

Referentin: Carola Thoiss

Dozent: Dr. Thomas Wilhelm

Datum: 30.11.06

Staatsexamen im Unterrichtsfach Physik / Fachdidaktik

Prüfungstermin Herbst 1996, Thema Nr. 3

Linsen

Aufgaben:

1. Als Motivation für den Themenbereich "Abbildung durch Linsen" können z.B. Brille, Lupe und Fotoapparat herangezogen werden.
Erläutern Sie jeweils Vor- und Nachteile der betrachteten Gegenstände für das weitere Unterrichtsgeschehen!
2. Beschreiben Sie ein Modellexperiment zur Veranschaulichung von Kurz- und Weitsichtigkeit und zur Korrektur der Fehlsichtigkeit durch eine Brille!
3. Geben Sie zu einer einführenden Unterrichtseinheit zum Thema "Abbildung durch Sammellinsen" Ihre fachdidaktischen Überlegungen zu folgenden Punkten an: Lernziele, Unterrichtsverfahren, Ergebnissicherung und Lernzielkontrollen!

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 1:

Brille: Ein Brillenträger ist wahrscheinlich sehr interessiert, wie diese „funktioniert“, aber jemand, der keine Brille trägt, kann sich wahrscheinlich nicht vorstellen, wie eine Brille das Gesehene Bild beeinflussen kann. Er sieht zwar, dass es sich bei den Gläsern um spezielle Gläser handeln muss, kann deren Zweck allerdings nicht durch einfaches Ausprobieren, wie z. B. bei einer Lupe, erschließen. Generell lässt sich aber sagen, dass sie ein Anschauungsmaterial ist, die im Alltag sehr oft vorkommt und daher jeder kennt. Jeder Schüler kann Zuhause im Heimstudium mit einer Brille experimentieren, da diese leicht zu bekommen sind (in fast jedem Haushalt zu finden). Auf der anderen Seite muss klar hervorgehoben werden, dass sie zum Teil mit Dingen ausgestattet ist, die komplex sind und einen erheblichen zeitlichen Aufwand hervorrufen würden, falls man diese erklären will. Ich denke da an die Entspiegelung, bestimmte Korrekturen, wie die multiple Fehlsichtigkeiten (also beispielsweise Kurzsichtigkeit und Hornhautverkrümmung), oder die Verfärbung der Gläser bei Sonneneinstrahlung. Ich würde die Brille als Motivationsobjekt für den Einstieg in die Einführung von Linsen nicht empfehlen, da sie vom eigentlichen

Thema – Abbildung von Linsen - nur ablenkt und ein Zurückführen auf das ursprüngliche Thema einen zeitlichen Aufwand darstellt. Außerdem gestaltet sich ein Experimentieren mit Brillen recht schwierig: Erstens ist eine reine Sammellinse als Brille in der Regel nicht greifbar. Zweitens besitzen Brillen eine relativ große Brennweite (3dpt --> $f = 333\text{mm}$); zum Experimentieren wäre hingegen eine kleinere Brennweite ($f = 100\text{mm}$ oder 150mm) besser. Ebenso haben Brillen einen kleineren Durchmesser, so dass die Bilder lichtschwach sind. Aber als Vertiefungsthema kann man beispielsweise folgendes zeigen: schickt man durch die Brille Lichtstrahlen, dann kann man mit Hilfe der Brennweite und des Bildes (reelles, virtuelles) überlegen, um welche Linse es sich handelt.

Das Vorstellen des **Fotoapparats** als Motivationsobjekt ist eher von Nachteil, da dieser sehr komplex mit vielen Raffinessen aufgebaut ist. Die Kamera besteht aus einem Objektiv, das aus vielen Linsen zusammengesetzt ist. In der Schule betrachtet man das Objektiv als eine Linse und in den meisten Physiksammlungen ist in der Regel keine passende Kamera vorhanden. Der Grundaufbau des digitalen ähnelt dem analogen Fotoapparat und es wird beim Fotografieren ein umgekehrtes, verkleinertes und vor allem reelles Bild erzeugt. Neben dem Aufbau des Fotoapparats müssen auch noch Begriffe, wie Belichtungszeit, Schärfentiefe, Blendenzahl usw. vertieft erörtert werden. Außerdem lässt sich die Bildweite nur wenig ändern. Hier kann man nicht erkennen, wie die Linse vom Film wegrückt. Dennoch können ein paar Schüler vielleicht stärkeres Interesse zeigen, deswegen würde ich in einer eigenen Stunde über den Aufbau und Funktionsweise des Fotoapparats sprechen. Als Motivation könnte man in eine Spiegelreflexkamera statt eines Filmes ein Stück Brotzeitpapier einlegen. Dabei müssen der Filmdeckel und die Blende dauerhaft geöffnet, das Klassenzimmer abgedunkelt und die Tür zum hellen Gang offen sein. Es entsteht dann auf dem Papier ein umgedrehtes Bild. Insgesamt ist die Kamera eher weniger geeignet.

Die **Lupe** besteht im Gegensatz zur Brille nur aus einer Linse und besitzt keine zusätzlichen Eigenschaften. Dadurch ist sie einfach erklärbar. Bei „älteren“ Lupen ist auch die Sammellinse als solches wirklich optisch erkennbar. Außerdem stört sie nicht den Unterrichtsverlauf, da sie auch in einem Experiment als Sammellinse miteinbezogen werden kann. Die Schüler erkennen, was passiert, wenn das Geschriebene als Gegenstand in der Brennweite liegt und können Schlüsse auf das Vergrößerungsverhalten ziehen. Dagegen erzeugt die Lupe nur virtuelle Bilder, die zum Einführen der Linsen von Nachteil sind. Sinnvollerweise sollte nur mit reellen Bildern gearbeitet werden.

Zu allen drei Gegenständen muss noch gesagt werden, dass sie sehr zerbrechlich sind und daher muss vorher daraufhin gewiesen werden, dass die Schüler vorsichtig mit diesen umgehen.

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 2:

Zunächst würde ich ein Modell aufbauen, dass die **NORMALSICHTIGKEIT** des menschlichen Auges demonstriert.

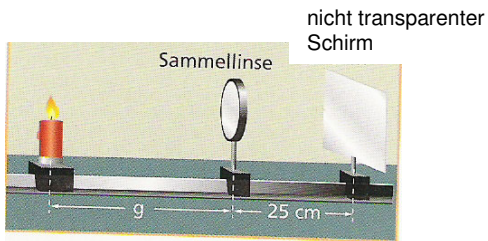


Bild 1: „Versuchsaufbau“ aus Ernhofer, Rupert: Physik 7 Newton. München. Oldenbourg- Verlag 2005.

Mit einem nicht transparenten Schirm (Netzhaut) und einer Sammellinse mit einer Brennweite von $f = 15 \text{ cm}$ bauen wir uns ein einfaches Augenmodell. Der nicht transparente Schirm ergibt bessere Bilder. Wir stellen die Sammellinse und den Transparentschirm in einen Abstand von ca. 25 cm (feste Bildweite Augenlinse – Netzhaut) zueinander. Nun bringen wir vor die Sammellinse eine brennende Kerze, sodass auf dem Schirm ein scharfes Bild der Kerze entsteht. Bei einer Gegenstandsweite von 38 cm erhalten wir auf dem Schirm ein scharfes Bild. Mit diesem Versuch zeigt man die Sicht mit einem gesunden menschlichen Auge.

Danach würde ich die **KURZSICHTIGKEIT** mit unserem Augenmodell zeigen. Wir halten einen zweiten Schirm zwischen die Sammellinse und den ersten Schirm (Netzhaut). Dann stellen wir den Abstand von diesem Schirm zur Sammellinse so ein, dass ein scharfes Bild des entfernten hellen Gegenstandes entsteht.

Damit bekommen wir bei einer Bildweite von ca. 16 cm ein scharfes Bild des entfernten hellen Gegenstandes. Die Bildweite ist somit kleiner als der Abstand Linse-Netzhaut in unserem Augenmodell.

Damit lässt sich die Kurzsichtigkeit erklären, da bei einem kurzsichtigen Menschen der Augapfel zu lang ist oder die Brennweite der Linse könnte bei entspanntem Auge zu klein sein (zu starke Brechkraft), d. h. der Brennpunkt des Linsenkörpers liegt vor der Netzhaut. Um ein scharfes Bild zu erhalten, muss die Bildweite verkleinert werden, also der Abstand des Linsenkörpers zur Netzhaut. Da sich die Bildweite im Auge nicht ändern lässt, kann man nur von außen die Brennweite ändern. Sie muss vergrößert werden, damit auf der Netzhaut ein scharfes Bild des entfernten hellen Gegenstands entsteht.

Im nächsten Schritt würde ich die Korrektur von Kurzsichtigkeit vorführen, worin wir vor die Sammellinse eine Zerstreuungslinse ($f = -50 \text{ cm}$) stellen. Dann wird von dem Schüler erkannt, dass aus dem entfernten hellen, aber vorher unscharfen Gegenstand ein scharfes Bild auf dem ersten Transparentschirm (Netzhaut) entstanden ist. Mit einer Zerstreuungslinse kann also die Brennweite des Linsensystems vergrößert werden, da sie der Wirkung der Sammellinse entgegengerichtet ist. Die Lichtbündel treffen somit im Brennpunkt auf die Netzhaut.

Ebenso kann mit dem Augenmodell die **WEITSICHTIGKEIT** veranschaulicht werden: Die Bildweite stellen wir so ein, dass ein mindestens 2 m entfernter heller Gegenstand scharf abgebildet wird. Dies ist ungefähr bei einer Bildweite von 16 cm der Fall. Jetzt bringen wir eine brennende Kerze in eine Gegenstandsweite von 40 cm.

Dann ist auf dem Transparentschirm kein scharfes Bild der Kerze mehr zu erkennen. Wenn wir den Bildschirm weiter von der Linse entfernen, wird bei einer Bildweite von ca. 24 cm ein scharfes Bild der brennenden Kerze erkennbar.

Bei einem weitsichtigen Menschen ist der Augapfel zu kurz und damit liegt der Brennpunkt der Linse hinter der Netzhaut. Um ein scharfes Bild auf der Netzhaut zu erhalten, muss man wie bei der Kurzsichtigkeit die Brennweite von außen ändern.

Die Brennweite muss verkürzt werden. Deswegen stellen wir vor die Sammellinse eine weitere als Korrektur mit $f = 50 \text{ cm}$. Den Transparenschirm stellen wir wieder an die ursprüngliche Stelle ($b = 16 \text{ cm}$).

Nun wird auf dem Transparenschirm die brennende Kerze scharf abgebildet, da man mit einer Sammellinse die Brennweite des Linsensystems verkürzen kann. Die zweite Sammellinse verstärkt die Brechung der Lichtbündel, damit gelingt es die Lichtbündel auf dem Transparenschirm (Netzhaut) zu vereinigen.

Lösungsvorschlag Teilaufgabe 3:

Einführung: Abbildungen zur Sammellinsen

Lernziele:

a) Grobziele:

Die Schüler sollen erkennen, dass durch die Abbildung eines Gegenstandes mit Hilfe einer Sammellinse ein reelles oder virtuelles Bild entstehen kann.

b) Feinziele:

- Die Schüler sollen die Begriffe, wie Bild, Gegenstand, Bild-, Gegenstandsweite benennen können.
- Die Schüler sollen mit Hilfe der 3 Hauptstrahlen, die sie natürlich auch benennen können (Brennpunkt-, Achsenparalleler und Zentralstrahl), die Abbildung zeichnen können.
- Die Schüler sollen außerdem diese Begriffe in einer Abbildung zu ordnen können.
- Die Schüler sollen erkennen, dass bei der Abbildung durch eine Sammellinse umgekehrte und aufrecht stehende Bilder, die aber dem Gegenstand ähnlich sind, erzeugt werden können.
- Die Schüler sollen wissen, dass die Lage, Art und Größe der Bilder von der Gegenstandsweite bei konstanter Brennweite abhängt:
 - Ist die Gegenstandsweite g kleiner als die einfache Brennweite f entsteht ein aufrechtes, virtuelles Bild.
 - Ist die Brennweite f kleiner als die Gegenstandsweite g und kleiner als die zweifache Brennweite $2f$ wird das reelle Bild vergrößert, ist aber umgekehrt.
 - Ist die Gegenstandsweite g gerade gleich der doppelten Brennweite $2f$, dann ist das umgekehrte, reelle Bild so groß wie der Gegenstand.
 - Ist die Gegenstandsweite g größer als die zweifache Brennweite $2f$, so wird das Bild verkleinert, aber umgekehrt und reell dargestellt.
- Die Schüler sollen Begriffe, wie „virtuell“ (=scheinbar entstanden) und „reell“ (=wirkliches), erklärbar können.

Lernvoraussetzung:

- Schüler kennen Sammellinsen und Zerstreuungslinsen bzw. deren Eigenschaften und können beide Linsen voneinander unterscheiden.
- Schüler kennen Begriffe zur Sammellinse, wie Brennpunkt, konkave Linse und Brennweite.
- Schüler wissen über Lichtstrahlen und deren Eigenschaften Bescheid.

Einstieg: Zunächst teile ich Lupen als Anschauungsmaterial aus, damit die Schüler im *Selbststudium* sich mit deren Funktionsweise auseinander setzen können. Sie können mit ihr einen Text aus dem Physikbuch oder die Nase des Nachbarn anschauen.

Dann führe ich *lehrerzentriert* den Versuch mit Hilfe der optischen Bank durch:

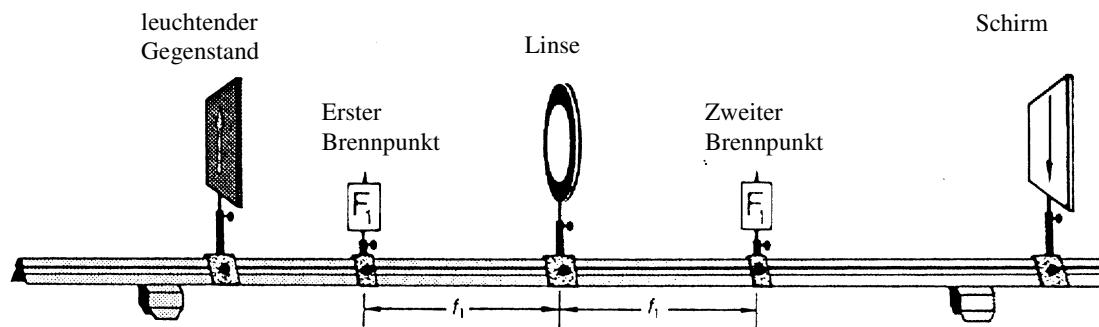


Bild2: „Versuchsanordnung: Abbildung durch Sammellinsen“ aus <http://www.physikdidaktik.uni-bayreuth.de/lehre/fachdidii/ss1999/Aufgabe9/aufgabe9.html>

Hierbei wird der leuchtende Gegenstand (links) mittels der Linse auf dem Schirm (rechts) abgebildet.

Dann zeichne ich den Strahlengang dieser Abbildung an die Tafel, dabei vermittele ich den Schülern die drei Hauptstrahlen: Achsenparallele Strahl, Zentralstrahl und Brennpunktstrahl. Dies erfolgt *lehrerzentriert*.

Dann erarbeite ich mit den Schülern mittels *Unterrichtsgespäch* die Begriffe, die für die Abbildung durch die Sammellinse wichtig sind, wie Gegenstands-, Bildweite, virtuell, reell.

Danach erarbeite ich mit den Schülern den ersten Teil eines Arbeitsblattes im *Unterrichtsgespräch*. Ich vermittele den Schüler die 3 Hauptstrahlen (achsenparallele-, Zentral- und Brennpunktstrahl) und die Begriffe: Gegenstandsgröße, Bildgröße, Gegenstandsweite, Bildweite.

Lernzielkontrolle: Den zweiten Teil des Blattes, also die Aufgabe, sollen die Schüler in einer *Gruppenarbeit* von ca. vier Schülern mit Hilfe des obigen Experiments bearbeiten. Dabei sollte jede Gruppe die Versuchsanordnung vor sich haben. Danach sollen die Schüler in *Einzelarbeit* die jeweiligen Strahlengänge in je einer Zeichnung festhalten.

Ergebnissicherung: In dem Merksatz auf dem Arbeitsblatt: „Ein Gegenstand kann durch eine Sammellinse virtuell und reell abgebildet werden.“ wird die wichtigste Erkenntnis der Schulstunde hervorgehoben.

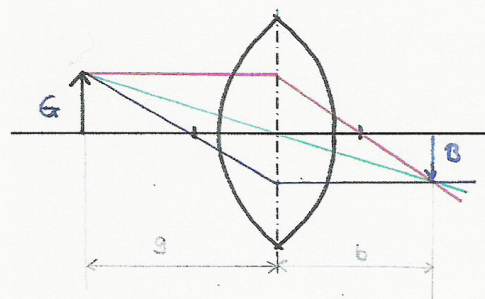
Unterrichtsverfahren:

Es werden in dieser Unterrichtsstunde viele Unterrichtsverfahren, wie Selbststudium, lehrerzentriert, Unterrichtsgespräch, Gruppenarbeit und Einzelarbeit, verwendet.

Abbildungen durch eine Sammellinse

Bei der Konstruktion der Abbildung durch eine Sammellinse unterscheidet man drei Hauptstrahlen:

- Der **achsenparallele Strahl** verläuft zunächst parallel zu der Achse, nach der Linse geht er durch den Brennpunkt F_2 .
- Der **zentrale Strahl** verläuft durch den Mittelpunkt M der Linse.
- Der **Brennpunktstrahl** geht zunächst durch den Brennpunkt F_1 und verlässt die Linse parallel zur Achse.



B:= Bildgröße

b:= Bildweite

G:= Gegenstandsgröße

g:= Gegenstandsweite

Aufgabe: Zeichne den Strahlengang durch eine Sammellinse, dabei ist die Brennweite $f = 1,5 \text{ cm}$ und $G = 1 \text{ cm}$. Verwende dabei *jeweils eine* Zeichnung.

- Die Gegenstandsweite g ist genau die doppelte Brennweite
- Der Gegenstand liegt zwischen dem ersten Brennpunkt und dem in a) gezeichneten Gegenstand
- Der Gegenstand ist zwischen der Linse und dem ersten Brennpunkt.

Merke: Ein Gegenstand kann durch eine Sammellinse virtuell und reell abgebildet werden.

Literatur:

- Tipler, Paul: Physik. Berlin. Spektrum-Verlag ¹1995.
- Ernhöfer, Rupert: Physik 7 Newton. München. Oldenbourg- Verlag ²2005.
- <http://www.physikdidaktik.uni-bayreuth.de/lehre/fachdidii/ss1999/Aufgabe9/aufgabe9.html>