

Praktikum Materialwissenschaft – Spektrometer  
und optische Eigenschaften verschiedener  
Lichtquellen

André Schwöbel, Max Fries, Jörg Schließer, Tobias Brink (Gruppe 17)  
Betreuer: Oliver Ottinger

12. November 2006

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aufbau</b>	<b>2</b>
2.1	Benutzte Geräte . . . . .	2
2.2	Benutzte Leuchtmittel . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Auswertung</b>	<b>3</b>
3.1	Aufgabe 1 . . . . .	3
3.1.1	Quecksilberdampf Lampe durch Interferenzfilter $310\text{ nm}$ . .	3
3.1.2	Glühlampe . . . . .	3
3.1.3	Halogenlampe . . . . .	4
3.1.4	Leuchtstofflampe (Energiesparlampe) . . . . .	4
3.1.5	Leuchtdiode, grün . . . . .	5
3.2	Aufgabe 2 . . . . .	5
3.3	Aufgabe 3 . . . . .	6
3.4	Aufgabe 4 . . . . .	6
3.5	Aufgabe 5 . . . . .	6
3.6	Aufgabe 6 . . . . .	8

# 1 Einleitung

Ziel des Versuchs ist es, die Emissionsspektren verschiedener handelsüblicher Leuchtmittel zu bestimmen und daraus auf ihre Funktionsprinzipien zu schließen. Es werden die Spektren von Glüh- und Halogenlampe, sowie LED und Leuchtstofflampe (Energiesparlampe) mit Hilfe eines Gitterspektrometers untersucht. Man kann hierbei thermische Strahler (Glüh- und Halogenlampe) und andere (energieeffizientere) Methoden der Lichterzeugung unterscheiden.

# 2 Aufbau

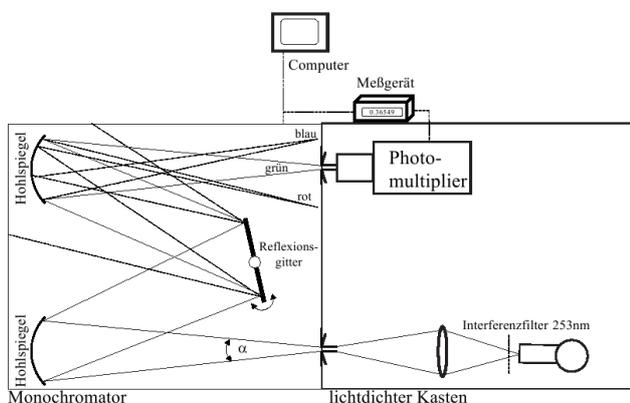


Abbildung 1: Schematischer Versuchsaufbau

Abbildung 1 zeigt den schematischen Versuchsaufbau. Es fällt innerhalb eines lichtdicht verschlossenen Kastens das Licht des zu untersuchenden Leuchtmittels auf einen Monochromator. Der monochromatische Lichtstrahl trifft dann auf einen Photomultiplier. Dieser verstärkt das Signal welches von einem Voltmeter als elektrische Spannung gemessen wird. Ein Computer steuert den Monochromator und zeichnet die Daten des Voltmeters auf. Dies geschieht mit Hilfe eines LabView-Programms.

## 2.1 Benutzte Geräte

Monochromator:	Jobin Yvon HR640
Spannungsquelle für Halogenlampe:	Hamamatsu Model C3830 Power Supply
Voltmeter:	HP 34401A Multimeter

## 2.2 Benutzte Leuchtmittel

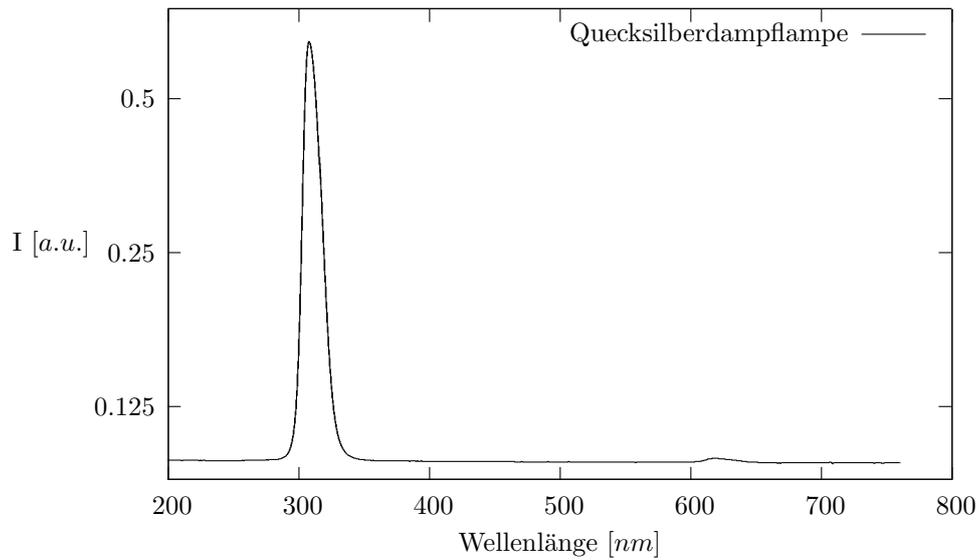
Leuchtmittel	Spannung am Photomultiplier
Quecksilberdampf Lampe	550 V
Glühlampe Osram 60 W	500 V
Halogenlampe 12 V 3 A	400 V
Energiesparlampe (Leuchtstoffröhre) 11 W	400 V
LED grün	500 V

### 3 Auswertung

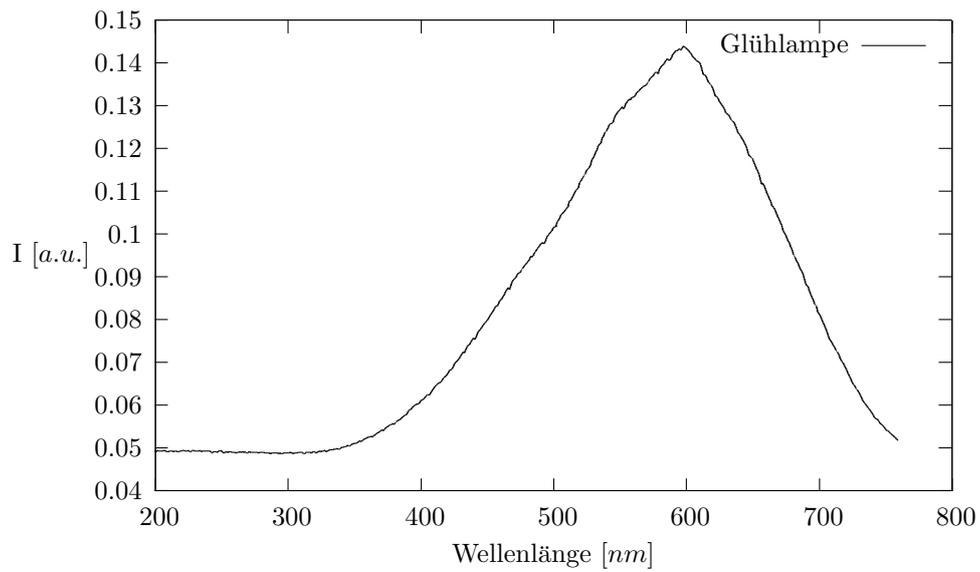
#### 3.1 Aufgabe 1

Die folgenden Graphen sind die vom Computer aufgezeichneten Spektren der angegebenen Leuchtmittel.

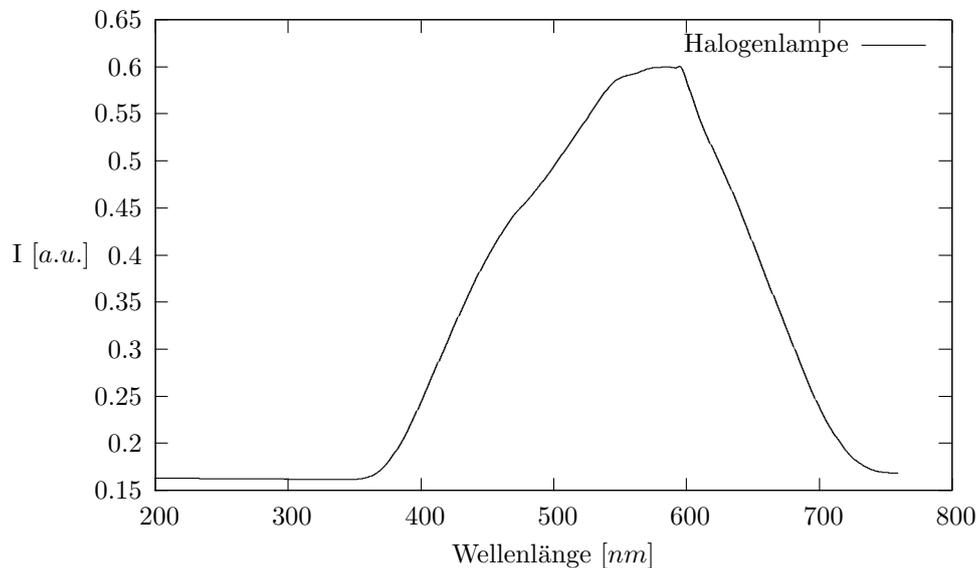
##### 3.1.1 Quecksilberdampfampe durch Interferenzfilter 310 nm



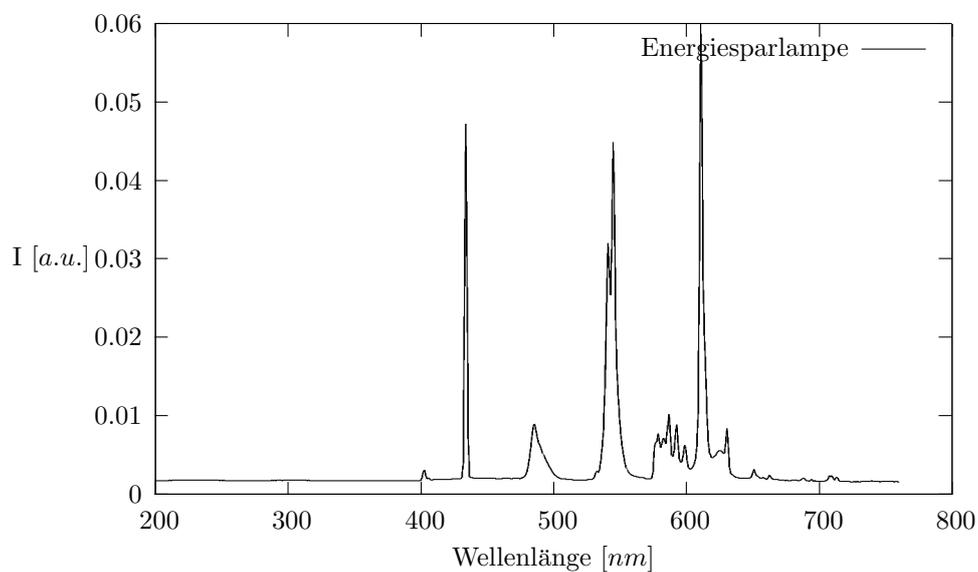
##### 3.1.2 Glühlampe



### 3.1.3 Halogenlampe



### 3.1.4 Leuchtstofflampe (Energiesparlampe)



Man sieht mehrere Peaks bei unterschiedlichen Wellenlängen, trotzdem erscheint das Licht der Leuchtstofflampe weiß.

In einer Leuchtstofflampe werden Hg-Atome ionisiert und emittieren dabei UV-Strahlung, die die Valenzelektronen eines Leuchtstoffes anregt. Beim Relaxieren aus dem angeregten Zustand geben die Valenzelektronen des Leuchtstoffes Licht verschiedener Wellenlängen ab, da sie über mehrere Energieniveaus stufenweise

abfallen. Diese verschiedenen Wellen aus den Bereichen des blauen, grünen und roten Lichts ergeben durch additive Farbmischung annähernd weißes Licht.

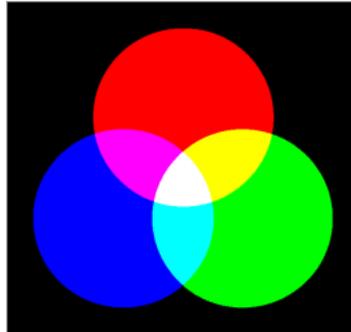
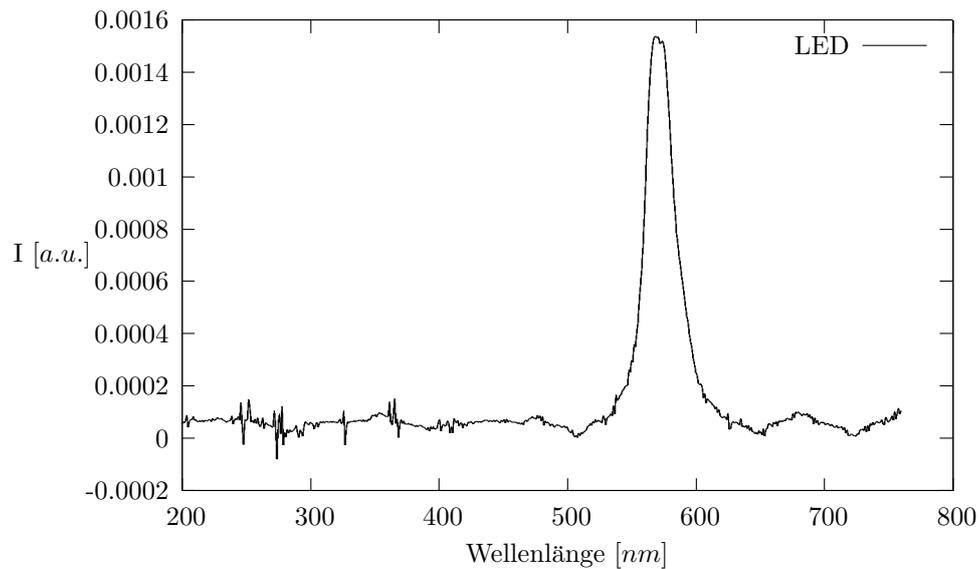


Abbildung 2: Additive Farbmischung

### 3.1.5 Leuchtdiode, grün



## 3.2 Aufgabe 2

Es wird ein Interferenzfilter vor eine Quecksilberdampfampe gestellt, der nur elektromagnetische Strahlen mit einer Wellenlänge von  $310\text{ nm}$  durchlässt. Dies dient als Testmessung der Wellenlängenzuordnung des Monochromators.

Die Messung ergibt einen Peak bei  $310\text{ nm}$  sowie einen dazu vergleichsweise sehr kleinen Peak bei  $620\text{ nm}$ . Der Peak bei  $310\text{ nm}$  zeigt uns die richtige Zuordnung der Wellenlängen durch den Monochromator.

Der zweite Peak bei  $620\text{ nm}$  ist das Maximum 2. Ordnung des Lichts mit  $310\text{ nm}$  Wellenlänge. Es erscheint an der gleichen Stelle an der das Maximum 1. Ordnung von Licht mit einer Wellenlänge von  $620\text{ nm}$  erscheinen würde, wie aus der Gleichung  $\sin(\alpha) = n \frac{\lambda}{d}$  klar ersichtlich ist. Wir sehen also, dass dieses Messgerät nicht zwischen  $2\lambda$  und  $2n$  unterscheiden kann. Es ist folglich kein Licht mit  $620\text{ nm}$ , da dieses durch den Interferenzfilter herausgefiltert wird.

### 3.3 Aufgabe 3

Wir schätzen mit Hilfe des abgelesenen Intensitätsmaximums der LED die Energiedifferenz der Bandlücke der Materialien der LED ab. Wir finden den Peak bei der LED bei ca.  $570\text{ nm}$ .

$$\Delta E = hf = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{1.24 \cdot 10^{-6}}{570 \cdot 10^{-9}} \approx 2.18\text{ eV}$$

### 3.4 Aufgabe 4

Um die Temperatur der thermischen Strahler (Glühlampe und Halogenlampe) in unserem Experiment zu bestimmen setzen wir das Wiensche Verschiebungsgesetz ein:

$$T\lambda_{max} = 2898\ \mu\text{mK}$$

$$T = \frac{2898\ \mu\text{mK}}{\lambda_{max}}$$

für die Glühlampe:  $T = \frac{2898\ \mu\text{mK}}{0.598\ \mu\text{m}} \approx 4998\text{ K}$

für die Halogenlampe:  $T = \frac{2898\ \mu\text{mK}}{0.595\ \mu\text{m}} \approx 4870\text{ K}$

Diese Ergebnisse sind offensichtlich falsch, da die Schmelztemperatur des benutzten Wolframdrahtes bei  $3695\text{ K}$  liegt.

### 3.5 Aufgabe 5

Um bessere Ergebnisse zu erhalten dividieren wir die Strahlungsintensitäten bei  $\lambda = 500\text{ nm}$  und  $\lambda = 550\text{ nm}$  und vergleichen sie mit dem theoretischen Wert der Planck-Kurve (siehe Abbildung 3, Seite 7). Dies liefert bessere Werte, da

$$\frac{\rho(\lambda_1)}{\rho(\lambda_2)} = \frac{n(\lambda_1) \cdot e}{n(\lambda_2) \cdot e}$$

gilt. Es ist hierbei  $\rho(\lambda) = n(\lambda) \cdot e$ , wobei  $e$  eine uns unbekannt Konstante ist, die die Empfindlichkeit beschreibt.  $n$  sei der gemessene Wert der Intensität  $\rho$ . Bestimmen wir nun das Verhältnis der theoretischen und der gemessenen Werte kürzt sich die Empfindlichkeit raus und die Verhältnisse sind gleich.

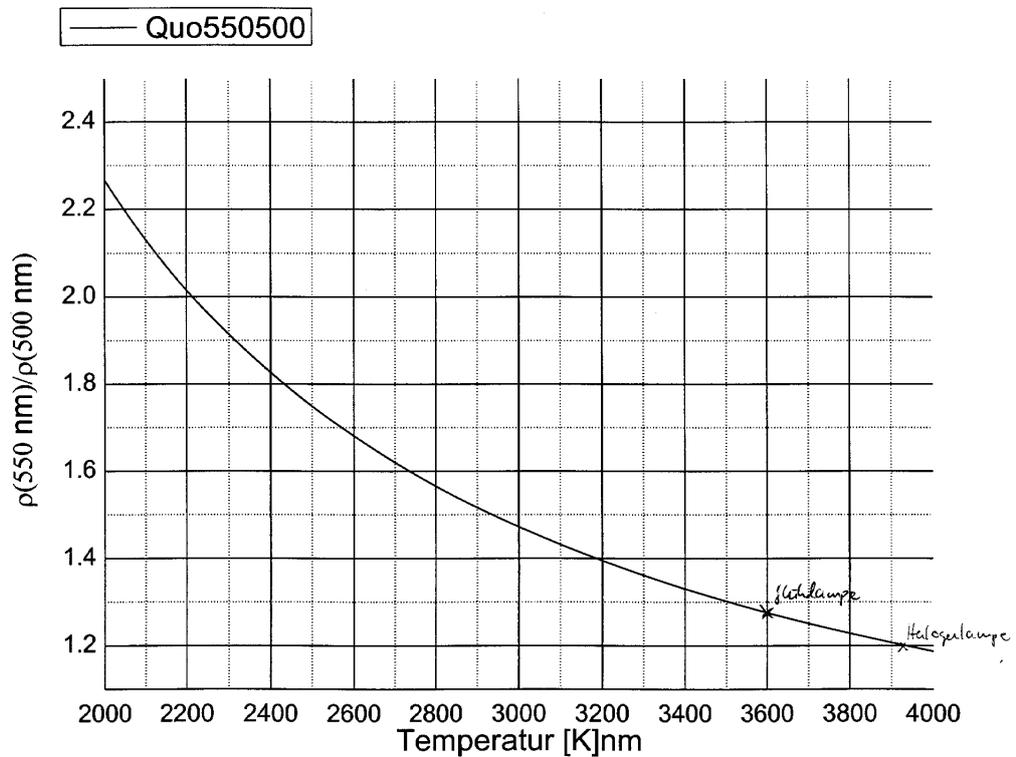


Abbildung 3: Theoretische Kurve für das Verhältnis von  $\rho(550 \text{ nm})$  zu  $\rho(500 \text{ nm})$

### Glühlampe

Nach dem Einsetzen unserer Werte:

$$\frac{n(550 \text{ nm})}{n(500 \text{ nm})} = \frac{1.288849 \cdot 10^{-1}}{1.014659 \cdot 10^{-1}} \approx 1.27$$

Vergleichen wir dies nun mit der theoretischen Planckkurve so lesen wir eine Temperatur von ca. 3600 K ab. Dieser Wert ist schon eher möglich, da er unter dem Schmelzpunkt liegt.

Bei einem Vergleich mit tatsächlichen Werten aus der Literatur (ca. 2600 K bis 3200 K) hatten wir auch mit dieser Methode ein äußerst ungenaues Ergebnis, das sich durch Hintergrundstrahlung und ein Reagieren des Photomultipliers ohne Lichtsignal erklären lässt. Um diesen Fehler auszugleichen subtrahieren wir den Wert der Intensität an den Stellen des Spektrogramms die keinen Ausschlag zeigen:

$$\Delta I \approx 4.85 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{n(550 \text{ nm}) - \Delta I}{n(500 \text{ nm}) - \Delta I} = \frac{1.288849 \cdot 10^{-1} - 4.85 \cdot 10^{-2}}{1.014659 \cdot 10^{-1} - 4.85 \cdot 10^{-2}} \approx 1.52$$

Jetzt lesen wir ca. 2900 K ab, was mit der Literatur übereinstimmt.

## Halogenlampe

Nach dem Einsetzen unserer Werte:

$$\frac{n(550 \text{ nm})}{n(500 \text{ nm})} = \frac{5.878361 \cdot 10^{-1}}{4.933738 \cdot 10^{-1}} \approx 1.19$$

Vergleichen wir dies nun mit der theoretischen Planckkurve so lesen wir eine Temperatur von ca.  $3950 \text{ K}$  ab. Hier sieht man, dass die Messung sehr ungenau war, da selbst dieser Wert den Schmelzpunkt überschreitet.

Die Literatur gibt für die Halogenlampe eine Temperatur von ca.  $3000 \text{ K}$  an. Wir gleichen den Fehler wie bei der Glühlampe aus:

$$\Delta I \approx 1.62 \cdot 10^{-1}$$
$$\frac{n(550 \text{ nm}) - \Delta I}{n(500 \text{ nm}) - \Delta I} = \frac{5.878361 \cdot 10^{-1} - 1.62 \cdot 10^{-1}}{4.933738 \cdot 10^{-1} - 1.62 \cdot 10^{-1}} \approx 1.29$$

Die daraus resultierende Temperatur von  $3500 \text{ K}$  liegt schon wesentlich näher am Literaturwert.

## 3.6 Aufgabe 6

Die schlechten Messergebnisse aus *Aufgabe 4* hängen damit zusammen, dass der Photomultiplier auf energiearmes rotes Licht nicht so stark reagiert wie auf energiereicheres Licht. Die Ergebnisse sind daher eher qualitativ zu werten.

Allerdings stimmt das Ergebnis für die Halogenlampe aus *Aufgabe 5* auch nicht mit dem erwarteten Wert überein. Das bedeutet, dass bei dieser Messung die Empfindlichkeit  $e$  anscheinend nicht konstant ist.