

Referent: Schuller, Wolfgang
Dozent: Dr. Wilhelm, Thomas
Datum: 02. 11. 2006

Staatsexamen Physik (Unterrichtsfach) / Fachdidaktik

(Einzelprüfungsnummer 44019)

Prüfungstermin Frühjahr 2005, Thema Nr. 1

Optik und Sehen

Aufgaben:

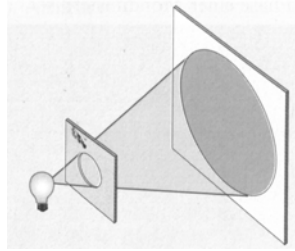
1. Beschreiben sie zwei Schulversuche, anhand derer das in der geometrischen Optik verwendete Strahlenmodell erarbeitet werden kann!
2. Erstellen sie ein Tafelbild, das die Aspekte des Sehens eines Gegenstandes zum Inhalt hat!
3. Diskutieren sie, inwiefern eine Lochkamera als sehr einfaches Modell für den Aufbau und die Funktion des menschlichen Auges dienen kann!
4. Für ein Lehrerdemonstrationsexperiment zum Aufbau und zur Funktion des Auges stehen Linsen verschiedener Brennweiten, eine verstellbare Blende, ein Projektions-
schirm, ein leuchtendes Objekt und Stativmaterial zur Verfügung.

Beschreiben sie anhand einer Skizze ein solches Experiment und erläutern sie, welche Lerninhalte damit erarbeitet werden können!

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 1:

Das Lichtstrahlenmodell wird in der geometrischen Optik zur Beschreibung optischer Erscheinungen wie Reflexion, Brechung und Abbildungen verwendet. Bei der Beschreibung dieser optischen Erscheinung betrachtet man das Licht einer Lichtquelle als ein Lichtbündel, das sich aus einer Menge von Lichtstrahlen zusammensetzt. Dabei ist zu beachten, dass Lichtbündel real existieren, während Lichtstrahlen nur eine gedankliche Vorstellung (ein Modell) sind und nicht gezeigt werden können. In der Modellvorstellung breiten sich die Lichtstrahlen von der Lichtquelle allseitig und geradlinig aus.

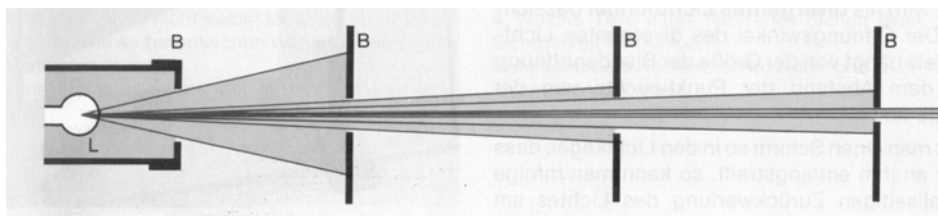
Um den Aspekt des Lichtstrahlenmodells, dass sich das Licht in Lichtbündeln ausbreitet, zu erarbeiten, kann der folgende Versuchsaufbau verwendet werden:



Das Licht einer punktförmigen Lichtquelle wird bei diesem Versuch durch eine Blende auf ein kegelförmiges Lichtbündel beschränkt und anschließend auf einem Schirm sichtbar gemacht. Mit dieser Versuchsanordnung wird demonstriert, dass von einer Lichtquelle ein Lichtbündel ausgeht. Der Öffnungswinkel des hier entstandenen Lichtbündels hängt von der Größe der Blende und vom Abstand der Lichtquelle zur Blende ab. Um das Lichtbündel nicht nur auf dem Schirm zu erkennen, wird durch Kreidestaub, Rauch oder Wasserdampf der gesamte Ausbreitungsweg des Lichtbündels sichtbar gemacht. Die kleinen Teilchen streuen dabei Licht in das Auge des Beobachters, denn Licht, das an einem vorbeigeht, kann man nicht sehen.

Durch das Entfernen der Blende erkennt man mit diesem Versuch ebenfalls, dass sich das Licht einer punktförmigen Lichtquelle allseitig ausbreitet.

Eine Erarbeitung des zweiten Aspektes des Lichtstrahlenmodells, dass sich ein Lichtbündel aus einer Menge von Lichtstrahlen zusammensetzt, kann anhand des zweiten Versuchs erfolgen:

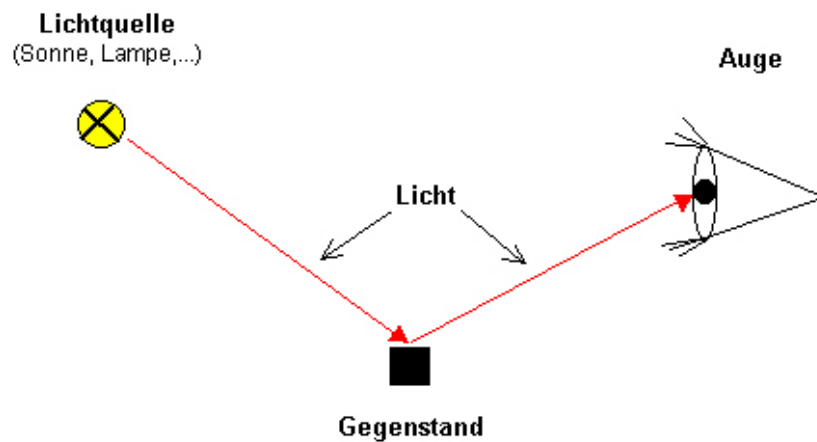


In dem man das Licht einer kreisförmigen Lichtquelle durch mehrere Blenden, die wie in der obigen Skizze angeordnet sind, immer mehr einengt, kann man der Vorstellung eines Lichtstrahls sehr nahe kommen. Da Lichtquellen jedoch nur Lichtbündel aussenden und somit der Lichtstrahl nur ein Modell ist, bezeichnet man die Achse eines sehr engen Lichtbündels als Lichtstrahl. Bestes Beispiel hierfür ist der Laser, dessen Eigenschaften an dieser Stelle ebenfalls kurz besprochen werden können.

Der Ausbreitungsweg des Lichtes wird wiederum wie oben sichtbar gemacht. Deshalb kann man an diesem Versuch des Weiteren beobachten, dass sich Licht (in einem isotropen Medium) geradlinig ausbreitet.

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 2:

Wie sehe ich einen Gegenstand?



Merke: Ein Gegenstand ist sichtbar, wenn von ihm ausgesandtes oder an ihm reflektiertes Licht in unser Auge gelangt.

An diesem Tafelbild ist vor allem wichtig, dass der Ausbreitungsweg des Lichtes hervorgehoben wird und anhand dieser Skizze anschließend besprochen wird, dass der Gegenstand Licht aussendet, reflektiert oder streut und das Auge dieses empfängt.

Denn die bei jüngeren Schülern (10 – 11 Jahre) vorherrschende Fehlvorstellung ist, dass es, um einen Gegenstand zu sehen, genügt, dass es hell ist. D.h. es besteht keine Verbindung zwischen der Lichtquelle, dem Gegenstand und dem Auge. Hier ist es zunächst einmal wichtig, den Schülern Erfahrungen mit der Schattenbildung machen zu lassen.

Die bei älteren Schülern (13 – 14 Jahre) vorherrschende Fehlvorstellung ist, dass es genügt, dass das Licht den Gegenstand beleuchtet, damit wir diesen sehen. Dabei berücksichtigen die Schüler jedoch nicht, dass an einem Gegenstand reflektiertes bzw. gestreutes (d.h. von diesem als Sekundärstrahler ausgesandtes) Licht in unser Auge gelangen muss. Dass jeder Gegenstand Licht streut, kann dadurch deutlich gemacht werden, dass verschiedene einfarbige Papiere von einer starken weißen Lampe beleuchtet werden. Hält man neben das einfarbige Papier ein weißes Papier scheint es auch etwas diese Farbe zu haben, da es farbiges Licht von dem farbigen Papier erhält.

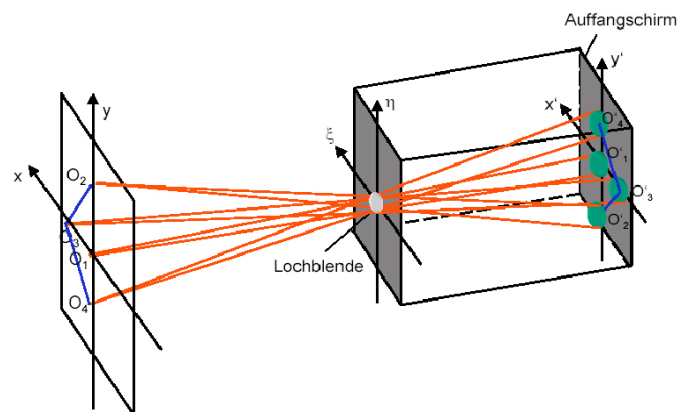
Die Sehstrahlvorstellung, dass wir sehen, weil wir mit einer Art Sehstrahl das Objekt abtasten, kommt nur selten vor.

Zu bemerken ist noch, dass in der Schulphysik der Begriff „diffuse Reflexion“ verwendet wird, während in der Hochschulphysik von „Streuung“ geredet wird, um den Vorgang an der Oberfläche eines nichtspiegelnden Gegenstandes zu beschreiben.

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 3:

Eine Lochkamera ist ein abgedunkelter Kasten, auf dessen Rückseite ein Schirm angebracht ist und in dessen Vorderseite sich ein Loch befindet. Die Größe dieses Lochs hängt dabei von dem Abstand Vorder- und Rückseite des Kastens und von der Wellenlänge des verwendeten Lichtes ab.

Ist das Loch in der Vorderseite der Lochkamera genügend klein, damit der Gegenstand scharf auf dem Schirm abgebildet werden kann, aber auch genügend groß, damit die Beugungseffekte das Bild nicht wieder unscharf werden lassen, kann man das Bild wie folgt konstruieren:



Im Vergleich mit unserem Auge bildet die Lochkamera somit einen Gegenstand ebenfalls auf dem Kopf stehend und seitenverkehrt auf einen Schirm ab. Der Schirm in der Lochkamera entspricht dabei der Netzhaut in unserem Auge. Das Bild des Gegenstandes ist sowohl auf der Netzhaut, als auch dem Schirm der Lochkamera größer, je näher der Gegenstand an der Öffnung der Lochkamera bzw. am Auge ist. Darüber hinaus lässt sich der Aufbau unsers Auges mit dem einer Lochkamera vergleichen. Denn sowohl der Abstand Vorder- und Rückseite der Lochkamera als auch der Abstand Linse und Netzhaut im Auge sind fest und beeinflussen die Abbildung des Gegenstandes. Des Weiteren besitzt unser Auge auch eine Öffnung auf der Vorderseite, die Pupille.

Dennoch würde ich eine Lochkamera in der Schule nicht als ein einfaches Modell unseres Auges verwenden, weil die scharfe Abbildung eines Gegenstandes auf den Schirm in der Lochkamera und auf die Netzhaut im menschlichen Auge nicht vergleichbar sind. So hängt die scharfe Abbildung eines Gegenstandes mit einer Lochkamera wie oben beschrieben nur von der geeigneten Wahl des Durchmessers des Lochs in der Vorderseite der Kamera ab. Dagegen bildet unser Auge einen Gegenstand scharf auf die Netzhaut ab, indem es die Brechkraft der Linse dem Abstand des Gegenstandes zum Auge anpasst. Die Fähigkeit der Akkommodation ist entscheidend dafür, dass wir einen Gegenstand scharf sehen und nicht der Durchmesser unserer Pupille. Denn Aufgabe der Pupille ist es, die Lichtmenge zu

begrenzen, die auf unsere Netzhaut trifft und unser Sehen somit ermöglicht bzw. denn sichtbaren Bildausschnitt festzulegen.

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 4:

Skizze:



Bei diesem Demonstrationsversuch zur Funktionsweise des menschlichen Auges wird zunächst der Abstand Linse-Schirm (b) und Linse-Blende (a) festgelegt und wird nach der folgenden Justierung im Laufe des Versuchs nicht mehr verändert. Die Blende entspricht der Iris (das Loch ist die Pupille). Der Schirm entspricht der Netzhaut.

Zur Justierung des Versuchsaufbaus wird nun die Linse mit der kleinsten Brennweite f ($1/f$ heißt Brechkraft, angegeben in Dioptrien) zwischen den Schirm und der Blende eingebracht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Linse aufgrund des Aufbaus des Auges sehr nahe an der Blende stehen muss (a sehr klein). Anschließend wird der leuchtende Gegenstand so vor die Blende gestellt, dass dieser mittels der Linse scharf auf den Schirm abgebildet werden kann. Die Blende muss so weit geöffnet werden, dass das Bild auf dem Schirm gerade deutlich zu sehen ist, d.h., dass eine genügend große Lichtmenge auf den Schirm trifft.

Nach der Justierung kann der eigentliche Versuch nun beginnen. Dabei wird zunächst der Abstand Gegenstand-Linse für den Versuchsaufbau mit der Linse, die die kleinste Brennweite besitzt, aus der zuvor erfolgten Justierung in folgende Tabelle notiert.

Brennweite der Linse in mm			
Abstand Gegenstand-Linse in cm			

Anschließend tauscht man die erste Linse gegen die Linse mit der zweithöchsten Brennweite aus. Danach verschiebt man den Gegenstand vor der Blende so weg, dass dieser wiederum scharf auf dem Schirm abgebildet wird. Sollte die Lichtmenge nicht genügen, um den Gegenstand deutlich auf den Schirm zu erkennen, muss die Öffnung der Blende vergrößert werden. Der Abstand Gegenstand-Linse wird erneut in die obige Tabelle eingetragen.

Dieser Versuch wird nun nacheinander mit jeder Linse durchgeführt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Linsen mit steigender Brennweite (= fallender Brechkraft) nacheinander benutzt werden.

Beispiel für $b=20\text{ cm}$:

Brennweite der Linse in mm	50	100	150
Abstand Gegenstand-Linse in cm	7	20	60

Da die Schüler aus den vorhergehenden Stunden bereits wissen, wie eine Linse einen Gegenstand scharf abbildet und zu einer vorgegebenen Konstellation mit einem bekannten Abstand Gegenstand-Linse, deren Brennweite ebenfalls bekannt ist, das entstehende Bild konstruieren können, sollen mit diesem Versuch die folgenden Lerninhalte erarbeitet werden:

- Der Abstand Iris-Linse und Linse-Netzhaut ist fest und kann nicht verändert werden.
- Die Iris regelt hauptsächlich die Lichtmenge, die auf die Netzhaut trifft und ermöglicht es somit, dass wir nicht ständig geblendet werden.
- Da die Netzhaut nur hinten sehr empfindlich ist, legt die Iris mit der Pupille aber auch den Bildausschnitt fest, den wir sehen können.
- Die Augenlinse bildet Gegenstände reell, umgekehrt und verkleinert ab.
- Um einen Gegenstand scharf zu sehen, muss er durch die Linse scharf auf die Netzhaut abgebildet werden.
- Durch das Akkommodieren, d.h. dadurch, dass sich die Brennweite der Linse in unserem Auge verändern kann, können wir Gegenstände in unterschiedlichen Entfernungen scharf sehen.
- Je weiter ein Gegenstand entfernt ist, desto größer muss der Brennweite der Linse sein, um diesen scharf sehen zu können.
- Die kleinste Krümmung (größte Brennweite) hat die Linse bei entspanntem Auge und dann sieht das Auge sehr ferne Gegenstände scharf.
- Den kürzesten Abstand, auf den sich das Auge einstellen kann, liegt bei 10 cm, was das Auge recht anstrengt.

Literaturverzeichnis:

- Tipler, Paul; Physik; Berlin, Heidelberg; Spektrum-Verlag; 1. Auflage; 1995
- Hammer, u.a.; Physik 9A; München; Oldenburg-Verlag; 3. Auflage; 1997
- Geipel, Rudolf u.a; Physik 9II; Bamberg; C.C. Buchner-Verlag
- Folien zur Vorlesung „Klassische Physik“ von Spielmann, Christian; 2004
- <http://www.leifiphysik.de>