

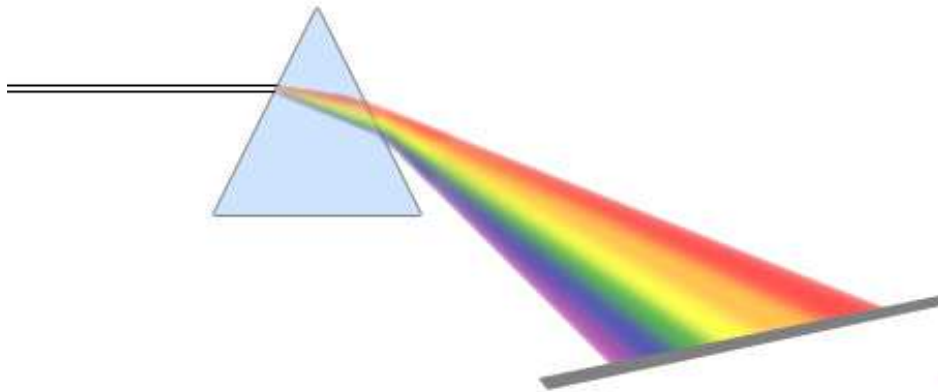
Das Demonstrationsexperiment

WS 2008/09

## Spektralzerlegung von weißem Licht

Stefanie Söllner

29. Oktober 2008



# Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsbeschreibung.....	3
1.1	Materialliste.....	3
1.2	Versuchsaufbau .....	3
1.3	Versuchsvorbereitungen.....	4
1.4	Versuchsdurchführung .....	4
1.5	Mögliche Aufbau- und Bedienfehler.....	5
2	Lernvoraussetzungen.....	5
3	Lernziele.....	6
3.1	Grobziele .....	6
3.2	Feinziele .....	6
4	Bezug zu übergeordnetem Unterrichtsthema .....	7
5	Unterrichtsverfahren.....	7
5.1	Sozialformen .....	7
5.2	Unterrichtsverfahren.....	7
5.3	Motivation/Stundeneinstieg.....	7
5.4	Modifikation bei Schülerversuch .....	8
6	Sicherung der Lernziele .....	8
7	Lernzielkontrollen .....	11
8	Prä- und Misskonzepte .....	11

# 1 Versuchsbeschreibung

## 1.1 Materialliste

- 1 Optische Bank
- 2 Reiter für optische Bank
- 1 Schirm
- 1 Stativstange
- 1 Kreuzmuffe
- 1 Dreifuß
- Experimentierleuchte (Typ 2 von Phywe mit Halogenlampe, 12 V)
- 12 V Wechselspannungsquelle (Typ: Stelltrafo, 12 A)
- Einfachkondensator ( $f=100\text{mm}$ , Durchmesser 45mm)
- Blendenhalter zum Aufstecken auf den Kondensator
- Schlitzblende (0,5mm)
- Optische Scheibe
- 1 Klemmfeder
- Gleichseitiges Plexiglasprisma mit  $60^\circ$  Winkel
- Trapezförmiges Plexiglasprisma mit  $60^\circ$  Grad Winkel
- Geradsichtprisma
- Halterung für Geradsichtprisma auf Reiter

## 1.2 Versuchsaufbau

Auf einer optischen Bank wird auf zwei Reitern eine 12V Experimentierleuchte und ein Schirm montiert. Auf diese Lampe wird eine Sammellinse (Kondensator) aufgesteckt, die den Lichtstrahl bündeln soll. Vor den Kondensator kann ein Blendenhalter aufgesetzt werden, in welchen eine Schlitzblende waagrecht eingesetzt wird.

Auf einem Dreifuß wird über eine Stativstange und eine Kreuzmuffe vertikal eine optische Scheibe angebracht. Auf diese Optische Scheibe kann mit einer Klemmfeder ein Plexiglasprisma aufgebracht werden.

Die Optische Scheibe und die Lampe werden so aufgebaut, dass der Lichtstrahl waagrecht auf die Scheibe trifft und gut kollimiert ist. Die Parallelität des Strahls erreicht man durch Verändern des Abstandes der Glühwendel von der Blende. Hierfür ist die Lampe nicht fest in das Gehäuse (welches fest mit der Linse und der Blende verbunden ist) geschraubt, sondern kann verschoben werden. Bei eingesetztem Kondensator versucht man die Glühwendel in weiter Entfernung möglichst scharf abzubilden. Dann ist der Strahl für den Versuch ausreichend kollimiert.

Das Prisma wird nicht zentral auf die Scheibe geklemmt, sondern so, dass der Lichtstrahl durch eine Ecke mit  $60^\circ$  Winkel geht.

### 1.3 Versuchsvorbereitungen

Vor der Durchführung des Versuchs muss der Raum abgedunkelt werden, da sonst der Lichtstrahl auf der Optischen Scheibe kaum sichtbar ist. Es ist darauf zu achten, dass die Schüler dennoch sehen, was die Lehrkraft an der Optischen Scheibe zeigt.

### 1.4 Versuchsdurchführung

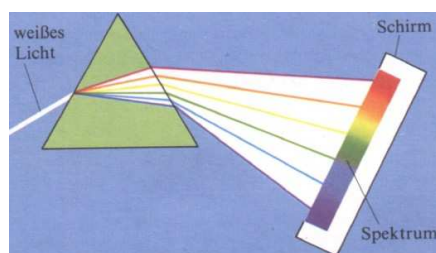
Das Prisma wird folgendermaßen auf die Optische Scheibe geklemmt:<sup>1</sup>



Der Lichteinfall kommt von links. Man erkennt zwei Teilreflektionen und das kontinuierliche Spektrum, in das der Lichtstrahl zerlegt wird.

Im Experiment ist dies nicht so deutlich zu erreichen. Man versucht, das Spektrum auf einem Schirm aufzufangen.

Im Prisma wird der Lichtstrahl zweimal gebrochen. Das erste Mal beim Übergang Luft/Plexiglas wird der Strahl zum Lot hin gebrochen. Bei der zweiten Brechung am Übergang Plexiglas/Luft wird er vom Lot weg gebrochen. Durch diese doppelte Brechung kann man die Zerlegung des Lichtes in die Spektralfarben beobachten.<sup>2</sup>



Da die unterschiedlichen Farbanteile des weißen Lichtes bei den beiden Brechungen unterschiedlich stark gebrochen werden, zeigt sich ein kontinuierliches Spektrum. Das menschliche Auge kann darin die Farbanteile Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett unterscheiden.

Der rote Anteil des weißen Lichtes wird am wenigsten stark gebrochen, der violette Anteil wird am stärksten gebrochen.

<sup>1</sup> Bildquelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:PrismAndLight\\_gespiegelt.jpg](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:PrismAndLight_gespiegelt.jpg)

<sup>2</sup> Bildquelle: <http://www.hggbroich.de/fach/physik/Klasse8/prisma1.jpg>

Durch Drehen der optischen Scheibe kann man die Intensität und somit auch die Sichtbarkeit der Spektralfarben noch verbessern. Auf der Scheibe sieht man den Strahlenverlauf im Prisma.

Für die Schüler in den hinteren Reihen ist es dennoch kaum möglich, die Spektralfarben zu sehen. Deshalb wird nach diesem Versuch das Prisma durch ein trapezförmiges Prisma ersetzt und die Blende entfernt. Hierdurch wird die Intensität des einfallenden Lichtes deutlich erhöht. Dadurch wird das Spektrum größer projiziert und deutlicher sichtbar. Allerdings erhält man durch das Entfernen der Blende eine Überlagerung mehrerer Spaltbilder.

Denselben Effekt kann man durch ein Geradsichtprisma erzielen. Man entfernt die optische Scheibe aus dem Strahlengang und setzt stattdessen eine auf einem Reiter montierte Halterung für das Geradsichtprisma ein und setzt das Prisma ein.

Die Schlitzblende muss nun senkrecht eingesetzt werden. Man erhält dann auf Schirm wiederum ein Spektrum. Entfernt man die Blende, so werden die Spektralfarben so deutlich, dass man sie sogar aus den hinteren Reihen erkennen kann. Allerdings handelt es sich hierbei wieder um die Überlagerung mehrerer Spaltbilder.

## 1.5 Mögliche Aufbau- und Bedienfehler

- Für diesen Versuch ist es sehr wichtig, eine lichtintensive Lampe (am besten eine Graphit-Bogenlampe) zu benutzen und den Raum dementsprechend abzudunkeln. Denn durch die Zerlegung des Lichtstrahls nimmt die Intensität des Farbspektrums deutlich ab.
- Der Lichtstrahl sollte außerdem ausreichend kollimiert sein, da bei einem in das Prisma eingestrahlten Lichtkegel der Strahlenverlauf nicht deutlich wird und das kontinuierliche Spektrum
- Die Klemmfedern zur Befestigung des Prismas sollten so angeordnet sein, dass sie im Versuchsverlauf immer außerhalb des Lichtweges liegen.

## 2 Lernvoraussetzungen

- Wissen, dass Licht sich geradlinig ausbreitet
- Kenntnis des Lichtstrahlmodells
- Kenntnis von Reflexionsgesetz und Brechungsgesetz
- Fähigkeit zur Unterscheidung von optisch dichten und optisch dünnen Medien. Dabei insbesondere Kenntnis, dass Plexiglas optisch dichter ist als Wasser, sowie Kenntnis der Analogie zu Phänomenen mit Wasser.
- Kenntnis des Verhaltens des Lichtes unter Totalreflexion

## 3 Lernziele

### 3.1 Grobziele

- Die Schüler sollen wissen, dass sich weißes Licht aus den Spektralfarben zusammensetzt.
- Die Schüler sollen die Abfolge der Spektralfarben kennen und wissen, dass man diese in einem kontinuierlichen Spektrum beobachten kann.
- Die Schüler sollen einen konkreten Aufbau zur Zerlegung des weißen Lichtes in die Spektralfarben kennen und erklären können.

### 3.2 Feinziele

- Die Schüler sollen den Strahlenverlauf im Prisma kennen. Sie sollen wissen, dass das Licht beim Durchtritt durch das Prisma zweimal gebrochen wird und somit eine relativ starke Brechung erreicht wird.
- Die Schüler sollen wissen, was man unter den Begriffen kontinuierliches Spektrum und Spektralfarbe versteht.
- Die Schüler sollen die Bezeichnungen und die Abfolge der erkennbaren Spektralfarben kennen und einen Versuch erklären können, mit welchem diese sichtbar werden.
- Die Schüler sollen wissen, dass bei der Brechung das weiße Licht in seine Spektralfarben zerlegt wird.
- Die Schüler sollen erkennen, dass der Grund hierfür darin liegt, dass die unterschiedlichen Farbanteile des weißen Lichtes unterschiedlich stark gebrochen werden.
- Die Schüler sollen wissen, dass bei der Zerlegung ein kontinuierliches Spektrum entsteht.
- Die Schüler sollen wissen, dass der rote Anteil des weißen Lichtes bei beiden Brechungen am wenigsten gebrochen wird.
- Die Schüler sollen wissen, dass der violette Anteil bei beiden Brechungen am stärksten gebrochen wird.
- Die Schüler sollen erkennen, dass dies das Grundprinzip für die Entstehung eines Regenbogens ist.

## 4 Bezug zu übergeordnetem Unterrichtsthema

Das Thema wird in der 7. Jahrgangsstufe im Fach Natur und Technik im Themenschwerpunkt Optik behandelt. Diesem Thema geht das Thema Brechung und Totalreflexion voraus.

## 5 Unterrichtsverfahren

### 5.1 Sozialformen

- Unterrichtsgespräch
- Frontalunterricht (Regenbogen)
- Gruppenunterricht (2-er Gruppen bei Schülerversuchen, siehe 5.4)

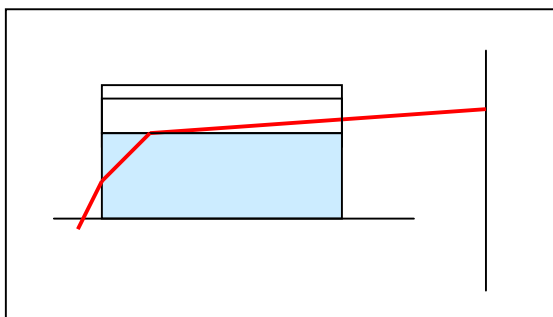
### 5.2 Unterrichtsverfahren

- Fragemethode
- Normalverfahren

### 5.3 Motivation/Stundeneinstieg

Als Motivation wird mit Hilfe eines Overhead Projektors ein Regenbogen an die Wand projiziert. Dies funktioniert folgendermaßen:

Eine Plexiglaswanne wird mit Wasser gefüllt und auf einen Overhead Projektor gestellt. Unter der Wanne wird mit zwei Papierblättern die Projektionsfläche bis auf einen kleinen Schlitz vor der Wanne abgedeckt. Die Spiegel des Projektors müssen geschlossen werden. Hat sich das Wasser beruhigt, wird dort wo (bei normaler Benutzung) das Bild des Projektors erscheinen würde, ein Regenbogen projiziert. Blickt man sich im Raum um, so kann man noch einen weiteren Regenbogen in der Gegenrichtung erkennen. Der Grund hierfür liegt darin, dass das schmale Lichtband des Projektors beim Eintritt in den Wasserbehälter und bei Austritt aus dem Behälter gebrochen wird und hierbei wieder eine Spektralzerlegung stattfindet.<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Bildquelle: [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen/35\\_regenbogen\\_ohne\\_regen.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/35_regenbogen_ohne_regen.pdf)

## 5.4 Modifikation bei Schülerversuch

Dieses Experiment eignet sich sehr gut für Schülerversuche, da dann das Problem der schlechten Sichtbarkeit der Spektralfarben wegfällt.

Im Schülerversuch könnte man folgende Versuche durchführen:

- Lichtzerlegung am Prisma (mit Sonne oder Lampe)
- Lichtzerlegung an einem mit Wasser gefüllten Zylinder (Wasserglas, siehe 7.) oder einer Kugel

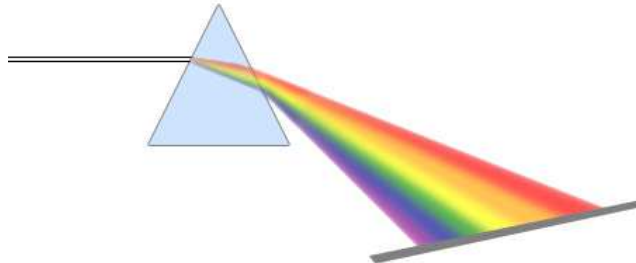
## 6 Sicherung der Lernziele

Die Lernzielsicherung erfolgt auf folgendem Arbeitsblatt:



## Licht ist bunt! – Die Spektralfarben

Beim Eintritt eines Lichtstrahls in ein Plexiglasprisma wird das Licht gebrochen.<sup>4</sup>



Das weiße Licht wird in ein **kontinuierliches Spektrum** zerlegt. Man kann die sogenannten **Spektralfarben** in folgender Reihenfolge beobachten:

**Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau** und **Violett**

Der Grund für diese Zerlegung ist, dass sich das weiße Licht aus allen diesen Farben zusammensetzt und bei der Brechung jede dieser Farben **unterschiedlich stark** gebrochen wird.

**Rot** wird am wenigsten gebrochen. **Violett** wird am stärksten gebrochen.

Genauso wie beim Prisma und wird z.B. auch bei Brechung an Kugeln oder Zylindern das Licht in seine Spektralfarben aufgespalten.

Aus diesem Grund kann in der Natur, wenn die Sonne auf viele Regentropfen (kleine Wasserkugeln) scheint, ein **Regenbogen** entstehen.<sup>5</sup>

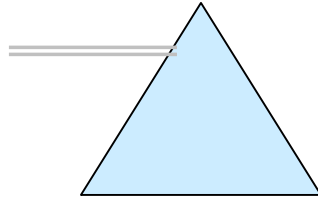


<sup>4</sup> Bildquelle: <http://www.phynet.de/upload/Optik%20-%20Spektrum%20%5BAufspaltung%20ins%20Farbspektrum%5D.jpg>

<sup>5</sup> Bildquelle: <http://www.die-geobine.de/glossar/gif/regenbogen.jpg>

---

Beim Eintritt eines Lichtstrahls in ein Plexiglasprisma wird das Licht gebrochen.



Das weiße Licht wird in ein \_\_\_\_\_ zerlegt. Man kann die sogenannten \_\_\_\_\_ in folgender Reihenfolge beobachten:

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_

Der Grund für diese Zerlegung ist, dass sich das weiße Licht aus allen diesen Farben zusammensetzt und bei der Brechung jede dieser Farben \_\_\_\_\_ gebrochen wird.

\_\_\_\_\_ wird am wenigsten gebrochen. \_\_\_\_\_ wird am stärksten gebrochen.

Genauso wie beim Prisma wird z.B. auch bei Brechung an Kugeln oder Zylindern das Licht in seine \_\_\_\_\_ aufgespalten.

Aus diesem Grund kann in der Natur, wenn die Sonne auf viele Regentropfen (kleine Wasserkugeln) scheint, ein \_\_\_\_\_ entstehen.



## 7 Lernzielkontrollen

Zum Einstieg in die Abfrage wird dem Schüler die Frage gestellt:

### **Welche Farbe hat Licht?**

Möglicherweise in Form einer kleinen Geschichte:

Uli und Paul streiten sich welche Farbe das Licht hat. Uli ist der Meinung, Licht ist gelb, Paul sagt Licht ist durchsichtig. Was sagst du dazu?

Der Schüler soll dann seine These „Licht ist bunt“ anhand der letzten Stunde näher erläutern und einen Versuchsaufbau zum Beweis erklären.

Für eine Transferfrage wird ein mit Wasser gefülltes Becherglas vorbereitet. Der Schüler soll den Zusammenhang zur letzten Stunde herstellen und erklären (und wenn möglich auch durchführen), wie mit diesem Glas das Sonnenlicht in seine Spektralfarben zerlegt werden kann. (Hierfür ist natürlich Sonnenschein und ein Fenster mit direkter Sonneneinstrahlung notwendig. Falls nicht vorhanden, kann die Sonne durch eine Experimentierleuchte ersetzt werden.)

## 8 Prä- und Misskonzepte

Möglicherweise denken die Schüler, die Aufspaltung des Lichtes in die Spektralfarben entsteht nicht durch die Brechung, sondern ist eine Verfärbung des weißen Lichtes, die z.B. durch das Plexiglasprisma selbst hervorgerufen wird. Um diese Annahme zu widerlegen könnte man statt dem weißen Licht den Strahl erst durch einen Farbfilter und dann in das Prisma schicken. Das Licht ist dann monochromatisch und wird deshalb nicht in Spektralfarben zerlegt.