

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 1

1. Aufgabenstellung

- 1.1. Die Änderung der Brechzahl von Luft ist in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zum Atmosphärendruck zu messen und grafisch darzustellen. Der Absolutwert der Brechzahl von Luft unter Standardbedingungen ist anzugeben.
- 1.2. Die Längenänderung zweier Metallstäbe ist als Funktion der Temperatur zu messen, der lineare thermische Ausdehnungskoeffizient ist zu bestimmen.
- 1.3. (Studiengang Technische Physik) Anstelle von Aufgabe 1.2 ist die Änderung der optischen Weglänge innerhalb dreier unterschiedlich dicker Glasplättchen als Funktion des Verdrehwinkels im Strahlengang zu messen. Mit Hilfe geeigneter Auswerteverfahren sind aus den Messwerten die Brechzahlen der Gläser und optional auch ihre Glasdicken zu bestimmen.

Literatur:	Schenk, W., Kremer, F. (Hrsg.)	Physikalisches Praktikum Vieweg + Teubner Verlag Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 13., überarbeitete Auflage 2011, S. 265-268, S. 277-280
	Stroppe, H.	Physik für Studenten der Natur- und Technikwissenschaften Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag 11. Auflage 1999, S. 373-378
	Becker, J., Jodl, H.-J.	Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler und Ingenieure, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf 1991 S. 131-136

2. Grundlagen

Interferometer sind Vorrichtungen, die die Überlagerung zweier Wellen zur Erzeugung von Interferenzfiguren gestatten. Mit Lichtwellen lassen sich wegen ihrer sehr kleinen Wellenlänge Gangunterschiede zwischen den Teilwellen im Submikrometerbereich genau erfassen. Diese Tatsache nutzt man beispielsweise zur Messung geringer Längenänderungen, der Wellenlänge des Lichtes selbst oder zur Bestimmung von Brechzahländerungen in Gasen und anderen transparenten Stoffen aus.

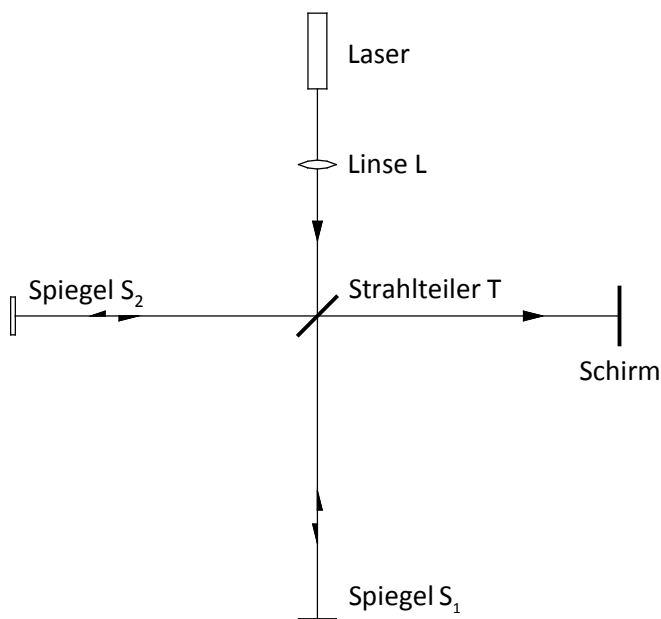


Abb. 1: Michelson-Interferometer

Ein spezieller Interferometertyp ist das *Michelson-Interferometer* (Abb. 1). Monochromatisches, nahezu paralleles Licht fällt unter einem Winkel von 45° auf einen halbdurchlässigen Spiegel (Strahlteiler T) und wird in zwei senkrecht aufeinander stehende Teilbündel gleicher Intensität aufgespaltet. Beide treffen nach einer kurzen Strecke senkrecht auf zwei ebene Spiegel S_1 bzw. S_2 und werden in sich selbst zurückreflektiert. Am Strahlteiler wird jeder der beiden Teil-

Ein spezieller Interferometertyp ist das *Michelson-Interferometer* (Abb. 1). Monochromatisches, nahezu paralleles Licht fällt unter einem Winkel von 45° auf einen halbdurchlässigen Spiegel (Strahlteiler T) und wird in zwei senkrecht aufeinander stehende Teilbündel gleicher Intensität aufgespaltet. Beide treffen nach einer kurzen Strecke senkrecht auf zwei ebene Spiegel S_1 bzw. S_2 und werden in sich selbst zurückreflektiert. Am Strahlteiler wird jeder der beiden Teil-

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 2

strahlen nochmals in zwei Teilbündel analog dem ersten Vorgang aufgespaltet. Das vom Spiegel S_1 zurücklaufende und am Strahlteiler gespiegelte Teilbündel und das vom Spiegel S_2 zurücklaufende und den Strahlteiler ohne Richtungsänderung passierende Teilbündel (die Intensitäten beider seien jetzt I_0) interferieren miteinander auf dem Weg zum Schirm. Durch die Verwendung eines Lasers als Lichtquelle sind die Interferenzbedingungen *Monochromasie* und hinreichende *Kohärenzlänge* automatisch erfüllt.

Mittels einer zwischen Laser und Strahlteiler aufgestellten Linse L wird das parallele Laserlicht zunächst fokussiert und im weiteren Strahlverlauf leicht divergent aufgeweitet, um Strahlen verschiedener Neigung zu erzeugen. Die Parallelität der hinter dem Strahlteiler interferierenden Teilbündel wird dadurch nicht verletzt, da das Interferometer wie eine planparallele Luftplatte wirkt. Auf dem Schirm entstehen jetzt durch Interferenzen gleicher Neigung konzentrische Ringe (Haidingersche Ringe, vgl. auch Anhang).

Entscheidend für das Auftreten heller oder dunkler Ringe auf dem Schirm ist die Phasendifferenz δ zwischen beiden ankommenden Lichtwellen. Dem Prinzip *kohärenter Überlagerung* folgend, addiert man zunächst die *Elongationen* der elektrischen Feldkomponenten gleicher Polarisationsrichtung und mittelt danach zeitlich zur beobachtbaren *Intensität* I_{ges} . Man findet für den vorliegenden Fall

$$I_{ges} = 4I_0 \cos^2 \frac{\delta}{2}, \quad (1)$$

wobei δ durch die Differenz der *optischen Weglängen* L_1 und L_2 bestimmt wird. In homogenen Stoffen ist L das Produkt aus geometrischer Weglänge s und zugehöriger Brechzahl n , im einfachsten Fall kann man also schreiben:

$$\delta = k_0 (L_1 - L_2) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (s_1 n_1 - s_2 n_2) \quad (2)$$

mit k_0 - Wellenzahl im Vakuum und λ_0 - zugehörige Wellenlänge des verwendeten Lichts. Gl. (1) und (2) liefern sofort Bedingungen für das Auftreten heller Ringe (Interferenzmaxima):

$$\frac{\delta}{2} = N\pi \Rightarrow L_1 - L_2 = N\lambda_0 \quad (3)$$

mit $N \in \mathbb{Z}$. Ändert sich der optische Weg in einem Zweig des Interferometers relativ zum anderen um ΔL , dann wandern an einem Punkt des Auffangschirms ΔN Interferenzstreifen vorbei, bzw. neue Ringe quellen hervor oder verschwinden. Da der Weg zwischen Strahlteiler und Spiegel zweimal durchlaufen wird, können auf diese Weise Änderungen der optischen Weglänge einer Lichtrichtung in Vielfachen der halben Vakuumwellenlänge ausgezählt werden.

2.1. Brechzahlbestimmung von Luft

Wird vor den Spiegel S_2 eine evakuierbare Luftkammer (Küvette, Länge l_k) so in den Strahlengang gebracht, dass sie axial von einem Teilstrahl durchlaufen wird, dann lässt sich die Anordnung zur Bestimmung der Brechzahländerung Δn_L in Abhängigkeit vom Druck p der eingeschlossenen Luft nutzen.

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 3

Die Änderung der optischen Weglänge ΔL_2 erfolgt nur innerhalb der Küvette ($\Delta L_2 \equiv \Delta L_K$), wenn gewährleistet ist, dass außerhalb dieser alle optischen Bedingungen konstant bleiben. Zusammen mit (3) gilt für zweimaligen Lichtdurchlauf

$$L_K = 2n_L l_K \Rightarrow \Delta n_L = \frac{\Delta L_K}{2l_K} = \frac{\Delta N \lambda_0}{2l_K} \quad (4)$$

mit n_L - Brechzahl der Luft bei den vorherrschenden Laborbedingungen und ΔN - gezählte Interferenzringe während der Druckänderung. Nach der *Lorentz-Lorenz'schen* Formel hängt die Brechzahl bei nicht zu hohen Drücken, d. h. $n_L \approx 1$, und konstanter molekularer Polarisierbarkeit in folgender Weise von der Luftdichte ρ_L ab:

$$n_L - 1 \propto \frac{N_A \rho_L}{M_L}. \quad (5)$$

N_A ist hierbei die Avogadrokonstante und M_L die Molmasse von Luft. Mithilfe der Zustandsgleichung für ideale Gase erhält man hieraus:

$$\frac{n_L - 1}{n_{L,0} - 1} = \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}. \quad (6)$$

p_0, T_0 und $n_{L,0}$ sind Druck, Temperatur und Brechzahl der Luft bei gegebenen Standardbedingungen, T ist die Temperatur in der Luftküvette. Der Zusammenhang zwischen n_L und p ist linear, was experimentell verifiziert werden kann, so dass auch gilt:

$$\frac{\Delta n_L}{\Delta p} = (n_{L,0} - 1) \frac{T_0}{p_0 T}. \quad (7)$$

Bestimmt man also zunächst $\Delta N(\Delta p)$ durch Auszählen vorbeiwandernder Interferenzringe, z. B. während einer Druckabsenkung in der Küvette, kann hieraus zusammen mit (4) und (7) die gesuchte Brechzahl von Luft unter Standardbedingungen errechnet werden.

2.2. Wärmeausdehnung

Im Temperaturbereich von 0°C bis 100°C ist für viele Stoffe die thermische Ausdehnung Δl der Temperaturänderung $\Delta \vartheta$ annähernd proportional:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta \vartheta. \quad (8)$$

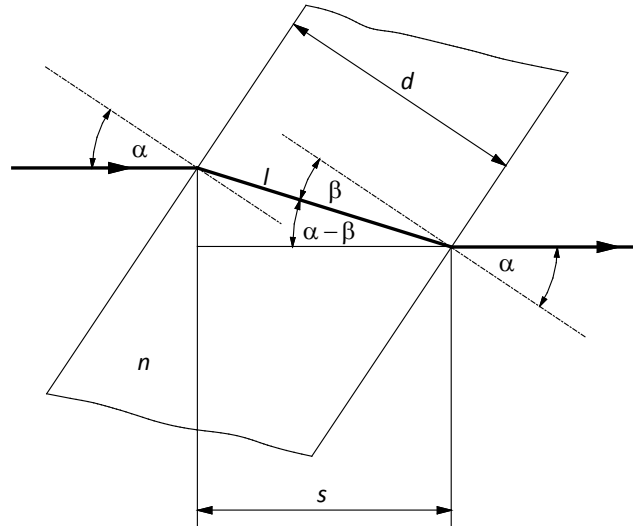
α ist der *lineare thermische Ausdehnungskoeffizient* des untersuchten Materials. Befestigt man den Spiegel S_2 auf einem Metallstab der Länge l_0 und erwärmt diesen gleichmäßig, dann wandern an einem Punkt des Schirms ähnlich zu 2.1 Interferenzstreifen vorbei. Die Längenänderung Δl bestimmt man für diesen Versuchsteil analog zu Gl. (4), wegen $n_L \approx 1$ folgt daraus

$$\Delta L_2 = 2n_L \Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{\Delta N \lambda_0}{2}. \quad (9)$$

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 4

2.3. Brechzahlbestimmung von Glas

In den Strahlzweig vor Spiegel S_2 des Michelson-Interferometers soll ein Glasplättchen mit planparallelen Grenzflächen so eingestellt werden, dass das Licht unter dem Einfallswinkel α auftrifft. Seine Dicke sei d und die relative Brechzahl des Materials gegen Luft n . Für einmaligen Lichtdurchgang wird hierbei der optische Lichtweg L_2 um die Länge s in Luft verringert und um nl im Glas erhöht (Abb. 2).



Die Brechzahl der Luft für diesen Versuchsteil sei $n_L = 1$. Es gilt also

$$\Delta L_2 = nl - s = n \frac{d}{\cos \beta} - l \cos(\alpha - \beta) = n \frac{d}{\cos \beta} - d \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\cos \beta}. \quad (10)$$

β ist hierbei der Brechungswinkel im Glas und kann aus α mit Hilfe des *Snelliusschen Brechungsgesetzes* berechnet werden. Für $\alpha = \beta = 0$ ändert sich die optische Weglänge nach Gl. (10) um den Wert $\Delta L_2 = nd - d = d(n - 1)$. Somit lässt sich ein Ausdruck für die Änderung des effektiven Lichtweges angeben, wenn das Glasplättchen im Strahlengang unter Beibehaltung der Einfallsebene verdreht wird:

$$\Delta L_2(\alpha) = d \left(\frac{n}{\cos \beta} - \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\cos \beta} - n + 1 \right). \quad (11)$$

Der Brechungswinkel β muss ersetzt werden, man erhält mit $\sin \alpha = n \sin \beta$ und bekannten Rechenregeln für Winkelfunktionen schließlich

$$\Delta L_2(\alpha) = d \left(\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \alpha - n + 1 \right). \quad (12)$$

Verdreht man also das Glasplättchen behutsam um eine Achse senkrecht zur Einfallsebene, dann wird man auf dem Beobachtungsschirm neu hervorquellende oder verschwindende Interferenzringe zählen können, jeweils zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ringen hat sich die optische Wegdifferenz zwischen beiden Teilstrahlen um genau eine Wellenlänge λ_0 der verwendeten Lichtquelle geändert. Die Gesamtzahl ΔN der von $\alpha = 0$ an gezählten Ringe ergibt sich wegen des zweifachen Strahlendurchgangs somit zu

$$\Delta N(\alpha) = \frac{2d}{\lambda_0} \left(\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \alpha - n + 1 \right). \quad (13)$$

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 5

3. Messanleitung und Auswertung

Allgemeines zum Interferometer

- ***Der verwendete Laser hat eine Ausgangsleistung $<1\text{mW}$. Schauen Sie trotzdem nie direkt in den Lichtstrahl!***
- ***Berühren Sie die optischen Oberflächen von Spiegeln, Strahlteiler und Küvette nicht mit den Fingern! Sollten Sie verschmutzte optische Elemente vorfinden, informieren Sie bitte Ihren Betreuer oder das Aufsichtspersonal.***
- ***Drehen Sie die Befestigungsschrauben der optischen Reiter und die Klemmschrauben an der Spiegelhalterung behutsam fest!***

Eine sorgfältige Justierung des Interferometers ist Voraussetzung für das Gelingen der Experimente. Vom Betreuungspersonal wird zu Beginn des Praktikums eine vorjustierte Anordnung angeboten. Diese ist wie folgt zu kontrollieren:

- Man entfernt zunächst die strahlaufweitende Linse L und ggf. die Küvette aus dem Strahlengang und platziert den Justierschirm (weiße Teflonscheibe mit zentralem Loch) anstelle Spiegel S_1 am Ende der Schiene. Sollte die Richtung des Laserstrahls von der optischen Achse abweichen, ist eine Grundjustierung nötig (Versuchsbetreuer oder Laboringenieur benachrichtigen).
- Der Justierschirm wird jetzt anstelle des Spiegels S_2 ans Ende der optischen Schiene gestellt. Mit den Justierschrauben des Strahlteilers richtet man den abgelenkten Teilstrahl auf die Mitte des Justierschirms. Die Glasplatte des Strahlteilers soll sich genau über der Mitte der Gewindebohrung (Kreuzung beider optischen Achsen) befinden.
- Da zuerst die Brechzahlbestimmung in Luft erfolgt, wird Spiegel S_2 mit dem kurzen Stab in die Spiegelhalterung eingespannt und Spiegel S_1 etwa gleich weit vom Strahlteiler aufgestellt. Die Justierschrauben beider Spiegel stellt man so ein, dass beide reflektierten Laserstrahlen in das zentrale Loch des unmittelbar vor dem Auffangschirm platzierten Justierschirmes treffen. Ist dies erreicht, kann die Linse L wie in Abb. 1 etwa in der Mitte der kurzen optischen Schiene aufgestellt werden, ein Interferenzmuster entsteht. Im Allgemeinen ist aber noch eine Zentrierung auf die Schirmmitte erforderlich.
- Tipp: Die Position von S_1 oder S_2 muss verändert werden, wenn folgende Fälle auftreten:
 - Es sind zu viele und zu eng beieinander liegende Interferenzringe auf dem Schirm. Ein korrektes Auszählen ist damit unmöglich. Dies passiert bei zu ungleichen Abständen der Spiegel vom Strahlteiler.
 - Das Interferenzmuster ist so grob, dass keine zwei benachbarten hellen oder dunklen Ringe mehr auf dem Schirm sichtbar sind. Jetzt sind die Abstände beider Spiegel zu genau eingestellt. S_1 muss in beliebiger Richtung ca. 0,5cm bis 1cm verschoben werden.

3.1. Brechzahl von Luft

Man setzt zunächst die zu evakuierende Küvette in den Strahlengang und korrigiert die Justage von Spiegel S_2 . Mittels angeschlossener Handpumpe einschließlich Druckmessgerät pumpt man vorsichtig so viel Luft aus der Küvette, dass ein neuer Interferenzring entsteht bzw. gerade verschwindet. Die

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch 08
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 6

zugehörige Druckdifferenz Δp gegen den Atmosphärendruck ist zu notieren und der erste Ring erhält den Zählindex „0“. Anschließend wird die Messung in beschriebener Weise fortgeführt und nach jedem zweiten Ring protokolliert, wobei zu beachten ist, dass der Vorgang isotherm, d. h. in gutem Temperaturngleichgewicht mit der Umgebung verlaufen soll. Man beendet einen Durchgang, wenn durch weiteres Pumpen keine Druckänderung mehr zu erreichen ist.

Die Messung ist dreimal durchzuführen. Nach dem Belüften der Küvette ist eine Temperaturniedrigung in ihrem Innern zu erwarten, so dass eine kurze Pause bis zum nächsten Experiment sinnvoll ist.

Gegeben sind:

Vakuumwellenlänge des Lasers: $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$

Länge der Luftstrecke in der Küvette: $l_K = 5 \text{ cm}$

Die Anzahl der gezählten Interferenzringe ΔN ist als Funktion von Δp für jede Messung in einem Diagramm darzustellen. Da ein linearer Zusammenhang erwartet wird, sind Ausgleichsgeraden zu berechnen und mit in die Diagramme einzuzeichnen. Dazu steht auf den Praktikumsrechnern das Auswertprogramm *PhysPract* zur Verfügung. Aus den Mittelwerten der Geradenanstiege berechne man zunächst mit Gl. (4) den Differenzenquotienten $\Delta n_L / \Delta p$ und daraus mit (7) die gesuchte Brechzahl von Luft unter Standardbedingungen ($T_0 = 273,15 \text{ K}$, $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$). Alle berechneten Größen sind mit ihren kombinierten Unsicherheiten anzugeben.

3.2. Wärmeausdehnung

Am Versuchsplatz stehen vier Stäbe aus unterschiedlichen Materialien als Messobjekte zur Verfügung. Zwei davon wählt man sich für die Bestimmung des linearen Ausdehnungskoeffizienten aus und misst deren Länge l_0 zwischen den Einspannstellen (eingedrehte Nuten!).

Der zu untersuchende Stab wird anstelle des kurzen Verbindungsstabes zwischen Spiegel S_2 und Spiegelhalterung eingeklemmt. Er enthält an einem Ende eine Bohrung, in die zur Temperaturmessung ein Thermoelement eingesteckt werden kann. Vor Anbringen des Spiegels schiebt man die Heizwicklung auf den Stab. Da sich der Abstand des Spiegels S_2 zum Strahlteiler geändert hat, ist die Position von S_1 entsprechend anzupassen. Die genaue Justage nimmt man, wie oben beschrieben, vor.

Nachdem Heizstromkreis und Temperaturmesssonde angeschlossen sind, wird letztere vorsichtig bis zum Anschlag in die vorgesehene Bohrung des Metallstabes geschoben. Zunächst stellt man einen Heizstrom von 5 A ein und verfolgt sowohl Temperaturzunahme als auch das Verschwinden bzw. Hervorquellen der Interferenzringe. Bei $\vartheta \approx 25^\circ \text{C}$ wird der Heizstrom auf 6 A erhöht und mit dem Zählen der Ringe begonnen. Jeweils nach fünf bis zehn Zählereignissen werden ΔN und die zugehörige Temperatur notiert. Im weiteren Verlauf des Experimentes erhöht man den Heizstrom immer nach etwa 5 K Temperaturzunahme um 1 A , ein Maximalstrom von 10 A darf dabei nicht überschritten werden. Bei $\vartheta \geq 50^\circ \text{C}$ ist die Messung beendet.

Es kann vorkommen, dass der untersuchte Stab sich nicht gleichmäßig erwärmt und das Interferenzmuster langsam zu einer Seite läuft. In so einem Falle sucht man sich einen günstigen Zeitpunkt und

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 7

korrigiert die Position von S_2 wieder. Der dabei zwangsläufig auftretende Zählfehler ist aber klein gegen die Gesamtzahl der auszuzählenden Ringe.

Für jeden der untersuchten Stäbe stellt man ΔN als Funktion der Temperatur grafisch dar und berechnet analog zu 3.1 den Anstieg S der Ausgleichsgeraden durch die Messwerte. Mittels Gl. (8), (9) und unter Verwendung der Stablänge l_0 lässt sich der lineare Ausdehnungskoeffizient α für das jeweilige Material ermitteln. Die Ergebnisse sind ebenfalls einschließlich ihrer kombinierten Unsicherheiten anzugeben.

3.3. Brechzahl von Glas

Anstelle der Luftkuvette wird ein Präzisions-Winkelmessstisch in den Strahlzweig vor Spiegel S_2 gesetzt. Messobjekte sind drei Glasplättchen unterschiedlicher Dicke und Zusammensetzung in vorgefertigten Halterungen, welche auf passende Stifte des Messtisches gesetzt werden können.

Nach Justage des Interferometers setzt man das gereinigte Glasplättchen (Vorsicht bei dem dünnen Deckgläschen für die Mikroskopie!) auf den Drehtisch und sucht die Stellung $\alpha_0 \approx 0$. Erkennbar ist sie daran, dass sich das Interferenzmuster beim Verdrehen des Messtisches nicht mehr ändert. Hilfreich ist hierbei die Position eines geeigneten Rückreflexes auf dem Beobachtungsschirm, aber man erkennt sofort die erste Schwierigkeit: α_0 lässt sich mit dieser Methode nur sehr ungenau bestimmen, so dass man im Messprotokoll zunächst die tatsächlich abgelesenen Drehwinkel notiert.

Von der senkrechten Stellung des Glasplättchens im Strahlengang aus verdreht man den Messtisch immer soweit, bis eine unten angegebene Zahl weiterer identischer Interferenzfiguren aufgetreten sind und notiert den zugehörigen Drehwinkel α . Ganze und zehntel Grade können abgelesen, die hundertstel zwischen den Teilstrichen geschätzt werden. Die Messung wird bis zu $\Delta N = \Delta N_{\max}$ sowohl in positiver (α_+) als auch in negativer (α_-) Drehrichtung durchgeführt. Für die Messung der Glasdicke kann bei der Aufsicht ein Dickenmessgerät ausgeliehen werden.

Angepasst an die unterschiedlichen Dicken der Gläser werden folgende Messregime und Auswertetechniken vorgeschlagen:

a) Dicke Glasplatte

$\Delta N = 5$ bis $\Delta N_{\max} = 100$ in Schritten von fünf

Für jeweils ein ΔN wird ein gemittelter Drehwinkel berechnet und somit α_0 eliminiert, d. h.

$$\alpha(\Delta N) = (\alpha_+ - \alpha_-) / 2. \quad (14)$$

Der Verlauf $\Delta N = f(\alpha)$ nach Gl. (13) ist bei den noch kleinen Drehwinkeln gut parabelförmig, so dass eine genäherte Auswertung zur Anwendung kommen kann. Hierzu wird (13) in eine Taylor-Reihe an der Stelle $\alpha_0 = 0$ entwickelt und diese nach dem quadratischen Glied abgebrochen. Man erhält den recht einfachen Zusammenhang

$$\Delta N(\alpha) \approx \frac{d}{\lambda_0} \left(1 - \frac{1}{n} \right) \alpha^2 = S \alpha^2. \quad (15)$$

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 8

Trägt man also gezählte Ringe ΔN über den gemittelten α^2 auf, erhält man Punkte, durch die eine Ausgleichsgerade mit dem Anstieg S gezeichnet bzw. gerechnet werden kann. Sind Wellenlänge λ_0 und Plättchendicke d bekannt, ist die Brechzahl n des Glases aus S bestimmbar.

Hinweis: Der Winkel α in Gl. (15) muss in Bogenmaß eingesetzt werden!

b) Objektträger

$\Delta N = 5$ bis $\Delta N = 50$ in Schritten von fünf, dann bis $\Delta N = 100$ in Schritten von zehn, schließlich bis $\Delta N_{\max} = 300$ in Schritten von 20.

Wegen zunehmender Abweichung der Messwerte vom parabelförmigen Verlauf werden die Parameter n und α_0 in Gl. (13) numerisch direkt an die Messwerte angepasst. Dazu öffnet man im Praktikumsprogramm *PhysPract* das Bearbeitungsfenster für nichtlineare Regressionen und wählt die Funktion „Verdrehtes Plättchen“ aus. Der Optionsschalter „Glasdicke anpassen“ darf für diesen Versuchsteil nicht gesetzt sein, weil das Fitverfahren sonst gar nicht oder schlecht konvergiert (warum?).

Hinweis: Die Winkelgrößen α müssen ohne Mittelung, wie gemessen, in Grad einschließlich Vorzeichen in das Eingabegitter eingetragen werden!

c) Deckgläschen

$\Delta N = 5$ bis $\Delta N = 50$ in Schritten von fünf, danach bis $\Delta N_{\max} = 200$ in Schritten von zehn.

Die Auswertung erfolgt wie in b) beschrieben. Da der Drehwinkel α in diesem Versuchsteil schon recht große Werte (etwa $\pm 80^\circ$) annimmt, ist der Informationsgehalt der Messung hoch genug, um auch die Glasdicke numerisch mit anpassen zu können. Das Ergebnis ist mit dem der direkten Dickenbestimmung zu vergleichen.

Für alle drei Gläser sind die kombinierten Unsicherheiten der gefundenen Resultate unter Berücksichtigung der vom Praktikumsprogramm berechneten Standardabweichungen anzugeben. Tabellenwerte für die Brechzahlen möglicher Glassorten sind ebenfalls mit anzugeben.

TU Ilmenau	Physikalisches Grundpraktikum	Versuch O8
Institut für Physik	Michelson-Interferometer	Seite 9

4. Anhang

Nachfolgende Skizze soll die Entstehung der Haidingerschen Ringe verdeutlichen. Der besseren Übersicht halber wird angenommen, dass Linse L einen einfachen Brennpunkt F des Laserstrahls erzeugt, der als ursprünglicher Gegenstand von den Spiegeln S_1 , S_2 und dem Strahlteiler reflektiert wird. Es entstehen virtuelle Bilder am Planspiegel:

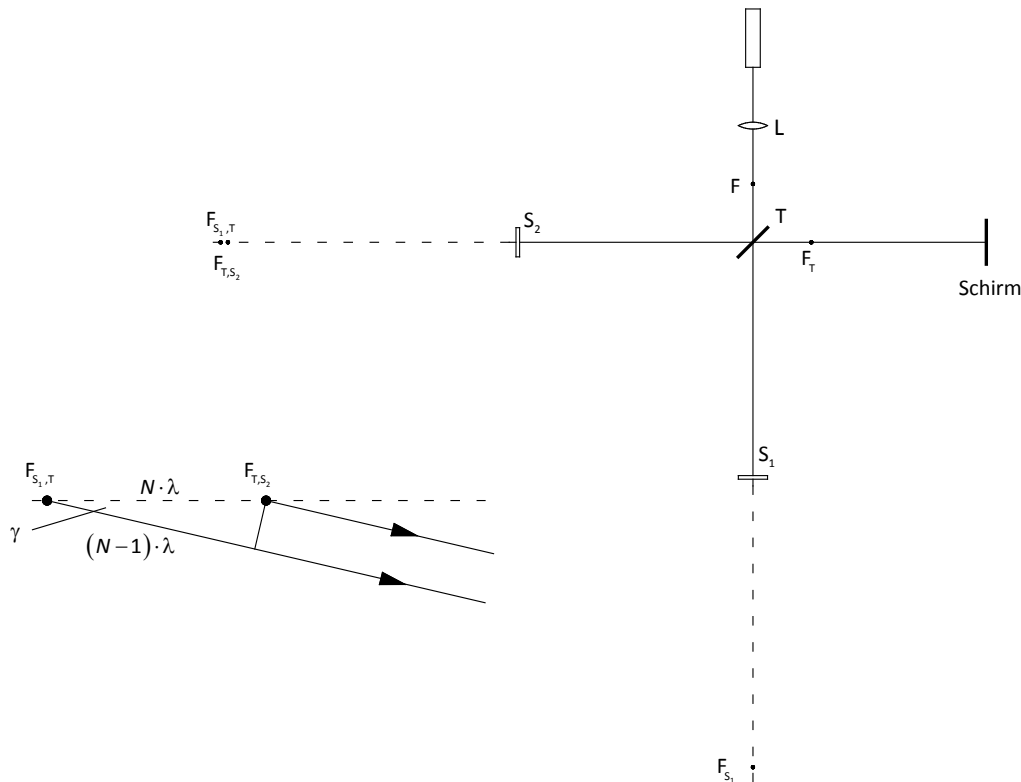


Abb. 3: Bildkonstruktion und Interferenzbedingungen für helle Ringe

Ein Strahlenbündel passiert den Strahlteiler und wird von S_1 reflektiert. Der Strahlteiler T „sieht“ das Bild $F_{S_1,T}$ und reflektiert es zum Schirm. Aus dessen Sicht scheint das Bild $F_{S_1,T}$ vom Strahlteiler zu kommen. Das andere Strahlenbündel wird zunächst von T reflektiert. S_2 „sieht“ das Bild F_T und reflektiert es durch T zum Schirm. Die Interferenzfiguren entstehen also durch die Überlagerung von Lichtstrahlen gleicher Neigung, die scheinbar von den Punkten $F_{S_1,T}$ und F_{T,S_2} ausgehen.

Der vergrößerte Bildausschnitt verdeutlicht die Winkelverhältnisse, die den Abstand der kreisförmigen Ringe auf dem Schirm bestimmen. In Richtung der optischen Achse solle konstruktive Interferenz auftreten, der Abstand der Bildpunkte beträgt dann beispielsweise $N\lambda$. Die nächste konstruktive Interferenz erscheint somit unter einem Winkel γ zur optischen Achse. Wegen $\cos \gamma = (N-1)/N$ wird das Ringmuster also enger, je größer N ist, d. h. je weiter $F_{S_1,T}$ und F_{T,S_2} voneinander entfernt sind.

$F_{S_1,T}$ könnte aber auch weiter rechts von F_{T,S_2} stehen. Somit sind bei gleichsinniger Bewegung von F_{T,S_2} sowohl hervorquellende als auch verschwindende Ringe möglich. Das Vorzeichen von N in Gl. (3) ist also nur formal.