




## Farben


### Übersicht

- 1  **Ein paar interdisziplinäre Betrachtungen und etwas Polemik** (1. Lektion)
 

Die Folien zum Vortrag sind auf den Seiten 2 und 3 abgedruckt. Sie machen ergänzende Notizen sind.
  
- 2  Demonstration von **Schlüsselexperimenten zur Natur des Lichtes** (Zi 161, 2. Lektion)
 

Diese Experimente protokollieren Sie während den Demonstrationen kurz in Form von Skizzen.
  
- 3  **Verarbeitung, Festigung, Rekapitulation** des Gehörten und Gesehenen (3. Lektion, Zi 254)
 

Die folgenden Fragen oder Hinweise sollen helfen, Schwerpunkte zu setzen.

  - a) Versuchen Sie auf Grund der polemischen Texte die Kritik von Goethe an Newton, resp. an den Wissenschaften in Ihren eigenen Worten auszudrücken.
  - b) Sie sind mit dem Inhaltsverzeichnis zu Goethes Farbenlehre vertraut, denn es ermöglicht Ihnen, den Farbphänomenen eine grobe Struktur zu geben.
  - c) Sie haben in Ihren Unterlagen sowohl das Newtonsche Spektrum (Prismaversuch 1, Aufgabe 5 Seite 4) als auch das Goethesche Spektrum (Prismaversuch 2) aufgezeichnet. (Sie können die Prismaversuche auch mit den Folienkopien, Seite 3, wiederholen.)
  - d) Die Besonderheit der Farbe Purpur ist Ihnen bekannt.
  - e) Sie kennen Experimente zum Nachweis der Newtonschen Entdeckung, dass das weisse Licht sich aus farbigen Lichtern zusammensetzt. Lesen Sie dazu auch die Aufzeichnungen Newtons auf Seite 4.
  - f) Sie sind fähig, Gründe (Beobachtungen, Modelle, Erklärungen) für den Wellencharakter des Lichtes anzugeben.
  - g) Sie sind fähig drei verschiedene einfache Experimente zur Sichtbarmachung der Spektralfarben des Lichtes durchzuführen.
  - h) Sie kennen die Bedeutung der Begriffe Strichgitter, Beugung, Doppelspalt, Huygensche Elementarwelle, Komplementärfarbe, Purpur, konstruktive und destruktive Interferenz, Prisma, Spektralfarben.
  
- 4  Zur Probe von nächster Woche beachten Sie den Kasten rechts.

Probe, Teil We:

Statistik: Seiten 1 bis 4 (also ohne Regression) eine Zusammenfassung der statistischen Formeln wird aufgeschrieben.

Farben: Aufgaben 1 – 15. Schwerpunkte gemäss Aufgabe 3.

Kopien der Folien 2-5

Kopien der Folien 6-9

## 2. Lektion: Schlüsselexperimente zur Natur des Lichtes

### 5 Newton: Das weisse Licht der Sonne ist aus farbigen Lichtern zusammengesetzt.

Diese These Newtons stützt sich auf drei Experimente ab, die vorgeführt werden. Protokollieren Sie mit Hilfe der Zeichnungen rechts. Newton beschreibt diese Experimente in seinem Werk *Opticks*, 1672:

**[1]** In einem dunklen Zimmer legte ich ein Glasprisma vor eine runde, etwa 1/3 Zoll (1 Zoll  $\approx$  2.5 cm) breite Öffnung die ich in den Fensterladen gemacht hatte. Die brechende Kante dieses Prismas stand senkrecht zu den einfallenden Strahlen. Um diese Kante drehte ich das Prisma langsam in ein und derselben Richtung und sah dabei an der Wand das farbige Sonnenbild auf- und absteigen.

**[2]** Als das Bild zwischen dem Auf- und Absteigen still zu stehen schien, hielt ich an und befestigte das Prisma in dieser Stellung so, dass es sich nicht mehr bewegen konnte. Da aber das Bild, wie das Experiment zeigte, nicht rund sondern fünfmal so lang als breit war, müssen die nach dem oberen Ende des Bildes fallenden Strahlen stärker gebrochen werden als die, welche zum unteren Ende gelangen.

**[3]** Das Bild war nun farbig, und zwar an dem weniger gebrochenen Ende rot, am stärker gebrochenen Ende violett, dazwischen aber gelb, grün und blau. Es sieht daher so aus, als ob Licht verschiedener Farbe verschieden stark gebrochen wird.

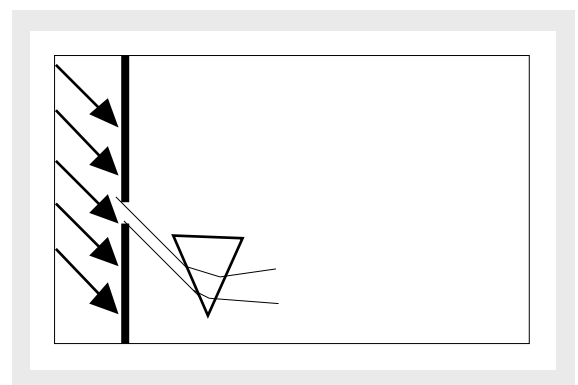
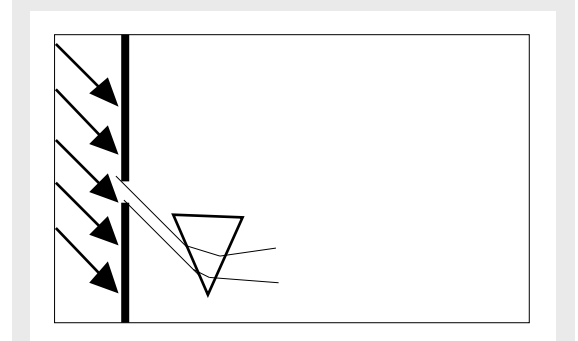
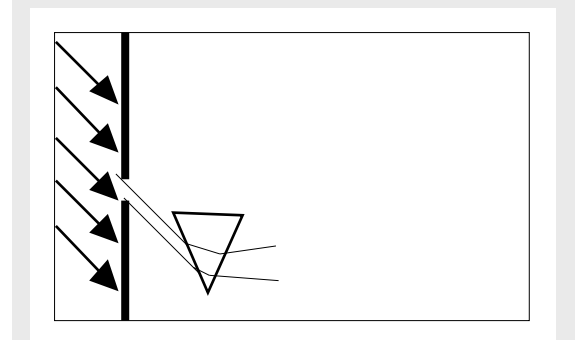
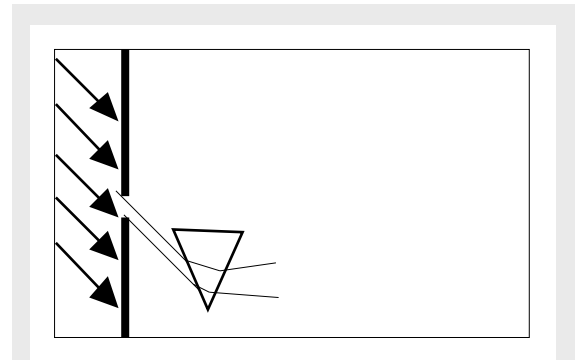
**[4]** Das Spektrum des Sonnenlichtes falle jetzt auf eine grosse Linse, welche das farbige vom Prisma her divergierende Licht konvergent macht und in der Nähe des Brennpunktes vereinigt. Dort falle das Licht senkrecht auf ein weisses Papier.

**[5]** Bewegt man nun dieses Papier vor- und rückwärts, so wird man bemerken, dass näher an der Linse das ganze Spektrum intensiv gefärbt auf dem Papier erscheint, dass aber bei grösserer Entfernung von der Linse die Farben einander immer näher kommen und durch Vermischung kontinuierlich undeutlich werden, bis sie schliesslich ganz verschwinden und das gesamte Licht auf dem Papier in der Nähe des Brennpunktes als kleiner, weisser Kreis erscheint.

**[6]** Nachher, wenn das Papier noch weiter von der Linse entfernt wird, werden sich die vorher konvergenten Strahlen kreuzen und von da aus divergieren und die Farben wieder erscheinen lassen, aber in umgekehrter Folge.

Die einzelnen Farben, die durch die Zerlegung des Prismas entstehen, nennen wir **Spektralfarben**. Das gesamte Bild des „zerlegten Lichtes“ ist das **Spektrum**. Die Regenbogenfarben sind auch Spektralfarben des Sonnenlichtes.

### 6 Wird aus dem Spektrum des weissen Sonnenlichtes eine Farbe „herausgenommen“, so ergeben die restlichen Spektralfarben zusammen deren **Komplementärfarbe**.



7 **7** Im Schulzimmer steht eine **brennende Kerze**. Was beobachten Sie, wenn Sie die Kerze mit zugekniffenen Augen betrachten?

Kerze mit zugekniffenen Augen betrachtet:

8 **8** Betrachten Sie die Kerzenflamme durch eine **Vogelfeder** hindurch!

Kerze durch eine Vogelfeder betrachtet

9 **9** Ein Laserstrahl zündet durch ein sehr feines Linienmuster (**Strichgitter**) hindurch. Wie sieht das Lichtmuster (**Beugungsmuster**) auf einem Schirm dahinter aus?

Beugungsmuster eines Laserstrahles nach einem feinen Strichgitter:

10 **10** Nun lassen wir einen Laserstrahl durch ein Doppelfenster mit schmalen Öffnungen (**Doppelspalt**) hindurch zünden. Welches Lichtmuster ist zu erwarten?

Beugungsmuster eines Laserstrahles an einem Doppelspalt

Wie sieht das Muster effektiv aus?

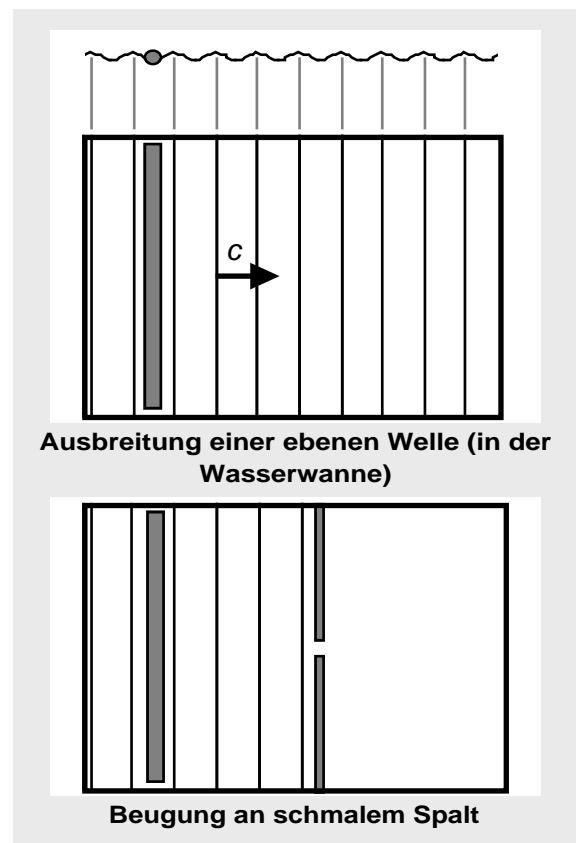
11 **i** Um die (vielleicht überraschende) Beobachtung am Doppelspalt verstehen zu lernen, betrachten wir nun die Ausbreitung von Wasserwellen in der Wellenwanne und experimentieren mit Hindernissen.

12 **i** Beobachtungen wie die obigen brachten **Christiaan Huygens** (1629 – 95) dazu, das heute nach ihm benannte Prinzip zu postulieren:

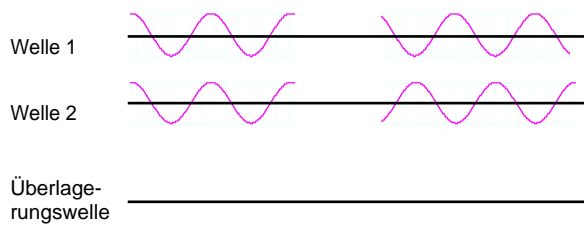
**Huygensches Prinzip:**

**Jeder Punkt, der von einer Welle getroffen wird, kann als Ausgangspunkt einer Elementarwelle angesehen werden. Durch das Zusammenwirken vieler Elementarwellen entsteht eine neue Wellenfront, die man geometrisch als Einhüllende der Elementarwellen konstruieren kann.**

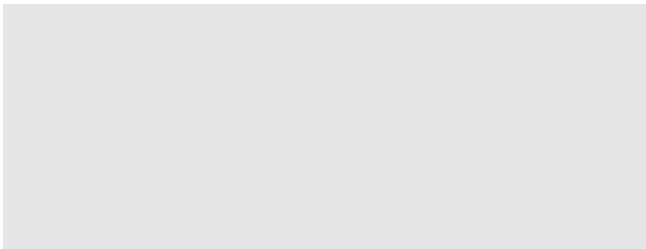
13 **13** Wir kommen nun zur entscheidenden Beobachtung in unserem Zusammenhang: Wir bauen in der Wasserwanne eine durchgehende Absperrung mit zwei schmalen Durchgängen (**Doppelspalt**).



- 14 ? Zur Erklärung obiger Beobachtung müssen wir die **konstruktive** und **destruktive Interferenz** verstehen:



- 15 ? Zurück zum Doppelspaltexperiment: Was lernen wir also aus dem Beugungsmuster des Laserlichtes?



- 16 👁 Eine frisch **geschmirgelte Zinkplatte** wird auf ein Elektroskop gesteckt. Die Zinkplatte wird positiv oder negativ elektrisch geladen; das Elektroskop zeigt jeweils diese Ladung an. Die geladene Platte wird auf unterschiedliche Art mit Licht bestrahlt: Entweder mit Licht vom Diaprojektor oder mit dem Licht der Bogenlampe; direkt oder durch eine Fensterglasscheibe hindurch.

Protokollieren Sie diese Versuche und die Ergebnisse. Wie können diese Ergebnisse gedeutet werden?

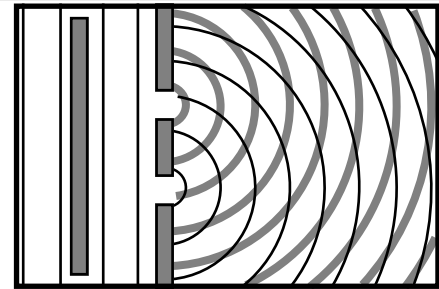
- 17 ⓘ Zur **Interpretation**: Im Leitprogramm **Strom aus Licht - Photovoltaik** der ETH kann man Folgendes nachlesen: Die Beobachtungen, die Sie gemacht haben, erlauben folgende Interpretation. a) Das Entladen des Elektroskops zeigt an, dass die Zinkplatte ihren Elektronenüberschuss verliert. Durch die Bestrahlung mit Licht werden also Elektronen aus der Platte herausgelöst.

Der Effekt tritt bei Zink nur mit UV auf. Die Glasplatte zwischen der Zinkplatte und der Lampe verhindert ihn. Dies zeigt, dass der Effekt von der Wellenlänge des Lichts abhängt. Fensterglas lässt nämlich ultraviolettes Licht nicht durch.

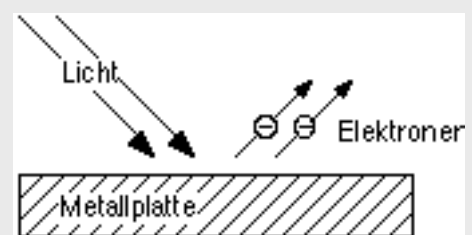
Diese experimentellen Tatsachen stehen in deutlichem Widerspruch zu dem, was auf Grund der Wellentheorie erwartet würde: Wenig Licht bedeutet wenig Energiezufuhr. Bei schwachem Licht dürften bloss noch ganz langsame Elektronen austreten. Unterhalb einer materialabhängigen Grenze vermöchte schwaches Licht keine Elektronen mehr herauszulösen.



Beugung am Doppelspalt



Zur Interferenz (Überlagerung) von Wasserwellen am Doppelspalt



Der äussere Photoeffekt.

**Die Wellentheorie des Lichts kann den äusseren Photoeffekt nicht erklären.**

**Licht „besteht“ aus Energieportionen, man nennt diese Photonen.**