

Fachbereich Energietechnik

Lehrgebiet für Lasertechnik
und Optische Technologien

Prof. Dr. F.-M. Rateike

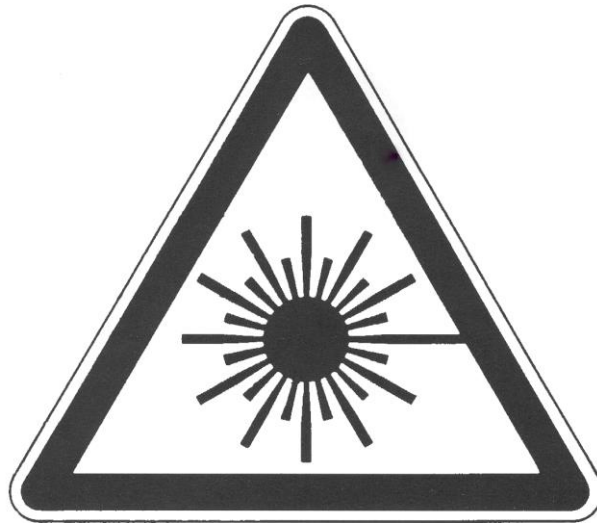


Praktikum Optische Technologien

Anleitung zum Versuch

Absorptionsmessungen

August 2014



ACHTUNG:

**Zu diesem Versuch
gehört ein roter Helium-Neon-Laser
mit einer Leistung von 1 Milliwatt.**

NICHT IN DEN STRAHL SCHAUEN

Absorptionsmessungen

Zusammenfassung:

Dieser Versuch soll Sie mit Absorptionsmessungen qualitativ und quantitativ vertraut machen. Er besteht aus zwei Teilen: Im ersten Teil messen Sie die Transmission von Glasfiltern. Im zweiten Teil bestimmen Sie die Extinktion von Methylenblau-Lösungen in Abhängigkeit von der Farbstoffkonzentration und überprüfen die Gültigkeit des Lambert-Beer'schen Gesetzes. - Alle Messungen werden als Wechsellichtmessungen mit Hilfe eines Lock-in-Verstärkers durchgeführt.

Fragen zur Vorbereitung:

1. Wie beschreibt man die Abnahme der Intensität eines Lichtstrahls in einem absorbierenden Medium (Differentialgleichung und deren Lösung)?
2. Wie ist die Extinktion definiert?
3. Wie sieht das Lambert-Beer'sche Gesetz aus? Interpretieren Sie die Formel !
4. Wie sieht der Aufbau eines Experiments zur Messung der Absorption aus? Welche Bauteile braucht man?
5. Wie funktioniert ein Helium-Neon-Laser (Termschema / Aufbau)?
6. Wie ist eine Photodiode aufgebaut? Wie funktioniert sie?
7. Was misst man als Signal bei einer Gleichlichtmessung? Welche Fehlerquellen gibt es dabei?
8. Was ist eine Wechsellichtmessung? Warum macht man sie?
9. Welche störenden Signalanteile eliminiert man bei einer Wechsellichtmessung?
10. Stellen Sie sich vor, der Verstärker bei der Wechsellichtmessung hätte ein schmalbandiges Filter am Eingang, das genau auf die Frequenz des Wechsellichtsignals abgestimmt wäre. Was würde das bewirken?

Literaturhinweise:

1. Vorlesung „Lasertechnik“ von Prof. Rateike
2. Princeton Applied Research Technical Note 114: Basic Introduction to Lock-in Amplifiers
3. Hier noch weitere Literatur angeben

Inbetriebnahme der Messapparatur:

Schalten Sie den Chopper ein (Schalter Rückseite neben Netzstecker) und stellen Sie eine Frequenz zwischen 250 und 300 Hz ein (kein Vielfaches der Netzfrequenz !!!). Schauen Sie sich nun das Referenzsignal des Choppers (BNC-Buchse rechts unten) auf dem Oszilloskop an. **Notieren** Sie die Art des Signals, die Amplitude und die Frequenz.

Verbinden Sie nun die Photodiode mit dem Eingang "A-I" des Lock-in-Verstärkers (rechts unten) und danach den Referenzausgang des Choppers mit dem Referenzeingang des Lock-in-Verstärkers. Schalten Sie den Lock-in-Verstärker ein (links unten) und nehmen Sie mit Hilfe der Tasten unmittelbar rechts neben dem Bildschirm folgende Einstellungen vor:

Source	:	I
Current Gain	:	1 M
Grounding	:	Ground
Coupling	:	DC
Line Notches	:	2 x Line

Drücken Sie dann die MENU-Taste "GAIN TC", worauf sich das Bildschirm-Menu ändert. Nehmen Sie dann mit Hilfe der Tasten rechts des Bildschirms, ggf. unter Benutzung des Drehknopfes, folgende Einstellungen vor:

Time Constant	:	100 ms
Filter	:	12 dB/oct

Drücken Sie nun die MENU-Taste "DISPLAY SCALE", worauf sich das Bildschirm-Menu wieder ändert. Nehmen Sie dann mit Hilfe der Tasten rechts des Bildschirms, ggf. unter Benutzung des Drehknopfes, folgende Einstellungen vor:

Format	:	Single
Monitor	:	Settings
Display Scale	:	Full
Type	:	Chart
Trace	:	3
		$\pm 400.0 \text{ e-9}$
		400.0 e-9
		1 min/div

Drücken Sie jetzt die Menu-Taste "TRACE SCAN". Das Bildschirm-Menu ändert sich wieder und Sie stellen mit den Tasten rechts des Bildschirms und mit dem Drehknopf folgende Werte ein:

Sample Rate	:	4 Hz
Scan length	:	600 s
		1 shot

In dieser Einstellung zeichnet der Lock-in-Verstärker für 10 Minuten das Signal auf und stellt es simultan auf dem Bildschirm dar. Sie können die Messung nun mit der Control-Taste "START CONT" starten (bitte den Laser immer noch nicht einschalten) und mit der Taste "PAUSE RESET" anhalten.

Wenn Sie nun die Messung starten, ertönt nach der eingestellten Zeit (hier: 600 s) ein akustisches Signal, das Ihnen die Beendigung der Messung anzeigt. Eine neue Messung können Sie machen, indem Sie die PAUSE RESET-Taste 2x drücken und auf die entsprechende Bildschirm-Meldung die ENTER-TASTE drücken. Damit ist die alte Messung gelöscht. Wenn Sie nun die START-Taste drücken, beginnt eine neue Messung.

Nach diesen Vorbereitungen sollen Sie die Ausgangsleistung eines HeNe-Lasers in den ersten 10 Minuten nach dem Einschalten aufzeichnen. Dazu lassen Sie die Einstellungen des Lock-in-Verstärkers unverändert und starten eine neue Messung mit der START-Taste. Unmittelbar danach schalten Sie den HeNe-Laser über sein Netzgerät ein. Achten Sie darauf, dass der Verschluss des Lasers (Rändelrad) **OFFEN** ist, und dass der Verstärker nicht übersteuert wird.

Nach Beendigung des Scans lassen Sie sich den Bildschirm ausdrucken (PRINT-Taste benutzen! Vorher Drucker einschalten; achten Sie darauf, daß er ONLINE steht).

Für den Rest der 10 Minuten, die Sie jetzt warten müssen, stellen Sie eine Konzentrationsreihe Methylenblau aus einer vorgegebenen Stammlösung her. Die Lösungen werden in die rechteckigen **Photometerküvetten** gefüllt, und zwar immer **2 ml**. Verdünnen Sie die vorliegende Stammlösung mit Wasser, so daß Sie die relativen Konzentration 0,5 (1+1); 0,25 (1+3); 0,1 (1+9) haben. Stellen Sie von der Lösung mit $c_{\text{rel}} = 0,1$ genau 10 ml her. Benutzen Sie den Rest dieser Lösung, um daraus die relativen Konzentrationen 0,08 (4+1); 0,06 (3+2); 0,04 (2+3); 0,02 (1+4) und 0,01 (1+9) herzustellen. Zum Schluss füllen Sie eine weitere Küvette, die Sie später als Nullprobe benutzen, mit destilliertem Wasser ($c = 0$) und noch eine Küvette mit der konzentrierten Stammlösung ($c_{\text{rel}} = 1$).

Sie haben jetzt alle Vorbereitungen getroffen und können mit den beiden weiteren Messaufgaben beginnen.

Aufgaben:

1.) Messung der Transmission von Glasfiltern

Diese Messungen werden so durchgeführt, daß Sie jeweils 50 Sekunden lang einen Scan aufnehmen und anschließend Mittelwert und Standardabweichung berechnen lassen.

Stellen Sie also im Menu "DISPLAY SCALE" die Zeitbasis auf 5 s/div (das sind 50 s für den ganzen Bildschirm) und im Menu "TRACE SCAN" die Scan-Länge auf 50s. Die einzelnen Messungen werden, wie oben beschrieben, gestartet. Nach dem Ende der einzelnen Messungen drücken Sie die MENU-Taste "MATH" und wählen die Taste "Stats"(= Statistics). Anschließend drücken Sie die Taste "Do Stats", worauf im unteren Teil des Bildschirms Mittelwert (Mean) und Standardabweichung (σ) angezeigt werden (hier in Ampere, da Sie eine Strommessung machen). Notieren Sie diese Werte.

Als erstes nehmen Sie die Laserleistung auf, dabei ist kein Filter im Strahlengang. Sie müssen in dieser Einstellung zwischen 0,6 und 0,7 μA Strom aus der Photodiode bekommen, sonst liegt ein Fehler vor, den Sie beseitigen, bevor Sie weitere machen! Erst dann werden die Glasfilter vermessen, die nacheinander in den Strahlengang gebracht werden.

Stellen Sie dann das erste Glasfilter genau senkrecht in den Laserstrahl, drücken Sie die AUTO-Taste "Auto Gain" und warten Sie, bis der Lock-in-Verstärker seinen Messbereich automatisch eingestellt hat. Wenn das Signal so klein ist, dass es auf dem Bildschirm nicht mehr zu erkennen ist, können Sie die Taste "Auto Scale" drücken. Führen Sie dann die oben beschriebenen Messungen über 50 Sekunden durch und lassen Sie sich Mittelwert und Standardabweichung berechnen.

Verfahren Sie genauso für alle übrigen Filter, also: erst Nullmessung, dann Filtermessung, Berechnung von Transmission und Extinktion, bis alle Filter durchgemessen sind. Versuchen Sie auch, durch Kombinieren von zwei Filtern Extinktionen größer als 5 zu messen. Wie weit können Sie noch gehen? Stellen Sie ggf. die Zeitkonstante des Lock-in-Verstärkers auf 10 Sekunden ein (s.o.).

Für die **Auswertung** tragen Sie auf Millimeterpapier die gemessene Extinktion (y-Achse) gegen die nominale Extinktion (x-Achse) auf (steht auf jedem Filter - z.B. " $D = 5,0$ ").

2.) Messung der Extinktion von Methylenblau-Lösungen

Zu Beginn der Messung stellen Sie die Nullprobe (s.o.) in den Strahlengang. Drücken Sie ggf. die AUTO-Taste "Auto Gain" und lassen Sie den Mittelwert und dessen statistischen Fehler berechnen.

Dann entfernen Sie die Nullprobe und setzen die erste Methylenblau-Probe in den Strahlengang. Drücken Sie die AUTO-Taste "Auto Gain" und warten Sie, bis der Lock-in-Verstärker seinen Messbereich automatisch eingestellt hat. Auf dem Bildschirm sehen Sie die Umschalt-Paeks. Halten Sie die Messung an und starten Sie eine neue. Lassen Sie jetzt Mittelwert und Standardabweichung berechnen.

Verfahren Sie genauso mit allen übrigen Küvetten, also: zuerst Messung der Nullprobe, dann der Methylenblau-Lösung (Auto Gain!), Berechnung von Transmission und Extinktion, bis alle Küvetten durchgemessen sind.

Zur **Auswertung** tragen Sie die gemessene Extinktion (y-Achse) gegen die relative Konzentration (x-Achse) auf. Zeichnen Sie die statistischen Fehler der Extinktion als Fehlerbalken ein. Zeichnen Sie ein, in welchem Bereich das Lambert-Beer'sche Gesetz gilt, d.h. wo es einen linearen Zusammenhang zwischen Extinktion und Konzentration gibt.