



Protokoll zum Versuch

Prismenspektrometer

(Versuch 33)

Autor: Finn Zeumer (hz334)
Versuchspatnerin: Annika Künstle
Versuchsbegleiter: Benedikt Löscher
Datum der Ausführung: 26.09.2025
Abgabedatum: 03.10.2025

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	3
1.1. Motivation/Aufgabe	3
1.2. Physikalische Grundlagen	3
1.2.1. Energieniveaus und Balmer-Serie	4
Messdaten	5
II. Durchführung	7
2.1. Versuchsaufbau	7
2.2. Messverfahren	7
2.2.1. Bestimmung des Prismenwinkels	7
2.2.2. Bestimmung des minimalen Ablenkungswinkels	7
2.2.3. Berechnung des Brechungsindex	7
2.2.4. Dispersionsanalyse	7
2.2.5. Berechnung der Abbe-Zahl	8
III. Auswertung	9
3.1. Eichkurve der Hg-Lampe	10
3.2. Bestimmung des He-Spektrums	10
3.3. Bestimmung des H-Spektrums und die Rydberg-Konstante	13
IV. Diskussion	14
4.1. Zusammenfassung	14
4.2. Diskussion	14
4.3. Kritik	15

I. Einleitung

1.1. Motivation/Aufgabe

Das Ziel des vorliegenden Versuchs besteht in der Untersuchung der lichtbrechenden Eigenschaften eines Prismas und der experimentellen Bestimmung der Dispersion. Dabei soll die spektrale Abhängigkeit des Brechungsindex $n(\lambda)$ ermittelt werden, um die Dispersionsgleichung eines gegebenen Glasprismas zu bestimmen. Durch die experimentelle Analyse der Ablenkungswinkel verschiedener Wellenlängen lassen sich der minimale Ablenkungswinkel und damit der Brechungsindex für jede Spektrallinie berechnen.

Die Ergebnisse ermöglichen eine quantitative Beschreibung der Dispersion und gestatten die Charakterisierung des verwendeten Glases. Über die Anpassung einer theoretischen Dispersionsfunktion an die Messwerte kann zudem der Abbe'sche Zahlenwert berechnet und das Dispersionsverhalten des Materials eingeordnet werden. Ziel ist somit, die Zusammenhänge zwischen Brechungsindex, Wellenlänge und Materialeigenschaften experimentell zu verifizieren und theoretisch zu beschreiben.

1.2. Physikalische Grundlagen

[Wag25a] Die Brechung von Licht beim Übergang zwischen zwei Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes wird durch das Snellius'sche Brechungsgesetz beschrieben:

$$n_1 \sin(\alpha) = n_2 \sin(\beta) \quad (1)$$

wobei n_1 und n_2 die Brechungsindizes der beiden Medien sind, und α bzw. β die Einfallswinkel darstellen. Dieses Gesetz ist die Grundlage der geometrischen Optik und beschreibt den Zusammenhang zwischen Einfallswinkel

und Brechungsrichtung eines Lichtstrahls an einer Grenzfläche.

In einem Prisma mit Öffnungswinkel A wird ein einfallender Lichtstrahl zweimal gebrochen. Die Gesamtablenkung δ hängt von der Wellenlänge des Lichts ab. Für den Fall der symmetrischen Strahlführung, bei der der Strahl im Prisma den gleichen Winkel zu beiden Prismenflächen bildet, ergibt sich der minimale Ablenkungswinkel δ_{\min} . Dieser ist über die geometrische Beziehung mit dem Brechungsindex des Prismas verknüpft:

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + \delta_{\min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)} \quad (2)$$

Diese Gleichung 2 erlaubt die Bestimmung des Brechungsindex aus Messungen des minimalen Ablenkungswinkels. Da n eine Funktion der Wellenlänge λ ist, lässt sich die Dispersion des Prismas experimentell erfassen.

Zur quantitativen Beschreibung der Dispersionsabhängigkeit kann eine empirische Näherung, etwa die Cauchy-Gleichung,

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} \quad (3)$$

verwendet werden, wobei A , B und C Materialabhängige Konstanten darstellen. Alternativ beschreibt die Sellmeier-Gleichung die Dispersionskurve genauer durch Resonanz Frequenzen des Mediums.

Ein wichtiges Maß für das Dispersionsverhalten eines Glases ist die Abbe-Zahl ν , definiert durch

$$\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (4)$$

wobei n_D , n_F und n_C die Brechungsindizes für die Fraunhofer-Linien D (589 nm), F (486 nm)

und C (656 nm) sind. Eine hohe Abbe-Zahl weist auf geringe Dispersion hin, während eine niedrige Abbe-Zahl ein stark dispersives Glas kennzeichnet.

Durch die experimentelle Bestimmung der Werte $n(\lambda)$ und die Anpassung der theoretischen Modelle lässt sich das Dispersionsverhalten des Prismas präzise charakterisieren. Damit bietet der Versuch eine Verbindung zwischen geometrischer Optik und materialabhängiger Wellenoptik.

1.2.1. Energieniveaus und Balmer-Serie

In Atomen und Molekülen können Elektronen nur bestimmte diskrete Energiewerte einnehmen. Übergänge eines Elektrons von einem energetisch höheren in einen energetisch niedrigeren Zustand führen zur Emission eines Photons. Die Wellenlänge λ dieses Photons wird durch die Energiedifferenz ΔE der beteiligten Zustände bestimmt:

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}, \quad (5)$$

wobei h das Planck'sche Wirkungsquantum und c die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum darstellen. Aufgrund der diskreten Energieniveaus von Atomen und Molekülen werden nur bestimmte Wellenlängen emittiert, was sich in Form von schmalen Linien im Spektrum zeigt.

Ein anschauliches Beispiel bietet das Wasserstoffatom. Nach dem Bohrschen Atommodell befinden sich Elektronen auf diskreten Schalen, die nach steigender Energie nummeriert werden. Die Elektronenschale mit der niedrigsten Energie wird als die erste Schale bezeichnet. Springt ein Elektron von der m -ten in die n -te Schale ($m > n$), so kann die Wellenlänge des emittierten Photons mithilfe der Rydberg-Formel berechnet werden:

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad (6)$$

wobei $R_{\infty} = 1,097373 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ die Rydberg-Konstante ist.

Spezifisch für Übergänge auf die zweite Schale ($n = 2$) ergibt sich die sogenannte Balmer-Serie:

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad (7)$$

die die im sichtbaren Bereich beobachtbaren Spektrallinien des Wasserstoffatoms beschreibt.

26.09.2025

Finn Zimmer, Annika Ustolt

33- Prismenspektrometer

Ziel des Versuchs ist es weißes Licht verschiedener Stoff-Lampen über einem Prisma zu dissoziieren (aufzuspalten) dies funktioniert, da verschiedene Wellenlängen unterschiedlich gebrochen werden.

Aufgabe 1)

In diesem Aufgabenteil wird eine Quecksilber (Hg)-Lampe hinter des Spalt des Kollimatorrohres gestellt. Das Fernrohr wurde bereits eingestellt. Nun wird das Prisma so positioniert, dass das Licht dissoziiert und der Minimalwinkel bestimmt. Dann wird für jeden "Strich" der spezifische Winkel vermessen

Tabelle 1) Auslenkungen mit Hg-Lampe

No.	λ [nm]	Farbe	Helligkeit	Auslenkung $L^\circ + '3$	Auslenkung L°	Differenz L°	Intensitäten 1 = schwach 2 = mittel 3 = stark
1	680,7	rot	1	$312^\circ + 0'$	$312,00$	0,42	
2	623,4	rot	2	$311,5^\circ + 5'$	$311,58$	0,30	
3	579,1	gelb	3	$311,0^\circ + 14'$	$311,28$	0,03	
4	577,0	gelb	3	$311,0^\circ + 15'$	$311,25$	0,25	
5	546,1	grün	3	$311,0^\circ + 0'$	$311,00$		
6	493,2	grünblau	1	$310,0^\circ + 20'$	$310,33$	0,67	
7	481,6	grünblau	2	$310,0^\circ + 15'$	$310,25$	0,08	
8	435,8	blau	3	$308,0^\circ + 10'$	$308,17$	1,08	
9	407,8	violett	2	$308,0^\circ + 20'$	$308,33$	0,84	
10	404,7	violett	3	$308,0^\circ + 15'$	$308,25$	0,08	

Teilergebn: $311,0^\circ + \frac{25'}{60} = 311,4^\circ$

Aufgabe 2)

Tabelle I) Auslenkungen mit He-Lampe

Nr.	λ [nm]	Farbe	Helligkeit	Auslenkung $L^0 + \lambda$	Auslenkung L^1	Differenz L^1
1	667,8	rot	3	$311,5 + 25$	311,91	0,58
2	587,6	gelb	3	$311,0 + 20$	311,33	0,88
3	501,6	grün	3	$310,0 + 27$	310,45	0,12
4	482,2	grün	2	$310,0 + 20$	310,33	0,33
5	471,3	blau	2	$310,0 + 0$	310,00	0,52
6	447,1	blau	3	$309,0 + 31$	309,52	/

Zusatzaufgabe 1)

Tabelle II) Auslenkungen mit H-Lampe

Nr.	λ [nm]	Farbe	Helligkeit	Auslenkung $L^0 + \lambda$	Auslenkung L^1	Differenz L^1
1	wird in	rot	3	$311,5 + 21$	311,85	1,65
2	Auswertung	türkis	3	$310,0 + 12$	310,20	1,07
3	bestimmt	violett	3	$309,0 + 8$	309,13	0,63
4		violett	2	$308,5 + 6$	308,50	/

Allgemein: Absefehler für Winkel immer $\Delta = \frac{2}{60} = 0,03^\circ$

Baldhal

II. Durchführung

2.1. Versuchsaufbau

Für die Messungen wird ein Prismenspektrometer verwendet, das aus einem drehbaren Tisch mit Teilkreis, einem Kollimator und einem drehbaren Fernrohr besteht. Der Kollimator dient zur Erzeugung eines parallel verlaufenden Lichtbündels. Seine Spaltöffnung wird von einer Quecksilberdampfampe beleuchtet, um Spektrallinien mit definierten Wellenlängen zu erzeugen. Das austretende Lichtbündel trifft auf das Prisma, das auf dem drehbaren Tisch zentriert positioniert wird. Das Fernrohr ist auf unendliche Entfernung fokussiert und erlaubt die Beobachtung der gebrochenen Strahlen.

Zur präzisen Winkelmessung ist der Tisch mit einer Grad Skala und einem Nonius ausgestattet. Über den Nonius können Winkel bis auf eine Bogensekunde genau abgelesen werden. Die Drehachsen von Fernrohr und Kollimator liegen in einer Ebene mit der Mitte des Prismas, wodurch systematische Abweichungen minimiert werden. Das Gesamtsystem ist auf einer stabilen optischen Bank montiert.

2.2. Messverfahren

2.2.1. Bestimmung des Prismenwinkels

Zur Bestimmung des Prismenwinkels A wird der Kollimator so ausgerichtet, dass das Lichtbündel senkrecht auf eine der beiden brechenden Flächen fällt. Das Fernrohr wird so eingestellt, dass das reflektierte Licht von beiden Flächen beobachtet werden kann. Der Winkel zwischen den beiden Spiegelbildern des Spalts entspricht dem doppelten Prismenwinkel:

$$A = \frac{1}{2} |\varphi_1 - \varphi_2| \quad (1)$$

Hierbei sind φ_1 und φ_2 die abgelesenen Richtungswinkel der reflektierten Strahlen.

2.2.2. Bestimmung des minimalen Ablenkungswinkels

Zur Messung des minimalen Ablenkungswinkels δ_{\min} wird das Prisma so positioniert, dass der gebrochene Strahl beim Drehen des Prismas einen Punkt minimaler Ablenkung erreicht. In diesem Fall verlaufen Ein- und Austrittsstrahl symmetrisch zur Prismenbasis. Es werden die Winkelstellungen des direkten Strahls φ_0 und des gebrochenen Strahls φ gemessen. Der minimale Ablenkungswinkel ergibt sich zu

$$\delta_{\min} = |\varphi - \varphi_0| \quad (2)$$

2.2.3. Berechnung des Brechungsindex

Aus dem gemessenen Prismenwinkel A und dem minimalen Ablenkungswinkel δ_{\min} kann der Brechungsindex für jede Wellenlänge λ berechnet werden. Es gilt [Gleichung 2](#).

Die Bestimmung von $n(\lambda)$ erfolgt für mehrere spektrale Linien der Quecksilberdampfampe. Die Zuordnung der Linien zu ihren Wellenlängen wird aus tabellierten Literaturwerten vorgenommen.

2.2.4. Dispersionsanalyse

Zur Analyse der Dispersion werden die experimentell bestimmten Werte $n(\lambda)$ gegen λ aufgetragen und mithilfe einer Dispersionsgleichung angepasst. Zur Beschreibung eignet sich die empirische [Cauchy-Gleichung 3](#).

Durch Ausgleichsrechnung können die Konstanten A , B und C bestimmt werden. Alter-

nativ kann auch eine Sellmeier-Gleichung verwendet werden, um Resonanzeffekte besser zu berücksichtigen.

2.2.5. Berechnung der Abbe-Zahl

Das Dispersionsverhalten des verwendeten Glases wird abschließend über die Abbe-Zahl ν charakterisiert [Gleichung 4](#)

Dabei bezeichnen n_C , n_D und n_F die Brechungsindizes der Fraunhofer-Linien C (656 nm), D (589 nm) und F (486 nm). Eine hohe Abbe-Zahl deutet auf geringe Dispersion hin, während eine niedrige Abbe-Zahl ein stark dispersives Material kennzeichnet.

Alle Messungen werden mehrfach wiederholt, um statistische Unsicherheiten zu reduzieren. Der Mittelwert und die Standardabweichung werden zur weiteren Auswertung verwendet.

III. Auswertung

Fehlerrechnung

Für die statistische Auswertung von n Messwerten x_i werden folgende Größen definiert [Wag25b]:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{Arithmetisches Mittel} \quad (1)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \text{Variation} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Standardabweichung} \quad (3)$$

$$\Delta \bar{x} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} \quad \text{Fehler des Mittelwerts} \quad (4)$$

$$\Delta f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y\right)^2} \quad \text{Gauß'sches Fehlerfortpflanzungsgesetz für } f(x, y) \quad (5)$$

$$\Delta f = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad \text{Fehler für } f = x + y \quad (6)$$

$$\Delta f = |a| \Delta x \quad \text{Fehler für } f = ax \quad (7)$$

$$\frac{\Delta f}{|f|} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{y}\right)^2} \quad \text{relativer Fehler für } f = xy \text{ oder } f = x/y \quad (8)$$

$$\sigma = \frac{|a_{lit} - a_{gem}|}{\sqrt{\Delta a_{lit}^2 + \Delta a_{gem}^2}} \quad \text{Berechnung der signifikanten Abweichung} \quad (9)$$

3.1. Eichkurve der Hg-Lampe

Die Tabelle 1 des [Protokolles](#) zeigt die gemessenen Auslenkungen der einzelnen Spektrallinien. Ausgehend von der violetten Spektrallinie wurden die Differenzen gebildet. Der Ablehsefehler wurde auf $\Delta\alpha = 0,03^\circ$ geschätzt. Über diese Werte wurde eine Eichkurve erstellt, aus welcher später die Wellenlängen der Helium- und der Wasserstofflampe bestimmt werden sollen. Die Eichkurve ist in [Abbildung 3.2](#) aufgezeichnet. Die Abzisse zeigt dabei die Wellenlänge λ der jeweiligen Spektrallinie und die Ordinate die relative Auslenkung zur violetten Spektrallinie der Wellenlänge $\lambda = 404,7$ nm.

Farbe	λ_{lit} [nm]	α [°]	Differenz [°]
rot	690,7	$312,00 \pm 0,03$	$3,75 \pm 0,05$
rot	623,0	$311,58 \pm 0,03$	$3,33 \pm 0,05$
gelb	579,1	$311,28 \pm 0,03$	$3,03 \pm 0,05$
gelb	577,0	$311,25 \pm 0,03$	$3,00 \pm 0,05$
grün	546,1	$311,00 \pm 0,03$	$2,75 \pm 0,05$
grünblau	499,2	$310,33 \pm 0,03$	$2,08 \pm 0,05$
grünblau	491,6	$310,25 \pm 0,03$	$2,00 \pm 0,05$
blau	435,8	$309,17 \pm 0,03$	$0,92 \pm 0,05$
violett	407,8	$308,33 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,05$
violett	404,7	$308,25 \pm 0,03$	–

Tabelle III.1.: Messwerte der Auslenkung des Quecksilberspektrums und der berechneten Differenzwinkel

Farbe	λ_{lit} [nm]	α [°]	Differenz [°]
violett	404,7	$308,25 \pm 0,03$	–
blau	447,1	$309,52 \pm 0,03$	$1,27 \pm 0,05$
blau	471,3	$310,00 \pm 0,03$	$1,75 \pm 0,05$
grün	492,2	$310,33 \pm 0,03$	$2,08 \pm 0,05$
grün	501,6	$310,45 \pm 0,03$	$2,20 \pm 0,05$
gelb	587,6	$311,33 \pm 0,03$	$3,08 \pm 0,05$
rot	667,8	$311,91 \pm 0,03$	$3,66 \pm 0,05$

Tabelle III.2.: Messwerte der Auslenkung des Heliumspektrometers und der berechneten Differenzwinkel. Violett ist der Referenzwert aus dem Quecksilberspektrum.

ten Abweichungen (9) sind [tabellarisch 3.2](#) aufgelistet. Die Auslenkungen sind in [Abbildung 3.2](#) grün eingezeichnet.

Farbe	λ_{lit} [nm]	λ_{gem} [nm]	σ -Abweichung
blau	447,1	449 ± 4	0,49
blau	471,3	477 ± 4	1,69
grün	492,2	499 ± 4	1,74
grün	501,6	508 ± 4	1,59
gelb	587,6	582 ± 8	0,72
rot	667,8	667 ± 14	0,05

Tabelle III.3.: Vergleich der gemessenen und literaturbekannten Wellenlängen des Heliumspektrums

3.2. Bestimmung des He-Spektrums

Über die gemessenen Auslenkungen und die Eichkurve sollten sich nun die Wellenlängen der Spektrallinien der Heliumlampe bestimmen lassen. Der [Tabelle 3.2](#) sind die Auslenkungen zu finden. Die Ungenauigkeit der Wellenlänge wird über den Fehlerschlauch bestimmt. Die größere Differenz wird als Fehler angenommen.

Die aus der [Tabelle 3.2](#) bestimmten Wellenlängen, die Ungenauigkeiten und die [signifikan-](#)

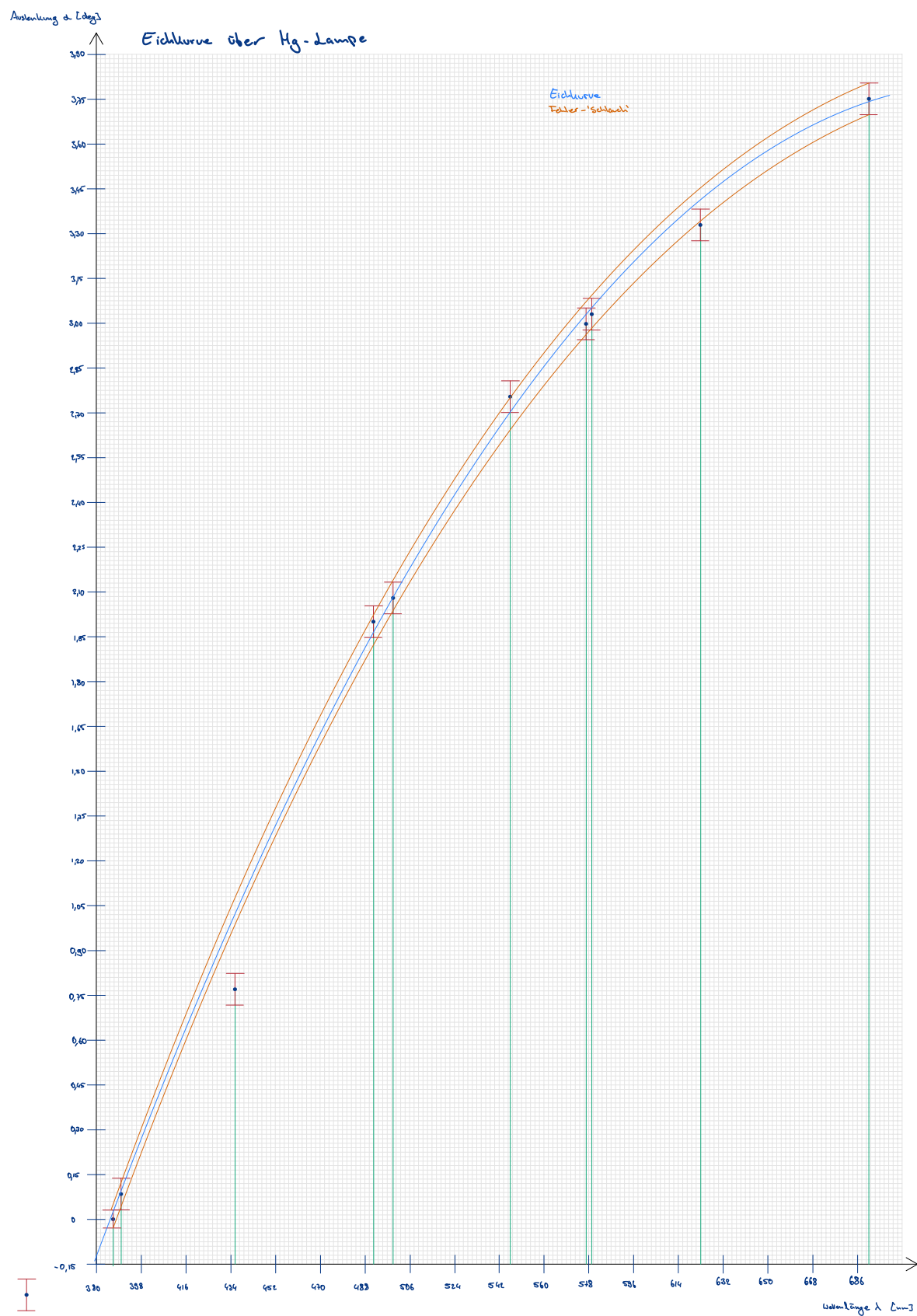


Abbildung III.1.: Relative Auslenkung gegen die Wellenlänge der Quecksilberlampe. Bestimmung der Eichkurve (blau) und des Fehlerschlauches (orange).

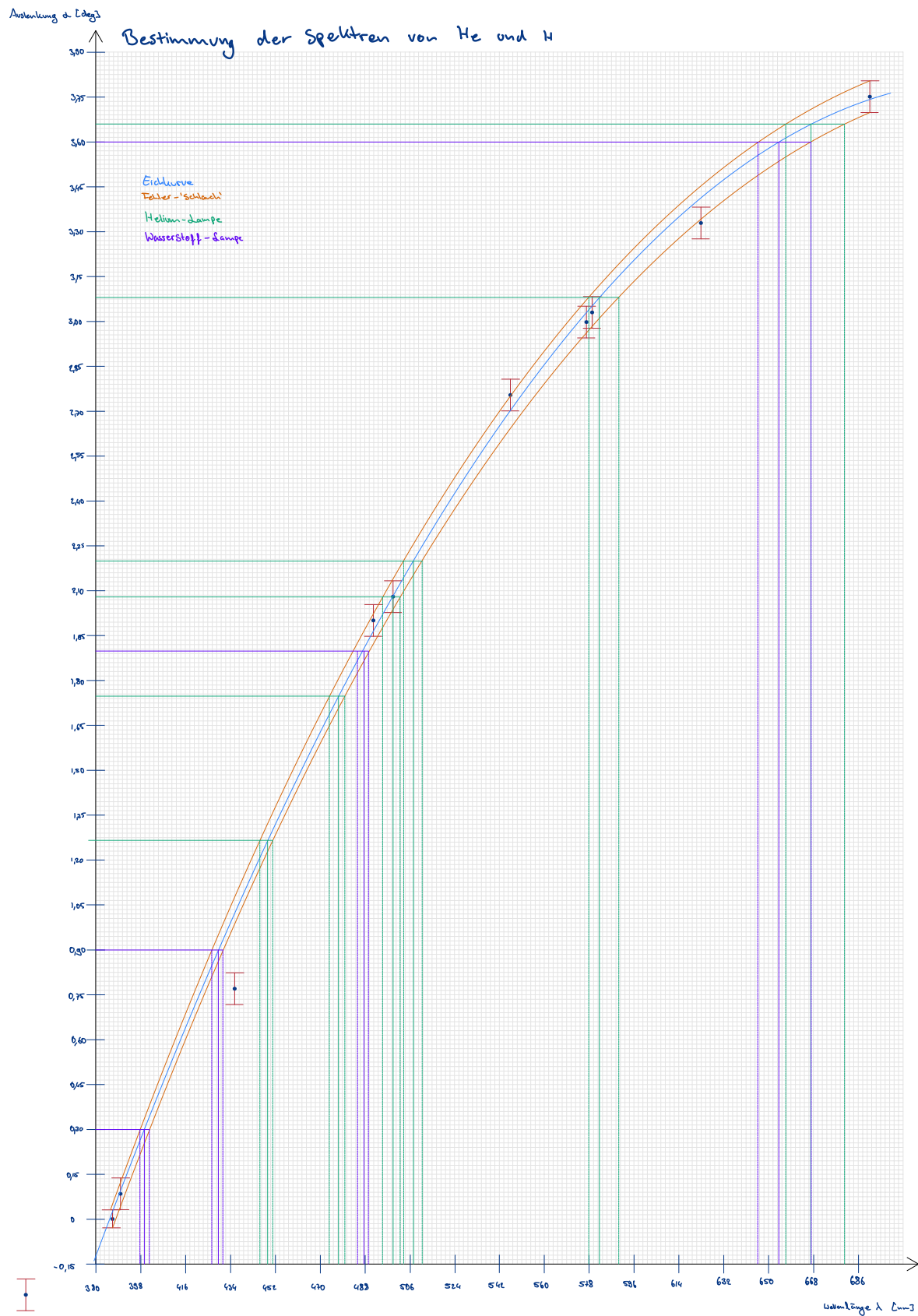


Abbildung III.2.: Bestimmung der Wellenlängen des Helium-Spektrums (grün) und des Wasserstoff-Spektrums (lila).

Farbe	λ_{lit} [nm]	α [°]	Differenz [°]
violett	404,7	$308,25 \pm 0,03$	–
violett	410	$308,50 \pm 0,03$	$0,30 \pm 0,05$
violett	434	$309,13 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,05$
türkis	486,1	$310,20 \pm 0,03$	$1,90 \pm 0,05$
rot	656,3	$311,85 \pm 0,03$	$3,60 \pm 0,05$

3.3. Bestimmung des H-Spektrums und die Rydberg-Konstante

Analog zum Helium wird das Spektrum der Wasserstofflampe bestimmt. Die Auslenkungswerte sind [tabellarisch 3.3](#) gelistet. Diese Werte sind in [Abbildung 3.2](#) lila eingezeichnet.

Die aus [Tabelle 3.3](#) bestimmten Wellenlängen werden wieder tabellarisch festgehalten und die [signifikante Abweichung \(9\)](#) zu den Literaturwerten gebildet. Die Ergebnisse sind in [Tabelle 3.3](#)

Farbe	λ_{lit} [nm]	λ_{gem} [nm]	σ -Abweichung
violett	410	$399,7 \pm 2,0$	0,18
violett	434	429 ± 3	0,71
türkis	486,1	$487,8 \pm 2,4$	1,50
rot	656,3	$654,0 \pm 12,8$	5,20

Tabelle III.4.: Vergleich der gemessenen und literaturbekannten Wellenlängen des Heliumspektrums

Über die bestimmten Wellenlängen des Wasserstofflampenspektrums lässt sich weitergehend die Rydberg-Konstante bestimmen. Dazu wird die [Gleichung 6](#) umgestellt:

$$R_{\infty} = \frac{1}{\lambda \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)}. \quad (10)$$

Über die [Gauß'sche Fehlerfortpflanzung \(5\)](#) wird sich der Fehler zu

$$\Delta R_{\infty} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda^2 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2} \right)} \quad (11)$$

Farbe	λ_{gem} [nm]	m	$R_{\infty} [\frac{1}{\text{m}} \cdot 10^7]$
violett	$399,7 \pm 2,0$	6	$1,1010 \pm 0,0215$
violett	429 ± 3	5	$1,093 \pm 0,005$
türkis	$487,8 \pm 2,4$	4	$1,110 \pm 0,009$
rot	$654,0 \pm 12,8$	3	$1,126 \pm 0,006$

berechnen, da nur λ fehlerbehaftet ist. m beschreibt die sogenannte »Quantenzahl«, welche sich aus dem Skript holen lässt [[Wag25a](#)]. Die Ergebnisse für alle vier Wellenlängen der Wasserstofflampe sind in [Tabelle 3.3](#) festgehalten.

Aus diesen wird der Mittelwert $\overline{R_{\infty}}$ gebildet. Sein Fehler setzt sich aus dem [Fehler des Mittelwerts \(4\)](#) $\Delta \overline{R_{\infty}}$ und der quadratischen Summe der Einzelwerte zusammen:

$$\Delta \overline{R_{\infty}} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^4 \Delta R_i^2 \right) + \left(\Delta \overline{R_{\infty}} \right)^2} \quad (12)$$

Somit ergibt sich final ein Wert von

$$\overline{R_{\infty}} = (1,11 \pm 0,17) \frac{1}{\text{m}} \cdot 10^7 \quad (13)$$

Die Abweichung zum Literaturwert beträgt somit:

$$\frac{|\overline{R_{\infty}} - R_{\text{lit}}|}{\Delta \overline{R_{\infty}}} = 0,06\sigma \quad (14)$$

IV. Diskussion

4.1. Zusammenfassung

Im Rahmen des Versuchs wurden die Spektrallinien der Quecksilber-, Helium- und Wasserstofflampen mittels eines Prismenspektrometers vermessen. Zunächst wurde die Eichkurve anhand der bekannten Wellenlängen des Quecksilberspektrums erstellt, um die Auslenkungen der Helium- und Wasserstofflampen später präzise bestimmen zu können. Die ermittelten Wellenlängen des Helium- und Wasserstoffspektrums zeigten nur geringe Abweichungen von den Literaturwerten, wobei die maximalen signifikanten Abweichungen in allen Fällen unter 2σ lagen, mit Ausnahme der roten Linie der Wasserstofflampe, die eine Abweichung von $5,2\sigma$ zeigte. Aus den Wellenlängen des Wasserstoffspektrums konnte die Rydberg-Konstante berechnet werden, die mit $\overline{R_\infty} = (1,11 \pm 0,17) \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ praktisch mit dem Literaturwert übereinstimmt, wobei die Abweichung lediglich $0,06\sigma$ beträgt.

4.2. Diskussion

Die Messungen bestätigen die Diskretheit der Energieniveaus von Atomen, wie sie insbesondere im Wasserstoffatom durch die Balmer-Serie sichtbar wird. Die Eichkurve, die auf den Quecksilberlinien basiert, erwies sich als zuverlässig, um die Wellenlängen der Helium- und Wasserstofflampen zu bestimmen. Die geringen Abweichungen zwischen den gemessenen und den Literaturwerten lassen sich hauptsächlich durch den Ablesefehler des Nonius erklären, der die dominante Fehlerquelle in diesem Versuch darstellt. Die Genauigkeit der Messungen ist dabei insgesamt hoch, was sich in den kleinen σ -Abweichungen der meisten Linien widerspie-

gelt.

Besonders die bläulichen und violetten Linien der Wasserstofflampe waren aufgrund ihrer geringen Intensität schwierig auszumessen, was sich in etwas größeren Unsicherheiten bei der Bestimmung der Wellenlängen äußert. Dennoch liegen die ermittelten Werte innerhalb der erwarteten Fehlerbereiche. Die Berechnung der Rydberg-Konstante zeigt, dass das Prismenspektrometer für quantitative Spektralmessungen geeignet ist, da die experimentell bestimmte Konstante nahezu deckungsgleich mit dem theoretischen Wert ist.

Die Analyse der Heliumlinien bestätigt die Zuverlässigkeit der Eichkurve. Die Abweichungen von maximal $1,7\sigma$ sind nicht signifikant und entsprechen den erwarteten Messungenauigkeiten. Dies deutet darauf hin, dass systematische Fehler, wie Abweichungen durch das Prisma oder die Kollimatorjustierung, nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die genaue Fehlerquelle lässt sich nicht mit Sicherheit bestätigen.

Auffällig ist jedoch der Trend der Abweichungen aus [Tabelle 3.3](#), welche bei größeren Wellenlängen größere Abweichungen aufzeigen. Dies ist verwunderlich, da auf Grund der Kurvenstruktur, die Fehler für größere Wellenlängen größer werden, was die Abweichung verringert. Vermutlich liegt dies nicht an einem Messfehler der Heliumlampe, denn diese Sigmaabweichungen sind hintenhin statistisch signifikant zu den Literaturwerten. Viel mehr wird der Fehler an entweder einem Messfehler der Auslenkung bei der Wasserstofflampe liegen, oder an der Eichkurve, welche nachhintenhin ungenauer wurde.

4.3. Kritik

Die Hauptquelle der Unsicherheit liegt im Ablesefehler des Nonius, der sich insbesondere bei schwach ausgeprägten Linien bemerkbar macht. Eine digitale Auswertung des Spektrums könnte diese Unsicherheiten reduzieren. Außerdem sind die Fehler durch die manuelle Erstellung der Eichkurve und das graphische Ablesen der Differenzen nur schwer präzise quantifizierbar. Für zukünftige Versuche wäre der Einsatz eines CCD-basierten Spektrometers oder einer automatisierten Winkelmessung empfehlenswert, um die Genauigkeit weiter zu erhöhen.

Zusätzlich könnte die geringe Anzahl gemessener Linien die statistische Aussagekraft einschränken. Insbesondere die rote Linie der Wasserstofflampe zeigt eine deutlich größere Abweichung, die vermutlich durch Überlagerung von Linien oder geringe Intensität bedingt ist. Eine höhere Anzahl an Messungen pro Linie und die Aufnahme mehrerer Spektren könnte hier die Zuverlässigkeit verbessern.

Insgesamt zeigt der Versuch jedoch, dass das verwendete Prismenspektrometer eine ausreichende Präzision für die Bestimmung diskreter Spektrallinien und abgeleiteter Größen wie der Rydberg-Konstante besitzt. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit der Theorie, und die gemessenen Werte liegen überwiegend innerhalb der erwarteten Fehlergrenzen.

Abbildungsverzeichnis

III.1. Relative Auslenkung gegen die Wellenlänge der Quecksilber lampe. Bestimmung der Eichkurve (blau) und des Fehlerschlauches (orange).	11
III.2. Bestimmung der Wellenlängen des Helium-Spektrums (grün) und des Wasserstoff-Spektrums (lila).	12

Tabellenverzeichnis

I.1. Auslenkung mit Quecksilberlampe	7
I.2. Auslenkung mit Heliumlampe	7
I.3. Auslenkung mit Wasserstofflampe	7
III.1. Messwerte der Auslenkung des Quecksilberspektrums und der berechneten Differenzwinkel	10
III.2. Messwerte der Auslenkung des Heliumspektrometers und der berechneten Differenzwinkel. Violett ist der Referenzwert aus dem Quecksilberspektrum.	10
III.3. Vergleich der gemessenen und literaturbekannten Wellenlängen des Heliumspektrums	10
III.4. Vergleich der gemessenen und literaturbekannten Wellenlängen des Heliumspektrums	13

Literaturverzeichnis

- [Wag25a] Dr. J. Wagner. *Physikalisches Praktikum PAP 1 für Studierende der Physik*, chapter 33. Universität Heidelberg, 2025.
- [Wag25b] Dr. J. Wagner. *Physikalisches Praktikum PAP 1 für Studierende der Physik*, pages 4–28. Universität Heidelberg, 2025.