

SS2021

PPBphys1

Protokoll SP

Charlotte Geiger - Manuel Lippert - Leonard Schatt

Gruppe 4



Informationen

Versuchstag	24. März 2021
Versuchsplatz	NWII 2.1.02.671
Betreuer	Uwe Gerken
Gruppen Nr.	4
Auswertperson	Leonard Schatt
Messperson	Charlotte Geiger
Protokollperson	Manuel Lippert

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Fragen zur Vorbereitung	6
2.1	Teilaufgabe 1	6
2.2	Teilaufgabe 2	7
2.3	Teilaufgabe 3	8
2.4	Teilaufgabe 4	8
2.5	Teilaufgabe 5	9
2.6	Teilaufgabe 6	10
3	Messprotokoll	12
4	Auswertung und Diskussion	13
4.1	Teilauswertung X	13
5	Fazit	14
A	Append A	15
A.1	Teilanhang X	15
	Literaturverzeichnis	16

1 Einleitung

Oft fragt man sich, woher wissen bestimmte Wissenschaftler Tatsachen, beispielsweise wie warm oder kalt es auf anderen Planeten ist und aus was ihre Atmosphäre ist. Dadurch können sie Aussagen über die Bewohnbarkeit und das Vorkommen von Wasser auf dem Planeten machen. Dies verwundert so manchen vielleicht, da Wissenschaftler ja nicht auf jeden Planeten einen kleinen Roboter geschickt haben können - vor allem wenn sie außerhalb unseres Sonnensystems liegen.

Die einfache Antwort auf diese Frage ist Spektroskopie. Man muss nicht an einem Ort gewesen sein um Aussagen über ihn treffen zu können. Oft genügt die emittierte Strahlung, um einen weitreichenden Einblick in die dortigen Gegebenheiten zu bekommen. Wenn man beispielsweise charakteristische Spektren aus der empfangenen Strahlung herausfiltern kann, ist es möglich detaillierte Aussagen über die Zusammensetzung der Materie zu machen.

In diesem Versuch werden wir einen etwas einfacheren Sachverhalt behandeln, um ein erstes Gefühl für die Spektroskopie zu bekommen. Wir werden das Spektrum einer Quecksilber-Dampflampe analysieren. Dabei wird uns wieder klar, wie vorsichtig man bei Phänomenen mit EM-Wellen sein muss, da sonst ungewollte Beugungseffekte auftreten, an die man nicht gedacht hat. Dabei werden wir mit Hilfe eines Blazegitters das Spektrum unserer Lampe zerlegen.

2 Fragen zur Vorbereitung

2.1 Teilaufgabe 1

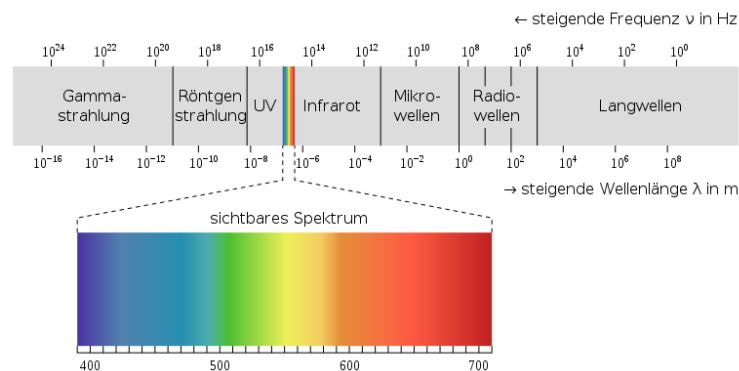


Abbildung 2.1: Versuchsaufbau

- Gammastrahlung: Gammastrahlung entsteht bei Radioaktiven zerfällen, wie beispielsweise Selen mit der Nuklidzahl 70. Detektieren kann man die Strahlung mit einer Nebelkammer oder einem Geiger-Müller-Zählrohr.
- Röntgenstrahlung: Diese Strahlung wird in der Medizin und in der Industrie viel eingesetzt zur Untersuchung von Materialien. Die Röntgenstrahlung wird dabei in einer Röntgenröhre durch das abbremesen von schnellen Elektronen erzeugt. Man kann die Strahlung durch Fotoplatten nachweisen.
- UV: UV-Strahlung entsteht in der Sonne. Sie ist noch hochenergetisch genug um erbgutschädigend zu wirken. Man kann sie mit Fotoplatten oder über den Photoeffekt nachweisen.
- Sichtbares Licht: Dieses wird von der Sonne emittiert. Nachweisen kann man es mit der Sonne oder einem Fotowiderstand und einem entsprechendem Messgerät.
- Infrarot: Infrarotstrahlung entsteht auch in der Sonne. Man kann sie durch thermische Detektoren wie Bolometer nachweisen.
- Mikrowellen: Die wohl bekannteste technische Anwendung ist der "Mikrowellenherd". Dort werden die Wellen durch einen Magnetron erzeugt. Nachweisen kann man sie mit einer passenden Antennen und einem Messgerät. Die Länge der Antenne muss zur Welle passen.

- Radiowellen: Diese können natürlich entstehen. Dort werden sie durch die Temperatur der Atmosphäre selbst erzeugt. Detektieren kann man die Wellen mit einer passenden Dipolantenne.
- Langwellen: Langwellen können von Langwellensendern gesendet werden. Empfangen kann man sie mit einer passenden Dipolantenne.

2.2 Teilaufgabe 2

Wenn man nur die Wärmestrahlung betrachtet, sieht man kontinuierliche Spektren. Dies ändert sich, wenn man nur einzelne Atome, beziehungsweise Gase von Atomen betrachtet. Bei diesen kann man im Spektrum klar voneinander getrennte Linien sehen. Diese Linien nennt man Spektrallinien.

Sie kommen zustande, weil in Atomen die Absorption und Emission von elektromagnetischen Wellen nicht kontinuierlich erfolgt. Die Energieniveaus der Atome sind diskret und somit sind auch die emittierten Wellenlängen diskret.

Da die Spektrallinien nicht monochromatisch sind lässt sich mit unterschiedlichen Argumenten erklären. Mit Hilfe der Quantenmechanik lassen sich folgende Aussagen treffen. Die Energie-Zeit-Unschärfe folgt aus der Unschärferelation der Quantenmechanik. Da die Operatoren für Energie und Zeit nicht kommutieren, muss das Folgende gelten.

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{1}{2} [\hat{H}, \hat{T}] = \frac{\hbar}{2} \quad (2.1)$$

Nehmen wir nun Gleichheit der linken und rechten Seite an und nennen

$$\Delta E = \frac{\Gamma}{2}$$

die Halbwertsbreite. Dann folgt:

$$\Delta E = \frac{\Gamma}{2} = \frac{\hbar}{2\mathcal{T}} \quad (2.2)$$

wobei die Lebensdauer des Teilchens

$$\mathcal{T} = \Delta t$$

hier folgendermaßen angenommen wird.

Man sieht sehr schön dass eine unendlich scharfe Spektrallinie zu Widersprüchen führen würde, wie beispielsweise:

$$\lim_{\Delta E \rightarrow 0} \implies \mathcal{T} \rightarrow \infty \quad (2.3)$$

Diese Behauptung widerspricht jedoch dem Experiment und ist somit falsch.

2.3 Teilaufgabe 3

Wie bei jeder Gasentladungslampe beruht der Leuchtprozess der Quecksilberdampf Lampe auf der Ionisation der Quecksilberatome. Den Quecksilber ist noch ein Edelgas beigemischt, welches die Zündung der Lampe erleichtert. Das Leuchten entsteht dabei nicht wie bei herkömmlichen Lampen durch einen glühenden Draht, sondern durch die Anregung der Quecksilberatome. Dies geschieht durch Stöße der Atome mit Elektronen, welche durch das Gas geleitet werden. Die angeregten Atome emittieren bei ihrem zurückkehren in den Grundzustand elektromagnetische Wellen. Diese sind bei Quecksilberlampen im UV-Bereich, welcher ungesund für Menschen ist.

Hier eine Liste der sieben hellsten Spektrallinien im Bereich 300 bis 900 nm.

- 404,65 nm (violett)
- 407,78 nm (violett)
- 435,83 nm (blau)
- 546,07 nm (grün)
- 576,95 nm (gelb-orange)
- 579,06 nm (gelb-orange)
- 614,95 nm (rot)

Außerdem existiert noch eine schwache Linie bei 491,60 nm.

2.4 Teilaufgabe 4

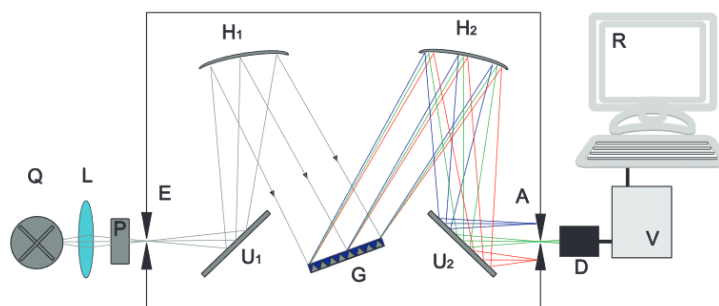


Abbildung 2.2: Versuchsaufbau

Die Sammellinse und der Eintrittsspalt müssen nach der Abbildungsgleichung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \quad (2.4)$$

2.5 Teilaufgabe 5

so weit entfernt sein, dass der Brennpunkt im Spalt selbst liegt. In der Abbildungsgleichung bezeichnet b den Abstand vom Bild zur Linse und g den Abstand vom Gegenstand zur Linse. f ist die Brennweite. Bei

$$\Rightarrow b = \left(\frac{1}{f} - \frac{1}{g}\right)^{-1} \quad (2.5)$$

ist dies der Fall. Die Sammellinse sollte also um b vom Eintrittsspalt entfernt sein.

Der Hohlspiegel fungiert in diesem Aufbau wie eine Linse. Damit die Strahlen, welche über einen Spiegel umgelenkt werden, nach dem Spiegel parallel liegen, muss der Eintrittsspalt genau in der Brennebene liegen. Der Abstand zwischen Eintrittsspalt und Hohlspiegel muss also f_{Spiegel} sein.

Beim zweiten Spiegel ist die Argumentation die Selbe, nur in die andere Richtung. Deswegen ist der Abstand zwischen Hohlspiegel und Austrittsspalt f_{Spiegel} .

2.5 Teilaufgabe 5

Das spektrale Auflösungsvermögen des Monokromators lässt sich in zwei Teile aufteilen. Der eine Teil $\Delta\lambda_s$, welcher von den Spalten herrührt und den Teil $\Delta\lambda_G$, welcher vom Gitter erzeugt wird.

$\Delta\lambda_s$ wiederum lässt sich in die Teile $\Delta\lambda_{s_{\text{ein}}}$ und $\Delta\lambda_{s_{\text{aus}}}$ unterteilen, welche jeweils zu Eingangs- bzw. Ausgangsspalt gehören.

$$\Delta\lambda_s = \sqrt{(\Delta\lambda_{s_{\text{ein}}})^2 + (\Delta\lambda_{s_{\text{aus}}})^2} = \frac{b}{f} \sqrt{(s_{\text{Ein}})^2 + (s_{\text{Aus}})^2} \quad (2.6)$$

Hier ist b die Gitterkonstante, f die Brennweite des Hohlspiegels und $s_{\text{Ein/Aus}}$ die Spaltbreite des Ein-/Ausgangsspaltes.

Dieser Linienbreite $\Delta\lambda$ ist in unserem Fall:

$$\Delta\lambda_s = \frac{\frac{1}{1200 \frac{1}{\text{mm}}}}{80 \text{ mm}} \sqrt{2} * 20 \mu\text{m} = 294,6 \text{ nm} \quad (2.7)$$

$\Delta\lambda_G$ ist in diesem Fall:

$$\Delta\lambda_G = \frac{\lambda}{kN} = \frac{546 \text{ nm}}{1 \cdot 58 \text{ mm} \cdot 1200 \frac{1}{\text{mm}}} = 0.00784 \text{ nm} \quad (2.8)$$

Die beiden Werte liegen Größenordnungen auseinander.

$$\Rightarrow \Delta\lambda_M \simeq \Delta\lambda_s = 294,6 \text{ nm} \quad (2.9)$$

2.6 Teilaufgabe 6

Um eine Faltung zu berechnen gibt es mehrere Möglichkeiten. Eine Lösung ist es den Faltungssatz zu verwenden. Dieser besagt, dass bei Funktionen f und g im Ortsraum mit den zugehörigen Funktionen \tilde{f} und \tilde{g} im Fourierraum gilt:

$$f * g = \mathfrak{F}^{-1}(\tilde{f} \cdot \tilde{g}) = g * f \quad (2.10)$$

Dieses Vorgehen ist aber manchmal etwas umständlich. In einfacheren Fällen wie diesem hier ist eine graphische Lösung einfacher. Bei dieser zeichnet man die Graphen beider Funktionen. Dann spiegelt man den zu verknüpfenden Graphen an der y-Achse und schiebt diesen dann über den ersten Graphen. Die Fläche, die sie sich überschneiden, ist dann die Funktion $f * g$.

In diesem Fall nehmen wir zwei Rechtecksfunktionen mit Höhe eins und Breite a bei Rechteck 1 und b bei Rechteck 2. Die beiden Rechtecke sind Achsensymmetrisch bezüglich der y-Achse. Jetzt können zwei Fälle auftreten:

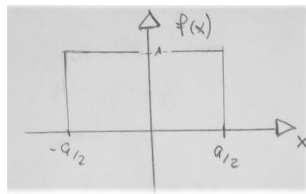


Abbildung 2.3: Skizze von f

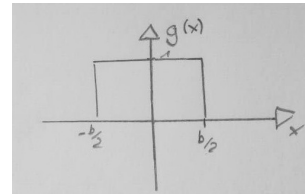


Abbildung 2.4: Skizze von g

- Fall 1: $a = b$

In diesem Fall entsteht ein perfektes Dreieck, da nur in einem Punkt die volle Fläche erreicht ist. Die maximale Überschneidung der beiden Graphen ist daher $a \cdot 1 = a$.

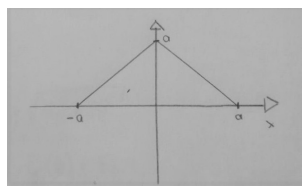
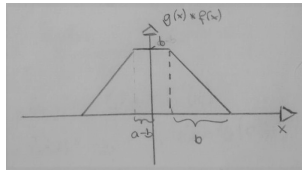


Abbildung 2.5: Skizze von $f * g$ mit $a = b$

- Fall 2: $a' > b'$ Diesmal sind die beiden Dreiecke nicht deckungsgleich. Deshalb ist die maximale Überschneidung hier nur $b' \cdot 1 = b'$. Es ist also kein Dreieck wie in Abbildung 2.5, sondern dem Dreieck wurde seine Spitze abgeschnitten.

Abbildung 2.6: Skizze von $f * g$ mit $b < a$

- Fall 3: $a'' < b''$ Dieser Fall ist identisch zu Fall zwei, da man O.b.d.A. a'' und b'' vertauschen kann laut Gleichung 2.10. Das heißt, in diesem Fall erhält man wieder ein angeflachtes Dreieck.

An dieser Stelle sieht man, dass es sinnvoll ist die Eingangs- und Ausgangsspaltbreite gleich zu wählen, da man dann den größten "Peak" bekommt. Wenn man sie nicht gleich groß wählt, schneidet es einem den höchsten Ausschlag ab, was schlecht für die Messung ist. Man sollte jedoch die Spalte nicht zu klein machen, da dann die Intensität nach den Spalten nachlässt.

3 Messprotokoll

Das Messprotokoll wurde am Versuchstag handschriftlich erstellt und hier als PDF-Datei eingefügt. Dabei wurden Durchführung und Aufbau schon vorher in dieses Dokument beschrieben, je nachdem.

4 Auswertung und Diskussion

4.1 Teilauswertung X

5 Fazit

A Append A

A.1 Teilanhang X

Literaturverzeichnis

- AGILENT 2006 *Benutzerhandbuch Agilent 34410A/11A, Multimeter mit 6^{1/2} Stellen*, 3. Auflage.
- AHLERS, G. & REHBERG, I. 1986 Convection in a binary mixture heated from below. *Phys. Rev. Lett.* 56 (13), 1373–1376.
- DIERKING, I. 2003 *Textures of Liquid Crystals*, chap. 5, pp. 54–74. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- GOBRECHT, H. 1978 *Bergmann–Schäfer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band III Optik*, 7. Auflage, pp. 418–419. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- KHAZIMULLIN, M., MÜLLER, T., MESSLINGER, S., REHBERG, I., SCHÖPF, W., KREKHOV, A., PETTAU, R., KREGER, K. & SCHMIDT, H.-W. 2011 Gel formation in a mixture of a block copolymer and a nematic liquid crystal. *Phys. Rev. E* 84, 021710: 1–11.
- KHOO, I.-C. 2007 *Liquid Crystals*, 2nd edn. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- KOPKA, H. 2000 *L^AT_EX, Band 1 — Einführung*, 3. überarbeitete Auflage. München; Boston; San Francisco [u.a.]: Addison-Wesley Verlag.
- KRAMER, C. 2010 *Das magnetische Moment*. Bachelorarbeit, Universität Bayreuth.
- KRAMER, L. & PESCH, W. 1996 Electrohydrodynamic instabilities in nematic liquid crystals. In *Pattern Formation in Liquid Crystals* (eds. Á. Buka & L. Kramer), pp. 221–255. New York; Berlin; Heidelberg: Springer.
- LAFUENTE, Ö. 2005 *Thermoreversible Gele von isotropen und anisotropen Flüssigkeiten mit chiralen Organogelatoren*. Doktorarbeit, Universität Bayreuth.
- LAMPORT, L. 1995 *Das L^AT_EX-Handbuch*. Bonn; Paris; Reading, Mass. [u.a.]: Addison-Wesley Verlag.
- L^AT_EX 2011 Latex — A document preparation system. URL <http://www.latex-project.org/> – Zugriffsdatum: 10.05.2011.
- MADSEN, L. 2006 Avoid eqnarray. *The PracT_EX Journal* 1 (4).
- MEARS, W. H., ROSENTHAL, E. & SINKA, J. V. 1969 Physical properties and virial coefficients of sulfur hexafluoride. *J. Phys. Chem.* 73 (7), 2254–2261.

- MIKTEX 2011 MiKTeX Project Page. URL <http://www.miktex.org/> – Zugriffsdatum: 11.11.2011.
- MÜLLER, T., PÖHLMANN, A. & MESSLINGER, S. 2011 Normalizing radial distribution functions on truncated regions. Internes Dokument, Experimentalphysik V, Universität Bayreuth.
- REHBERG, I. 2011 Persönliche Mitteilung.
- SCHÖPF, W. 1988 *Konvektion in binären Flüssigkeiten und multikritisches Verhalten in der Nähe des Kodimension-2-Punktes*. Diplomarbeit, Universität Bayreuth.
- STIEB, A., BAUR, G. & MEIER, G. 1975 Alignment inversion walls in nematic liquid crystal layers deformed by an electric field. *J. Phy. (Paris) Colloq.* 36 (C1), 185.
- TEXNICCENTER 2011 TeXnicCenter — the Center of your L^AT_EX Universe. URL <http://www.texniccenter.org/> – Zugriffsdatum: 15.11.2011.