

Referent: Michael Rappl

Dozent: Dr. Thomas Wilhelm

Datum: 7.12.2006

Staatsexamen im Didaktikfach Physik

Prüfungstermin Herbst 2002, Thema Nr. 2

Reflexionsgesetz und Spiegelbild

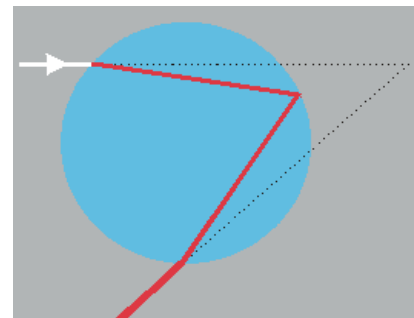
1.

a) *Mit Hilfe des Strahlenmodells des Lichts lassen sich zahlreiche optische Phänomene verständlich machen. Erklären sie damit das Zustandekommen zweier unterschiedlicher optischer Erscheinungen aus dem Alltag!*

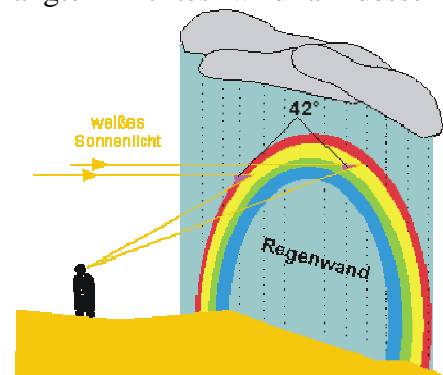
b) *Beschreiben Sie ein Experiment, bei dem das Strahlenmodell versagt!*

a)

Eine gerade für jüngere Schüler besonders eindrucksvolle optische Erscheinung im Alltag ist der Regenbogen. Sein Zustandekommen kann mit dem Strahlenmodell recht gut erklärt werden. Der Regenbogen entsteht durch Brechung, Reflexion und Dispersion des Sonnenlichts an Wassertropfchen, die in der Luft herunterfallen. Die Wassertropfchen werden dabei als kugelförmig angenommen und das Sonnenlicht als parallele Lichtstrahlen. Diese werden an der Grenzschicht Luft-Wasser des Wassertropfchens gebrochen und verlaufen nun innerhalb des Tropfens. Bei der Brechung wird das Licht in seine Spektralfarben aufgefächert. Das rote Licht wird dabei am wenigsten, das blaue Licht am stärksten gebrochen. Ein Teil des in den Regentropfen gelangten Lichtes wird an dessen Rückwand reflektiert und zwar nach dem Reflexionsgesetz Einfallswinkel = Reflexionswinkel. Die reflektierten Lichtstrahlen durchlaufen nun wieder den Regentropfen und werden dann an der Grenzschicht Wasser-Luft bei ihrem Austritt aus dem Wassertropfen zum Beobachter hin gebrochen. Für die Erklärung des Regenbogens kann man sich allerdings nicht nur einen Lichtstrahl herausgreifen, sondern muss alle Lichtstrahlen betrachten, die in den Regentropfen gelangen. Es werden dabei nicht alle Lichtstrahlen so gebrochen, dass wir sie sehen können, sondern es kommt zu einer Häufung der austretenden Strahlen etwa bei einem Winkel von 42° . Würden die Strahlen einigermaßen gleichverteilt austreten, so könnten wir



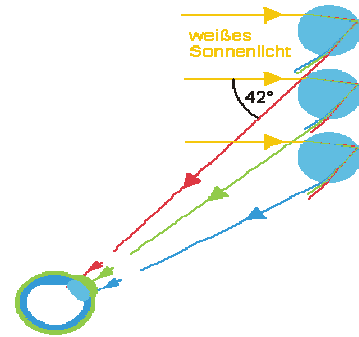
Bei der Brechung wird das Licht in seine Spektralfarben aufgefächert. Das rote Licht wird dabei am wenigsten, das blaue Licht am stärksten gebrochen. Ein Teil des in den Regentropfen gelangten Lichtes wird an dessen Rückwand reflektiert und zwar nach dem Reflexionsgesetz Einfallswinkel = Reflexionswinkel. Die reflektierten Lichtstrahlen durchlaufen nun wieder den Regentropfen und werden dann an der Grenzschicht Wasser-Luft bei ihrem Austritt aus dem Wassertropfen zum Beobachter hin gebrochen.



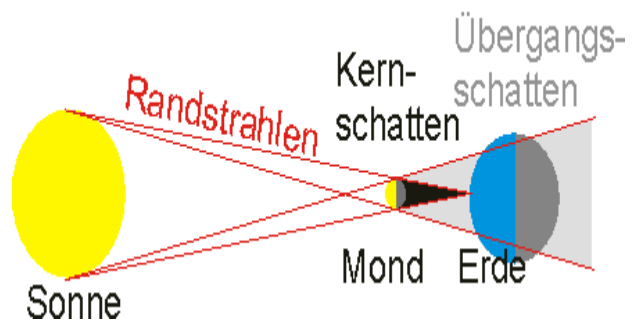
Würden die Strahlen einigermaßen gleichverteilt austreten, so könnten wir

keinen Regenbogen sehen. Um den Regenbogen mit all seinen Farben beobachten zu können, müssen allerdings alle Lichtstrahlen unterschiedlicher Farbe in unser Auge gelangen.

Daher ist es nötig nicht nur einen einzelnen Wassertropfen zu beobachten, sondern eine Regenwand aus sehr vielen solcher Tropfen. Betrachtet man nun den gesamten Strahlengang im Regentropfen, so sieht man, dass der Winkel zwischen Sonne, Tropfen und Beobachter bei rotem Licht größer ist als bei blauem. Daher muss das blaue Licht von weiter unten liegenden und das rote Licht von weiter oben liegenden Regentropfen in unser Auge gelangen. Daher ist blau beim Regenbogen „innen“ und rot „außen“. Dass nun z.B. rotes Licht in unser Auge fällt, gilt für alle Regentropfen, die man unter dem gleichen Winkel sieht. Diese Tropfen müssen dazu auf einem Kreisbogen liegen, weshalb der Regenbogen auch seine charakteristische Form besitzt. Es entsteht so also der Hauptregenbogen. Sieht man nun in einem geeigneten Beobachtungswinkel (einem Raumwinkel der Öffnung) von 42° zur Regenfront hinauf, sind die aus dem Wassertropfen austretenden Lichtstrahlen sichtbar. Der Beobachter muss sich also zwischen der Lichtquelle (der Sonne) und der Regenfront aufhalten, um den Regenbogen beobachten zu können.



Eine zweite, leider nur sehr selten auftretende optische Erscheinung aus dem Alltag, die mit dem Strahlenmodell erklärt werden kann, ist die totale Sonnenfinsternis. Dabei nutzt man vor allem die Modellvorstellung aus, dass sich Lichtstrahlen geradlinig und nach allen Seiten hin ausbreiten. Um überhaupt eine Sonnenfinsternis beobachten zu können muss in der Planetenkonstellation der Mond sich zwischen Sonne und Erde befinden. Da der Mond ein lichtundurchlässiges Objekt ist, erzeugt er einen Schatten, wenn er durch eine Lichtquelle bestrahlt wird. Steht der Mond nun im richtigen Abstand zwischen Sonne und Erde, so trifft sein Kernschatten auf der Erde auf. Das Auftreten von Halb- und Kernschatten kann nun mit dem Strahlenmodell erklärt werden. Zur Schattenkonstruktion benutzt man dabei jeweils zwei Lichtstrahlen vom „obersten“ und vom „untersten“ Punkt der Sonne und zwar gerade die beiden, die gerade so den Mond passieren und die Erde erreichen können. Man nennt diese Strahlen Randstrahlen. Alle anderen Lichtstrahlen würden zur Konstruktion keine weiteren Informationen beitragen. Man sieht nun (siehe Skizze), dass ein Bereich hinter dem Mond entsteht, in den keine Sonnenstrahlen gelangen. Diesen Bereich nennt man den Kernschatten. Ober- und unterhalb des Kernschattens entsteht nun noch jeweils ein Bereich, in den nur ein kleiner Teil der Lichtstrahlen vordringen. Dies ist der Halbschatten (oder Übergangsschatten). Außerhalb dieses Bereichs sind genügend Lichtstrahlen vorhanden, so dass es hier zu keiner Schattenbildung kommt. Steht man nun als Beobachter auf der Erde exakt in diesem Kernschatten, so gelangen keinerlei Strahlen der Sonne in unser Auge. Die Sonne ist dann vollkommen vom Mond verdeckt. Steht man im Halbschatten des Mondes, so kann man eine partielle Sonnenfinsternis beobachten. Dieses Phänomen der Sonnenfinsternis tritt allerdings auf Grund der sehr komplizierten Konstellation zwischen Mond, Sonne und Erde nur alle paar Jahre auf.



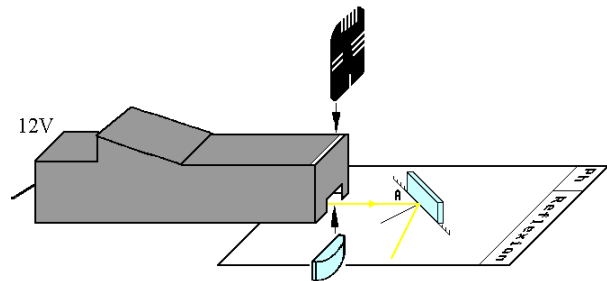
b)

Ein Experiment, bei dem das Strahlenmodell versagt, ist der Doppelspaltversuch von Young und dem sich dabei ergebenden Interferenzmuster. Betrachtet man das einfallende Licht als Lichtstrahl, so lässt sich damit das Interferenzmuster nicht erklären. Um dieses Phänomen erklären zu können, bedient man sich des Modells der Lichtwelle, die eine spezielle Wellenlänge besitzt. Beim Doppelspaltversuch von Young werden dabei zwei parallele Spalte mit monochromatischem Licht bestrahlt. Die Spaltbreite muss in der Größenordnung der Wellenlänge liegen, damit die Lichtwelle an den Spalten gebeugt werden. Jeder Spalt wirkt dabei nun als Punktquelle für Wellen. Beim Youngschen Doppelspaltversuch kann daher jeder Spalt als linienförmige Quelle angesehen werden; d.h. als Aneinanderreihung vieler Punktquellen in seiner Längsrichtung. Auf Grund des Abstands der beiden Spalte besitzen die beiden von den Spalten erzeugten kohärenten Wellen nun eine Phasendifferenz. Eben wegen dieser Phasendifferenz ergibt sich auf einem weit entfernten Schirm das Interferenzmuster. Es kommt dabei zu konstruktiver Interferenz, wenn am Schirm zwei Wellenberge bzw. Wellentäler aufeinandertreffen und zu destruktiver Interferenz, wenn ein Wellental und ein Wellenberg aufeinandertreffen. Es entsteht dadurch auf dem Schirm das charakteristische Hell- Dunkelmuster. Eben dieses Interferenzmuster kann mit dem Strahlenmodell nicht erklärt werden.

2.

Beschreiben Sie ausführlich ein Schülerexperiment, mit dem das Reflexionsgesetz erarbeitet werden kann!

Für dieses Schülerexperiment werden die Schüler jeweils in Zweiergruppen unterteilt. Jede Gruppe benötigt zum Experimentieren einen Taschenspiegel eine mit schwarzer Folie abgeklebte Taschenlampe, so dass nur ein dünnes paralleles Lichtbündel austritt, ein weißes Blatt Papier, ein Geodreieck und verschiedenfarbige Stifte. Vor Beginn des Schülerexperiments sollte der Raum so weit abgedunkelt werden, dass es dunkel genug ist, um den Versuch so durchzuführen, dass das Lichtbündel deutlich gesehen werden kann, aber auch hell genug um Testergebnisse festhalten und Messungen durchführen zu können.



Die Schüler legen nun das weiße Blatt Papier auf den Tisch und stellen den Spiegel in der Mitte einer der beiden längeren Seiten auf. Es muss dabei darauf geachtet werden, dass der Spiegel und die Blattebene ungefähr einen rechten Winkel einschließen, da bei einem zu großen Winkel der reflektierte Lichtstrahl ansonsten nicht mehr auf dem Papier zu sehen sein wird. Die Schüler sollen nun die Mitte des Spiegels ausmessen und das Lot auf diese Mitte deutlich auf dem Papier markieren, am Besten bis zur gegenüberliegenden Seite. Nachdem nun alle Vorbereitungen abgeschlossen sind, können die Schüler mit dem Experimentieren beginnen. Dazu schalten sie die Taschenlampe ein und richten diese so aus, dass das Lichtbündel exakt auf die Mitte des Spiegels fällt. Die Schüler sollen zusätzlich darauf achten, dass der Strahlengang auf dem Papier zu sehen ist. Dabei kann nun schon der erste Teil des Reflexionsgesetzes erkannt werden. **Einfallender Strahl, reflektierter Strahl und Einfallslot liegen in einer Ebene.** Der Verlauf des Lichtbündels wird nun mit einem Farbstift nachgezeichnet und zwar von der Taschenlampe an bis zum Spiegel und vom Spiegel bis zum Blattrand an dem das Lichtbündel das Papier verlässt. Die Schüler zeichnen nun die Winkel zwischen dem Einfallslot und dem einfallendem

bzw. ausfallendem Strahl ein. Die beiden Winkel werden nun von den Schülern mit dem Geodreieck gemessen. Dabei erkennen die Schüler den zweiten Teil des Reflexionsgesetzes, nämlich dass der Winkel, den der einfallende Strahl und das Einfallslot einschließen genauso groß ist wie der Winkel zwischen Einfallslot und reflektiertem Strahl. Allgemein ausgedrückt: $\epsilon = \epsilon'$. Die Taschenlampe wird nun an den Punkt verschoben, an dem der reflektierte Strahl das Papier verlassen hat und die Taschenlampe wiederum auf den Mittelpunkt des Spiegels ausgerichtet. Die Schüler sollen nun den neuen Lichtweg mit einer anderen Farbe nachzeichnen und kommen zu der Erkenntnis, dass die Linien aufeinander zum Liegen kommen. Damit wurde der dritte Teil des Reflexionsgesetzes, **die Umkehrbarkeit des Lichtweges** erarbeitet. Es sollen nun noch im gleichen Ablauf diese Gesetzmäßigkeiten für größere bzw. kleinere Winkel verifiziert werden. Am Ende des Schülerversuchs haben also alle Schüler das gesamte Reflexionsgesetz selbständig erarbeitet.

3.

Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit, in der die "Eigenschaften des Spiegelbildes" erarbeitet werden sollen! Geben Sie dazu insbesondere Lernvoraussetzungen, Lernziele und schülergerecht formulierte Ergebnisse an!

Lernvoraussetzungen:

Die Schüler haben in den vorangegangenen Unterrichtsstunden zur geometrischen Optik bereits den Unterschied zwischen diffuser und gerichteter Reflexion kennen gelernt und kennen dazu Beispiele, bei denen entweder die eine oder andere Reflexion auftritt. Weiterhin kennen die Schüler das Reflexionsgesetz, d.h. sie wissen, dass einfallender Strahl, ausfallender Strahl und Einfallslot in einer Ebene liegen, dass das Maß des Einfallswinkels gleich dem des Reflexionswinkels ist und dass die Umkehrbarkeit des Lichtwegs gilt. Weiterhin kennen die Schüler das Modell des Lichtstrahls und wissen, dass diese nur die gedankliche Vorstellung unterstützen, real aber nicht existieren.

Lernziele:

Grobziel:

Die Schüler sollen die Eigenschaften des Spiegelbildes kennen lernen.

Unterrichtsskizze mit Feinzielen:

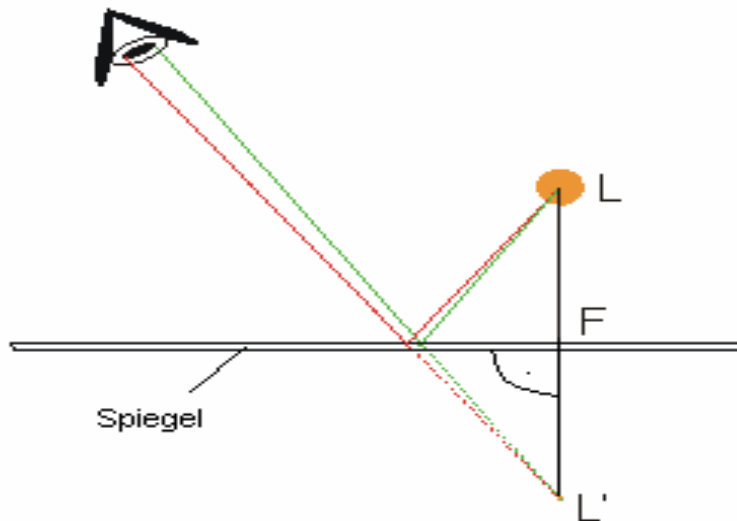
Phase	Feinziel	Unterrichtsverlauf
1	Die Schüler sollen durch den Einstiegsversuch motiviert sein die Eigenschaften des Spiegelbildes zu erarbeiten	Als Demonstrationsversuch wird eine brennende Kerze vor eine Glasscheibe gestellt, die als spiegelnde Fläche dient. Im gleichen Abstand wird hinter die Scheibe ein leeres Becherglas gestellt, in das man eine nicht brennende Kerze stellt. Diese zweite Kerze scheint nun auch zu brennen. Der Lehrer befüllt den Becher nun mit Wasser. Allerdings geht dabei die zweite Kerze nicht aus sondern scheint unter Wasser zu brennen.

2	<p>Die Schüler sollen erkennen, dass es sich bei einem Spiegelbild um ein virtuelles Bild handelt.</p>	<p>Im selben Demonstrationsversuch können die Schüler nun hinter die Glasplatte schauen und erkennen, dass sich dort kein Bild befindet, da es in Wirklichkeit nicht existiert. In weiteren Versuchen wird erarbeitet, dass man virtuelle Bilder nicht auf einem optischen Schirm auffangen kann.</p>
3	<p>Die Schüler sollen erkennen, dass Bild und Spiegelbild</p> <ul style="list-style-type: none"> - gleich groß sind - gleichen Abstand zur Spiegelebene besitzen <p>Die Spiegelfläche senkrecht auf der Verbindungslinie zwischen Bild und Spiegelbild steht</p>	<p>Das Becherglas wird nun durch eine zweite, nicht brennende Kerze ersetzt. Die Schüler sollen nun die zweite Kerze so aufstellen, dass sie von Kerze 1 aus betrachtet zu brennen scheint. Weiterhin werden die Abstände zur Glasscheibe markiert und gemessen und die Verbindungslinie zwischen den beiden Kerzen markiert und der Winkel zwischen Markierung und Spiegelebene gemessen.</p>
4	<p>Die Schüler sollen erkennen, dass ein Spiegel vorne und hinten, nicht aber oben und unten und rechts und links vertauscht. Zudem sollen sie erkennen, dass immer aufrechte Bilder entstehen.</p>	<p>Es werden mehrere Schülerversuche mit kleinen Taschenspiegeln durchgeführt. Die Schüler benutzen dabei Würfel und zweifarbig bemalte Buchstaben.</p>
5	<p>Die Schüler lernen den Strahlengang der Spiegelung kennen.</p>	<p>An der Tafel und im Heft der Schüler wird der Strahlengang bei der Spiegelung eines Objekts an einer Spiegelfläche aufgezeichnet. Die zuvor entdeckten Eigenschaften des Spiegelbildes werden an der Tafel und als Hefteintrag festgehalten.</p>
6	<p>Die Schüler sollen zur Hausaufgabe motiviert werden.</p>	<p>Der Lehrer zeigt den Schülern einen Kosmetikspiegel, der offenbar nicht alle gefundenen Eigenschaften eines ebenen Spiegels besitzt. Die Schüler sollen sich nun zu Hause überlegen, wo im Alltag Spiegel zum Einsatz kommen und warum viele Spiegel nicht eben sind. Dabei sollen Eigenschaften von nicht ebenen Spiegeln herausgefunden werden.</p>

Hefteintrag in Phase 5:

Eigenschaften des Spiegelbildes

Konstruktion eines Bildpunktes:



Jeder Gegenstand ist aus unendlich vielen Bildpunkten zusammengesetzt. Treffen Lichtstrahlen, die von einem Gegenstand ausgehen auf einen ebenen Spiegel, so werden sie reflektiert. Befindet sich unser Auge im Weg der reflektierten Lichtstrahlen, so können wir das Bild des Gegenstands sehen. Da aber unser Auge den Reflexionsvorgang nicht wahrnehmen kann, sehen wir das Bild dort, wo sich die nach hinten verlängerten reflektierten Lichtstrahlen treffen. Das Bild liegt dabei gleich weit hinter dem Spiegel wie der Gegenstand vor dem Spiegel.

Daher liegen Spiegelbilder hinter dem Spiegel, also an einem Ort, von dem gar kein Licht ausgeht. Man nennt diese Bilder virtuell. Virtuelle Bilder kann man nicht auf einem optischen Schirm auffangen.

Bei der Spiegelung liegen Bild und Gegenstand symmetrisch zur Spiegelebene und sind gleich groß. Spiegelbilder sind dabei „tiefenverkehrt“, d.h. vorne und hinten sind vertauscht, nicht aber rechts und links oder oben und unten. Allerdings kann es dem Beobachter je nach Standort so erscheinen als wäre rechts/links oder vorne/hinten vertauscht.