



## V39 – Frequenzmodulierte FARADAY-Rotation

Ort: F-Praktikum C60.048

Betreuer: F. Samad

Der FARADAY-Effekt tritt immer auf, wenn sich Licht in einem Medium ausbreitet, welches sich in einem Magnetfeld befindet. Dann induziert das magnetische Feld Doppelbrechung, und die zirkular polarisierten Komponenten der Lichtwelle breiten sich mit unterschiedlichen Brechungsindizes aus. Dies führt zu einer Drehung der Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht. Der Drehwinkel, den man nach dem Durchstrahlen eines optischen Mediums im Magnetfeld beobachten kann, ist direkt proportional zum mittleren  $B$ -Feld und zur Länge des durchstrahlten Mediums. Die Proportionalitätskonstante wird als VERDET-Konstante  $V$  bezeichnet und ist von der Wellenlänge und vom Material des Mediums abhängig, genauer ausgedrückt von der Dispersion bzw. der Anzahl und effektiven Masse der Dispersionselektronen.

In dem Versuch soll die VERDET-Konstante für fünf verschiedene Wellenlängen und zwei Glassorten gemessen werden. Damit wird die Bestimmung der effektiven Oszillatormasse und der Anzahl der Dispersionselektronen für die beiden Gläser ermöglicht.

### Vorbereitung zu Hause:

1. Beschaffen Sie sich von der Website <http://refractiveindex.info/> die Werte der Dispersionsrelation  $n(\lambda)$  für die Glassorten N-BK7 (Kronglas) und ZF4 (Schwerflintglas). Eine nach der SELLMEIER-Gleichung günstige Darstellung ist  $(n^2 - 1)^{-1}$  über  $\lambda^{-2}$ . Ermitteln Sie aus einer Anpassung den Anstieg und Achsenschnittpunkt und daraus die Wellenlänge  $\lambda_R$  der Modellresonanz des LORENTZ-Oszillators für beide Glassorten. Beachten Sie in welchem Bereich eine lineare Anpassung durchgeführt werden darf.

### Kalibrierungen:

2. Messen Sie mit einer Axialsonde des Teslameters den Verlauf der magnetischen Flussdichte  $B$  entlang der Spulenachse innerhalb der Spule bei einer fest gewählten Gleichstromstärke (z.B. 0,8 A) und ermitteln Sie die mittlere Flussdichte  $\bar{B}$  innerhalb der Spule.
3. Ermitteln Sie die Kalibrierungskurve  $\bar{B}(I)$  im Bereich von  $0 < I < 2$  A.
4. Bauen Sie die Versuchsanordnung zur Messung der Faraday-Rotation gemäß Abb. 1 auf. Erzeugen Sie einen möglichst perfekten Parallelstrahl und reduzieren Sie dessen Durchmesser soweit, dass innerhalb des Glaskörpers keine Lichtreflexionen an Glasquaderlängsseiten auftreten können. Vorzugsweise messen Sie gleichzeitig das DC-Signal mit einem Multimeter und das AC-Signal mit einem Oszilloskop (Tiefpassfilter) in Parallelschaltung beider Messgeräte.



- Überprüfen Sie ohne Glaskörper und ohne Magnetfeld für eine Wellenlänge das Malussche Gesetz, indem Sie bei fester Polarisatorstellung die transmittierte Intensität in Abhängigkeit vom Analysatorwinkel ( $0^\circ$  bis  $180^\circ$ ) messen. Tragen Sie die Kurve auf. Bestimmen Sie den Kontrast  $K = (I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$  und den Polarisationsgrad  $G = I_{\parallel} / I_{\perp}$ .
- Wiederholen Sie die Messung mit Glaskörper aber ohne Magnetfeld und bestimmen Sie Kontrast und Polarisationsgrad. Diskutieren Sie Ihr Ergebnis.
- Justieren Sie Ihren Versuchsaufbau so, dass Sie mit Glaskörper aber ohne Magnetfeld möglichst einen Polarisationsgrad von  $G > 40$  erreichen.
- Modulieren Sie das Magnetfeld mit einer Frequenz im Bereich  $40 \text{ Hz} < \omega < 90 \text{ Hz}$  und weisen Sie bei einer Wellenlänge nach, dass beim relativen Analysatorwinkel  $\varphi = 45^\circ$  das maximale Modulationssignal auftritt. Tragen Sie dazu die Größe  $I_{SS}$  (Signal von Spitze zu Spitze) in Abhängigkeit von  $\varphi$  auf.

**Ermittlung der VERDETSchen Konstante (für beide Glassorten):**

- Modulieren Sie das Magnetfeld mit einer Frequenz im Bereich  $40 \text{ Hz} < \omega < 90 \text{ Hz}$  und messen Sie den Drehwinkel  $\theta_F$  der Polarisationssebene des Lichtes (Faraday-Winkel) bei fünf verschiedenen Wellenlängen jeweils für vier Magnetfeldstärken  $\bar{B}_{\text{ampl}}$ . Beachten Sie, dass Sie im Gegensatz zu Aufgabe 2 und 3 mit einem Wechselfeld arbeiten. Für die hier interessante Amplitudenflussdichte gilt  $\bar{B}_{\text{ampl}} = \sqrt{2}\bar{B}$  (warum?).
- Bestimmen Sie aus einer geeigneten Darstellung von  $\theta_F$  und  $\bar{B}_{\text{ampl}}$  die VERDET-Konstante  $V(\lambda)$ . Berechnen Sie daraus die effektive Oszillatormasse  $m_e^*$  der Dispersionselektronen. Benutzen Sie dazu die Werte  $dn/d\lambda$ , die Sie für die verwendeten Wellenlängen auf der Website <http://refractiveindex.info/> bestimmen können. Vergleichen Sie  $m_e^*$  mit der Elektronen-Ruhemasse.
- Ermitteln Sie aus dem Anstieg der Geraden, in der Auftragung  $(n^2 - 1)^{-1}$  über  $\lambda^{-2}$ , unter Verwendung Ihres  $m_e^*$ -Wertes die Zahl  $N$  der Dispersionselektronen pro Volumen und vergleichen Sie diese mit der Zahl der Atome pro Volumen.

**Hinweis:** Der N-BK7-Glasblock besteht größtenteils aus  $\text{SiO}_2$  (Kronglas) und hat eine Dichte von  $(2,51 \pm 0,03) \text{ g cm}^{-3}$ . Der ZF4-Glasblock besteht aus 70%  $\text{SiO}_2$  und 30%  $\text{PbO}$  (Schwerflintglas) und hat eine Dichte von  $(4,51 \pm 0,02) \text{ g cm}^{-3}$ .

FARADAY-Effekt, VERDET-Konstante, Brechungsindex und Permittivität, optische Dispersion, Dispersionsrelation, SELLMIEIER-Gleichung, LORENTZ-Oszillator, ZEEMAN-Aufspaltung, KRAMERS-KRONIG-Relation, Doppelbrechung, lineare und zirkulare Polarisation, Gesetz von MALUS, amorphe Festkörper insb. Gläser, effektive Masse, Frequenzmodulation, optischer Isolator

Folgende Literatur ist über die Universitätsbibliothek bzw. in der Literaturliste verfügbar:

- H. Becquerel, Compt. Rend. 125, 679 (1897)
- H. Gobrecht, A. Tausend und I. Bach, Zeitschrift für Physik 166, 76 (1962)
- M. Balkanski, E. Amzallag, Phys. Stat. Sol. 30, 407 (1968)
- K. Kopitzki: Einführung in die Festkörperphysik (6. Auflage), Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2007
- Skript zur Bestimmung der VERDET-Konstante



- ▶ Verschiedene optische Justierelemente
- ▶ LEDs verschiedener Wellenlängen (398 nm, 464 nm, 517 nm, 607 nm, 629 nm)
- ▶ Spule mit Glasquadern
- ▶ Teslameter mit Hallsonde
- ▶ Gleichstromquelle
- ▶ Oszilloskop
- ▶ Frequenzgenerator
- ▶ Photodetektor mit DC- und AC-Ausgang

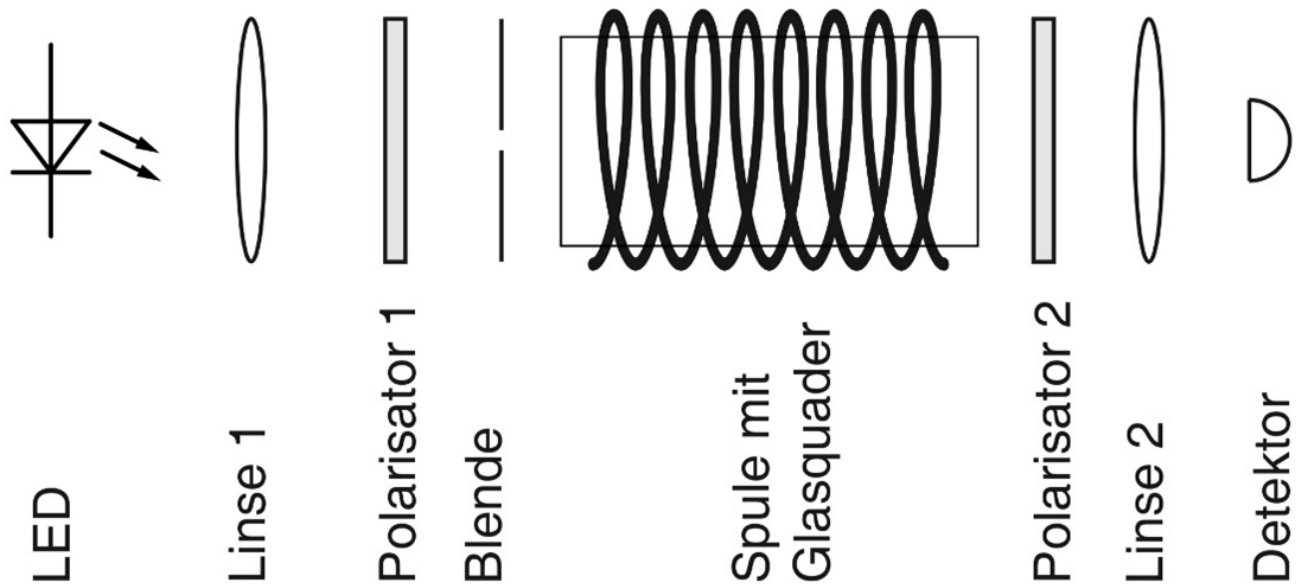


Abbildung 1) Versuchsaufbau bestehend aus LED, Linse 1, Polarisator 1, Blende, Spule mit Glasblock, Polarisator 2, Linse 2 und Detektor.

- ▶ Die Glaskörper sind sehr empfindlich gegenüber Stößen. Lassen Sie die Glaskörper deshalb (auch aus kleiner Höhe) keinesfalls fallen!
- ▶ Berühren Sie den Glaskörper nicht mit den Händen. Sollten Stirn- oder Seitenflächen verdreht sein, reinigen Sie den Glaskörper ausschließlich mit 2-Propanol.
- ▶ Die Raumbelichtung muss während der Messungen abgeschaltet sein, da die Leuchtstoffröhren sonst ein 100 Hz - Signal auf dem Detektor erzeugen können.
- ▶ Betreiben Sie die Spule nicht mit Strömen über 2 A.
- ▶ Lassen Sie die Beschaltung des Versuchsaufbaus vorher vom Betreuer überprüfen.