.

Zur Zeit sind am Institut für Lasermedizin zu diesem Thema weitere Untersuchungen im Gange. Überprüfen Sie von Zeit zu Zeit unsere WWW Seiten. Sie werden laufend aktualisiert.

Für weitere Fragen oder Bemerkungen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung:



Peter Hering (Univ.-Prof. Dr. rer. nat.): 81-12761 hering@uni-duesseldorf.de



Sandra Klein (Dipl. Phys.): 81-12149 oder 81-13694 kleins@uni-duesseldorf.de



Daniel Kleine (cand. rer. nat.): 81-12149 oder 81-13694
kleine@uni-duesseldorf.de

Literatur:

- [1] Din EN 60825-1: 1997, "Sicherheit von Laser-Einrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (ICE 825-1:1993), Deutsche Fassung EN 60825-1:1994 + A11:1996", Berlin: VDE-Verlag GmbH. (DIN EN bedeutet, daß die europäische Norm EN 60825 den Status einer deutschen Norm hat.)
- [2] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, "Laserstrahlung (VBG 93)", Köln: Carl Heymanns Verlag (1988).
- [3] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, "Durchführungsanweisungen zur Unfallverhütungsvorschrift Laserstrahlung (VBG 93)", Köln: Carl Heymanns Verlag (1988).
- [4] Bermann, Schäfer, "Lehrbuch der Experimentalphysik: Band 3 Optik", Berlin, New York: de Gruyter (1993), S. 137-148.
- [5] Naumann, Schröder, "Bauelemente der Optik", Hauser (1987), S. 238-246.
- [6] V.-P. Gabel, R. Birngruber, F. Hillenkamp, " Die Lichtabsorption am Augenhintergrund", GSF-Bericht A55 (1976)
- [7] D. Sliney, M. Wolbarsht, "Safety with Lasers and Other Optical Sources", New York: Plenum Press (1980), S. 116-144.
- [8] M. A. Mainster, T. J. White, R. G. Allen, "Spectral Dependence of Retinal Damage Produced by Intense Light Source", J. Opt. Soc. Am. 60 (6), 1970, 848-855.

[\[HHU Homepage\]](#) [\[Home\]](#) [\[Contact\]](#) [\[Mail\]](#) [\[Staff\]](#)