

Experiment des Monats: Die rotierende (Farb-)Scheibe

Thomas Braun und Udo Backhaus

Universität Duisburg-Essen, Universitätsstrasse 2, 45117 Essen

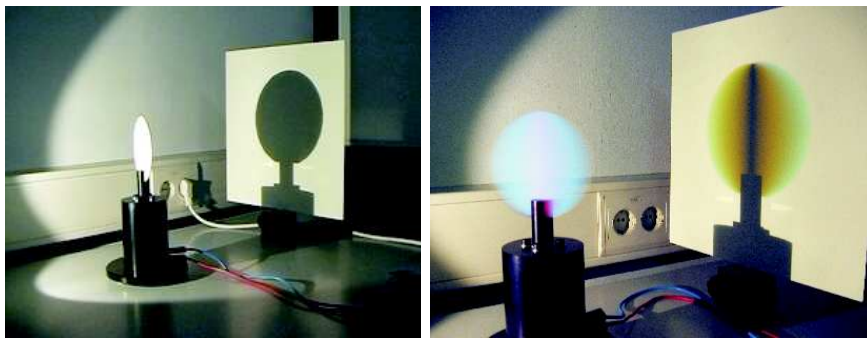


Abbildung 1: Ruhende (links) und schnell rotierende (rechts) Scheibe bei Beleuchtung mit weißem Licht. (evtl. link auf VIDEO).

Im Rahmen unseres „Laboratoriums für offenes Experimentieren“, in dem LehrerInnen und Studierende forschungsähnliche Experimentiersituationen erfahren sollen, suchen wir physikalische Phänomene, die sich für offene Untersuchungen eignen. Den TeilnehmerInnen wird ein natürlicher oder künstlich inszenierter Vorgang zunächst als „Ausgangsphänomen“ vorgeführt. Er soll sie dazu veranlassen, selbst Fragestellungen zu entwickeln und eigene Untersuchungen zu planen und durchzuführen. Um auf Fragen und Anregungen der TeilnehmerInnen angemessen zu reagieren zu können, sollte sich der Lehrende selbst sehr gut mit dem Phänomen auskennen. Aus diesem Grund beschäftigen wir uns zunächst selbst sehr genau mit den Phänomenen, um Vorstellungen darüber zu entwickeln, welche Aspekte es bietet, welche unterschiedlichen Zielvorstellungen eventuell entwickelt werden und welche Experimentierideen entstehen können.

Eines der Phänomene, welches wir in diesem Zusammenhang einsetzen, soll hier vorgestellt werden:

Eine um die vertikale Symmetrieachse drehbare kreisrunde Scheibe wird von einer für den Betrachter nicht unmittelbar sichtbaren Lichtquelle oder von einem Beamer mit weißem Licht beleuchtet und wirft einen Schatten auf einen dahinter stehenden weißen Schirm (Abb. 1). Wenn die Scheibe von einem Elektromotor in eine Drehbewegung zunehmender Frequenz um ihre vertikale Achse versetzt wird, werden sowohl auf der Scheibe als auch auf dem Schirm ständig wechselnde Farberscheinungen sichtbar.

Das Prinzip dieses Phänomens scheint zunächst leicht durchschaubar zu sein: Das weiße Licht der Lampe könnte durch schnell wechselnde Überlagerung verschieden farbiger Beleuchtung zustande kommen, die z. B. durch eine rotierende Farbscheibe erzeugt werden könnte. Dennoch kann das Phänomen viele Fragen aufwerfen, zum Beispiel:

- Wie kann man die Zusammensetzung des weißen Lichts aus verschiedenen Farben nachweisen? Wie viele Farben werden überlagert? Mit welcher Frequenz?

- Wie erzeugt die Lampe, wie der Beamer das weiße Licht?
- Wie hängen die beobachteten Farben mit der Frequenz des Farbwechsels und der Drehzahl der Scheibe zusammen? Bei welchen Frequenzen entstehen stationäre Farbeindrücke?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen den beobachteten Farben auf der Kreisscheibe und den Farben auf dem Schirm?

Die Tatsache, dass die Scheibe mit einer schnellen Abfolge farbigen Lichts beleuchtet wird, lässt sich zum Beispiel mit einer Digitalkamera nachweisen: Bei kurzer Belichtungszeit zeigen Fotos, trotz der Beleuchtung mit "weißem" Licht, den Aufbau mal in blauem, mal in grünem Licht (Abb. 2) zeigt zwei Fotos des Aufbaus bei Beleuchtung mit "weißem Licht" der Lampe.

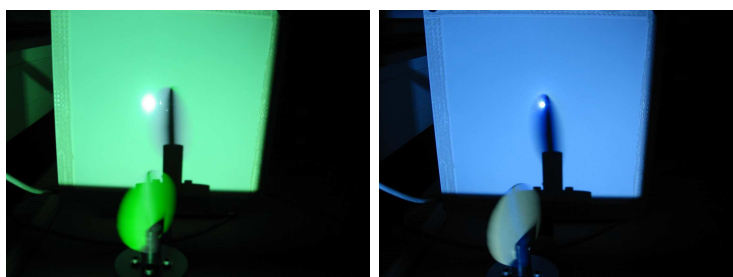


Abbildung 2: Nachweis der Farbaufspaltung durch Fotos mit einer Digitalkamera. Die Belichtungszeit und die Beleuchtungszeit einer Grundfarbe liegen in gleicher Größenordnung.

Die Färbungen von rotierender Scheibe und Schatten auf dem Schirm erweisen sich als maßgeblich von der Drehzahl der Scheiben abhängig. So zeigen Messungen mit einem Stroboskop, dass Scheibe und Schatten in vielen bunten, von außen nach innen wechselnden Farben erstrahlen, wenn die Frequenz rotierende Scheibe etwa halb so groß ist wie die des Farbwechsels (Abb. 3, links). Stimmen beide Frequenzen ungefähr überein, wechseln die Farben periodisch zwischen Orange- und Türkistönen (Abb. 3, rechts). Wie kommt es gerade zu diesen Farbtönen?

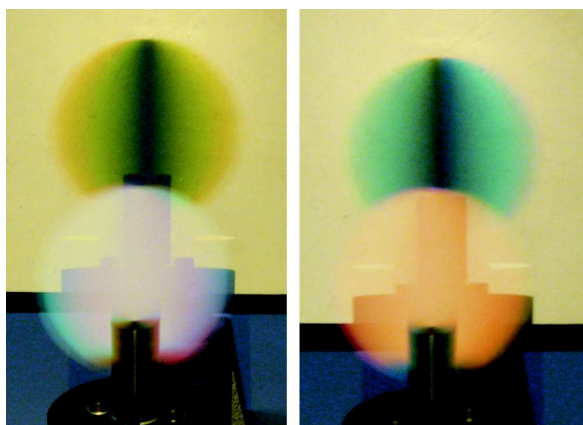


Abbildung 3: Unterschiedliche Färbung bei halber (links) und mit dem Farbwechsel übereinstimmender Frequenz.

Ein weiteres interessantes Phänomen wird in der Regel nur wahrgenommen, nachdem die Theorie des Versuchs ganz verstanden worden ist: Betrachtet man die rotierende Scheibe aus verschiedenen Richtungen,

dann verändert sich ihre Farbe. Betrachtet man die Scheibe zum Beispiel senkrecht zur Beleuchtungsrichtung, dann erscheint sie in derselben Färbung wie der Schatten (Abb. 4).

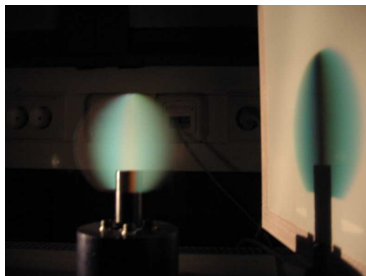


Abbildung 4: Von der Seite gesehen hat die Scheibe die gleiche Färbung wie das projizierte Schattenbild auf dem Schirm.

Manche der beobachtbaren Phänomene, wie die Zusammensetzung des weißen Lichts und die Farbentstehung auf Scheibe und Schirm, lassen sich bereits durch einfache Überlegungen und Experimente verstehen. Andere Aspekte, wie beispielsweise die Abhängigkeit der Scheibenfärbung von der Blickrichtung oder die zeitlichen und örtlichen Farbverläufe auf Scheibe und Schirm erfordern erheblich komplexere Überlegungen und Untersuchungen. Die Theorie sei hier nur kurz angedeutet: Stellt man die Rotation der Scheibe dadurch dar, dass man die Projektion eines Randpunktes als Funktion der Zeit in ein Diagramm zeichnet und die jeweilige Farbe der Beleuchtung veranschaulicht, dann äußert sich eine Änderung der relativen Phase zwischen Farbwechsel und Drehung durch eine zeitliche Verschiebung der Farbintervalle. Die Änderung des Blickwinkels hat dagegen eine Phasenverschiebung der Projektionskurve zur Folge. Stellt man die Blickrichtung in diesem Diagramm durch eine horizontale Linie dar, dann lässt sich die (zeitlich gemittelte) Färbung eines bestimmten Punktes auf Scheibe und Schirm ablesen, indem die Farbanteile unter der Kurve (für die Scheibe) bzw. oberhalb der Kurve (für den Schatten) aufaddiert werden (Abb. 5).

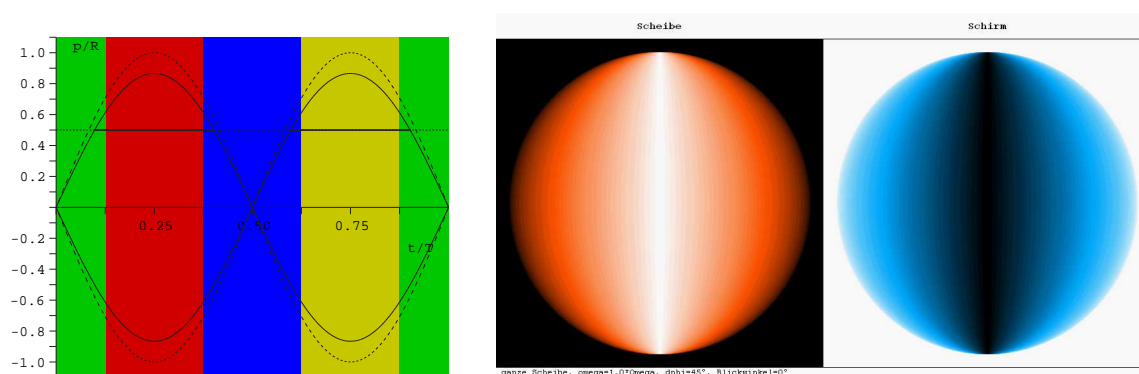


Abbildung 5: Die Rotation der Scheibe, dargestellt als zeitliche Veränderung der Projektion des Randes (links). Daneben die zugehörigen Färbungen von Scheibe (Mitte) und Schatten (rechts).

In jedem Fall können die Teilnehmerinnen und Teilnehmer an diesem Phänomen in vielerlei Hinsicht Anreize für „physikalische Forschung“ finden.

Weitere Informationen findet man unter <http://www.didaktik.physik.uni-due.de/forschung/lofex/lofex.html>