

Inhaltsverzeichnis

1. Spektroskopische Untersuchung

- 1.1 Warum ist der Himmel blau?
- 1.2 Wie sieht das Spektrum einer Leuchtdiode aus?

2. Untersuchung an Gittern

- 2.1 Wie sieht das LED-Spektrum beim Transmissionsgitter aus?

3. Beugung an Alltagsgegenständen

- 3.1 Welchen Rillenabstand hat eine CD?
- 3.2 Was kann man aus Beugungsbildern lernen?

4. Absorption und Fluoreszenz

- 4.1 Wie wird Licht beim Durchgang durch Stoffe geschwächt?
- 4.2 Wann fluoresziert ein Stoff?
- 4.3 Wie wird Licht durch Flüssigkeiten geschwächt?

5. h-Bestimmung mit Leuchtdioden

- 5.1 Wie hängen Energie und Farbe von Licht zusammen?

6. Bandlücke von Halbleitern

- 6.1 Wann ist eine Leuchtdiode ein Empfänger?

7. Untersuchung von Solarzellen, Fotodioden, Kennlinien, spektrale Empfindlichkeit

- 7.1 Wie nimmt die Helligkeit des Lichts mit dem Abstand ab?
- 7.2 Wovon hängt der Photostrom einer Solarzelle ab?

8. Elektrische und optische Eigenschaften von LED's

- 8.1 Bei welcher Wellenlänge leuchtet eine LED?
- 8.2 Wie sieht die UI-Kennlinie einer LED aus?

9. Polarisation von Licht

- 9.1 Wie schwingt Licht?
- 9.2 Wie lässt sich Licht verdrehen?
- 9.3 Materialspannungen sichtbar machen.

Aufgabe

Warum ist der Himmel blau? Warum wird er abends, wenn die Sonne untergeht, rot? In diesem Versuch erarbeiten Sie die Grundlagen zur Beantwortung dieser Fragen.

Material

1	Stativfuß	02001.00
2	Stativstange	02037.00
1	Reiter ohne Winkelskala	09851.02
1	Blendenhalter	11604.09
1	Küvette	09851.05
1	Universalbank	09840.00
1	Gitter 500 Str. / mm	09851.16
1	LED-rot	09852.20
1	LED-blau	09852.40
1	LED-weiß	09852.60
1	Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1	Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1	Verbindungsleitung, rot	07362.01
1	Verbindungsleitung, blau	07362.04
	etwas Milch	

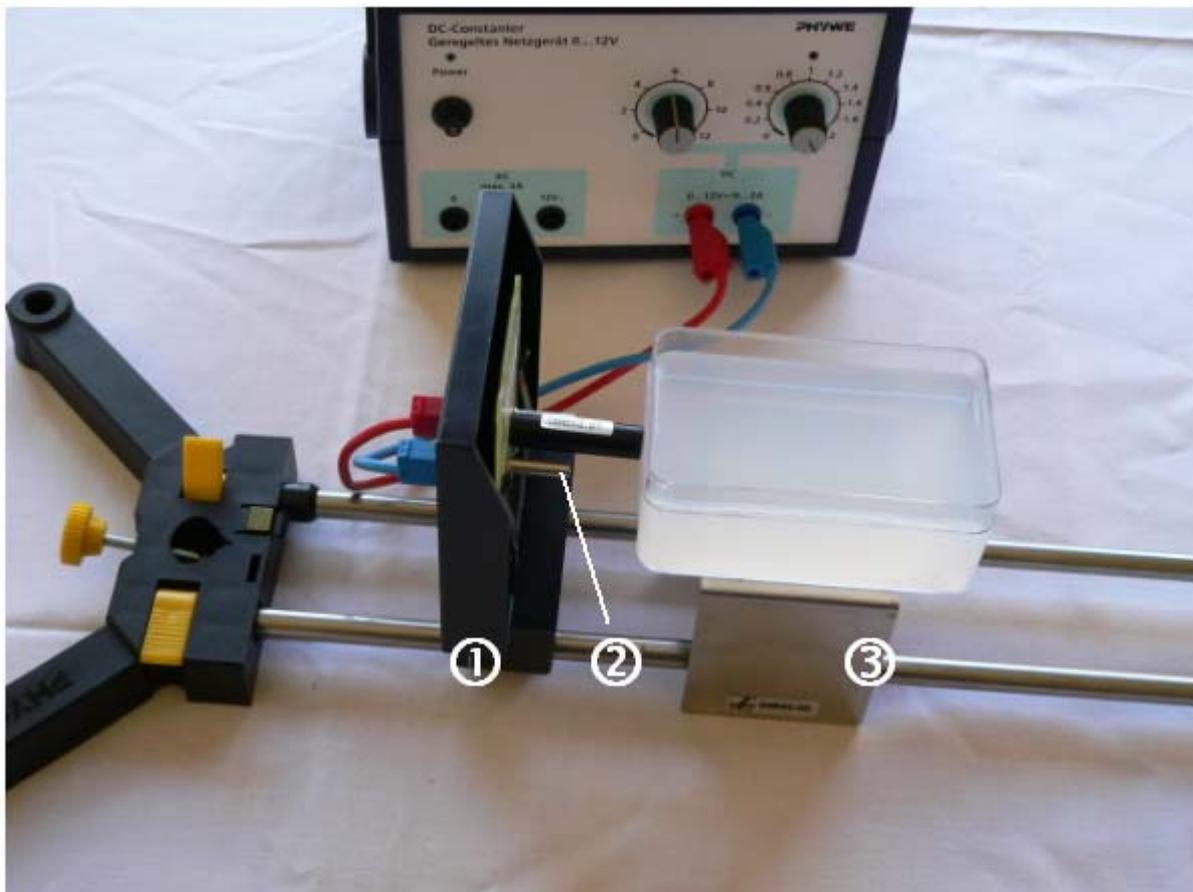


Abb. 1: Versuchsaufbau – Reiter mit LED ① und Störlichttubus ② und Universalbank mit Makro-Küvette ③

Aufbau

- Zu diesem Versuch muss der Raum vollständig verdunkelt werden!
- Den Aufbau gemäß des Fotos vornehmen. Dazu die rote LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen und den Störlichttubus auf die LED stecken. Den Reiter auf die Stativstangen aufsetzen.
- Die Küvette mit Wasser füllen und anschließend **tropfenweise** Milch hinzu geben, sodass eine **leichte** Trübung erreicht wird. (Achtung: wirklich nur so viel Milch nehmen, dass das Wasser gerade trüb wird.) Die Emulsion gut durchrühren und gegebenenfalls mit Wasser verdünnen.
- Die Küvette auf der Universalbank direkt vor den Störlichttubus der LED stellen, sodass die beiden Teile sich berühren (Abb. 1)
- Die LED am Netzgerät anschließen – die richtige Polung beachten!

Durchführung

- Die Spannung wird auf etwa 4 Volt geregelt.
- Zunächst schaut man von der Seite in die Küvette, anschließend von vorne. Die Farbeindrücke werden notiert.
- Beschreiben Sie den Eindruck, wenn man direkt in den Lichtkegel blickt.
- Die rote LED wird gegen die blaue LED ausgetauscht und die Beobachtung wird bei einer angelegten Spannung von etwa 4 V wiederholt. Vergleichen Sie die Intensität der LEDs wenn man von vorne in die Küvette blickt.
- Anschließend wird die weiße LED eingesetzt. Regeln Sie das Netzgerät auf etwa 10 V – 12 V. Beschreiben Sie den Farbverlauf von der Eintrittseite des Lichts bis zur gegenüberliegenden Seite.
- Zur genaueren Beschreibung der Farbeindrücke betrachtet man das Licht durch das Gitter, das man direkt vor das Auge hält. Die spektrale Verteilung wird notiert.
- Abschließend verändern Sie bei dem Versuch auch die Konzentration der Milchlösung.

Ergebnisse

Tabelle 1: Beschreibung der Farbeindrücke ohne Gitter

	Mit roter LED	Mit blauer LED	Mit weißer LED
Von der Seite			
Von vorne			

Auswertung

1. Vergleichen Sie die Ergebnisse mit der roten und der blauen LED.

.....

.....

.....

2. Beschreiben Sie den Farbverlauf bei dem Versuch mit der weißen LED. Wie sind die Eindrücke bei der Betrachtung durch das Gitter?

.....

.....

.....

.....

3. Stellen Sie Parallelen zwischen diesem Versuch und der Situation am Himmel (Himmelsblau, Abendrot) her. Welche Rolle spielt die Milch in diesem Versuch?

.....

.....

.....

.....

Raum für Notizen

Aufgabe

Betrachten wir die weiße LED durch ein Gitter, so sehen wir Farbanteile über nahezu das volle Spektrum. Allerdings ist die Bestimmung der Intensität der Farbanteile mit dem bloßen Auge nicht möglich.

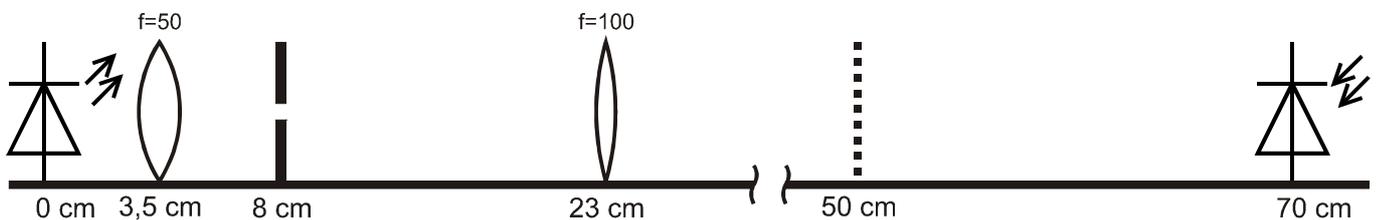
In diesem Versuch lernen Sie, ein Spektrum mithilfe einer Fotodiode zu vermessen.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
1 Reiter mit Skala	09823.00
3 Blendenhalter	11604.09
1 Linse auf Reiter $f=+100\text{mm}$	09820.02
1 Winkelskala DIN A4	09854.01
1 Beleuchtungsspalt	09851.12
1 Gitter 500 Str. / mm	09851.16
1 LED-rot	09852.20
1 LED-grün	09852.30
1 LED-blau	09852.40
1 LED-UV	09852.50
1 LED-weiß	09852.60
1 Fotodiode	09852.70
1 Netzteil 5V DC für Fotodiode	09852.99
1 Störlichttubus	09852.71

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 ..12 V	13505.93
1 Digitalmultimeter	07122.00
2 Verbindungsleitung, rot	07362.01
2 Verbindungsleitung, blau	07362.04
2 Blatt DIN A4 weiß	



Aufbau

- Dieser Versuch ist bei voll abgedunkeltem Raum durchzuführen.
- Die weiße LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen und den Reiter auf die Stativstangen aufsetzen (0 cm).
- Die LED am Netzgerät anschließen – die richtige Polung beachten!
- Aufbau der optischen Bank gemäß der Abbildung unten. Die Abstände sind ungefähre Werte. – Das Gitter wird zunächst noch weggelassen.
- Die Spannung für die LED wird auf 10 V geregelt.
- Die Linse ($f=50$) wird so eingestellt, dass der Beleuchtungsspalt gleichmäßig ausgeleuchtet wird.
- Die Linse ($f=100$) wird so eingestellt, dass der Spalt bei etwa 70 cm scharf abgebildet wird.
- Die Fotodiode in einen weiteren Reiter spannen und an das Netzteil der Fotodiode anschließen.
- An die Fotodiode ein Multimeter als Spannungsmesser anschließen (Messbereich: 2 V). Tubus auf die Fotodiode stecken.
- Das Gitter wird bei etwa 50 cm aufgestellt.
- Die Winkelskala wird mit dem Mittelpunkt mittig unter den Reiter mit dem Gitter gelegt, sodass die 0° -Achse die Verlängerung der optischen Bank bildet.
- An der 200 mm – Linie wird der Reiter mit der Fotodiode aufgestellt.

Durchführung

- Es empfiehlt sich, die grüne LED (Betriebsanzeige) an der Fotodiode abzukleben, da sie die Messung verfälschen könnte.
- Den Verstärker der Fotodiode rechts herum in den Anschlag drehen (max. Verstärkung).
- Der Reiter, in dem die Fotodiode aufgenommen ist, wird mit dem Fuß entlang der Linie durch die erste Ordnung des Spektrums geführt. Dabei werden folgende Daten in kleinen Schritten notiert: Farbe, Winkel und Messwert der Fotodiode.
- Nach der Messung wird noch einmal mit der Fotodiode an der Linie entlang gegangen, um das Maximum zu suchen und mit in der Messwertreihe zu notieren.
- Anschließend wird die LED gegen eine andersfarbige ausgetauscht. Dabei darauf achten, dass der restliche optische Aufbau nicht verrückt wird.
- Nach dem Tausch wird die Messung genau so durchgeführt wie bei der weißen LED.
- Dieser Vorgang wird wiederholt, bis alle LEDs vermessen sind.

Auswertung

In Abbildung 1 sind die verschiedenen Verläufe der Spektren der einzelnen LEDs zu entnehmen. Da die LEDs keinen homogen lichtstarken Lichtkegel liefern, kann die Form der Kurven teilweise etwas anders ausfallen. Deutlich erkenntlich sind aber immer die Peaks. Hier ist auch erkenntlich, dass die weiße LED einen Peak im blau-grünen Bereich hat. Der höchste Peak liegt bei etwa 500 nm.

Die Kurve der grünen LED ist breiter als z.B. die der roten, was auch zu erkennen ist, wenn man sich die LED direkt durch das Gitter betrachtet.

Die Wellenlänge von Licht kann auf viele verschiedene Arten bestimmt werden. In diesem Versuch lernen Sie eine Methode mit einem so genannten Transmissionsgitter kennen.

Aufgabe

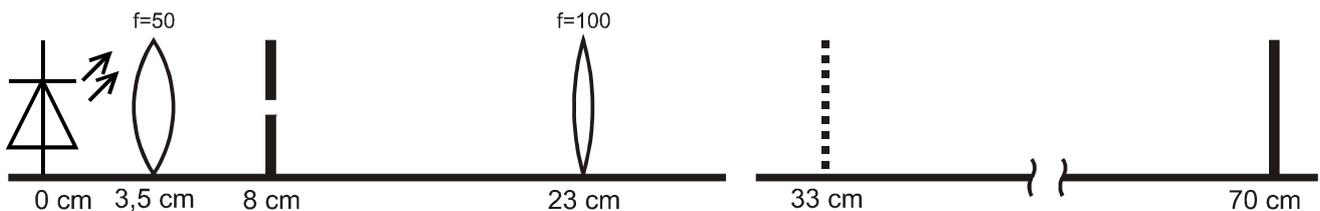
Bestimmen Sie die Wellenlänge maximaler Intensität mit einem Transmissionsgitter.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
1 Reiter mit Winkelskala	09823.00
3 Blendenhalter	11604.09
1 Linse auf Reiter $f=+100\text{mm}$	09820.02
1 Linse auf Reiter $f=+50\text{mm}$	09820.01
1 Gitter 500 Str. / mm	09851.16
1 LED-rot	09852.20
1 Maßband, $l = 2\text{ m}$	09936.00

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04
1 Weißes Blatt Papier	



Aufbau

- Die rote LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen und den Reiter auf die Stativstangen aufsetzen (0 cm).
- Die LED am Netzgerät anschließen – die richtige Polung beachten!
- Aufbau der optischen Bank gemäß der Abbildung unten. Die Abstände sind ungefähre Werte. – Das Gitter wird zunächst noch weggelassen.
- Die Spannung für die LED wird auf 8 V geregelt.
- Die Linse ($f=50$) wird so eingestellt, dass der Beleuchtungsspalt gleichmäßig ausgeleuchtet wird.
- Die Linse ($f=100$) wird so eingestellt, dass der Spalt auf dem Blatt Papier bei etwa 70 cm scharf abgebildet wird.
- Das Gitter wird bei etwa 33 cm aufgestellt.

Durchführung

- Auf dem Schirm ist ein Interferenzbild zu erkennen. Messen Sie den Abstand der beiden ersten Maxima voneinander und notieren diesen als $2a$.
- Messen Sie den Abstand zwischen Gitter und Papier. Notieren Sie diesen Abstand als l .

Messergebnisse

a / cm	
l / cm	

Auswertung

1. Für ein Gitter sind folgende Formeln bekannt: $\sin(\alpha) = \frac{\lambda}{g}$ und $\tan(\alpha) = \frac{a}{l}$, wobei λ die Wellenlänge des Lichts ist (in diesem Fall ist die Wellenlänge, wie schon in dem Versuch zur Bestimmung von Wellenlängen berechnet, 632 nm), g die Gitterkonstante, a der Abstand zum ersten Interferenzmaximum und l der Abstand zwischen Gitter und Schirm.
2. Kombinieren Sie die beiden Gleichungen und lösen diese nach λ auf. Das Gitter hat 500 Striche pro Millimeter.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Sollten Sie Probleme bei der Herleitung haben verwenden Sie zur Berechnung von g folgende Formel: $\lambda = g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{a}{l}\right)\right)$

.....

.....

.....

.....

.....

Aufgabe

Eine CD ist ähnlich wie eine Schallplatte in Rillen aufgebaut. Im Gegensatz zur Schallplatte sind die Abstände der Rillen einer CD aber so klein, dass man sie mit dem bloßen Auge kaum erkennen kann. In diesem Versuch lernen Sie eine Methode kennen, den Rillenabstand zu bestimmen.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
1 Reiter	09851.02
1 Blendenhalter	11604.09
1 Linse auf Reiter $f=+100\text{mm}$	09820.02
1 Lineal	09820.04
1 LED-rot	09852.20
1 Störlichttubus f. LED	09852.01
1 Maßband, $l = 2\text{m}$	09936.00

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04
1 A4-Blatt Papier mit Loch (Durchmesser ca. 2mm)	

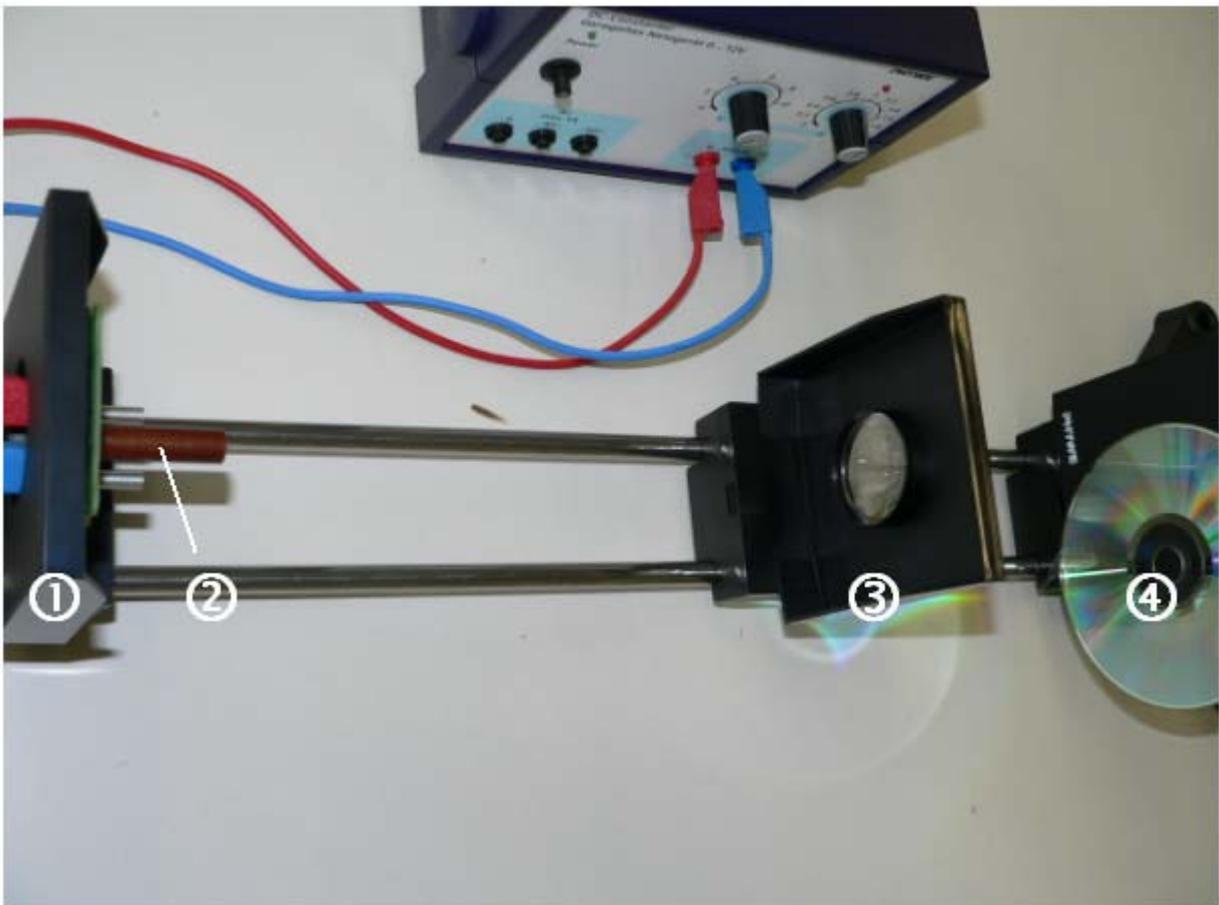


Abb. 1: Versuchsaufbau – LED ① mit Störlichttubus ②, Fokussierende Linse ③ und CD ④.

Aufbau

- Aufbau entsprechend Abbildung 1
- Die rote LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen und den Reiter möglichst weit nach außen auf die Stativstangen aufsetzen
- Die Spannung für die LED wird auf 8 V geregelt.
- CD so an den Reiter kleben, dass das Licht möglichst weit außen (wo die Rillen keine ganz so starke Krümmung haben) auf die CD trifft.
- CD möglichst weit am anderen Ende der optischen Bank aufbauen (Das Blatt Papier wird noch nicht benötigt).

Durchführung

- Die Linse wird auf dem Stativmaterial vor und zurück bewegt, bis auf der CD ein möglichst scharfer (und kleiner) Lichtfleck zu erkennen ist.
- Das Papier wird auf der CD-Seite mit dem Loch direkt vor die Linse gehalten, sodass noch immer der Lichtfleck auf der CD zu sehen ist. Auf dem Papier sind nun rechts und links von der Linse reflektierte Lichtflecke zu beobachten.
- Messen Sie den Abstand der Lichtflecke links und rechts von der Linse und notieren diesen als $2a$ in Tabelle 1.
- Messen Sie den Abstand zwischen Papier und CD. Notieren Sie diesen Abstand als l .

Messergebnisse

Tabelle 1: Messreihe über 3 Messungen

	Messung #1	Messung #2	Messung #3	Mittelwert
$2a$				
l				

Auswertung

1. Fertigen Sie eine Skizze zu dem Versuch an und zeichnen Sie den Strahlengang ein.

2. Erklären Sie das Zustandekommen der reflektierten Lichtflecke.
Hinweis: Die CD wird hier als Reflexionsgitter angesehen

.....

.....

3. Bestimmen Sie die Gitterkonstante für die CD: Für ein Gitter sind folgende Formeln bekannt:
 $\sin(\alpha) = \frac{\lambda}{g}$ und $\tan(\alpha) = \frac{a}{l}$, wobei λ die Wellenlänge des Lichts ist (in diesem Fall beträgt die Wellenlänge 632 nm), g die Gitterkonstante, a der Abstand zum ersten Interferenzmaximum und l der Abstand zwischen Gitter und Schirm. In unserem Fall ist die Gitterkonstante gleich der Anzahl der Rillen pro Millimeter. Kombinieren Sie die beiden Gleichungen und lösen diese nach g auf. Berechnen Sie daraus den Abstand zweier Rillen auf der CD.

.....

.....

.....

Aufgabe

Ihnen ist bereits Interferenz am Gitter bekannt. Dieses Wissen kann dazu verwendet werden, Strukturen mikroskopischen Ausmaßes zu untersuchen und zu analysieren.

In diesem Versuch lernen Sie, aus Interferenzbildern Rückschlüsse auf die Ausgangsstrukturen zu ziehen.

Material

1 LED-rot	09852.20
1 Reiter	09851.02
1 Blendenhalter	11604.09
1 Linse a. Reiter $f = +50$ mm	09820.01
1 Beugungsobjekt Koppelman (Dia)	09851.15
1 Maßband, $l = 2$ m	09936.00
1 Lineal	09820.04

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04

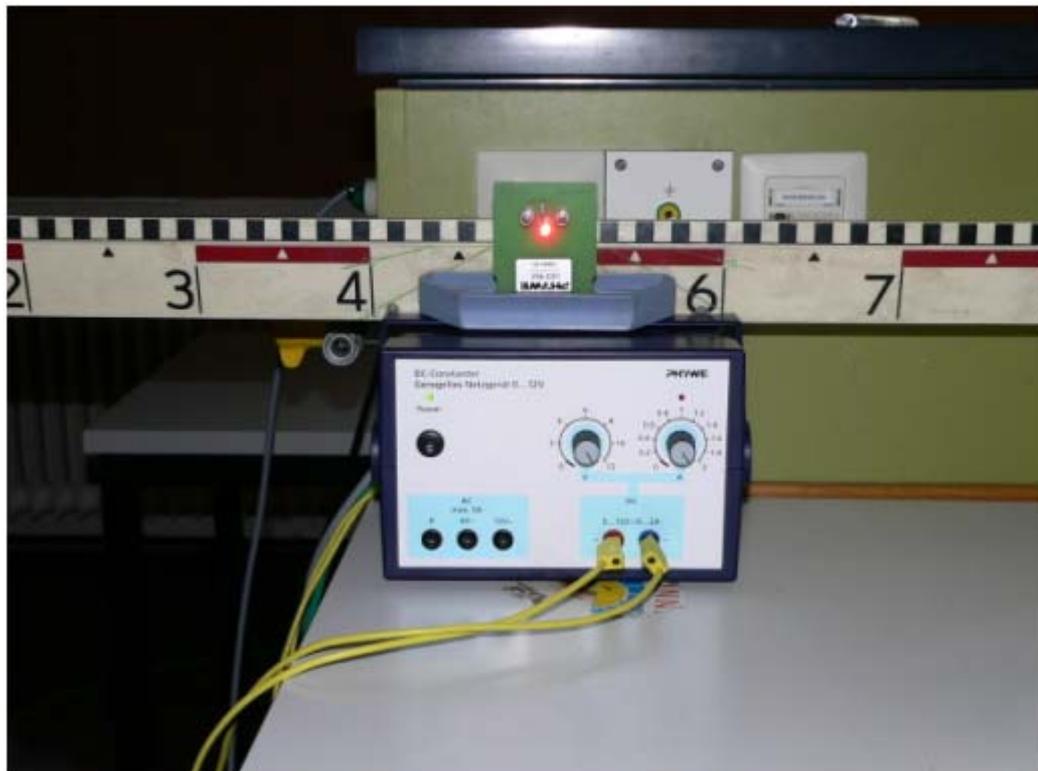


Abb. 1: Versuchsaufbau – die LED ist hier in den Griff eines großen Schullineals gestellt.

Aufbau

- Die LED mit dem Blendenhalter am Reiter fixieren und aufstellen. Stativmaterial ist für diesen Versuch nicht nötig.
- LED an der Spannungsquelle anschließen, dabei auf die richtige Polung achten.
- Netzgerät auf 6 V einstellen.

Durchführung

- Stellen Sie sich in einen Abstand von 3 – 4 m zur LED und halten das Dia mit den Koppelman-Figuren direkt vor Ihr Auge. Schauen Sie sich die verschiedenen Beugungsfiguren an, wenn Sie in die LED blicken.
- Notieren Sie zu jeder Abbildung auf dem Dia die entsprechende Beugungsfigur zusammen mit einer kleinen Skizze.
Beschreiben Sie die Beugungsfigur jeweils kurz mit eigenen Worten.
- Verwenden Sie die Linse als Lupe und schauen Sie sich die Figuren auf dem Dia genau an - zeichnen Sie diese Figuren neben die Beugungsfiguren, die Sie im vorherigen Schritt notiert haben.
- Bestimmen Sie exemplarisch den Linienabstand der zweiten Figur von rechts in der unteren Reihe. Stellen Sie dazu ein großes Lineal aus der Schule neben die LED und entfernen sich etwa 8 bis 10 Meter. Variieren Sie ihren Abstand, bis ein Interferenzmaximum auf einer gut ablesbaren Position auf dem Lineal liegt und notieren Sie Ihren Abstand zur LED als l , den Abstand des Maximums zur Mitte als a . (s. Abbildung).
-

Ergebnisse

Skizzen zu Objekt 1		Skizzen zu Objekt 2	
Beugungsbild	Objekt	Beugungsbild	Objekt
Skizzen zu Objekt 3		Skizzen zu Objekt 4	
Beugungsbild	Objekt	Beugungsbild	Objekt
Skizzen zu Objekt 5		Skizzen zu Objekt 6	
Beugungsbild	Objekt	Beugungsbild	Objekt
Skizzen zu Objekt 7		Skizzen zu Objekt 8	
Beugungsbild	Objekt	Beugungsbild	Objekt
Skizzen zu Objekt 9			
Beugungsbild	Objekt		

Auswertung

1. Bringen Sie mit eigenen Worten die Beugungsfiguren mit den Ausgangsfiguren in Zusammenhang.

.....

.....

.....

.....

2. Zur Bestimmung des Linienabstandes im zweiten Teil verwenden Sie die folgenden Gleichungen:

$\sin(\alpha_k) = k \cdot \frac{\lambda}{g}$ und $\tan(\alpha_k) = \frac{a_k}{l}$, wobei k die Ordnung des beobachteten Maximums ist. Die Wellenlänge λ ist für die rote Diode gleich 631 nm. Fügen Sie die beiden Gleichungen zusammen und lösen diese nach g auf.

Sollten Sie Probleme bei der Umformung haben, so verwenden Sie die folgende Gleichung:

Sollten Sie Probleme bei der Umformung haben, so verwenden Sie die folgende Gleichung:

$$g = k \cdot \frac{\lambda}{\sin\left(\arctan\left(\frac{a_k}{l}\right)\right)}$$

.....

.....

.....

Aufgabe

Bei dem Durchgang von Licht durch Materie oder Flüssigkeiten wird die Intensität geschwächt. Diese Schwächung kann mithilfe einer Fotodiode nachgewiesen werden.

Bei diesem Versuch wird die Anzahl der absorbierenden Schichten (Graufilter) verändert und die Lichtintensität gemessen. Als Ergebnis erarbeiten Sie in diesem Experiment eine Formel für die Abnahme der Intensität in Abhängigkeit der Schichtdicke, durch die das Licht geht.

Anmerkung: Die Variation der Anzahl der Graufilter kann als Änderung der Dicke eines einzelnen Körpers aufgefasst werden.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Blendenhalter	11604.09
5 Graufilter 50% (Dia)	09851.11
1 LED-weiß	09852.60
1 Fotodiode	09852.70
1 Netzteil 5V DC	09852.99
1 Störlichttubus	09852.71
1 Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Digitalmultimeter	07122.00
2 Verbindungsleitung, rot	07362.01
2 Verbindungsleitung, blau	07362.04

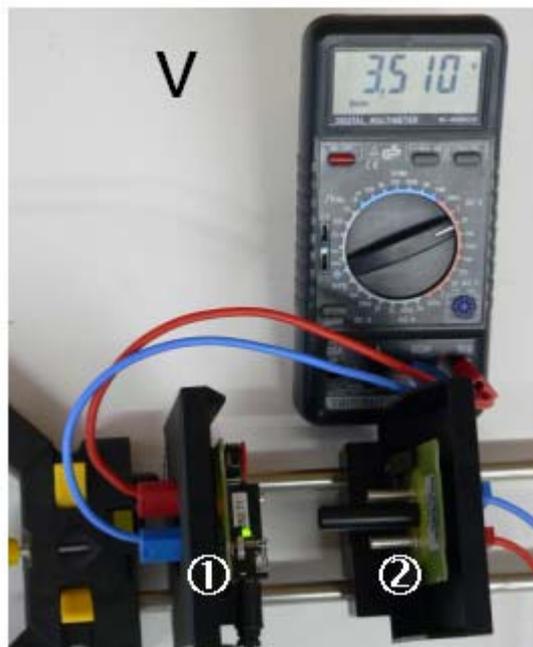


Abb. 1: Versuchsaufbau. Von rechts strahlt die LED ② mit aufgesetztem Tubus durch die Graufilter (hier noch nicht eingesetzt). Anschließend wird die verbliebene Lichtintensität mit der Fotodiode ① mit aufgesetztem Störlichttubus gemessen.

Aufbau

- Hinweis: Für die Durchführung dieses Experiments ist es notwendig, dass der Raum abgedunkelt ist.
- Die weiße LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen und den Reiter auf die Stativstangen aufsetzen.
- Die LED am Netzgerät anschließen – die richtige Polung beachten! Den Störlichttubus auf die LED stecken.
- Aufbau der optischen Bank gemäß der Abbildung unten.
- Fotodiode mit Störlichttubus ebenfalls mit Objekthalter in Reiter aufnehmen und an Netzteil 5 V DC anschließen.
- Multimeter als Spannungsmessgerät (Messbereich: mindestens 3,9 V) an die Fotodiode anschließen.
- Abstand zwischen LED und Fotodiode so wählen, dass der Abstand zwischen dem Ende des Störlichttubus und der Fotodiode so groß ist, dass 5 Diarahmen dazwischen passen.

Durchführung

- Den Verstärker der Fotodiode rechts herum in den Anschlag drehen (max. Verstärkung)
- Spannung für die LED so einstellen, dass die Fotodiode im sensitiven Bereich und nicht übersteuert ist.
Der maximale Messwert der Fotodiode liegt bei etwa 3,9 V – die Helligkeit der LED sollte so eingeregelt werden, dass der Wert der Fotodiode knapp unter 3,9 V liegt und sowohl nach oben als auch nach unten reagieren kann.)
- Messwerte der Fotodiode mit und ohne Graufilter in Tabelle 1 notieren.
- Den ersten Graufilter in den Strahlengang halten und die gemessene Spannung an der Fotodiode notieren.
- Vorgang wiederholen, bis alle 5 Graufilter im Strahlengang sind.

Anmerkung

- Bei der Durchführung ist darauf zu achten, dass der Abstand zwischen LED und Fotodiode sich nicht verändert, die Dias also vorsichtig in den Strahlengang gehalten werden.
- Die Fotodiode reagiert sehr empfindlich auf die Änderung des Abstands und die Messwerte würden verfälscht!

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Anzahl der Dias	Spannung an der Fotodiode / V
0	
1	
2	
3	
4	
5	

Auswertung

1. Tragen Sie die gemessene Spannung an der Fotodiode in Abhängigkeit der Anzahl der Graufilter in das Koordinatensystem (Abbildung 2) ein.
2. Legen Sie eine Ausgleichskurve durch die Messwerte. Welche Vermutung über den Zusammenhang zwischen Anzahl der Dias und der gemessenen Fotospannung haben Sie?

.....

.....

.....

.....

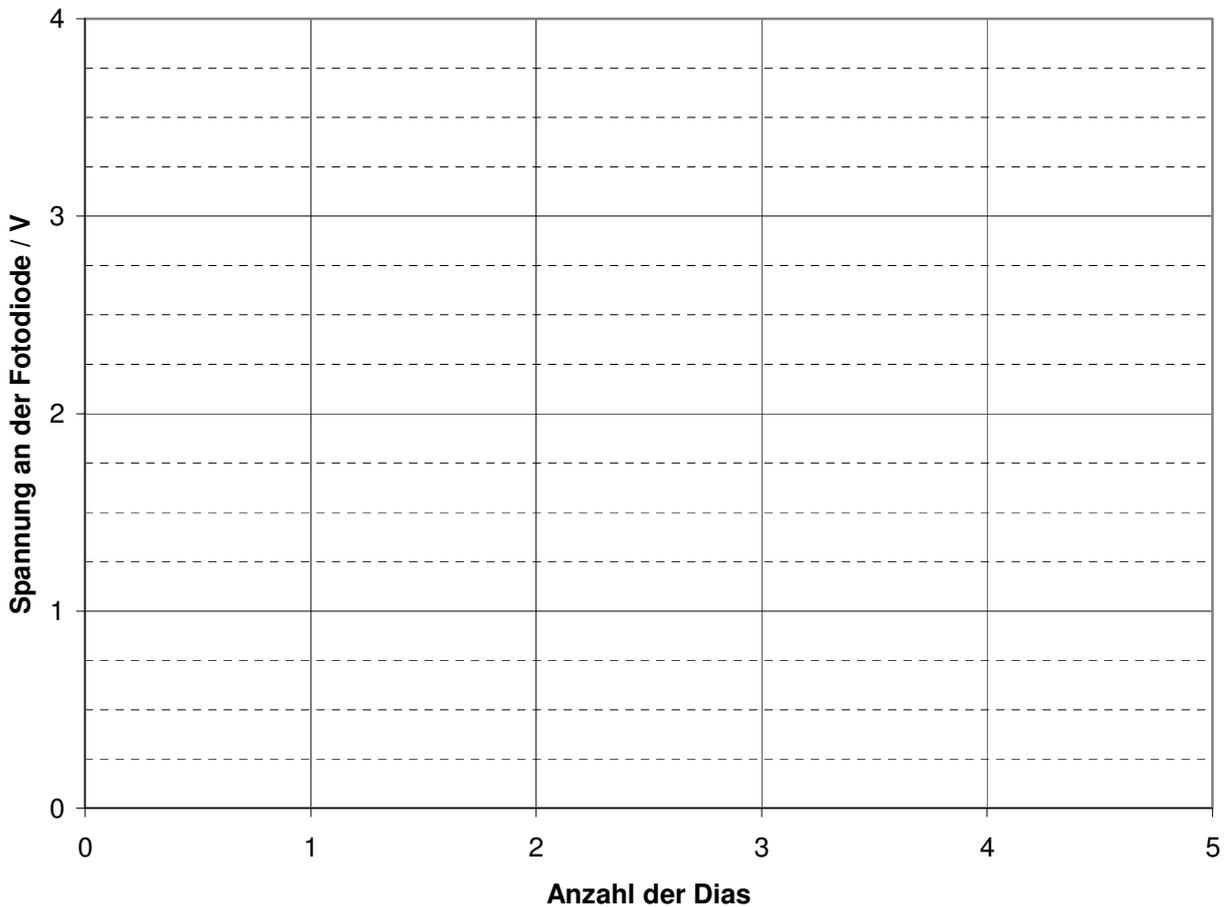


Abb. 2: Graphische Darstellung des Spannungsverlaufs bei zunehmender Anzahl der Graufilter (Kartesisches Koordinatensystem)

- Tragen Sie die Messwerte in das halblogarithmische Koordinatensystem (Abbildung 3) ein, ebenfalls mit einer Ausgleichskurve.
- Treffen Sie eine Aussage zum Zusammenhang zwischen der Anzahl der Graufilter und der Lichtintensität an der Fotodiode.

.....

.....

.....

.....

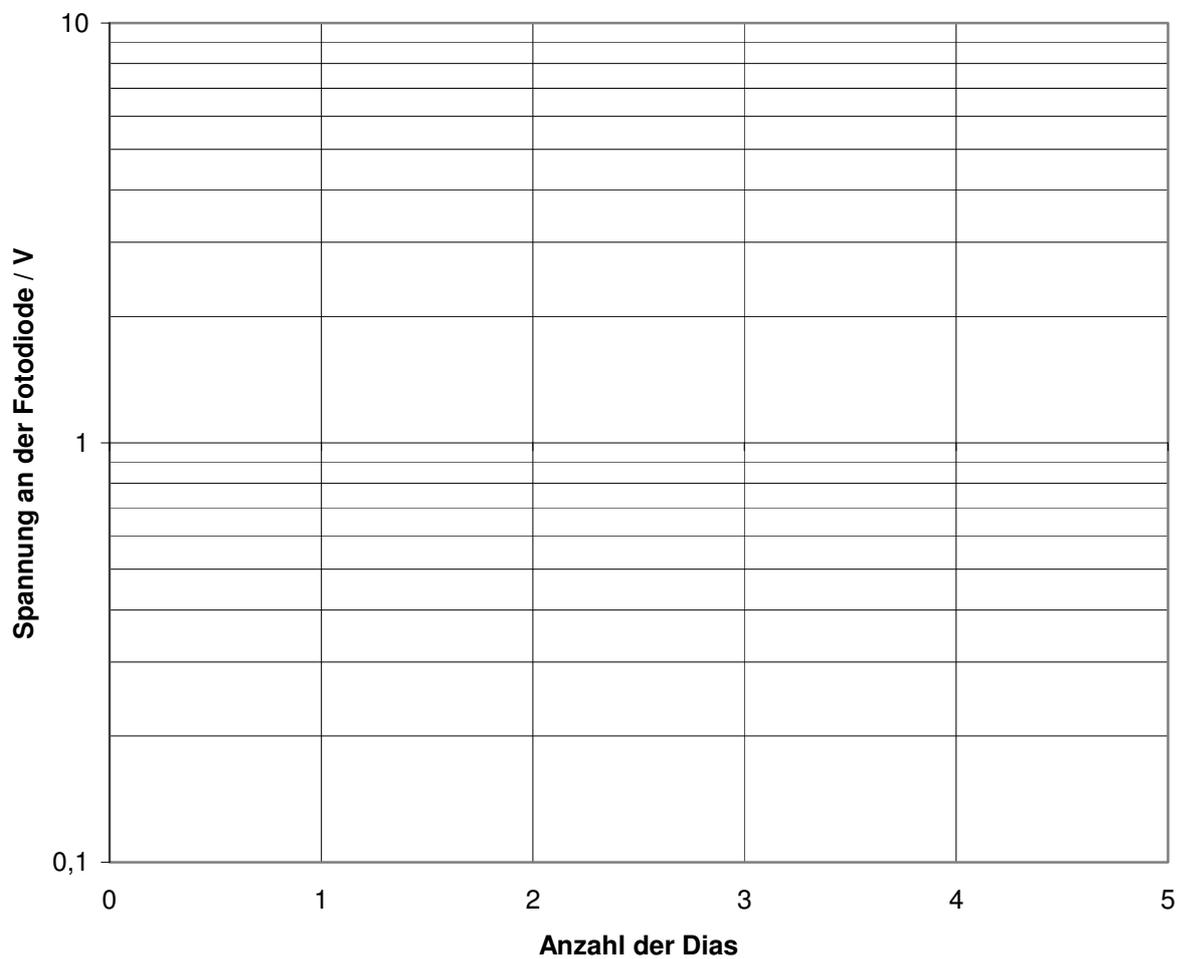


Abb. 3: Graphische Darstellung des Spannungsverlaufs bei zunehmender Anzahl der Graufilter (Halblogarithmisches Koordinatensystem).

Aufgabe

Unter Fluoreszenz versteht man die Eigenschaft bestimmter Stoffe nach Aufnahme von Licht bestimmter Energie, Licht niedriger Energie abzustrahlen.

In diesem Versuch sollen Sie Bedingungen für Fluoreszenz erarbeiten und Regeln aufstellen, wann Fluoreszenz auftreten kann

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Blendenhalter	11604.09
1 Gitter 500 Str. / mm	09851.16
1 Fluors. Platte rot	09851.19
1 Fluors. Platte gelb	09851.20
1 Fluors. Platte grün	09851.21
1 Fluors. Platte blau	09851.22
1 LED-rot	09852.20
1 LED-grün	09852.30
1 LED-blau	09852.40
1 LED-UV	09852.50
1 LED-weiß	09852.60
1 Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04

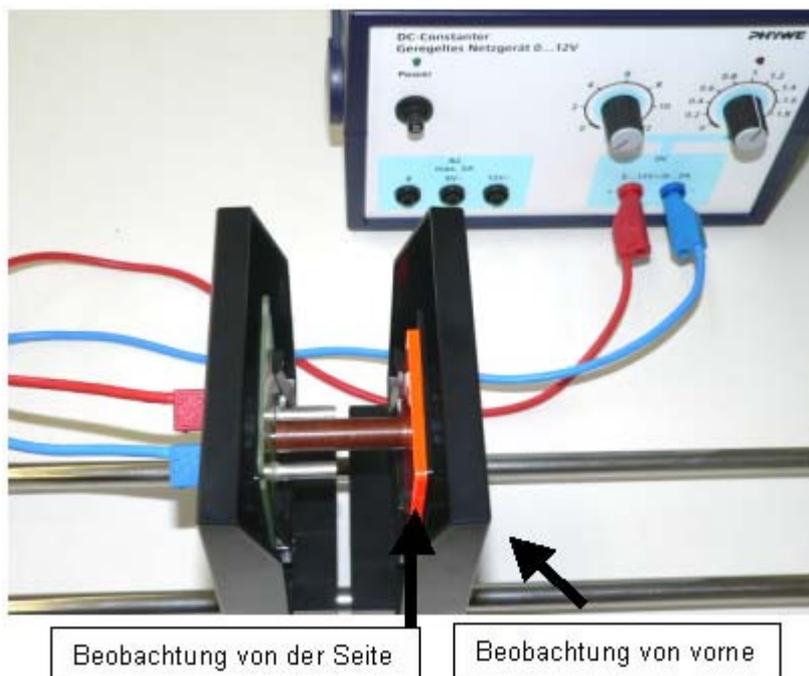


Abb. 1: Versuchsaufbau - Der Störlichttubus der LED blockiert Streulicht und erlaubt die Beobachtung der Fluoreszenz an der fluoreszierenden Platte.

Aufbau

- Aufbau entsprechend Abbildung 1.
- Störlichttubus auf die LED stecken, dabei berührt die fluoreszierende Scheibe den Tubus der LED.
- Achtung: Die Seite mit dem Blendenhalter zeigt zur LED hin!
- LED an das Netzgerät anschließen (6 V)
- Achtung: auf die richtige Polung achten!

Durchführung

- Die LED einschalten und die Fluoreszenz-Platte zum einen von der Seite (vom Rand), zum anderen schräg von vorne beobachten. Dabei nicht direkt in den Lichtkegel blicken!
- Die beobachteten Farben in Tabelle 1 notieren
- Zur genaueren Untersuchung das Gitter direkt vor das Auge halten und das Fluoreszenzlicht betrachten.
Achten Sie dabei auf die Intensitätsverteilung der einzelnen Spektralfarben.
- Die Platten und LEDs nacheinander durchtauschen und die Ergebnisse notieren.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

		Fluoreszierende Platten							
		09851.19 rot		09851.20 gelb		09851.21 grün		09851.22 blau	
		von der Seite	von vorne	von der Seite	von vorne	von der Seite	von vorne	von der Seite	von vorne
LEDs	rot								
	grün								
	blau								
	UV								
	weiß								

Auswertung

1. Beschreiben Sie die Eindrücke bei der Betrachtung durch das Gitter.

.....

.....

.....

.....

2. Vergleichen Sie die Ergebnisse in der Tabelle und stellen Sie eine Bedingung auf, wann Fluoreszenz zu beobachten ist und wann nicht. Berücksichtigen Sie dabei die Energie E von Licht, die durch die Wellenlänge beziehungsweise Frequenz f bestimmt ist. ($E = h \cdot f$)

.....

.....

.....

.....

.....

Aufgabe

Dringt Licht durch einen Stoff, egal ob fest oder flüssig, so ist es im Allgemeinen am Ende weniger intensiv, als am Anfang. Wie das Licht beim Durchgang durch gefärbte Flüssigkeiten geschwächt wird, dafür erarbeiten Sie in diesem Versuch eine Regelmäßigkeit.

Material

1	Stativfuß	02001.00
2	Stativstange	02037.00
2	Reiter	09851.02
2	Blendenhalter	11604.09
4	Makro-Küvette	35663.10
1	Universalbank	09840.00
1	Küvettenhalter	09840.01
1	LED-rot	09852.20
1	Fotodiode	09852.70
1	Netzteil 5V DC	09852.99
1	Störlichttubus	09852.71
1	Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1	Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1	Digitalmultimeter	07122.00
2	Verbindungsleitung, rot	07362.01
2	Verbindungsleitung, blau	07362.04
1	Pipette	
2	Becherglas (Drucker-) Tinte	

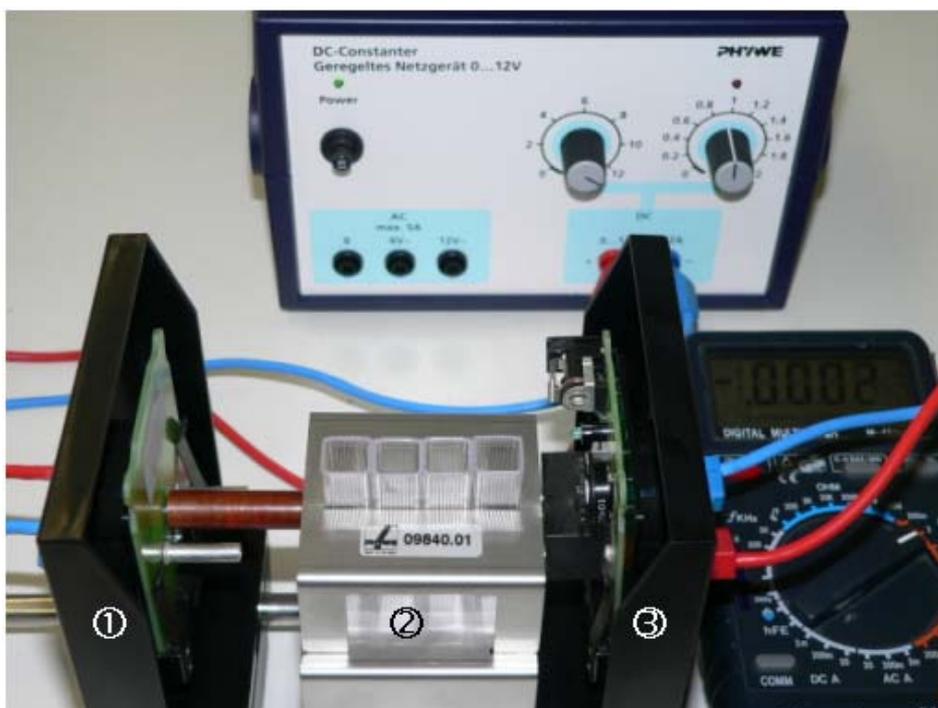


Abb. 1: Versuchsaufbau - Die LED mit Tubus ① strahlt direkt in die Küvetten ②. Die Fotodiode ③ misst die ankommende Intensität.

Aufbau

- Aufbau entsprechend Abbildung 1 – die geriffelten Seiten der Küvetten zeigen nach außen und sind nicht im Strahlengang
- Küvetten zunächst jeweils mit Wasser befüllen (Referenz)
- Teile auf der optischen Bank so nah zusammenrücken, dass der Tubus der LED die Küvetten berührt und auch der Tubus der Fotodiode möglichst nah an der letzten Küvette dran ist
- LED am Netzgerät anschließen - auf die richtige Polung achten!
- Fotodiode an Netzteil 5V DC anschließen und mit dem Multimeter (Messbereich größer 4 V) verbinden

Durchführung

- Becherglas mit etwa 300ml Wasser füllen, einen Tropfen Tinte hinzufügen.
- Achtung: die Färbung darf nicht zu stark sein!
- Referenzmessung: Die Spannung für die LED wird so eingestellt, dass die Fotodiode nicht übersteuert. Dazu die Spannung langsam erhöhen und beobachten, wie lange der ausgegebene Wert der Fotodiode noch steigt. Ist der Punkt der Sättigung erreicht, die Spannung für die LED wieder ein kleines bisschen zurückregeln. Damit ist die Fotodiode im sensitiven (empfindlichen) Bereich.
- Messwert für die Messung mit den wassergefüllten Küvetten in Tabelle 1 notieren.
- Mithilfe der Pipette das Wasser aus der Küvette, die am nächsten zur LED steht, entfernen und durch das gefärbte Wasser ersetzen.
- Der Messwert der Fotodiode wird notiert (Tabelle 1).
- Die letzten beiden Schritte wiederholen, bis alle Küvetten mit gefärbtem Wasser gefüllt sind.

Ergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Anzahl der gefärbten Küvetten	Spannung an der Fotodiode (V)
0 (Referenz)	
1	
2	
3	
4	

Auswertung

1. Tragen Sie die Messwerte aus Tabelle 1 in das Diagramm in Abbildung 2 ein.
2. Stellen Sie eine Vermutung für einen funktionalen Zusammenhang der Anzahl der mit Tinte gefüllten Küvetten und der Spannung an der Fotodiode auf. Unterstreichen Sie ihre Vermutung durch einen rechnerischen Nachweis. (Hierbei kann auch ein Taschenrechner oder eine Tabellenkalkulation zur Hilfe genommen werden.)

.....

.....

.....

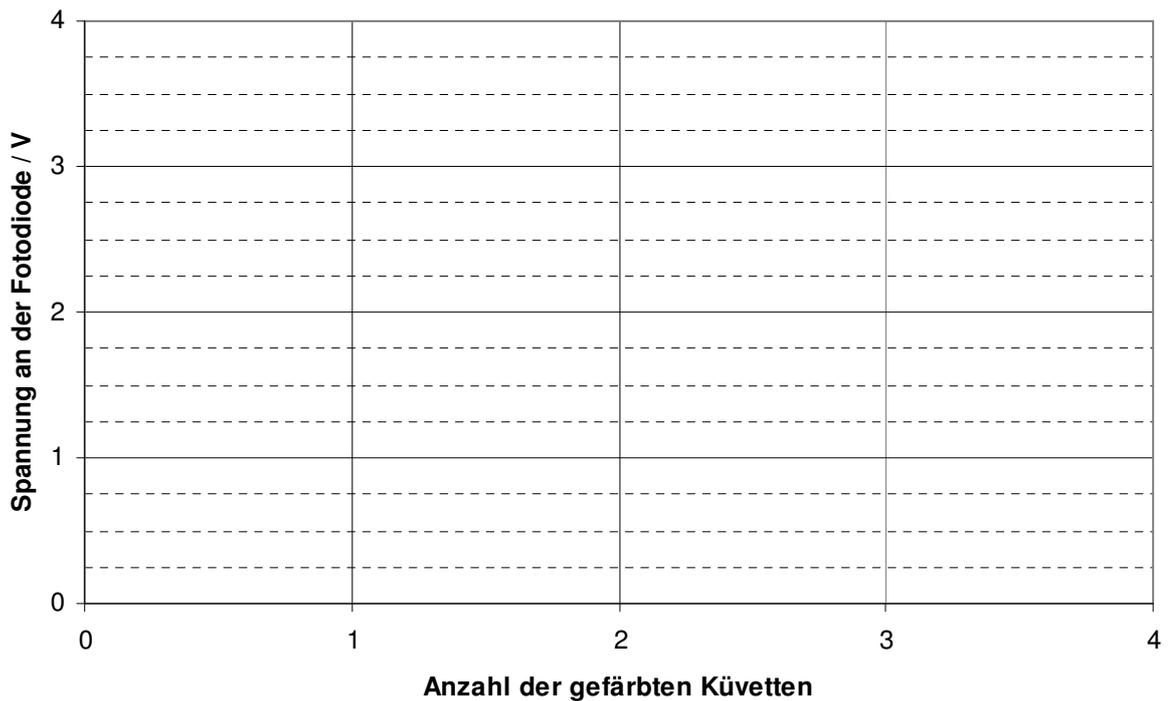


Abb. 2: Diagramm zur Auswertung in kartesischer Darstellung

3. Tragen Sie die Messwerte in das halblogarithmische Koordinatensystem (Abbildung 3) ein und zeichnen Sie eine Ausgleichskurve.

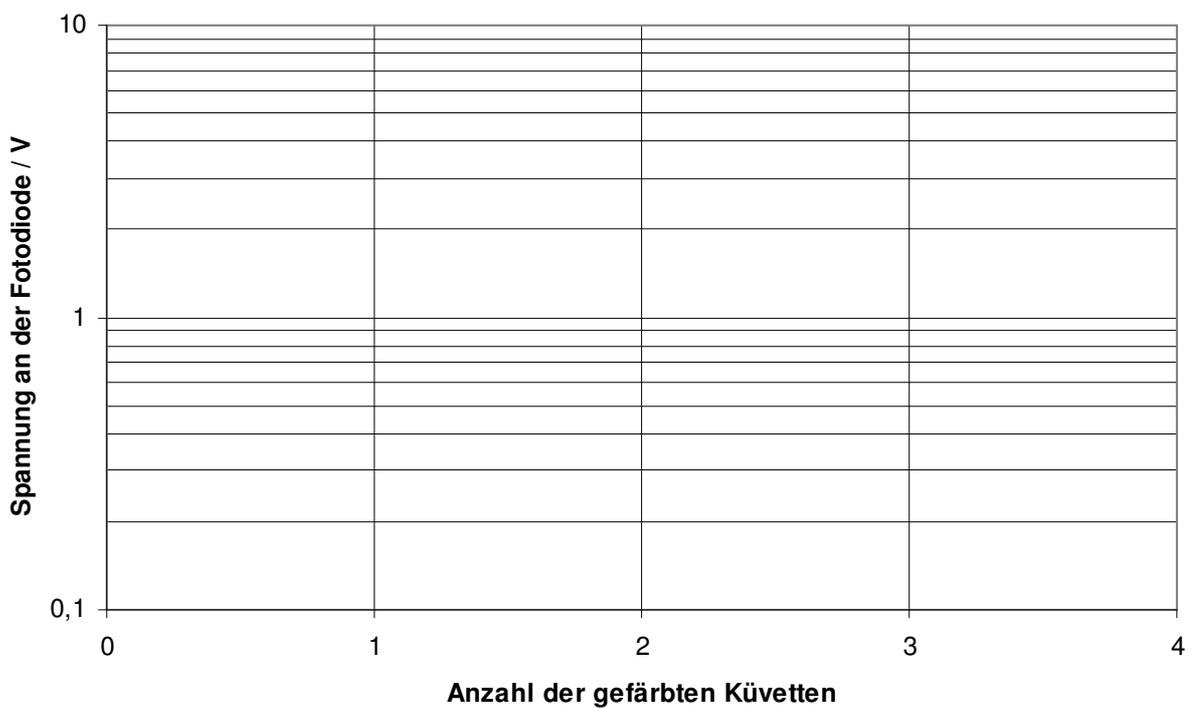


Abb. 3: Diagramm zur Auswertung in halblogarithmischer Darstellung

4. Berechnen Sie die Steigung des Graphen mit folgender Formel: $m = \frac{\ln(y_0) - \ln(y_4)}{x_0 - x_4}$.

.....

.....

.....

5. Begründen Sie, wie Ihre obige Vermutung mit dem Ergebnis in halblogarithmischer Darstellung zusammenhängt.

.....

.....

.....

6. Formulieren Sie Ihr Ergebnis in einem Merksatz.

.....

.....

.....

.....

Die Energie elektromagnetischer Strahlung (Licht) tritt – den Erkenntnissen der Quantenphysik folgend – nur in bestimmten Portionen auf. Das Plancksche Wirkungsquantum h als eine der fundamentalen Naturkonstanten beschreibt die Schrittweite dieser Energie-Abstufung des Lichts.

Aufgabe

Bestimmen Sie das Plancksche Wirkungsquantum h durch Messungen und Beobachtungen an Leuchtdioden (englisch: Light Emitting Diode oder LED).

Material

1 LED-blau	09852.40
1 LED-UV	09852.50
1 LED-grün	09852.30
1 LED-rot	09852.20
1 LED-IR	09852.10
1 Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

2 Digitalmultimeter	07122.00
1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
3 Verbindungsleitung, rot	07362.01
2 Verbindungsleitung, blau	07362.04

Dieser Versuch kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden. Der Aufbau der Variante 1 ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Abweichend dazu wird in Variante 2 nur ein Multimeter zur Messung der Spannung eingesetzt.

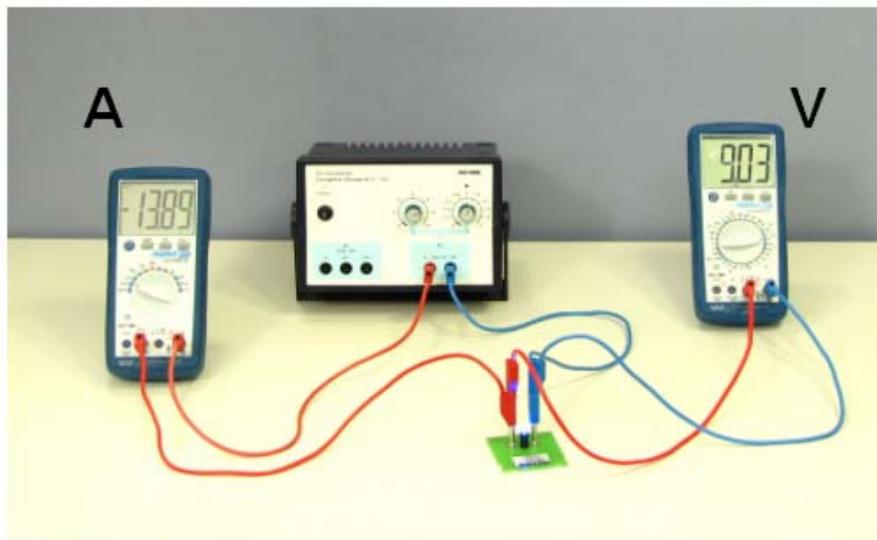


Abb. 1: Aufbau des Versuchs

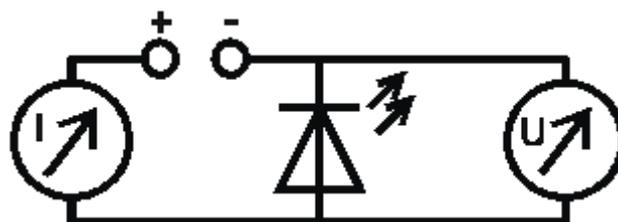


Abb. 2: Schemazeichnung des Versuchs

Aufbau

- Entsprechend den Abbildungen 1 und 2 den Versuch aufbauen.
- **ACHTUNG** – Auf die richtige Polung achten!
- Die beiden Digitalmultimeter anschließen. Messbereiche: 2 mA (Strommessung), 20 V (Spannungsmessung).

Durchführung (Variante 1)

- LEDs mit den Farben UV, Blau, Rot und IR auswählen.
- Den Störlichttubus auf die LED stecken, die Öffnung mit dem Daumen zuhalten, um unerwünschten Lichteinfall zu verhindern.
- Die Spannung wird langsam erhöht, bis auf dem Amperemeter ein möglichst kleiner stabiler Strom (etwa 0,01 mA) zu verzeichnen ist.
- Die Spannung U_{Schwelle} beim Einsetzen des Stromflusses am Voltmeter ablesen und in der Messwerttabelle 1 eintragen.
- Die Spannung am Netzteil wieder auf Null zurückdrehen und die LED wechseln.
- Mit den folgenden LED's wird entsprechend verfahren.

Durchführung (Variante 2)

- Für diese Variante ist das Amperemeter nicht notwendig. Hier wird das Einsetzen des Leuchtens der LED mit dem Auge bestimmt. Da das Auge für IR-Licht nicht empfindlich ist, wird diese Diode hier nicht verwendet. Um den Tubus an das Auge führen zu können, müssen die Kabel bei diesem Versuch von hinten an die LED angeschlossen werden.
- LEDs mit den Farben UV, Blau, Grün und Rot auswählen.
- Das Amperemeter entfernen.
- Den Störlichttubus auf die LED stecken.
- Den Störlichttubus ganz nah an das Auge heranzuführen, um seitlichen Lichteinfall zu minimieren.
- Die Spannung am Netzgerät langsam erhöhen und dabei die LED mit dem Auge beobachten.
- Sobald die LED aufglimmt, die dazugehörige Spannung U_{Schwelle} in Tabelle 2 notieren.
- Die Spannung am Netzgerät wieder auf Null zurückdrehen und die LED wechseln.
- Mit den folgenden LEDs wird entsprechend verfahren.
- Hinweis zu UV-LED: Auf der LED steht der Hinweis, dass man nicht direkt in das Licht blicken soll. Dieser Hinweis bezieht sich darauf, wenn die LED hell leuchtet – bei diesem Versuch wird jedoch nur das Aufglimmen der LED beobachtet.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse der Variante 1

Farbe der LED	$U_{\text{Schwelle}} / \text{V}$	$\lambda_{\text{max}} / \text{nm}$	Frequenz f / Hz	Energie E / J
UV		399		
Blau		463		
Rot		632		
IR		921		

Tabelle 2: Messergebnisse der Variante 2

Farbe der LED	$U_{\text{Schwelle}} / \text{V}$	$\lambda_{\text{max}} / \text{nm}$	Frequenz f / Hz	Energie E / J
UV		399		
Blau		463		
Grün		516		
Rot		632		

Auswertung

- Berechnen Sie aus der Wellenlänge λ_{max} der LEDs (Tabellen 1 und 2) mit $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ als Lichtgeschwindigkeit im Vakuum die Frequenz f des Lichts mit der Formel $c = \lambda \cdot f$ und tragen die Werte in die Tabellen ein.
- Ermitteln Sie die maximale Energie E , die ein angeregtes Elektron haben kann, über $E = e \cdot U_{\text{Schwelle}}$, wobei $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ die Elementarladung ist, und tragen die Werte in die Tabellen ein.
- Tragen Sie die Energie E in Abhängigkeit von der Frequenz f für beide Varianten in das Koordinatensystem (Abb. 3) ein. (Alternativ erfolgt die Auswertung über ein Tabellenkalkulationsprogramm.)

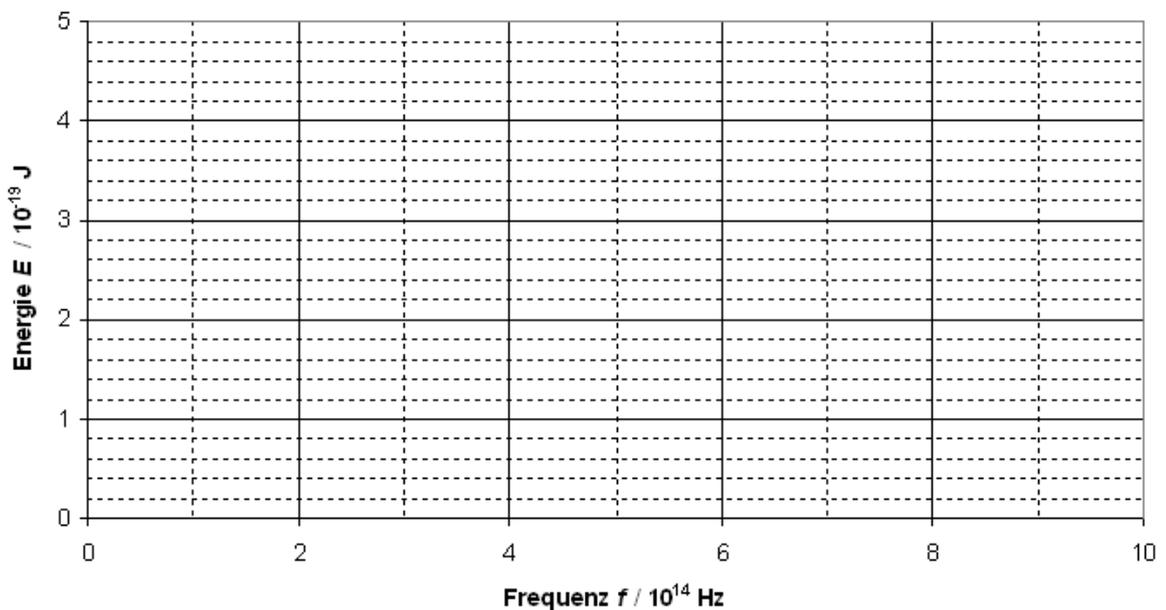


Abb. 3: Messkurve des Experiments

4. Legen Sie eine Ausgleichsgerade durch die Punkte und berechnen Sie die Steigung.
5. Wie groß ist die Steigung der Ausgleichsgeraden und welche Einheit hat sie?

.....

.....

.....

6. Beschreiben Sie die Bedeutung dieses Wertes.

.....

.....

.....

.....

7. Vergleichen Sie die Graphen aus Variante 1 und Variante 2 miteinander und deuten Sie die Ergebnisse.

.....

.....

.....

.....

Aufgabe

In diesem Versuch untersuchen Sie, unter welchen Bedingungen eine LED als Sensor eingesetzt werden kann.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Blendenhalter	11604.09
1 LED-IR	09852.10
1 LED-rot	09852.20
1 LED-grün	09852.30
1 LED-blau	09852.40
1 LED-UV	09852.50
1 Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Digitalmultimeter	07122.00
2 Verbindungsleitung, rot	07362.01
2 Verbindungsleitung, blau	07362.04

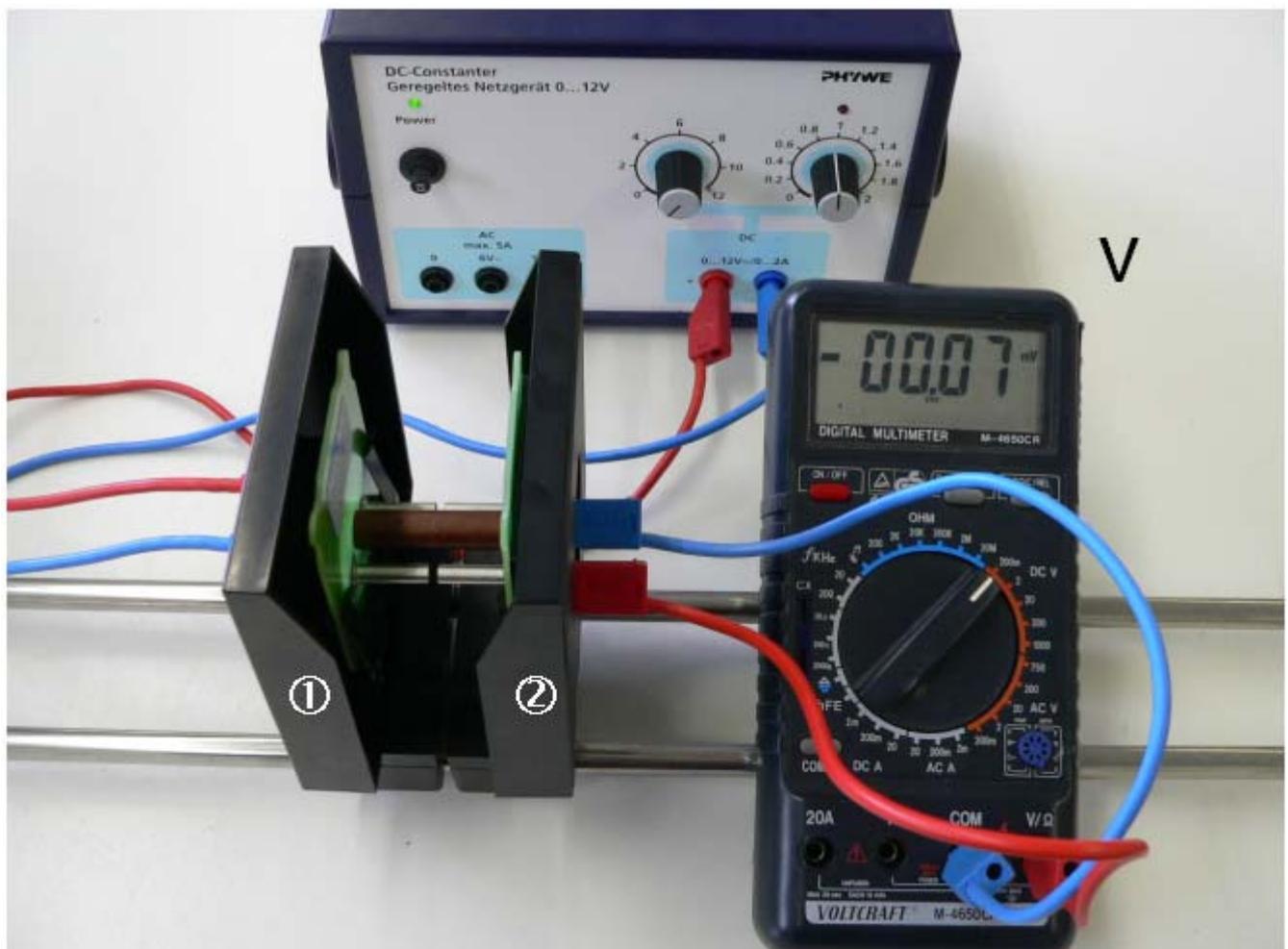


Abb.1: Versuchsaufbau - Der Störlichttubus verbindet die linke LED (Lichtquelle) ① mit der rechten LED (Detektor) ② lichtdicht.

Aufbau

- Aufbau entsprechend Abbildung 1
- Die jeweilige LED, die als Lichtquelle dienen soll, an die Gleichspannungsquelle anschließen, dabei auf die richtige Polung achten
- Das Multimeter an die LED, die als Sensor dienen soll, anschließen (Messbereich: 2V)

Durchführung

- Es werden LEDs mit den Farben rot, grün, blau, IR und UV benötigt. Die zu den jeweiligen LEDs gehörigen Wellenlängen maximaler Intensität (λ_{\max}) sind in Tabelle 1 aufgelistet.
- Die Spannung wird langsam hoch geregelt, bis das Leuchten an der LED „Lichtquelle“ einsetzt. (Da bei der IR-LED mit dem Auge nicht zu erkennen ist, wann sie leuchtet, wird die Spannung hier auf etwa 2,5 V geregelt.
- Dann werden die beide LEDs über den Tubus lichtdicht verbunden.
- Die in der LED „Sensor“ generierte Fotospannung wird am Multimeter abgelesen.
- Ist eine Fotospannung zu verzeichnen, so dokumentieren Sie das in der entsprechenden Zelle der Auswertetabelle. Tragen Sie dabei lediglich ein, ob eine Fotospannung zu messen ist oder nicht (Ja/Nein).
- Mit den folgenden LEDs wird analog verfahren

Tabelle 1: Wellenlängen maximaler Intensität

LED-Farbe	Wellenlänge / nm
UV	399
blau	463
grün	516
rot	632
IR	921

Auswertung

1. Tragen Sie die Ergebnisse, ob an der Sensor-LED eine Spannung zu messen ist oder nicht, in die Matrix ein.

Leuchtdiode		als Sensor				
		UV	blau	grün	rot	IR
als Lichtquelle	UV					
	blau					
	grün					
	rot					
	IR					

2. Errechnen Sie die zu den Wellenlängen zugehörigen Frequenzen. Stellen Sie eine Regel auf, für welche Frequenzen eine LED als Sensor genutzt werden kann und erklären Sie das Ergebnis.

.....

.....

.....

.....

.....

Aufgabe

Entfernt man sich von einer Lichtquelle, so ist das Licht weniger intensiv. In diesem Versuch leiten Sie einen Zusammenhang zwischen dem Abstand zu einer Lichtquelle und der Lichtintensität her.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Blendenhalter	11604.09
1 Solarzelle	06752.13
1 Halogenlampe	09852.00

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Digitalmultimeter	07122.00
1 Pappbogen	
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04

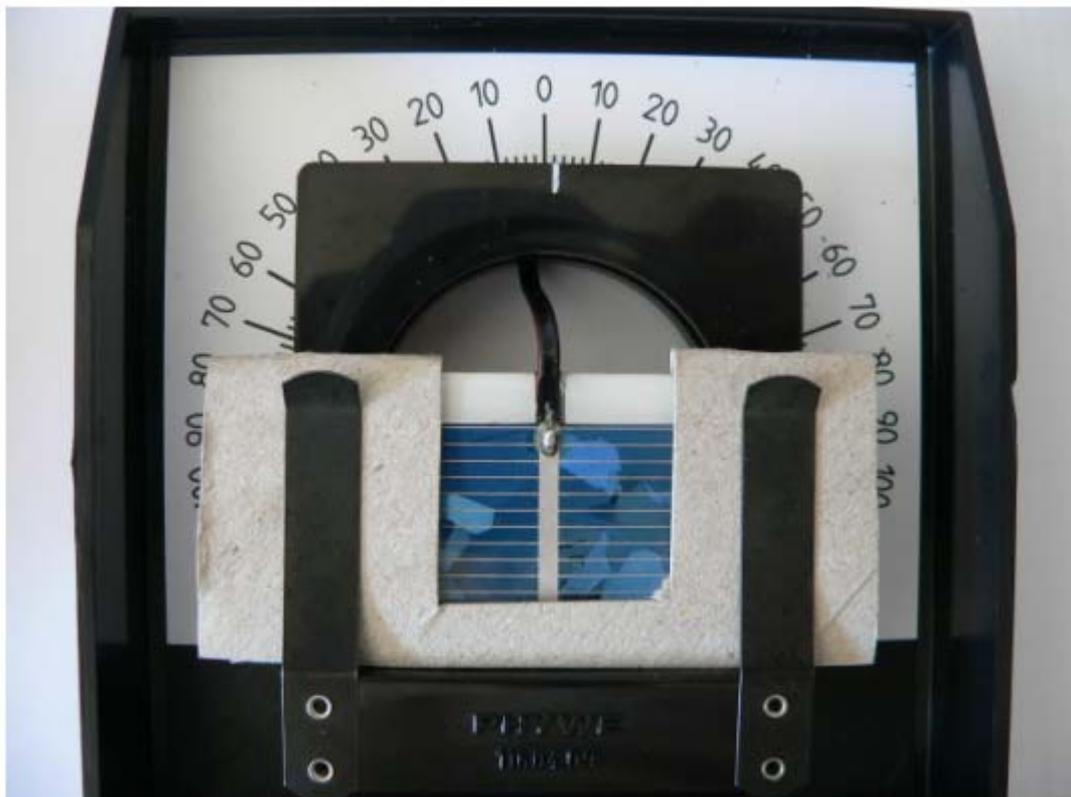


Abb. 1: Versuchsaufbau mit Pappabdeckung der Solarzelle

Aufbau

- Die Halogenlampe mit einem Reiter auf das Stativmaterial stellen und am Netzgerät anschließen.
- Aus der Pappe ein Stück ausschneiden, und über die Solarzelle stülpen, sodass eine Fläche von etwa 25x25 mm frei ist (Abbildung 1)
- Gegenüber der Halogenlampe die Solarzelle in einem Reiter auf das Stativmaterial stellen, und zwar so, dass die Reiterfüße sich berühren. Dabei darauf achten, dass die Solarzelle horizontal mittig im Blendenhalter ist.
- An die Solarzelle wird ein Multimeter als Amperemeter angeschlossen, Messbereich: 2 mA.

Alternativer Aufbau

Gegenüber der Halogenlampe die Solarzelle in einem Reiter auf das Stativmaterial stellen, und zwar so, dass die geöffnete Seite des Reiters von der Lampe weg zeigt. Die Solarzelle wird also nur im Bereich des Loches im Reiter beschienen.

Durchführung

- Netzteil auf 12 V einstellen
- Fotostrom an der Solarzelle nach 10 Sekunden messen und in Tabelle 1 notieren.
(Die 10 Sekunden werden benötigt, damit die Halogenlampe warm werden kann.) Der Fotostrom wird in diesem Versuch gemessen, um die Intensität des Lichts zu ermitteln – der gemessene Fotostrom ist proportional zur Intensität.
- Die Solarzelle gemäß den Angaben in Tabelle 1 von der Lichtquelle schrittweise entfernen. Dabei wird der Abstand der weißen Striche auf den Reiterfüßen gemessen. Der Fotostrom wird jeweils dazu notiert.
- Zum Schluss die Versorgungsspannung der Halogenlampe auf Null stellen und eine Referenzmessung für die Solarzelle durchführen, um einen möglichen Offsetstrom aus der folgenden Rechnung auszuschließen.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Abstand der Reiter / cm	Abstand Lichtquelle-Solarzelle / cm	Fotostrom / mA	Fotostrom - korrigiert / mA
5,5	3,7		
6,5	4,7		
7,5	5,7		
8,5	6,7		
9,5	7,7		
10,5	8,7		
11,5	9,7		
12,5	10,7		
13,5	11,7		
14,5	12,7		
15,5	13,7		
20,5	18,7		
25,5	23,7		
30,5	28,7		
35,5	33,7		
40,5	38,7		
45,5	43,7		
Fotostrom ohne Lampe			

Auswertung

1. Zur Bestimmung des Abstands der Lichtquelle von der Solarzelle wurde von dem Wert aus Spalte 1 jeweils der konstante Wert von 1,8 cm abgezogen. Der neue Wert wurde in die Spalte ‚Abstand Lichtquelle-Solarzelle‘ eingetragen.
2. In der Spalte ‚Fotostrom – korrigiert‘ wird der Wert aus der Spalte ‚Fotostrom‘ minus dem Wert für den ‚Fotostrom ohne Lampe‘ eingetragen.

3. Tragen Sie die Werte der Spalten 2 und 4 in das Koordinatensystem (Abbildung 2) ein.

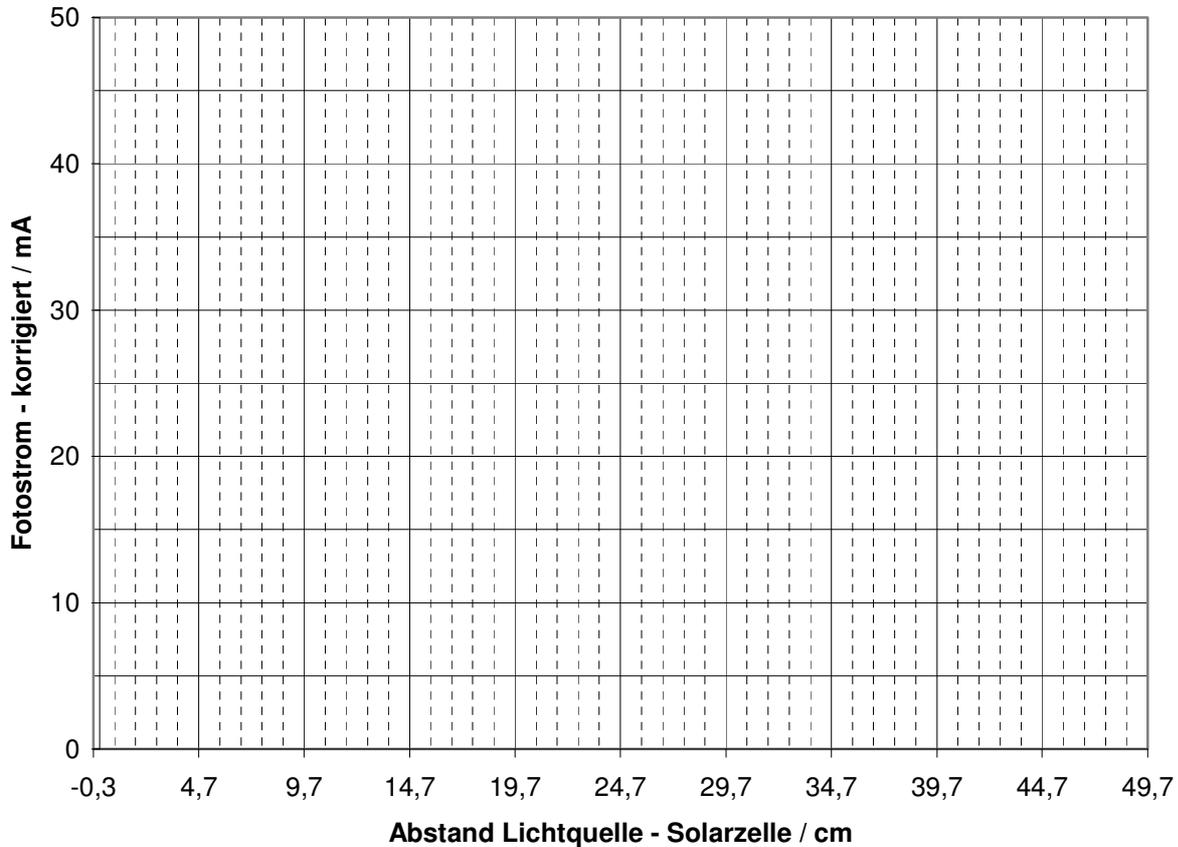


Abb.2: Auswertung der Messergebnisse

4. Stellen Sie eine Vermutung für den Zusammenhang zwischen dem Abstand und der Größe der gemessenen Intensität (proportional zum Fotostrom) auf.

.....

.....

5. Die Grafik legt nahe, dass die beiden Größen antiproportional zueinander sind. Um diese Vermutung nachzuweisen, wird das Produkt der beiden Größen gebildet. Ist dieses für alle Wertepaare konstant, so liegt eine Antiproportionalität vor, wenn nicht, dann ist zu überprüfen, ob eine Antiproportionalität zu x^2 vorliegt, also das Produkt aus dem Fotostrom und dem Quadrat des Abstandes konstant ist, usw. Tragen Sie hierzu die benötigten Größen in Tabelle 2 ein und berechnen Sie jeweils das Produkt. Führen Sie dies so lange durch, bis Sie ein (annähernd) konstantes Produkt erhalten.

Tabelle 2: Auswertung zum Zusammenhang der Messgrößen

Abstand Lichtquelle-Solarzelle / cm → x	Fotostrom – korrigiert / mA → y	$y \cdot x$	$y \cdot x^2$	$y \cdot x^3$	$y \cdot x^4$
3,7					
4,7					
5,7					
6,7					
7,7					
8,7					
9,7					
10,7					
11,7					
12,7					
13,7					
18,7					
23,7					
28,7					
33,7					
38,7					
43,7					

6. Formulieren Sie auf Grundlage ihrer Ergebnisse aus Tabelle 2 einen Zusammenhang zwischen dem Abstand zu einer Lichtquelle und der gemessenen Intensität.

.....

.....

.....

.....

(Wie nimmt die Intensität von Licht mit dem Abstand ab?)

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

- Für den Aufbau und die Durchführung ist es wichtig, dass der Raum verdunkelt ist und die Solarzelle so ausgerichtet ist, dass sie wenig Streulicht auffangen kann. (Im Unterrichtsraum sollten die Solarzellen also z.B. zu den Wänden weisen, damit sich die Schüler nicht gegenseitig stören.)
- Die Solarzelle wird teilweise mit der Pappe abgedeckt, damit die Referenzfläche für die (nahezu) senkrecht einfallenden Strahlen gleich groß ist. Verwendet man die komplette Solarzelle, so sind die Auftreffwinkel zu unterschiedlich, wenn die Solarzelle nah an der Lichtquelle steht.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Abstand der Reiter / cm	Abstand Lichtquelle-Solarzelle / cm	Fotostrom / mA	Fotostrom - korrigiert / mA
5,5	3,7	42,19	42,13
6,5	4,7	25,34	25,28
7,5	5,7	16,60	16,54
8,5	6,7	11,56	11,50
9,5	7,7	8,65	8,59
10,5	8,7	6,56	6,50
11,5	9,7	5,26	5,20
12,5	10,7	4,27	4,21
13,5	11,7	3,59	3,53
14,5	12,7	3,06	3,00
15,5	13,7	2,66	2,60
20,5	18,7	1,51	1,45
25,5	23,7	0,99	0,93
30,5	28,7	0,71	0,65
35,5	33,7	0,53	0,47
40,5	38,7	0,42	0,36
45,5	43,7	0,34	0,28
Fotostrom ohne Lampe			0,06

Auswertung

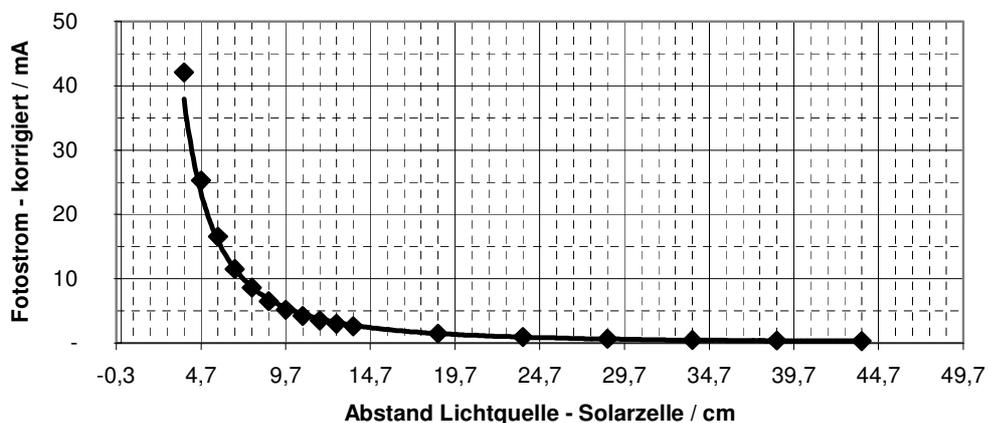


Abb. 1: Messwerte in graphischer Auswertung

Aufgabe

Je mehr Licht auf eine Solarzelle fällt, desto mehr Strom erzeugt diese (bis zu einem gewissen Grad). In diesem Versuch stellen Sie einen Zusammenhang zwischen eingestrahelter Leistung und erzeugtem Fotostrom an einer Solarzelle her.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Blendenhalter	11604.09
1 Solarzelle	06752.13
1 LED-weiß	09852.60
1 LED-rot	09852.20
1 LED-UV	09852.50
1 Störlichttubus f. LED	09852.01
5 Graufilter 50%	09851.11

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Digitalmultimeter	07122.00
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04

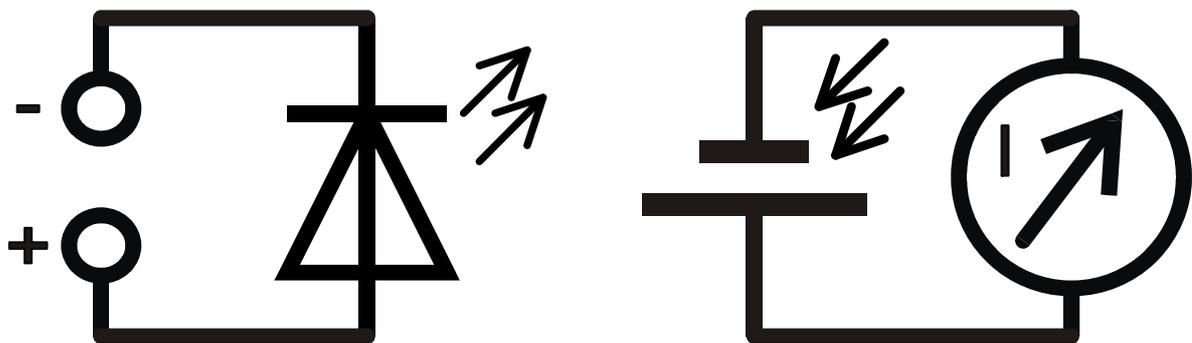


Abb. 1: Schemazeichnung des Versuchsaufbaus

Aufbau

- Für den Aufbau die weiße LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen und den Störlichttubus auf die LED stecken. Den Reiter auf die Stativstangen aufsetzen.
- Gegenüber der LED - in einem Abstand von etwa 20 cm - wird die Solarzelle in einem Reiter auf das Stativmaterial gestellt, und zwar so, dass die geöffnete Seite des Reiters von der LED weg zeigt. Die Solarzelle wird also nur im Bereich des Loches im Reiter beschienen. Der Abstand zwischen LED und Solarzelle wird so eingestellt, dass die komplette Öffnung des Reiters ausgeleuchtet wird.
- An die Solarzelle wird ein Multimeter als Amperemeter angeschlossen, möglichst im μA -Bereich.

Durchführung

- Netzteil auf 12 V einstellen.
- Fotostrom an der Solarzelle messen und in Tabelle 1 notieren.
- Einen Graufilter in den Strahlengang direkt vor den Tubus halten und den Fotostrom ablesen und notieren. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis alle 5 Graufilter im Strahlengang sind.
- Bei der Durchführung darauf achten, dass der Messaufbau nicht verschoben wird!
- Zum Schluss die Spannung der LED auf 0 V stellen und den Fotostrom ablesen und notieren, um die Offset-Stromstärke zu ermitteln.
- Anschließend wird die weiße gegen die rote LED ausgetauscht und der Vorgang wird wiederholt. Gleiches mit der UV-LED.

Beobachtungen und Ergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Farbe der LED		weiß		rot		UV	
Anzahl der Filter	Leistung	Fotostrom (μA)	Fotostrom korrigiert (μA)	Fotostrom (μA)	Fotostrom korrigiert (μA)	Fotostrom (μA)	Fotostrom korrigiert (μA)
0	100,00%						
1	50,00%						
2	25,00%						
3	12,50%						
4	6,25%						
5	3,13%						
Fotostrom ohne LED (μA)							

Auswertung

1. Zunächst wird von den Messwerten der Offset-Strom abgezogen. Der korrigierte Wert wird jeweils in die letzte Spalte mit dem Zusatz ‚korrigiert‘ der Tabelle eingetragen. Im weiteren Verlauf wird mit diesen Werten weitergearbeitet.

2. Tragen Sie die Messwerte in das Koordinatensystem ein und vergleichen Sie die Ergebnisse für die einzelnen LEDs. Nennen Sie Gründe für Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

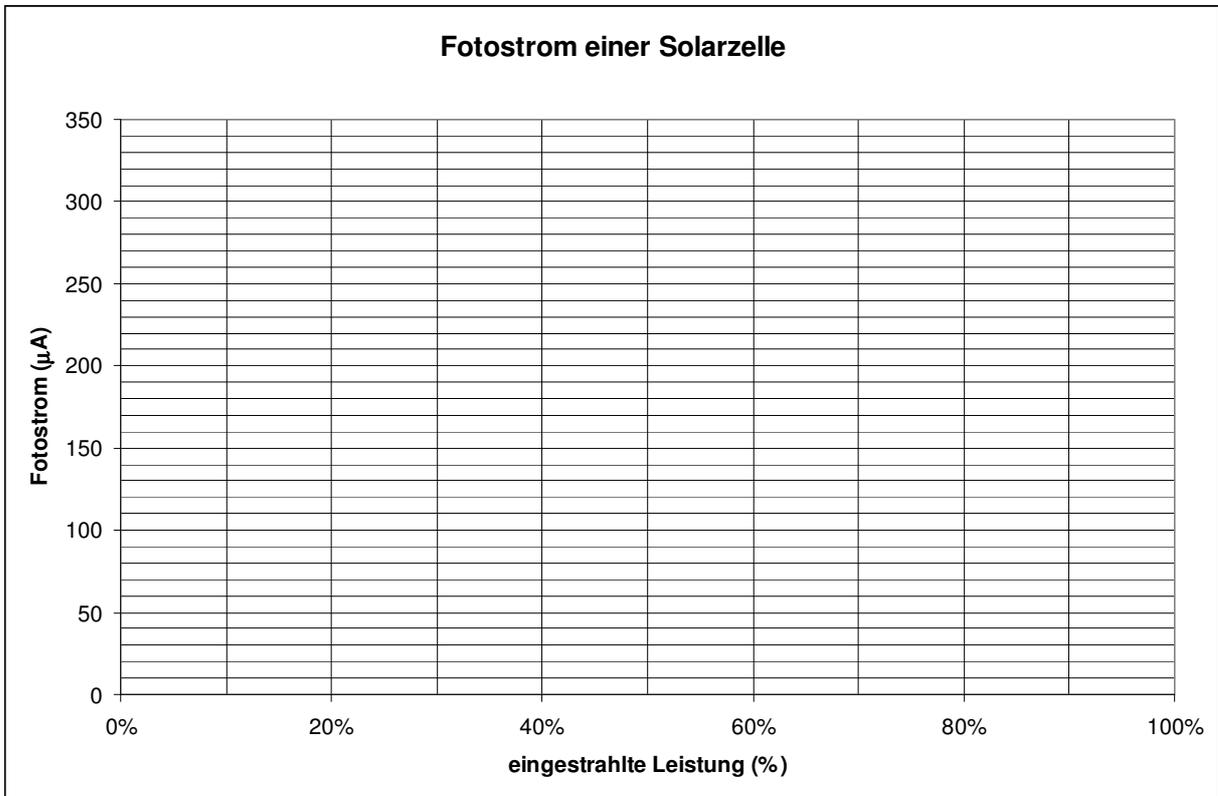


Abb. 2: Graphische Darstellung der Messergebnisse

3. Formulieren Sie eine Regel für den Zusammenhang zwischen eingestrahelter Leistung und Fotostrom an einer Solarzelle.

.....

.....

.....

In diesem Versuch wird an verschiedenen Leuchtdioden (englisch: Light Emitting Diode oder LED) die Wellenlänge mithilfe eines Gitters nach der subjektiven Methode bestimmt. Da die LEDs aus dem Kasten nicht monochromatisch leuchten, wird mit dieser Methode der Wert für die Wellenlänge größter Intensität bestimmt.

Aufgabe

Bestimmen Sie die Wellenlänge größter Intensität von LEDs durch Messungen und Beobachtungen mit einem Beugungsgitter.

Material

1 LED-blau	09852.40
1 LED-grün	09852.30
1 LED-rot	09852.20
1 Gitter 500 Striche / mm	09851.16
1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Blendenhalter	11604.09
1 Lineal	09851.04

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Verbindungsleitung, rot	07362.01
1 Verbindungsleitung, blau	07362.04

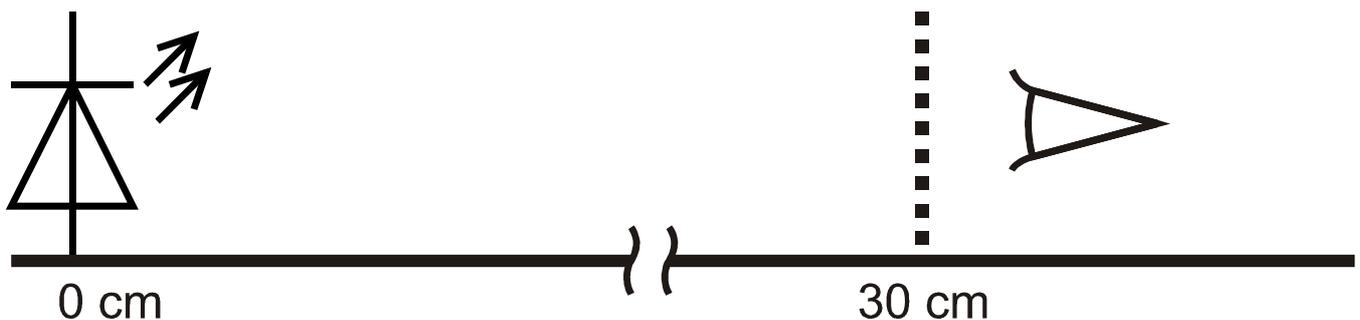


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Versuchs

Aufbau

- Für den Aufbau die rote LED zusammen mit dem Blendenhalter auf den Reiter setzen. Den Reiter auf die Stativstangen aufsetzen.
- Die LED an die Spannungsquelle anschließen. Dabei auf die richtige Polung achten!
- Das Gitter wird mit dem Blendenhalter in den Reiter eingesetzt. Dieser wird so aufgestellt, dass der Abstand zwischen Diode und Gitter genau 30 cm beträgt.

Durchführung

- Nach dem Anschließen der LED eine Spannung von 6 V einstellen, sodass die LED deutlich leuchtet.
- Mit dem Auge ganz nah am Gitter von hinten (in der Skizze rechts) durch das Gitter sehen.
- Das Lineal wird auf Höhe der LED gehalten und der Abstand der beiden ersten Maxima (rechts und links) voneinander ausgemessen. Die Hälfte dieses Wertes wird als a_k in Tabelle 1 notiert.
- Der Versuch wird für die anderen Dioden wiederholt.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Farbe der LED	a_k / cm	λ / nm
UV		
Blau		
Rot		
grün		

Auswertung

1. Für die Beobachtungen am Gitter gelten folgende Beziehungen:

$$\sin(\alpha_k) = k \cdot \frac{\lambda}{g} \quad \text{und} \quad \tan(\alpha_k) = \frac{a_k}{l}, \quad k=0, 1, 2, \dots$$

Dabei bezeichnet k die Zahl des Maximums, g ist die Gitterkonstante.

2. Verknüpft man beide Gleichungen aus 1., so erhält man für die Wellenlänge folgende Beziehung:

$$\lambda = \sin\left(\arctan\left(\frac{a}{l}\right)\right) \cdot \frac{g}{k}$$

3. Berechnen Sie für die gemessenen Werte λ nach der Formel aus 2. Dabei leitet sich g aus der Anzahl der Striche des Gitters ab, also $g = \frac{1\text{mm}}{500} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, für k wird 1 eingesetzt, da das erste Maximum betrachtet wird. Die Ergebnisse werden in Tabelle 1 eingetragen.

Einleitungstext, enthält Motivation für das Experiment und möglichst einen Bezug zur alltäglichen Wirklichkeit...

Aufgabe

Aufgabenstellung, bei mehreren Aufgaben eventuell Aufzählung.

Material

1 LED-IR	09852.10
1 LED-rot	09852.20
1 LED-grün	09852.30
1 LED-blau	09852.40
1 LED-UV	09852.50
1 Störlichttubus für LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
2 Digitalmultimeter	07122.00
3 Verbindungsleitung, rot	07362.01
2 Verbindungsleitung, blau	07362.04

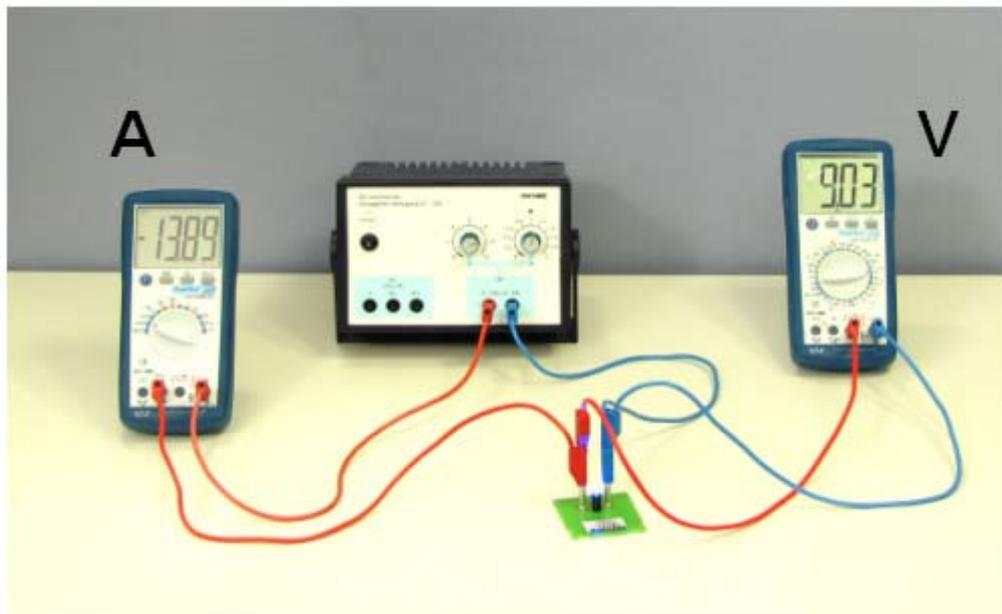


Abb. 1: Aufbau des Versuchs

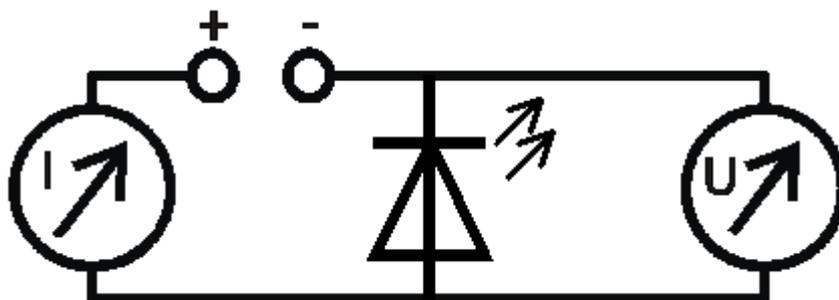


Abb. 2: Schemazeichnung des Versuchs

Aufbau

Entsprechend den Abbildungen 1 und 2 eine LED an das Netzgerät und die Messgeräte anschließen. Achtung: Dabei auf die richtige Polung achten!

Durchführung

- LEDs mit den Farben UV, blau, grün, rot und IR nacheinander auswählen.
- Den Störlichttubus auf die LED stecken, die Öffnung mit dem Daumen zuhalten, um unerwünschten Lichteinfall zu verhindern.
- Die Spannung wird in den in Tabelle 1 angegebenen Schritten erhöht, die zugehörige Stromstärke jeweils notiert.
- Die Spannung am Netzteil wieder auf Null zurückdrehen und die LED wechseln.
- Mit den folgenden LEDs wird entsprechend verfahren.

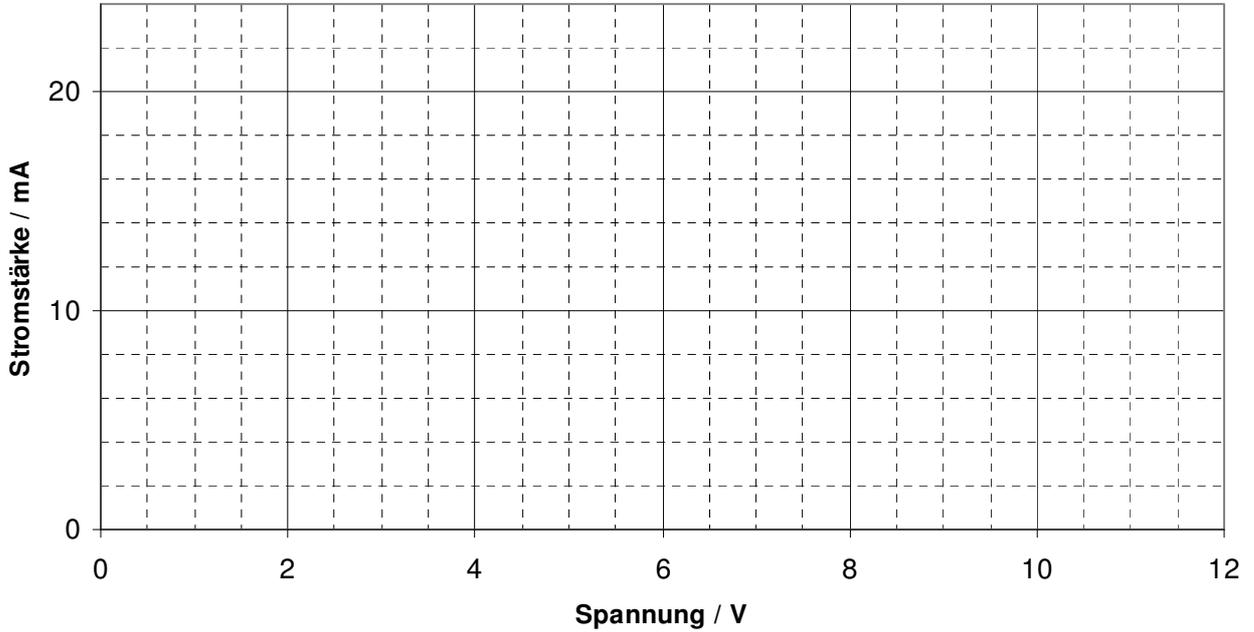
Ergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Spannung / V	Stromstärke / mA				
	UV	blau	grün	rot	IR
0					
0,5					
1					
1,5					
2					
2,5					
3					
3,5					
4					
4,5					
5					
5,5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Auswertung

1. Tragen Sie die Messwerte aus Tabelle 1 in das Diagramm ein.



2. Charakterisieren Sie mit eigenen Worten den Verlauf der Messkurven, Kennlinien genannt.

.....

.....

.....

3. Vergleichen Sie die Messkurven untereinander und stellen Sie Gleichheiten und Unterschiede heraus.

.....

.....

.....

4. Begründen Sie den Verlauf der Kennlinien mithilfe des Aufbaus und der Funktionsweise einer Halbleiterdiode.

.....

.....

.....

(Wie sieht die UI-Kennlinie einer LED aus?)

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Da durch den Tubus kein Streulicht in die LED einfallen kann, ist der Versuch auch bei Tageslicht durchzuführen.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Spannung / V	Stromstärke / mA				
	UV	blau	grün	rot	IR
0	0	0	0	0	0
0,5	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0,09
1,5	0	0	0	0	0,95
2	0	0	0	0,66	1,95
2,5	0	0,17	0,06	1,62	2,92
3	0,17	1,01	0,82	2,73	4,07
3,5	0,76	2,02	1,76	3,65	5,04
4	1,38	3,04	2,79	4,72	6,13
4,5	1,97	4,04	3,96	5,86	7,16
5	2,56	5,23	5,02	6,9	8,18
5,5	3,22	6,33	6,15	7,87	9,25
6	3,9	7,28	7,38	9,02	10,34
7	5,13	9,61	9,6	11,03	12,33
8	6,45	11,71	12,03	13,18	14,48
9	7,68	13,98	14,27	15,28	16,58
10	8,99	16,11	16,7	17,4	18,69
11	10,26	18,4	19	19,6	20,77
12	11,55	20,46	21,3	21,66	22,92

Aufgabe

Bestimmen Sie die Winkelabhängigkeit der Durchlässigkeit eines Polarisationsfilter mit einem Lichtsensor. Stellen Sie dabei einen Zusammenhang zwischen dem Polarisationswinkel und der Intensität des durchscheinenden Lichts her.

Material

1 Stativfuß	02001.00
2 Stativstange	02037.00
2 Reiter	09851.02
2 Reiter mit Skala	09823.00
4 Blendenhalter	11604.09
2 Polarisationsfilter	09851.14
1 LED-weiß	09852.60
1 Fotodiode	09852.70
1 Netzteil 5V DC	09852.99
1 Störlichttubus	09852.71
1 Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1 Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1 Digitalmultimeter	07122.00
2 Verbindungsleitung, rot	07362.01
2 Verbindungsleitung, blau	07362.04



Abb. 1: Versuchsaufbau – Das Licht der LED ① tritt durch den ersten Polarisationsfilter ②, dann durch den 2. Polarisationsfilter ③ und wird dabei jedes Mal abgeschwächt. Die Intensität des Restlichts wird an der Fotodiode ④ gemessen.

Aufbau

- Für die Durchführung dieses Experiments ist es notwendig, dass der Raum abgedunkelt ist.
- Entsprechend der Abbildung 1 die Leuchtdiode in einen Blendenhalter stecken.
- Die LED an die Gleichspannungsquelle anschließen, dabei auf die richtige Polung achten!
- Den Störlichttubus auf die LED stecken.
- Die Fotodiode ebenfalls in einen Blendenhalter stecken.
- Das Multimeter als Spannungsmessgerät (Messbereich: 4 V) an die Fotodiode anschließen.
- Den Störlichttubus auf die Fotodiode stecken.
- Die beiden Polarisationsfilter jeweils in einen Blendenhalter mit Winkelskala platzieren und auf 0° ausrichten.
- Den Objekthalter des ersten Polarisationsfilters so auf die optische Bank stellen, dass der Filter den Tubus der LED fast berührt.
- Den zweiten Polarisationsfilter so nah wie möglich an den ersten platzieren.
- Die Fotodiode direkt hinter den 2. Polarisationsfilter auf die optische Bank setzen.

Durchführung

- Den Regler der Verstärkung der Fotodiode mit dem Uhrzeigersinn bis zum Anschlag drehen (maximale Verstärkung).
- Beide Polarisationsfilter auf 0° stellen.
- Spannung der LED so einstellen, dass die Fotodiode im sensitiven Bereich und nicht übersteuert ist. (Der maximale Messwert liegt bei etwa 3,9 V – die LED sollte so eingeregelt werden, dass der gemessene Wert knapp darunter liegt und die Fotodiode sowohl nach oben als auch nach unten reagieren kann).
- Der Messwert der Fotodiode wird in Tabelle 1 notieren.
- Den zweiten Polarisationsfilter (der der Fotodiode näher ist) wird in 10° -Schritten rechts herum bis 100° verdrehen; Spannungswert der Fotodiode in Tabelle 1 notieren.
- Anschließend wird der zwei Polarisationsfilter wieder auf 0° gestellt und in 10° -Schritten links herum bis 100° verdreht, wobei die Messwerte auch jeweils wieder notiert werden.

Beobachtungen und Ergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Verdrehung / °	Spannung an der Fotodiode / V
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	
-10	
-20	
-30	
-40	
-50	
-60	
-70	
-80	
-90	
-100	

Auswertung

1. Tragen Sie im folgenden Koordinatensystem (Abb. 2) die gemessene Spannung gegen die Verdrehung auf.

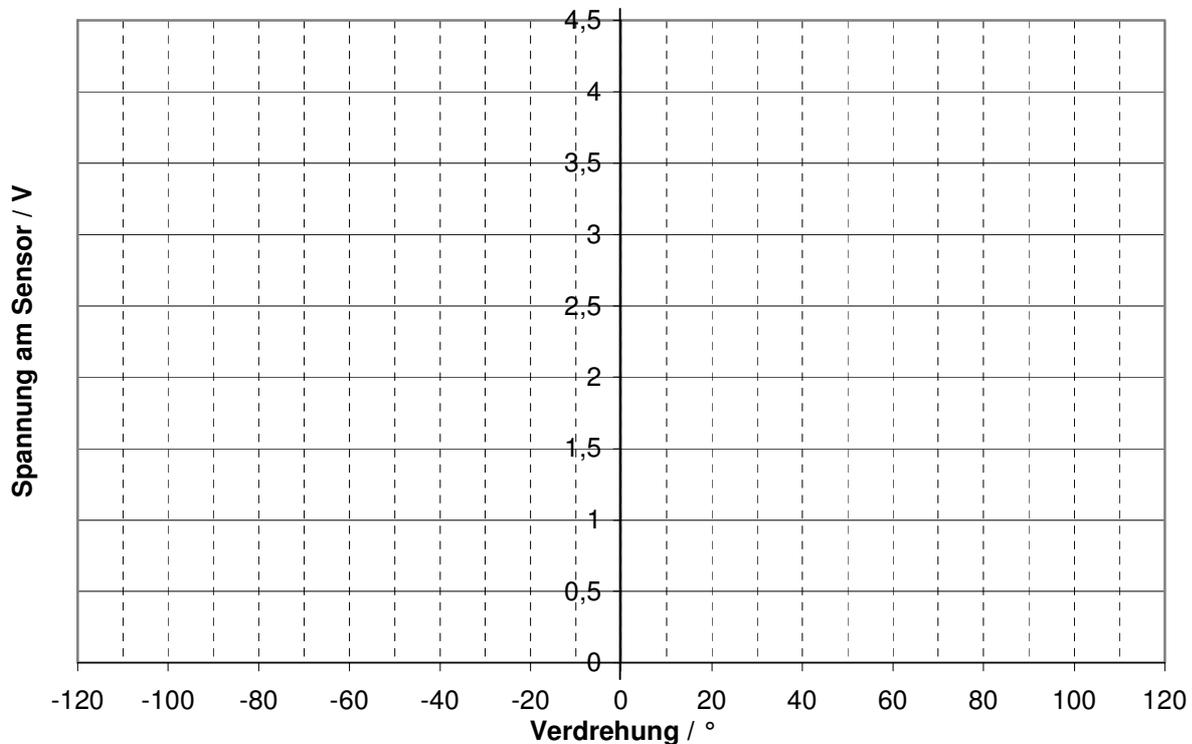


Abb.2: Koordinatensystem zur Auswertung

2. Legen Sie eine Ausgleichskurve durch die Messpunkte und stellen Sie einen funktionalen Zusammenhang auf.
3. Formulieren Sie eine Eigenschaft für linear polarisiertes Licht.

.....

.....

.....

.....

4. Nehmen Sie einen der Polarisationsfilter und blicken Sie damit in den blauen Himmel. Drehen Sie den Filter – was fällt Ihnen auf? Welche Schlüsse können Sie daraus ziehen?

.....

.....

.....

Aufgabe

Im Versuch zur Polarisation haben Sie bereits gelernt, dass Licht eine elektromagnetische Welle ist, die sich in ihren Schwingrichtungen einschränken – polarisieren – lässt. Dabei wurde mit zwei linearen Polarisationsfiltern gearbeitet.

In diesem Versuch lernen Sie kennen, wie Licht durch Doppelbrechung polarisiert wird.

Material

1	Stativfuß	02001.00
2	Stativstange	02037.00
2	Reiter	09851.02
2	Reiter mit Skala	09823.00
4	Blendenhalter	11604.09
1	Lambda/4-Folie	09851.13
2	Polarisationsfilter	09851.14
1	LED-weiß	09852.60
1	Fotodiode	09852.70
1	Netzteil 5V DC	09852.99
1	Störlichttubus	09852.71
1	Störlichttubus f. LED	09852.01

Zusätzlich wird benötigt

1	Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
2	Verbindungsleitung, rot	07362.01
2	Verbindungsleitung, blau	07362.04
	Tesafilm	



Abb. 1: Versuchsaufbau. Die LED mit Tubus ① strahlt auf die an Reiter ② festgeklebte Polarisationsfolie. Auf der Innenseite von ② sitzt die Lambda/4-Folie. Im Reiter ③ ist der 2. Polarisationsfilter (Analysator) aufgenommen. Die Fotodiode ④ misst die verbleibende Intensität des Lichts.

Aufbau

- Bauteile in der Reihenfolge gemäß Abbildung 1 auf die Stativstange setzen. Dabei wird der erste Polarisationsfilter an der Fassung (2) mit Tesafilm festgeklebt, damit er später nicht mehr unbeabsichtigt verdreht werden kann.
- Die Teile werden so nah zusammengerückt, dass der Tubus den ersten Polarisationsfilter berührt und die folgenden Reiter mit den Füßen zusammenstehen.
- Die LED wird am Netzgerät angeschlossen, die Fotodiode mit dem Multimeter verbunden – dabei jeweils auf die richtige Polung achten!
- Fotodiode am Netzgerät anschließen

Durchführung

- Das Netzgerät wird bei parallel eingestellten Polarisationsfiltern so eingestellt, dass die Fotodiode im sensitiven Bereich ist. (Wenn das Stellrad an der Fotodiode ganz nach rechts gedreht ist, wird maximal eine Spannung von etwa 3,9 V gemessen.) Die Lambda-Viertel-Folie wird noch nicht eingesetzt.
- Der Reiter des zweiten Polarisationsfilters wird aus der Schiene genommen nach links auf 100° gedreht. Danach wird er wieder eingesetzt und die Spannung an der Fotodiode wird gemessen und in Tabelle 1 notiert.
- Danach wird der Reiter wieder heraus genommen, der Filter auf 90° gestellt, der Reiter wird wieder eingesetzt und die Spannung an der Fotodiode wird gemessen und notiert.
- Die letzten beiden Schritte werden wiederholt, bis der Polarisationsfilter auf der rechten Seite bei 100° angekommen ist.
- Anschließend wird die Lambda-Viertel-Folie in ihren Reiter gesetzt und auf 0° eingestellt – dabei darauf achten, dass sich die Abstände zwischen den Reitern nicht verändern.
- Der zweite Polarisationsfilter wird wieder nach links auf 100° gedreht und die Messung wird wie oben beschrieben weitergeführt.
- Ist der zweite Polarisationsfilter wieder rechts bei 100° angekommen, so wird die Lambda-Viertel-Folie um 22,5° (so gut es abzulesen ist) nach rechts verdreht.
- Die Messung wird wie oben wiederholt.
- Die Messung wird ebenfalls für die Stellungen 45°, 67,5° und 90° der Lambda-Viertel-Folie wiederholt.

Messergebnisse

Tabelle 1: Messergebnisse

Polfilter [°]	Spannung Fotodiode für verschiedene Stellungen der Lambda-Viertel-Folie [V]					
	ohne $\lambda/4$	$\lambda/4$ bei 0°	$\lambda/4$ bei $22,5^\circ$	$\lambda/4$ bei 45°	$\lambda/4$ bei $67,5^\circ$	$\lambda/4$ bei 90°
-100						
-90						
-80						
-70						
-60						
-50						
-40						
-30						
-20						
-10						
0						
10						
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						

Auswertung

1. Tragen Sie die Messwerte aus Tabelle 1 in das Diagramm (Abbildung 2) ein.

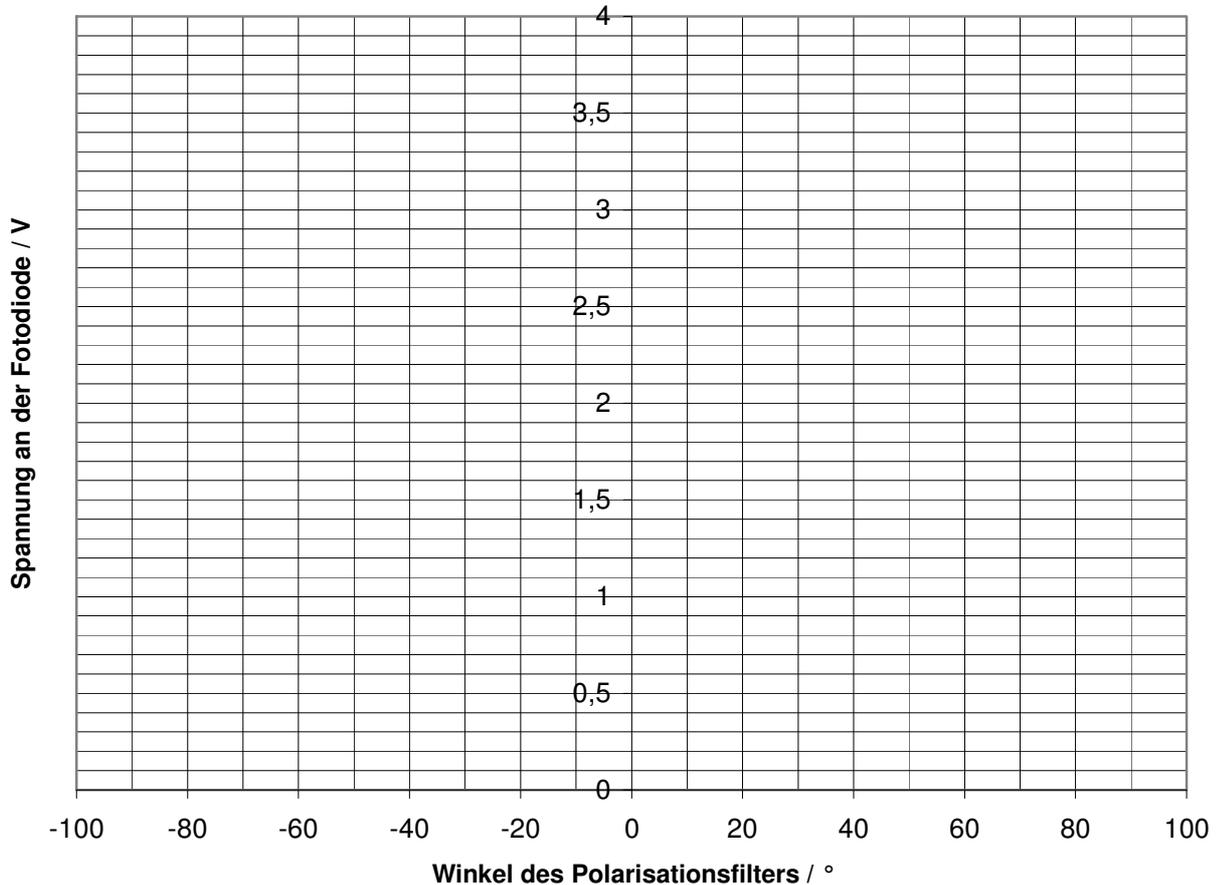


Abb. 2: Graphische Darstellung der Messergebnisse

2. Vergleichen Sie die Messkurven untereinander und stellen Sie Gleichheiten und Unterschiede heraus.

.....

.....

.....

3. Was lässt sich anhand der Messkurven über die Polarisation von Licht sagen? Wie wirkt sich Lambda-Viertel-Folie auf diesen Vorgang aus?

.....

.....

.....

Aufgabe

In Materialien wie dem Kunststofflineal sind Spannungen vorhanden. Mit bloßem Auge kann man diese nicht erkennen. In diesem Versuch lernen Sie eine Methode kennen, die Spannungen sichtbar zu machen.

Material

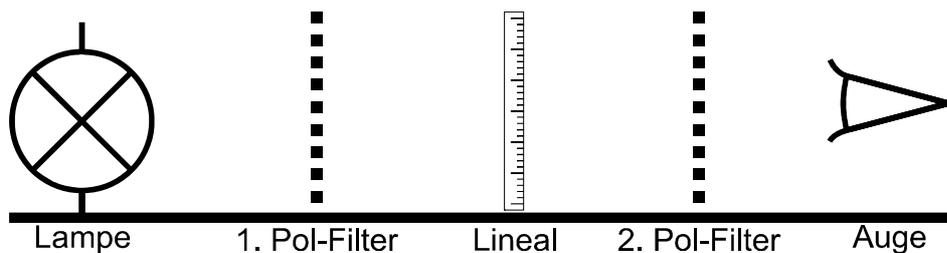
1	Stativfuß	02001.00
2	Stativstange	02037.00
2	Reiter	09851.02
1	Reiter mit Skala	09823.00
3	Blendenhalter	11604.09
2	Polarisationsfilter	09851.14
1	Halogenlampe	09852.00
1	Lineal	09851.04

Zusätzlich wird benötigt

1	Netzgerät geregelt 0 .. 12 V	13505.93
1	Verbindungsleitung, rot	07362.01
1	Verbindungsleitung, blau	07362.04

Aufbau

- Die Halogenlampe wird mit einem Blendenhalter in einem Reiter befestigt und an die Spannungsquelle angeschlossen. Sie Spannung wird auf etwa 5 Volt eingestellt. Der Reiter wird auf die Stativstangen gesetzt.
- Die beiden Polarisationsfilter werden mit den Blenden in einem Reiter befestigt und ebenfalls auf die Stativstangen gesetzt. Der erste Filter wird nah an die Halogenlampe gesetzt, der 2 Filter in einem Abstand von etwa 5 cm.
- Die beiden Polarisationsfilter werden so gegeneinander verdreht, dass bei der Durchsicht das Licht der Halogenlampe nicht mehr zu sehen ist.

**Durchführung**

- Das Lineal wird zwischen die beiden Polarisationsfilter gehalten und etwas bewegt und gebogen. Die Beobachtung wird notiert.

Aufgabe

Erklären Sie die Beobachtung.