

# LAS- Lasersicherheit

< Vorbereitung >

Name: Yuchang Sun

Datum: 1. MAR 2021

## → Grundlagen des Versuchs

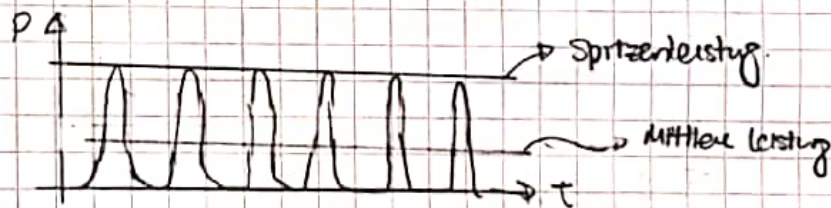
### • Dauerstrich, gepulste Laser

- Dauerstrich: Braucht Vorwärmzeit. Licht mit konsistenten Wellenlänge und Frequenz und dauerhaft gestrahlt.
- Gepulste: Braucht evtl. längere Vorwärmzeit (im Versuch 10 - 15 min). Licht wird im Pulsen ~~ausgestrahlt~~ mit einer gewissen Wiederholrate. Im Versuch wird ein Laser mit einer 1kHz Wiederholrate verwendet.

### • Leistung (mittlere Leistung / Spitzenleistung), Intensität

- Gesamte Strahlungsleistung  $P$  eines zylindrischen Gaußstrahls beträgt:  
$$P = \frac{\pi}{2} w^2 I_0$$

- Für ein gepulsten Laser scheint die Leistung im Laufe der Zeit so aus:



Mittlere Leistung = Leistungäquivalent, wenn der gepulsten Laser ein ~~stetiger~~ CW Laser ist.

$$= \frac{\sum \text{Energie}}{\Delta \text{zeit}}$$

- Intensität = Leistung  $\times$  Fläche  
= Laserspot Größe.

### • Laserklassen: (aus P3A - Einführungsfolie)

Klasse (1): Augensicher [alle Wellenlänge]  
GZS: 40  $\mu$ W (blau), 400  $\mu$ W (rot)

Klasse (1C): für nicht-Augen Anwendungen [alle Wellenlänge]

Klasse (1M): Schädlen bei Bestrahlung mit Lupen / Ferngläser [302,5 nm - 4000 nm]

Klasse (2): Sichtbar, sicher über Lichtschutzreflex innerhalb GZS,  $< 1$  mW [400 nm - 700 nm]

Klasse (2M): Klasse 2, aber mögliche Schäden bei Bestrahlung mit Lupen / Ferngläser / Linsen [400 nm - 700 nm]



Klasse (3R): Kein Gefahr, außer mit uneingeschütztes Person a) [180nm - 1000nm]

< 5mW (sichtbar)  
5x Klasse 1 (unsichtbar)

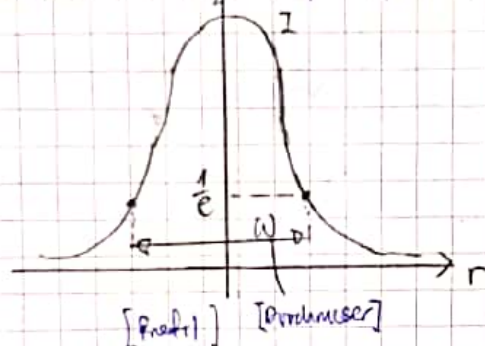
Klasse (3B): Gefahr mit direkt und spiegelnde Reflexion [ > 315nm ]

< 500mW (nicht UV)  
< 45mW (UV)

Klasse (4): Gefahr durch die kleine und ~~diffuse~~ diffus reflektierten Strahl [alle Wellenlänge]

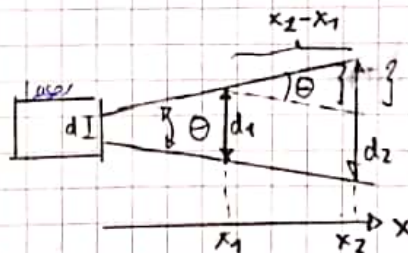
Leistung nach oben offen.

Beispiel: Strahl (Strahlprofil, Strahlendurchmesser, Divergenz)



$$I(r) = I_0 e^{-2(\frac{r}{W})^2} \text{ (aus Anhang)}$$

Divergenz:



$$\theta = \frac{d_2 - d_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

Transmission und Optische Dichte

Transmission = Menge von Licht, ~~das~~ die durch ein optisches Element transmittiert wird.

Optische Dichte ist ein Maß dafür, wie viel Licht durch ein Element absorbiert wird

Für ein Neutraldichtefilter gilt:  $T = \frac{I}{I_0} = 10^{-OD}$  optische Dichte

$$\Rightarrow OD = -\log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

(Wikipedia "Neutral-Density Filter")

IR-Detektor-Karte

Dient zum Sichtbarmachen eines IR Strahls

Photonen mit IR-Wellenlänge werden von Platte, die auf Phosphor basiert ist, absorbiert und wieder in sichtbares Licht emittiert  $\Rightarrow$  Fluoreszenz

(senscience, www.senscience.co.jp/products/ltk/11/sensor-en.html)

① Loss, Beam Divergence and Spot Size

Lab amria.edu/mul.php?brch=184 & Sim=342  
mt = 1 & Sub=1

• Aufgehen im Text.

① Intensitätsprofil eines Laserstrahls.

Angenommen, Blende und Zentrum des Laserstrahls ausgerichtet sind:

$$I(r) = I_0 \exp \left[ -2 \left( \frac{r}{w} \right)^2 \right]$$

Dann ist die gemessene Leistung:

$$P = \int_A I \cdot dA = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^R dr I_0 e^{-2 \left( \frac{r}{w} \right)^2}$$

$$= 2\pi I_0 \int_0^R dr \exp \left[ -2 \left( \frac{r}{w} \right)^2 \right]$$

Woltam  
Alpha

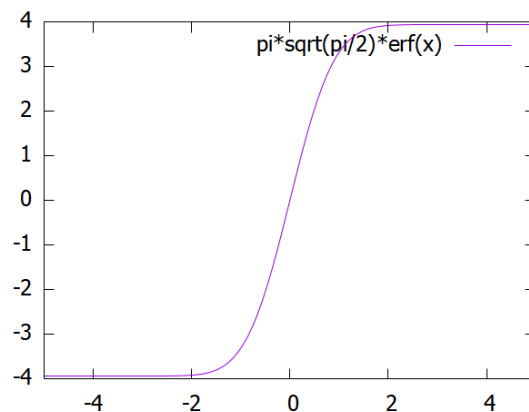
$$\approx \frac{1}{2} (2\pi I_0) \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf} \left[ \frac{\sqrt{2} R}{w} \right]$$

$$= \pi I_0 \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf} \left( \frac{\sqrt{2} R}{w} \right)$$

mit  $R$  = Radius der Blende

Beugungseffekte  
nicht berücksichtigt

Setze  $I_0 = 1$ ,  $w = \sqrt{2}$ , Plote  $\pi \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf} [R]$



Wenn  $I = \frac{I_0}{e}$  ist  $r = w$  und es gilt:

$$P = \pi I_0 \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf} [\sqrt{2}] \approx I_0 (3,7582)$$

$I_0$  ist dann durch das Plateau mit

$$P_{\max} = \lim_{R \rightarrow \infty} \pi I_0 \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf} [R] = I_0 \left[ \frac{\pi^{3/2}}{\sqrt{2}} \right] \approx I_0 (5,9374)$$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{P_{\max}}{5,9374}$$

$$\Rightarrow P(w) = P_{\max} \left[ \frac{\pi \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf} (\frac{\sqrt{2}}{2})}{\pi \sqrt{\frac{\pi}{2}}} \right] = P_{\max} [\operatorname{erf} (\frac{\sqrt{2}}{2})]$$

$$\approx P_{\max} (0,9545)$$

somit kann man  $w$  wieder herausfinden.

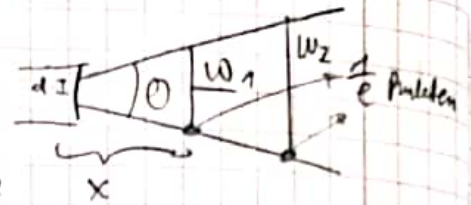
② Im Text: Vergrößerungsfaktor für das im Versuch zur Verfügung stehende Galilei-Teleskop. (TV4)

$$V_T = \frac{f_2}{|f_1|} = \frac{8}{1} = 8$$



② Gefährdungsabstand. (\* nicht sicher)

$$r_{NOHD} = \frac{1}{\theta} \left( \sqrt{\frac{CP}{\pi(MZB)}} - d \right)$$



Gesamt:  $w(x)$ . Nach vorheriger Definition:

$$\frac{w-d}{x} = \frac{\theta}{2} \rightarrow w = \left(\frac{\theta}{2}\right)x + d$$

Nach Energieerhaltung:  $P = \frac{1}{2} w_3 I_0 \stackrel{!}{=} \frac{1}{2} w_1^2 I_1$

$$w_3^2 I_0 = w_1^2 I_1 = \left[ \left(\frac{\theta}{2}\right)^2 x^2 + d^2 + \theta x d \right] I_1$$

mit  $w_3 = d$ :

$$d^2 I_0 = w_1^2 I_1 = \left[ \left(\frac{\theta}{2}\right)^2 x^2 + d^2 + \theta x d \right] I_1$$

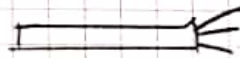
$$\Rightarrow I_1 = \left[ \frac{d^2}{\left(\frac{\theta}{2}\right)^2 x^2 + d^2 + \theta x d} \right] I_0$$

## Teilversuch 1: Maximale zulässige Bestrahlung (MZB)

Versuchsziel: MZB für das menschliche Auge bestimmen.

Messmethode: Powermeter, nach DIN EN 60825-1.

Durchführung Skizze:



Powermeter.

Durchführung:

- ① Alle Laser (außer IR) einschalten und mit Blende abdecken
- ② Erwärmungsphase beachten.
- ③ Nach DIN EN 60825-1 die MZB für das menschliche Auge bestimmen. (Seite 64) bzw. (VDE 508 Seite 277)

- Blau 473 nm gepulste Laser
- Grün 532 nm ~~Continuous Wave~~ CW-Laser
- Orange 590 nm LED Laser

↳ C-Werte: VDE 508 4. Anlage Seite 270  
EN 60825-1: 2014 Seite 40

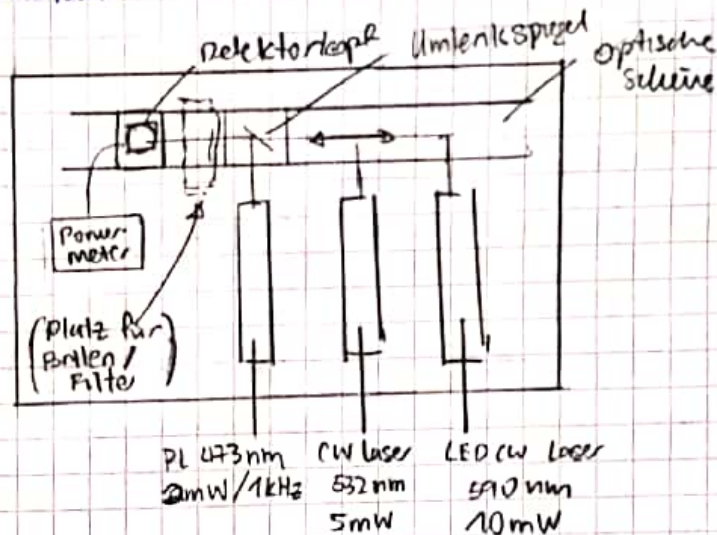
↳ Finwirkdauer: 4 Stunden.

## Teilversuch 2. Strahlungsleistung kontinuierlicher und gepulster Laser verschiedener Wellenlänge (Laser 473 nm, 532 nm, 590 nm)

- Versuchsziele:
- A) Bestimmung der Ausgangsleistung verschiedener Lasern.
  - B) Abschwächungsfaktor der Schutzkappen und Effekte der Filtergläser bestimmen.
  - C) Strahlendurchmesser bestimmen.

Nachmethode: Powermeter

Skizze:



### Versuchsdurchführung

- A) ① Für die 473 nm blaue Laser, stellen die Wellenlänge im Powermeter ein.
- ② Mit der Detektorkopf abgedeckt, richten das Laserlicht mit der Röhre auf der Schutzkappe aus (mittels Umlenkspiegel)
- ③ Brechen Laserlicht ab. Schutzkappe von Detektorkopf abnehmen.
- ④ Je nach Leistung des Lasers die den Filter einstellen.
- ⑤ Nullabgleich mittels ~~Nullabgleich~~ "Zero"-Taste
- ⑥ Leistung messen.
- B) ① <sup>eine</sup> ~~Brille~~ Brille vor dem Detektorkopf setzen und nach Schritt ⑤ und ⑥ machen.
- ② Mit alle 3 Brillen ~~testen~~ (und ggf. RG1000, Na9, BG39) Schritt ④ machen.
- C) ① Mit ~~Irstrahl~~ Setze Irisblende vor dem Detektorkopf.
- ② In verschiedene Durchmesser öffnen und Schritt ⑥ und ⑦ machen.
- ③ Bestimme  $\frac{1}{e^2}$  - Durchmesser



- ⑫ Wiederhole Schritt ① bis ⑪ für den 532 nm Laser und den 570 nm Laser.

### Geplante Auswertung:

- ① Optische Dichte mit  $\log_{10} \frac{I_0}{P}$  berechnen.
- ② Mit Hilfe Abb 10 auf 99%-Durchmesser schließen
- ③ Mittlere Intensität des Strahlquerschnitts der Laserquellen berechnen und prüfen.
- ④ Gaußsche Strahlprofil berücksichtigen und: maximale Intensität des Gaußprofils bestimmen.
- ⑤  $P = \frac{\pi}{2} w^2 I_0$ . Vergleiche Intensitäten mit den Grenzwerten der Norm aus TV 1  $\Rightarrow$  Gefährlichkeit?

### Teilversuch 3. Klassifikation von Lasern

Vorbereitung:

- ~~Powerstrahl-Laser~~ ~~Klassifizieren~~
- Laser im Labor klassifizieren.

Messmethode:

- Powermeter
- Si-PIN-Photodetektor mit Oszilloskop

Skizze: WR in TV 2.

### Durchführung

- ① Grüne Laser mittels vorherige Daten, <sup>unter CW-Laser</sup> Klassifizieren
- ② Orangefarbener Laser " " " " " " <sup>Klassifizieren</sup>
- ③  $\Rightarrow$  Seite 264 ff (VDE 538, 4. Auflage)  
Seite 34 ff (ENI 60825-1:2014)
- ③ Photodetektor mittels eines BNC-Kabels direkt mit dem Oszilloskop verbunden.
- ④ Position des Photometers ~~ersetzen~~ ersetzen.
- ⑤ Mit DIN A4-Breit den Strahl sichtbar machen
- ⑥ Pulsdauer und Wiederholrate durch Oszilloskop ~~bestimmen~~ bestimmen.
- ⑦ Pulszeitung ausdrucken.



~~Teilversuch 4~~

⑧ Blue laser klassifizieren.

Teilversuch 4: Änderung von Laserleistungs<sup>relativen</sup> ~~parametern~~ Parametern durch verschiedene optische Instrumente.

Vorbereitung: Änderungen durch verschiedene optische Instrumente bestimmen.

Messmethode: Powermeter.

Skizze: Wie in TV2

Durchführung

- ① 635 nm Laser mit bi-konvexen Linse ( $f = 80 \text{ mm}$ ) kollimieren (Beim Abstand 80 mm) montiert  $\Rightarrow$  Verifizieren (in Exp.)
- ② ~~635~~ 632 nm Laser mit Galilei-teleskop. ( $f = -1 \text{ mm}$  und  $f = f_{\text{cm}}$ ) vergrößern. Intensität messen.
- ③ Durchmesser von 632 nm Laser Schutzhülle erheben.
- ④ Mindestens 6 Werte paarweise messen.
- ~~⑤ ~~Stärke~~ Transmittierleistung soll aufgenommen~~
- ⑤ ggf. mit Galilei Strahl erweitern.
- ⑥ Mit  $f = 40 \text{ mm}$  632 nm Laser aufstrahlen.  
~~⑥~~  $\rightarrow$  soll auf 2. Umlenkspiegel fokussiert werden.
- ⑦ Divergenzwinkel bestimmen.

Gepante Auswertung:

- ① Transmitter Leistung gegen Durchmesser
- ② Divergenzwinkel bestimmen  
KriHD bestimmen.

## Vorlesung 5: Retinasimulation

Verwarnung! Gefahr auf Augen ~~schlieren machen~~ voranschauen

Messmethode : Schwarze pappe .

### Durchführung:

- ① schwarzaufkleber (mit  $f=60\text{mm}$  Linse fokussiert) in Brennpunkt stehen lassen.
- ② Wirkung beobachten.
- ③ Aufkleber ins Laborheft kleben