

## Die „phänomenale Schatzkiste“ – Experimente zur Optik

Schon früh lernt man in der Schule, dass Licht sich geradlinig ausbreitet. Doch mit Hilfe verschiedener Gegenstände kann man den Lichtweg beeinflussen: ein Spiegel reflektiert Licht, ein Prisma ändert die Ausbreitungsrichtung und eine Linse bündelt es. Die verschiedenen Farbanteile des Lichts werden dabei nicht immer gleich stark beeinflusst. Mitunter werden einige Farben sogar vollständig zurückgehalten, wie z.B. in einem Farbfilter.

### Das Prisma – Licht geht „um die Ecke“

**Die Physik** - Trifft das gebündelte Licht z.B. einer Leuchtdiode (LED) auf die Seitenfläche eines Prismas, so wird es dort *gebrochen* (s. Abb. 1). Wie stark das Licht abgelenkt wird, hängt von dem Material des Prismas und dem *brechenden Winkel*  $\varepsilon$  ab. Bei Glasprismen wird das Licht beim Eintreten zum Lot hin gebrochen. Im

**Brechung:**

Beim Übergang von einem optisch dünneren Medium (z.B. Luft) zu einem optisch dichteren (z.B. Glas) wird Licht zum Lot hin gebrochen, im umgekehrten Fall vom Lot weg.

Prisma selbst bereitet es sich geradlinig aus, bis es auf die andere Seite trifft und dort erneut abgelenkt wird, diesmal vom Lot weg. Auf diese Weise kann man sozusagen „um die Ecke“ leuchten.

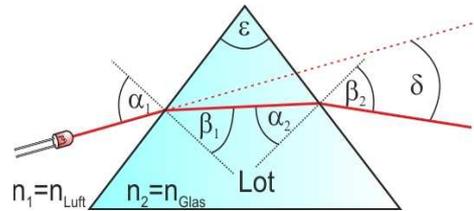
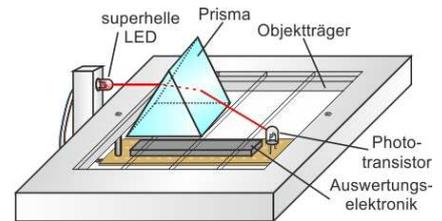


Abb. 1: Lichtbrechung im Prisma

Auf diese Weise kann man sozusagen „um die Ecke“ leuchten.

**Der Aufbau** – Das Licht einer superhellen LED wird durch ein Prisma noch unten abgelenkt. Der Boden der Halterung hat in der Mitte einen Ausschnitt, der von Objektträgern, wie man sie bei Mikroskopen verwendet, überdeckt ist, sodass das Licht nach unten auf die Auswertungs-elektronik fällt. Hat man das passende Prisma gewählt und an der richtigen Stelle positioniert, dann wird das Licht gerade so gebrochen,



**Für Fortgeschrittene:**

Die Brechung kann mit dem Snelli-us'schen Brechungsgesetz

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

auch vorausberechnet werden.  $n_1$  und  $n_2$  sind materialabhängige Konstanten, die angeben, wie schnell sich das Licht in dem Medium bewegt.

Die Gesamtablenkung  $\delta$

$$\delta = \alpha_1 - \beta_1 + \alpha_2 - \beta_2 = \alpha_1 + \beta_2 - \varepsilon \quad (2)$$

kann mit (1) auch nur mit dem Einfallswinkel  $\alpha_1$ ,  $\varepsilon$  und  $n_1$  und  $n_2$  und geschrieben werden.

das es auf den Phototransistor (PT im Schaltplan) trifft. Dieser wandelt das Licht in eine Spannung um. Ist die Intensität des Lichtes hoch genug, d.h. trifft es den Phototransistor vollständig, so reicht

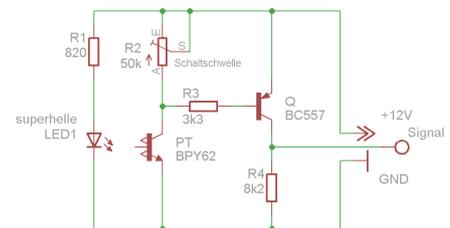
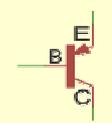


Abb. 2: Das Prisma-Schloss und der Schaltplan der Auswertungs-elektronik

die Spannung aus um einen Transistor (Q) durchzuschalten. Am Signalausgang (Pin 2 am Stecker) liegt dann eine

**Transistor als Schalter:**

Nur wenn zwischen der Basis (B) und dem Emitter (E) ein Strom fließt, fließt auch zwischen Emitter und Collector (C) ein Strom, der dann sogar verstärkt ist.



Spannung (+12 V) an, die benutzt wird, um das Schloss freizuschalten. Mit dem Potentiometer (R2) kann die Empfindlichkeit dieses „optischen Schalters“ eingestellt werden.

### Die Linse – Licht wird gebündelt

**Die Physik** - Auch eine Linse bricht das Licht. Dadurch, dass ihre Oberflächen in der Regel gewölbt sind, wird ein Bündel aus Lichtstrahlen dabei fokussieren oder aufgeweitet. Für ersteres werden sog. *Sam-mellinsen* verwendet, deren Oberflächen beide nach außen gewölbt (*konvex*) sind. Dadurch treffen sich alle Lichtstrahlen, die parallel zur

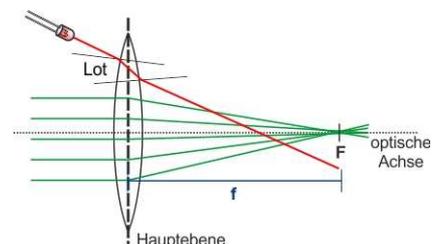
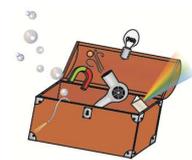
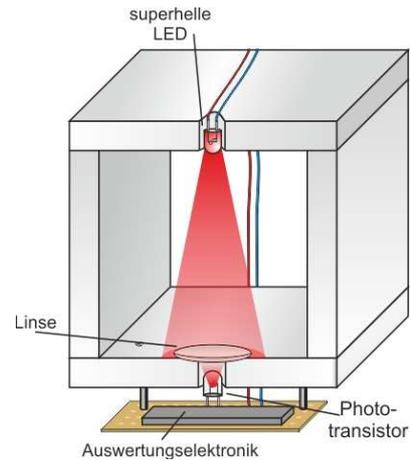


Abb. 3: Lichtbrechung an einer Linse



sog. *optischen Achse* einfallen (grün im nebenstehenden Bild), in einem Punkt, dem *Brennpunkt F*.

**Der Aufbau** – Auch für dieses Experiment wird eine superhelle LED verwendet, die direkt auf einen Phototransistor (PT) gerichtet ist. Da das Licht einer LED allerdings nicht, wie vereinfachend in Abb. 2 dargestellt, ein einzelner Strahl, sondern nur schwach gebündelt ist, ist der Lichtkegel unten relativ breit. Die Empfindlichkeit der Auswertungselektronik (s. Abb. 5) ist mit Hilfe des Potentiometers (R2) so eingestellt, dass das Licht nicht ausreicht, um das Schloss freizuschalten. Man



muss es also zunächst wieder bündeln. Um die Schwierigkeit zu erhöhen, wird das

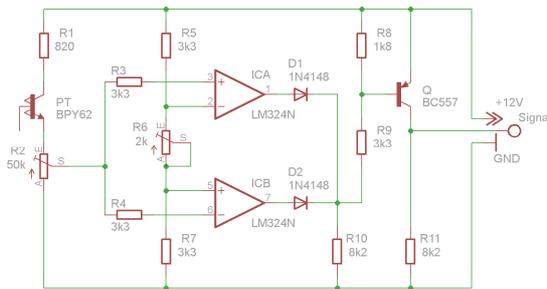


Abb. 5: Ein Fensterdiskriminator mit einstellbarer Helligkeit

Schloss diesmal auch nur dann freigeschaltet, wenn die Helligkeit des Lichtes in dem richtigen Bereich liegt, d.h. die Linse darf weder zu schwach noch zu stark fokussieren. Dazu wird die Spannung des Phototransistors mit Hilfe der beiden Komparatoren (ICA und ICB) mit zwei festen Werten verglichen. Dieser werden mit dem zweiten Potentiometer (R6) eingestellt werden. Ist die Spannung des Phototransistors größer als der Vergleichswert an Pin 2, so wird der Ausgang von ICA aktiviert (untere Schranke). ICB produziert ein Signal, wenn die Spannung kleiner als der Vergleichswert an Pin 5 ist (obere Schranke). Nur wenn aus beiden Ausgängen ein Signal kommt, wird der Transistor (Q) durchgeschaltet und an Pin 2 des Steckers liegt wieder eine Spannung

**Komparator:**  
Wenn Wert1 größer als Wert2 ist, wird der Ausgang Q aktiviert und erzeugt ein Signal.

an, die das Schloss freigibt.

## Das Farbfiler – Licht ändert die Farbe

**Die Physik** – Das Licht der Sonne nehmen wir als weiß war. Betrachtet man es jedoch z.B. durch die

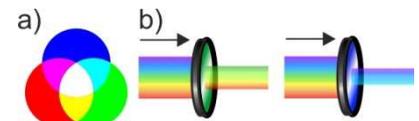


Abb. 6: a) Additive Farbmischung und b) die Funktion eines Farbfilters

**Für Fortgeschrittene:**  
Die „Farbe“ des Lichts kann auch mit der Wellenlänge  $\lambda$  angegeben werden. Für Menschen sichtbar sind Wellen mit  $\lambda$  zwischen ca. 360 nm (blau) bis 780 nm (rot). Licht verschiedener Wellenlängen sieht nicht nur anders aus, sondern wird auch unterschiedlich stark gebrochen: Je kürzer die Wellenlänge ist, desto stärker wird es abgelenkt

man es jedoch z.B. durch die Seitenflächen eines Prismas oder durch die Tropfen eines Regenschauers, so sieht man deutlich alle „Regenbogenfarben“. Das Licht besteht also aus verschiedenen Farbanteilen, die nur zusammen weiß ergeben, wie in Abb. 6 zu sehen ist. So enthält z.B. auch das Licht einer roten LED gelbe und grüne Anteile, allerdings sind diese deutlich schwächer als der rote. Manche Materialien haben die Eigenschaft, bestimmte Farben zu blockieren, wenn sie durchleuchtet werden. Schaut man z.B. durch einen grünen Farbfiler, so werden die blauen und roten Anteile weitestgehend zurückgehalten und alles scheint gelb-grünlich zu sein. Da Farbanteile fehlen nimmt dabei auch die Intensität des Lichtes ab, d.h. alles erscheint dunkler.

**Der Aufbau** – Dieses Schloss und die Auswertungselektronik ist genauso konstruiert wie das Experiment mit der Linse, nur das jetzt der richtige Farbfiler gewählt werden muss: Der blaue blockiert das Licht vollständig, während der grüne noch größere Anteile hindurchlässt.

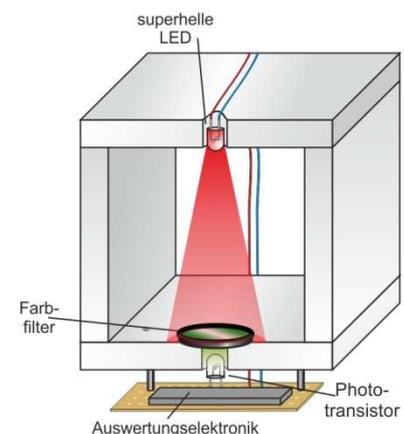


Abb. 7: Schnitt durch den Aufbau

Weitere Informationen zu „Jugend forscht“, der Schule und den Aktivitäten der AG unter: