

Universität Stuttgart



Lasersicherheit im Unterricht

Experimente mit selbstgebauten/-modifizierten Lasern

23.06.2022

Tobias Reinsch, Ronny Nawrodt
Abteilung Physik und ihre Didaktik
Universität Stuttgart



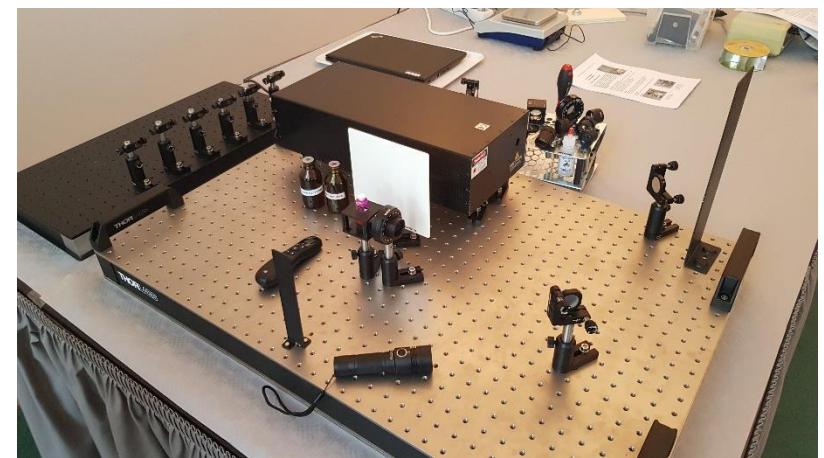
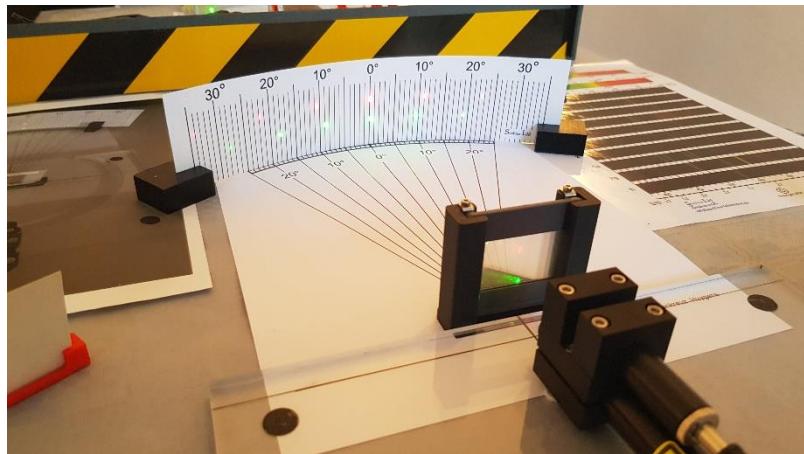
Überblick

- Anliegen des Vortrags
- Grundlagen zum sicheren Umgang mit Lasern
- Laser als Experimentiermittel
- Charakterisierung von Laserstrahlung
- Selbstbau/Modifikation (Workshop)



Anliegen des Vortrags

- Laser bieten sehr gute Experimentiermöglichkeiten (Kollimation, monochromatisch)



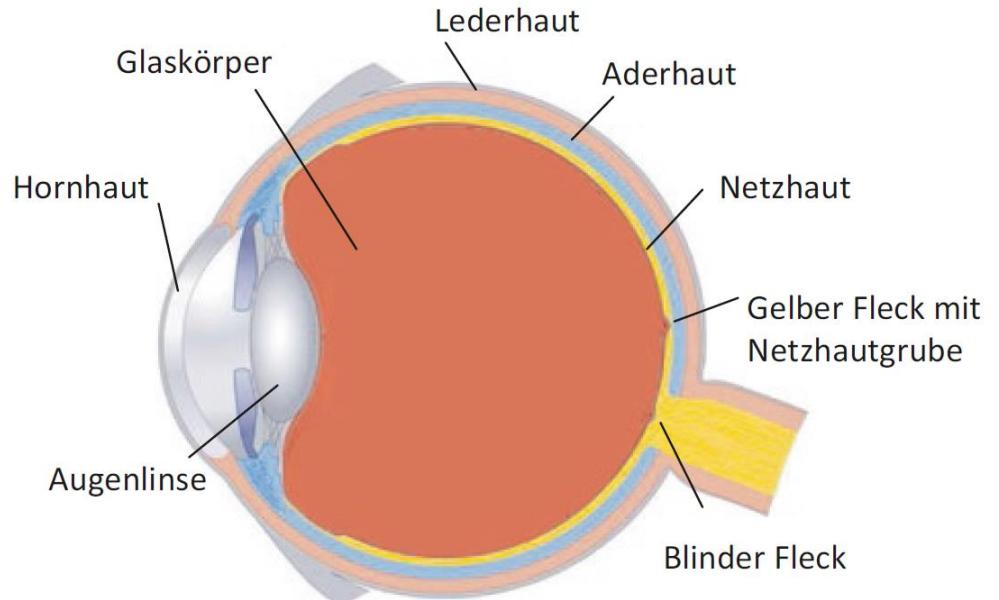
Anliegen des Vortrags

- Unsicherheit im Umgang mit Experimentiermaterial im Unterricht, Flut von Regeln
- neue Regeln ersetzen oft alte nicht sondern ergänzen oder verschärfen (Flut an Regeln wird noch größer)
- „Lösung“: Vermeiden von Experimenten für SuS ??
 - Beispiele:
 - E-Lehre (Spannungsbereiche, Normen für Transformatoren)
 - Radioaktivität, Röntgenstrahlung



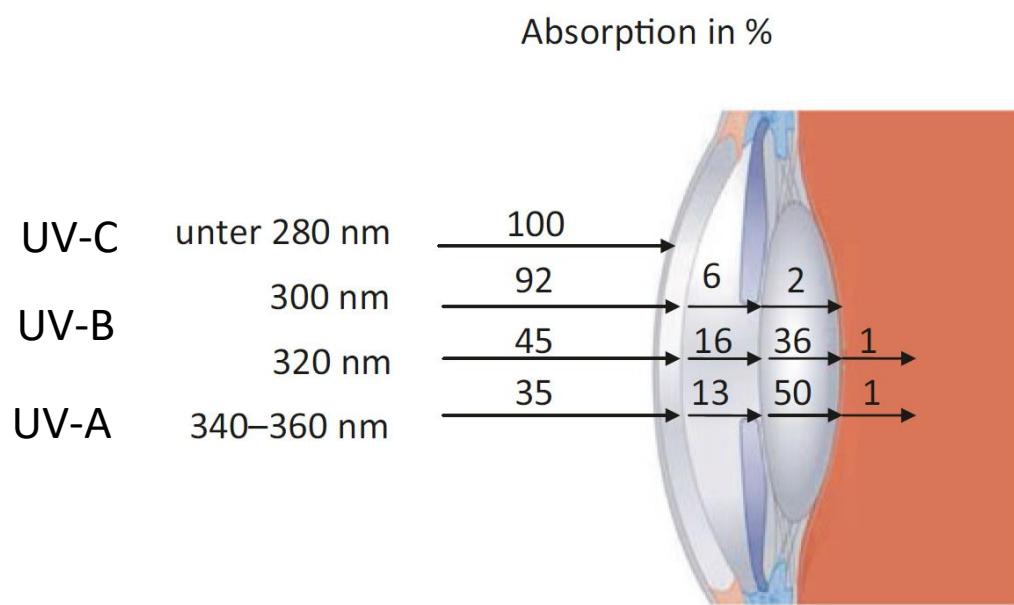
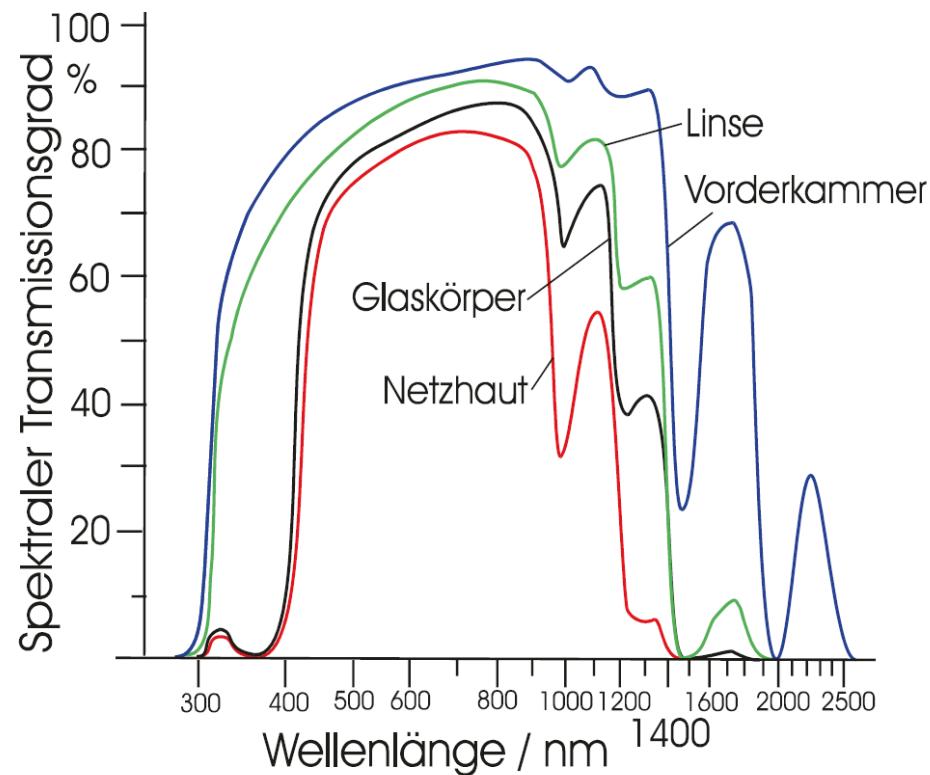
Grundlagen

- Gefährdung für Augen und Haut durch:
 - photochemische Wirkung
 - thermische Wirkung
 - ionisierende Wirkung
- hier: nur Auge betrachtet
-



Grundlagen

- Absorption von Licht erfolgt unterschiedlich je nach Wellenlänge:

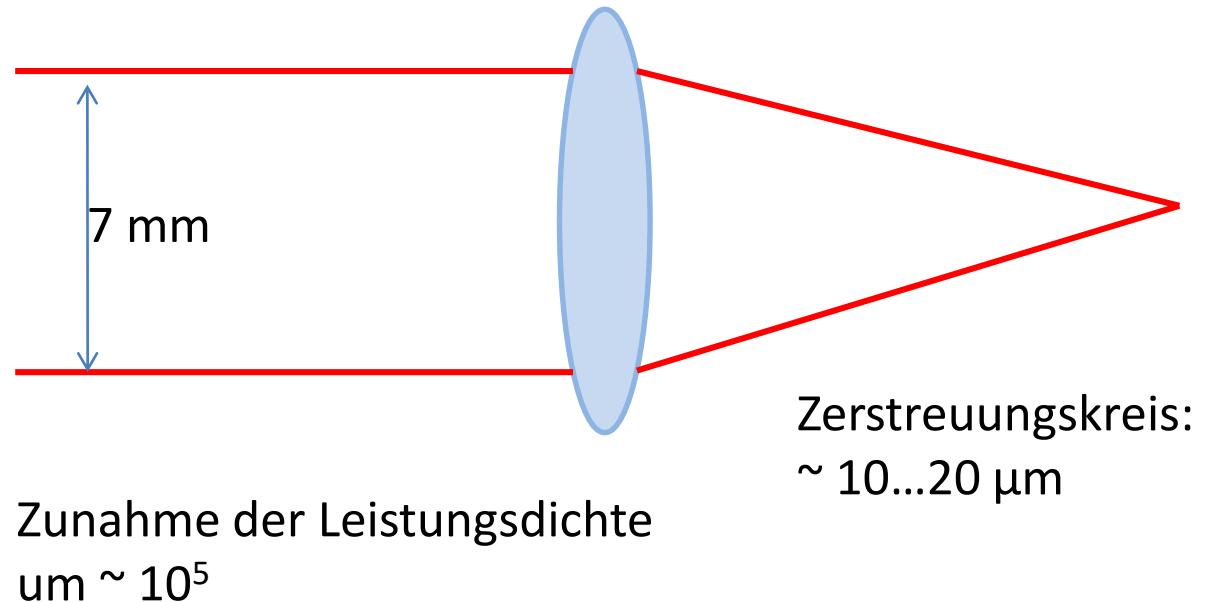


Absorption von UV-Licht im Auge



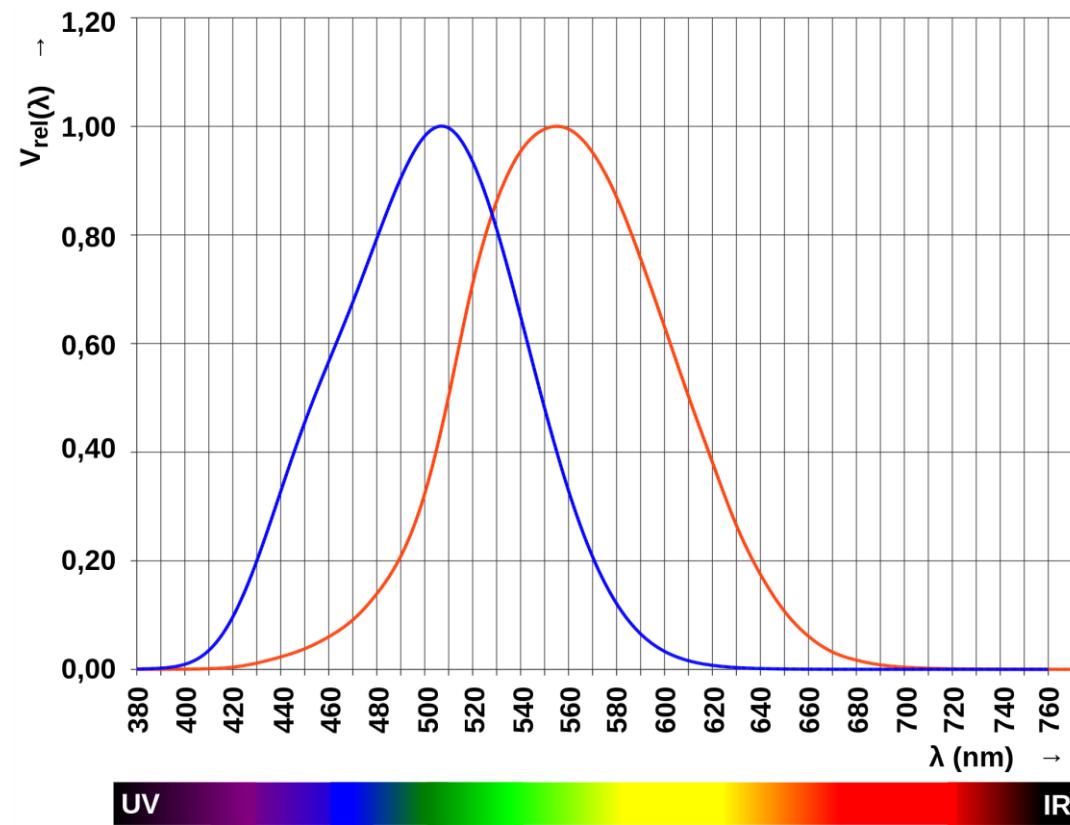
Grundlagen

- Kenndaten des Auges:
 - maximaler Pupillendurchmesser: 7 mm
 - beugungsbegrenzte Abbildung
- Abbild der Sonne liefert 30 W/cm^2 auf Netzhaut
- Abbild eines 1mW Laserpointers liefert 300 W/cm^2



Grundlagen

- Wahrnehmung unterschiedlicher Wellenlängen



Beispiel:

$$\frac{V(520\text{nm})}{V(405\text{nm})} \approx 20$$



Einteilung der Laserklassen - Grobübersicht

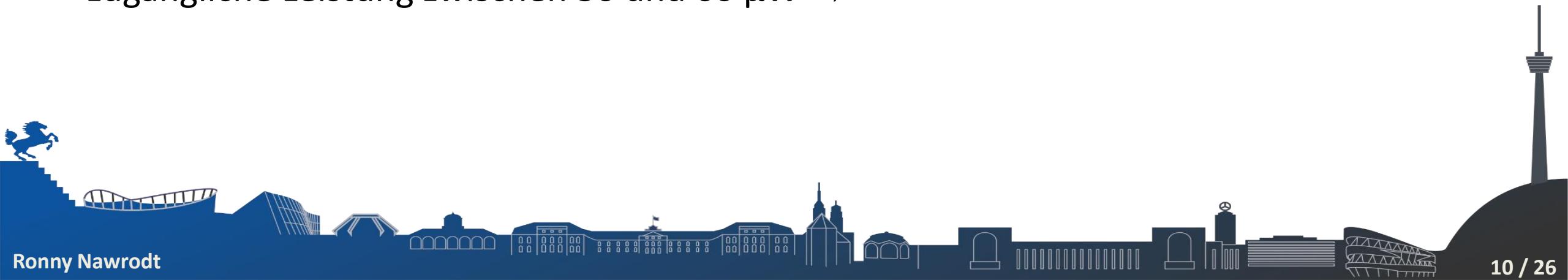
- Klasse 1: ungefährlich für Auge
- Klasse 2: ungefährlich für Auge bei kurzer Bestrahlung ($\sim 0,25$ s)
- Klasse 3: gefährlich für Auge und ggf. Haut
- Klasse 4: gefährlich für Auge und Haut, Brandgefahr



Laserklasse 1

„Die zugängliche Laserstrahlung ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.“

- Beispiele:
geschlossene Geräte, die Laserquellen enthalten (DVD, Bluray)
- zugängliche Leistung zwischen 30 und 60 μW →



Laserklasse 1M

„Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4 000 nm. Die zugängliche Laserstrahlung ist für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope, verkleinert wird.“

M ... Magnification

Beispiel: blauer Laser, 500 mW → Ø



Laserklasse 2

„Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1.“

- wichtige Schutzklasse, da nahezu alle sinnvollen Schulanwendungen hier reinfallen!
- P_{grenz}



Laserklasse 2M

„Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich, solange der Strahlquerschnitt nicht durch optische Instrumente, z. B. Lupen, Linsen, Teleskope, verkleinert wird. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400 nm bis 700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1M.“



Laserklasse 3R

„Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 10^6 nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm und das Fünffache des Grenzwertes der Klasse 1 für andere Wellenlängen.“

$$P_{\max}(\text{VIS}) = 5 \text{mW}$$



Laserklasse 3B und 4

- Klasse 3B: „Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.“

$$P_{\max} = 500 \text{ mW}$$

Diffuse Streustrahlung ist bei Betrachtung im Abstand von mindestens 13 cm für maximal 10 s ungefährlich.

- Klasse 4: „Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- und Explosionsgefahr verursachen



Einsatz im Unterricht nach RiSu

- erlaubt sind Laser der Klassen 1, 1M, 2, 2M und (ehemals) 3A
- Faustregel:
 - max. 1 mW
 - Emission im sichtbaren Spektralbereich
 - keine strahlfokussierenden Elemente im Strahlengang
-



Einsatz im Unterricht nach RiSu

- Kennzeichnung des Lasers (am Ausgang, Wellenlänge, Leistung, Laserklasse)
- Kennzeichnung des Arbeitsbereichs durch Laserwarnsymbol
- Einweisung der SuS (Gefährdung aufklären, Lidschluss, aktives Abwenden bei Bestrahlung)
- Experimente nur unter Aufsicht
- selbstverständlich: Gefährdungsbeurteilung



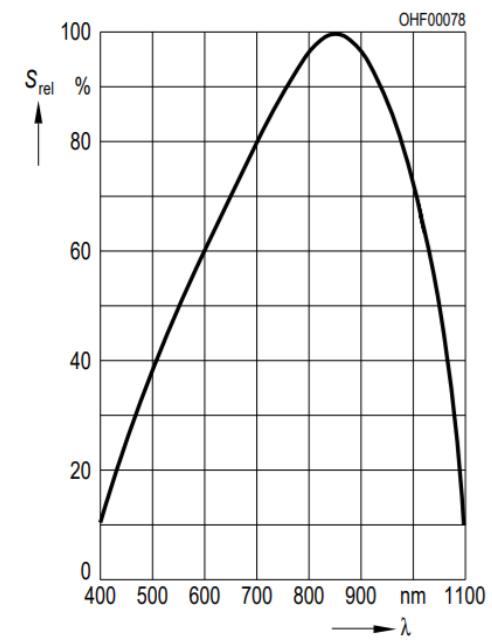
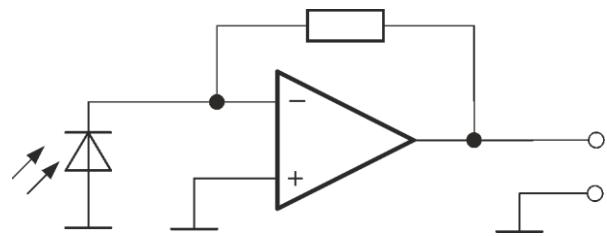
Vorsicht!

- Laser mit sehr hoher Leistung für wenig Geld in Fernost (einige Watt für ~ 10 €), extreme Gefährdung (Klasse 4!!)
- teilweise Laser bewusst falsch beschriftet (z.B. statt 150 mW mit 5 mW beschriftet)
- Bei „ungünstiger“ Wellenlänge visuell nicht erkennbar (z.B. 670nm)!



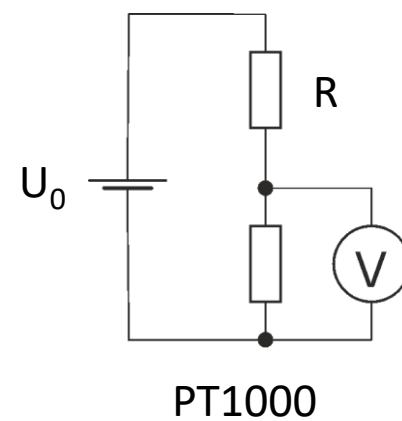
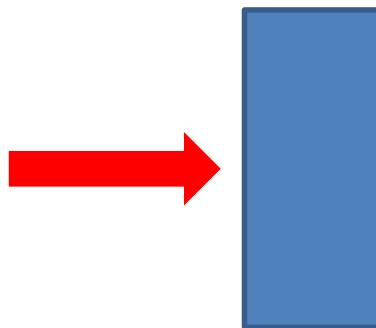
Wie kann ich die Laserleistung messen?

- Power-Meter:
 - sehr teuer
 - kalibrierte/zertifizierte Sensoren
 - Zugriff über Forschungseinrichtungen (z.B. Praktika): Fragen Sie nach!
- Messung über Photodiode
 - Umwandlung der Lichtleistung in Photostrom
 - Messung einer Spannung über Widerstand oder Transimpedanz-



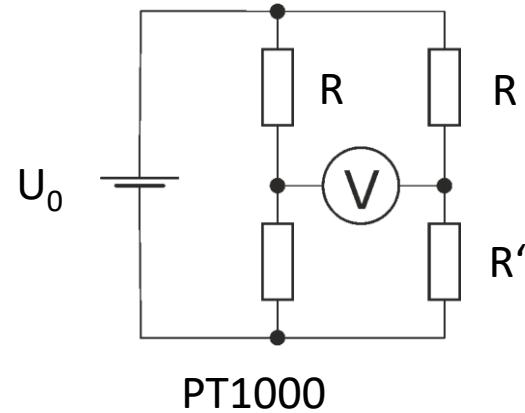
Wie kann ich die Laserleistung messen?

- mittels PT1000:
 - Idee: Laser strahlt auf PT1000 und erwärmt diesen.



PT1000

besser:

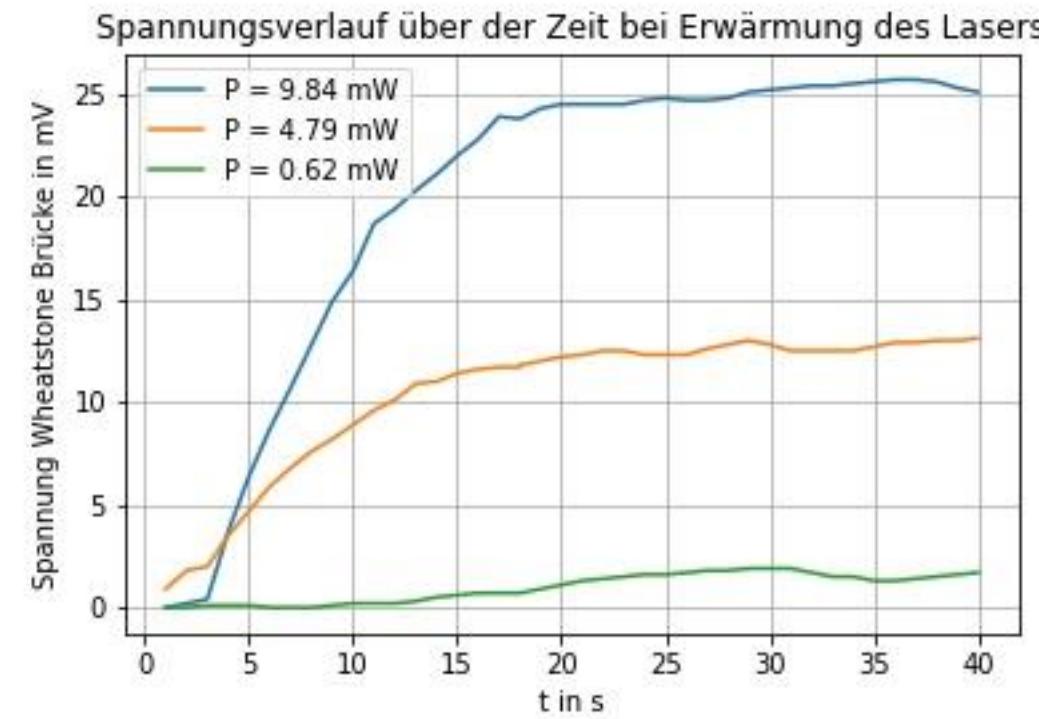
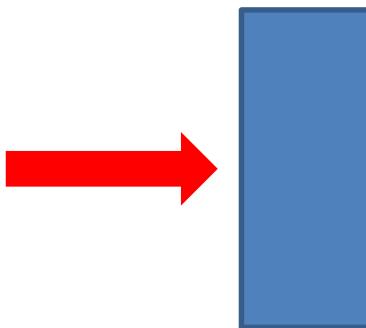


PT1000



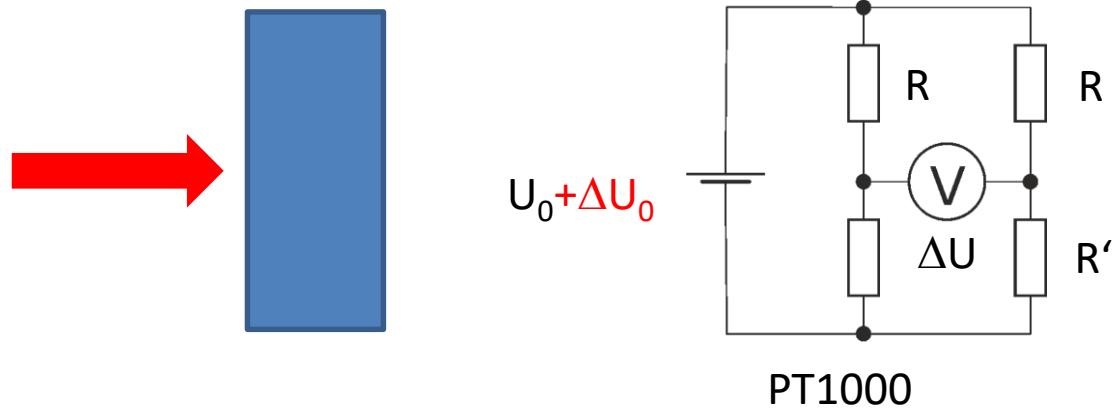
Wie kann ich die Laserleistung messen?

- mittels PT1000:
 - Idee: Laser strahlt auf PT1000 und erwärmt diesen.



Wie kann ich die Laserleistung messen?

- mittels PT1000:
 - Idee: Laser strahlt auf PT1000 und erwärmt diesen.

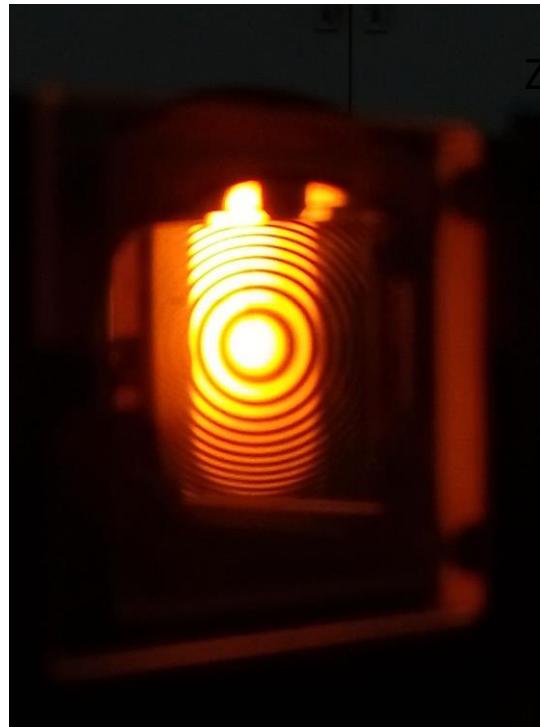


- Spannungsanstieg ΔU durch Laser messen
- Laser abschalten, Sensor abkühlen lassen
- Ohne Laser Spannung U_0 um ΔU_0 erhöhen, so dass die selbe Spannung ΔU wie vorher angezeigt wird.
- Zusätzliche elektrische Leistung ΔP am PT1000 entspricht der vorherigen Laserleistung.
- Absorber auf PT1000: Ruß



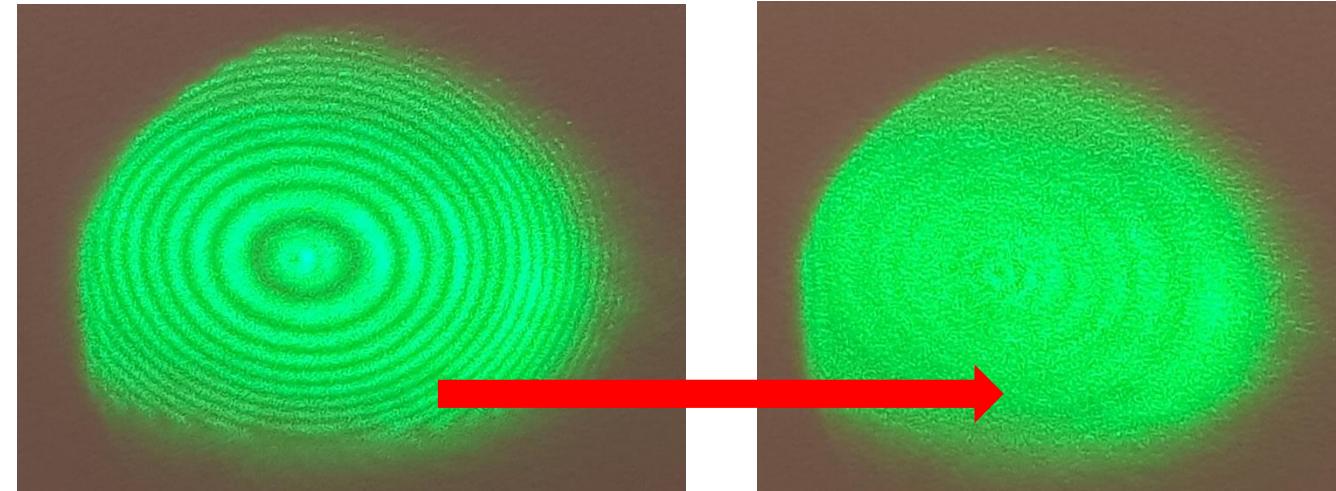
Selbstbau/Modifikation von Lasern (siehe 1. OG)

- Schlechte Kohärenz bei einfachen Laserdioden?



Ziel: klare und einfache Darstellung des Funktionsprinzips

Exp. Beobachtung: es geht manchmal, manchmal aber auch gar nicht



$$\Delta x \sim 50 \mu\text{m}$$

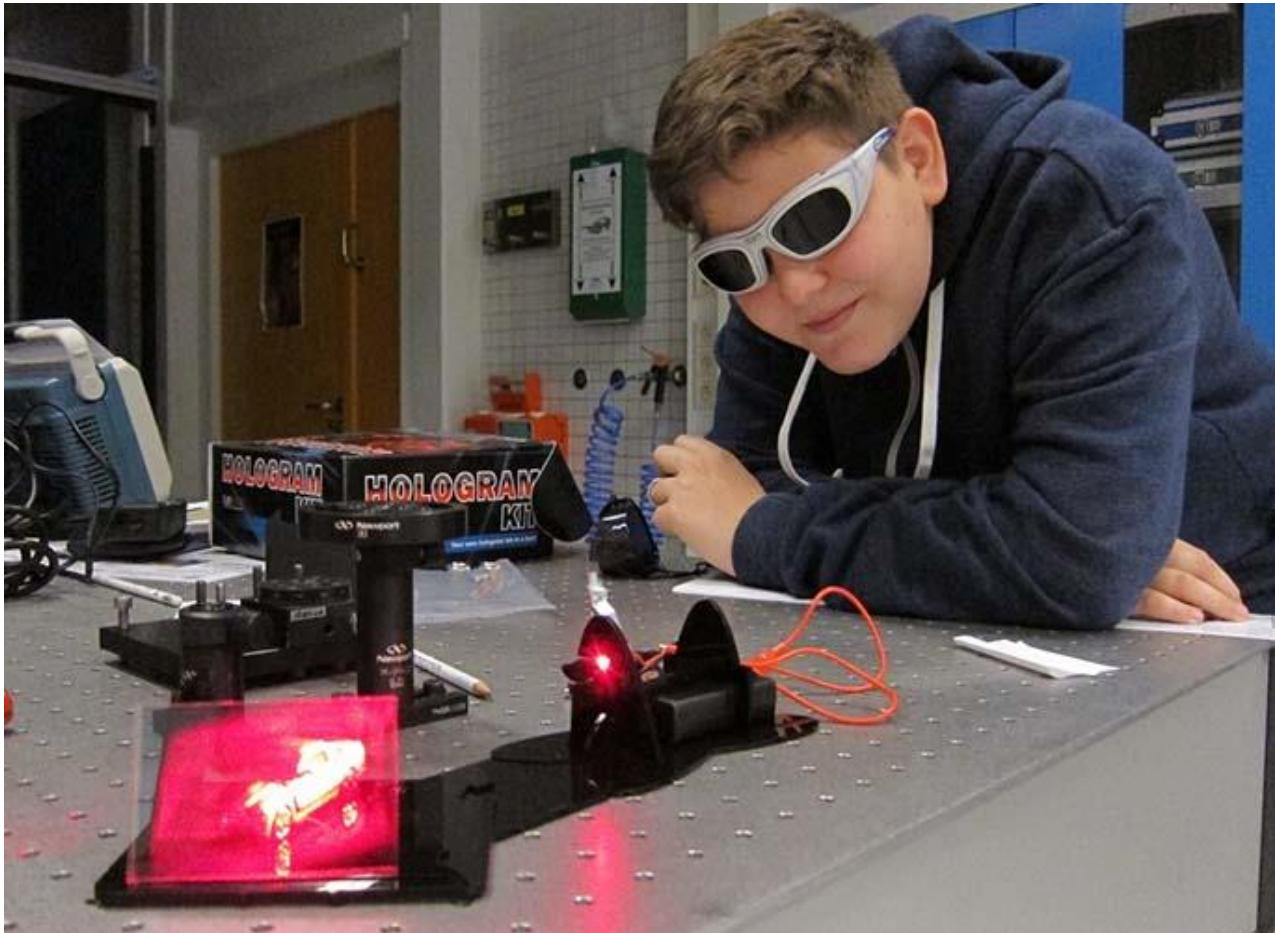


Zusammenfassung

- Laser sind im Unterricht wertvolle Experimentiermittel
- übermäßige Gefährdungspotential nicht vorhanden
- Modifikationen können Verwendbarkeit deutlich verbessern
- Selbstbau von Lasern ist problemlos mit Schulmitteln möglich
-



Bitte nicht übertreiben mit vermeintlicher Sicherheit!



Was sieht er wohl
vom Hologramm?



Selbstbau/Modifikation von Lasern

- Farbstofflaser zum Erlernen des Laserprinzips

