

O 2 Nd:YAG-Laser

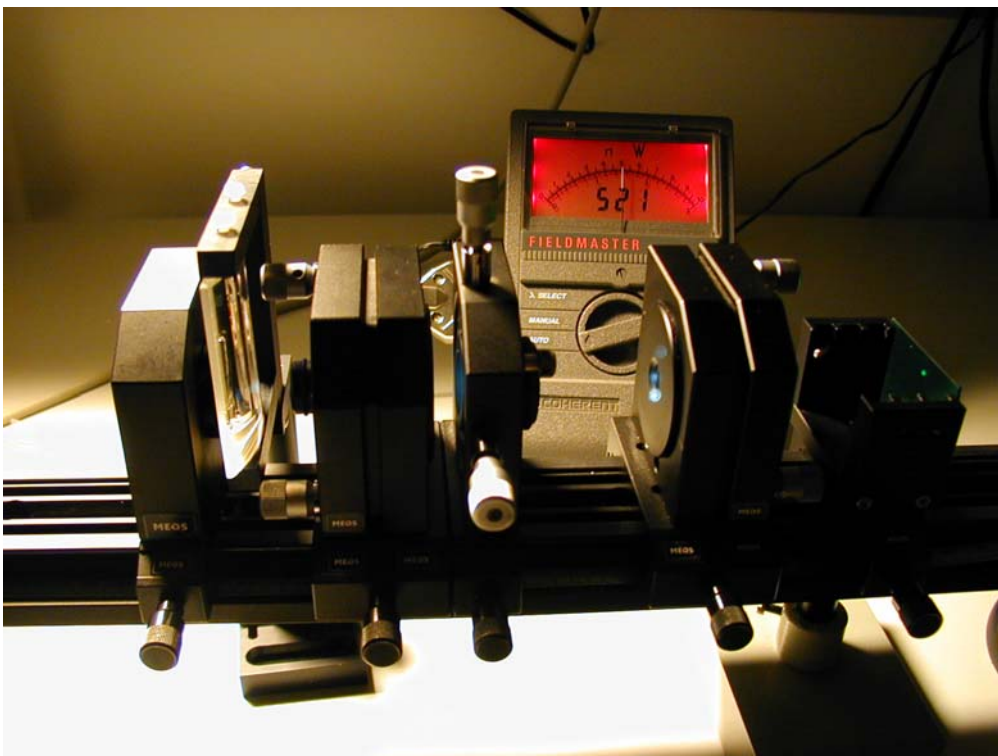


Abbildung 1: Photo von dem Nd:YAG-Laser im Versuch O2

Der Nd:YAG-Laser gehört zur Gruppe der Festkörperlaser und ist heute einer der am weitest verbreiteten Lasertypen. Das laseraktive Material ist ein mit Neodym dotierter Yttrium-Aluminium-Granat ($Y_3Al_5O_{12}$) Kristall. Die Nd:YAG-Laser zeichnen sich durch ihre einfache Konstruktion, Robustheit und ihre Variabilität aus. Der Laser kann kontinuierlich (cw) als auch gepulst betrieben werden. Im Pulsbetrieb sind Pulsdauern von einigen Picosekunden realisierbar (10^{-12} s). Im Hochleistungsbereich kann mit diesen Lasern eine Ausgangsleistung von mehreren kW erzielt werden. Daher ist auch eines der wesentlichen Anwendungsgebiete der Nd:YAG-Laser die Materialbearbeitung, bei der mit dem Laserstrahl geschweißt, geschnitten, gebohrt und gehärtet wird.

Der prinzipielle Aufbau eines Nd:YAG wie auch anderen Festkörperlasern besteht aus einem Resonator (zwei zueinander ausgerichteten Spiegeln), dem Laserkristall, und einer Pumplichtquelle. Die Pumplichtquelle dient zur Anregung des Laserkristalls und kann eine Blitzlampe (gepulste Anregung) oder eine Bogenlampe (kontinuierliche Anregung) sein. In den letzten Jahren werden diese Lampen zunehmend durch Diodenlaser ersetzt, da diese deutlich effizienter und kompakter sind. Während bei einem blitzlampengepumpten Nd:YAG-Laser nur 4% der elektrischen Leistung in Laserlicht umgewandelt wird, sind es beim diodengepumpten Nd:YAG Laser bis zu 20%. Da der Nd:YAG Laser nichtsichtbares, infrarotes Licht abstrahlt, wird in vielen Fällen das infrarote Licht in sichtbares umgewandelt. Dieses geschieht mit Hilfe eines nichtlinearen optischen Kristalls.

In dem Praktikumversuch werden alle Aspekte eines modernen Nd:YAG-Lasers experimentell untersucht. Als Pumplichtquelle steht eine Laserdiode zur Verfügung, die über eine Steuereinheit in der Temperatur und im Strom geregelt werden kann. Der Laser selber, besteht aus einem runden Nd:YAG-Scheibchen, das derart beschichtet ist, dass es gleichzeitig als Spiegel wirkt und einem teildurchlässigen Spiegel. Alle Komponenten werden auf einer Schiene angeordnet.

Am Anfang des Versuches, wird die Laserdiode eingängig untersucht. Danach wird das Absorptionsmaximum des Nd:YAG-Kristalls ermittelt. Nach diesen Voruntersuchungen wird dann der Nd:YAG-Laser aufgebaut und justiert. Zum Abschluss des Versuches sollen zwei nichtlineare optische Effekte untersucht werden, die Frequenzverdopplung und die Erzeugung von kurzen Pulsen durch den Einsatz von einem sättigbaren Absorber. Zur Detektion und Auswertung stehen ein Leistungsmessgerät eine Photodiode und ein modernes Oszilloskop zur Verfügung.

Experimentelle Aufgabenstellung:

1. Charakterisierung des Diodenlasers

- 1.1. **Temperaturabhängigkeit:** Die Temperaturabhängigkeit der Emissionswellenlänge der Laserdiode ist für zwei Injektionsströme aufzunehmen (zu beachten ist die Laserschwelle von ca. 150 mA).
- 1.2. **Leistungskennlinie:** Die Abhängigkeit der Austrittsstrahlungsleistung vom Injektionsstrom ist für zwei verschiedene Temperaturen zu ermitteln.

2. Charakterisierung des Nd:YAG-Kristalls

- 2.1. **Absorptionsspektrum:** Wellenlängen-(Temperatur-)Bereich der Laserdiode ist das Absorptionsspektrum des Nd:YAG-Kristalles aufzunehmen und die günstigste Pumpwellenlänge zu bestimmen.

- 2.2 **Kalibrierung:** Bei der optimalen Pumpwellenlänge ist nun nochmals eine Leistungskennlinie aufzunehmen für eine spätere Kalibrierung der Pumpleistung.
- 2.3. **Lebensdauerermessung:** Aus der Echtzeitmessung der spontanen Emission des Kristalls bei rechteckmoduliertem Pumpen ist die Lebensdauer des metastabilen Laserniveaus zu bestimmen.

3. **Der Nd:YAG-Laser**

- 3.1. **Aufbau:** Aus den einzelnen Komponenten ist auf einer optischen Schiene ein diodengepumpter Nd:YAG-Laser aufzubauen und zu justieren.
- 3.2. **Laserleistung:** Die Laserleistung wird als Funktion der Pumpleistung im cw-Betrieb aufgenommen und die Laserschwelle bestimmt.
- 3.3. **Wellenlängenabhängigkeit:** Die aufzunehmende Abhängigkeit der Laserleistung von der Pumpwellenlänge ist mit dem Absorptionsspektrum des Nd:YAG-Kristalls zu vergleichen.
- 3.4. **Leistungsskalierung:** Durch die Optimierung der Linsenposition und der Resonatorgeometrie (Justage) soll die Leistung des Nd:YAG Lasers über 90 mW gesteigert werden.
- 3.5. **Transversalmoden:** Ist der Laser optimal Justiert, dann ist in Abhängigkeit von der Pumpleistung unterschiedliche Transversalmoden aufzunehmen. Die Messung erfolgt mit einer CCD-Kamera. Für die Aufnahme ist das Programm MV-Vision zu verwenden.
- 3.6. **Spiking:** Mit Hilfe des modulierten Pumpens sind die Nichtgleichgewichtsprozesse beim Einschalten des Lasers (spiking) bei verschiedenen Modenstrukturen zu registrieren.
- 3.7. **Güteschaltung:** Nach Einbau des sättigbaren Absorbers (Cr⁴⁺:YAG) soll die zeitliche Struktur der Pulse mit einer Photodiode aufgenommen werden. Es sind die Pulsbreite und die Wiederholrate der Pulse zu bestimmen. Damit die Güteschaltung funktioniert, muss der Laser optimal justiert sein, d.h. die Justage vor diesem Versuchsabschnitt nochmals überprüfen.
- 3.8. **Frequenzverdopplung:** Nach Einbau eines Verdopplerkristalls in den Resonator und unter Verwendung eines höher reflektierenden Auskoppelspiegels ist die grüne Ausgangsleistung als Funktion der Pumpleistung zu messen.
- 3.9. **Longitudinale Moden:** Mit einem Fabry-Perot Etalon und einer CCD- Kamera sind die Longitudinalmoden des Lasers zu bestimmen.