

Kontextorientierte Schülerexperimente aus dem Bereich der Optik „Die Bergwanderung“

Roswitha Ebner *
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Universität München

27. Januar 2005

1 Allgemeine Informationen

Bevor der Themenkomplex „Abbildung durch Linsen; optische Instrumente“ abgeschlossen wird, steht für die Schüler noch die Behandlung von optischen Instrumenten an, wobei die Lehrkraft die Auswahl zwischen einem Fotoapparat, einem Projektionsapparat, einem Kepler-Fernrohr und einem Mikroskop hat. Als nötige Grundlagen dient den Schülern ihr Wissen über die Eigenschaften von Sammel- und Zerstreuungslinsen und die Entstehung von reellen und virtuellen Bildern. Die Linsengleichung wurde bereits geometrisch hergeleitet. Nach der Behandlung des Auges, speziell der Bildentstehung im Auge, wurde der Begriff des Sehwinkels eingeführt, der bei vielen optischen Instrumenten – wie beispielsweise der Lupe – eine große Rolle spielt.

Das Kennenlernen von optischen Geräten in einem Schülerexperiment ist für die Schüler besonders motivierend, weil sie sofort deren Einsatzbereich und deren Funktionsweise kennen lernen. Um den Einsatz des Fernrohrs im Alltag zu verdeutlichen, wurde als Kontext „Die Bergwanderung“ (vgl. Aufgabenstellung zur „Bergwanderung“, Abbildung 1) gewählt. Aufgrund der geographischen Lage von München kann man am Wochenende und in den Ferien relativ einfach einen Berg besteigen. Gerade an einem Tag mit Fönwetter oder einem klaren Herbsttag hat man dann vom Gipfel aus einen schönen Panoramablick mit einer Sehweite von bis zu 100 km. Dabei ist es dann schwierig zu sagen, bis zu welchen Orten der Blick wirklich reicht. Um genauere Aussagen machen zu können, ist der Einsatz eines Fernrohrs erforderlich.

Der Versuch „Die Bergwanderung“ ist in zwei unterschiedliche Aufgabenstellungen (vgl. Abbildung 1) aufgeteilt: Ein Teil der Klasse bearbeitet in Zweiergruppen Aufgabe 1, der

*e-mail: Roswitha.Ebner@web.de

andere Teil auch jeweils zu zweit Aufgabe 2. Als Vorversuch sollen sich aber alle Schüler damit beschäftigen, wie man einen weit entfernten Gegenstand vergrößert abbilden kann. Bei Aufgabe 1 geht es darum, einen 20 m entfernten Gegenstand mit einem astronomischen (Keplerschen) Fernrohr so abzubilden, dass seine wahr genommene Größe verdoppelt wird. Damit die Schüler nicht einfach nur Linsen aufstellen und diese so lange verschieben bis das Bild passt, wird eine Einschränkung eingeführt: Sie erhalten für die Verdunkelung

Die Bergwanderung

Am Wochenende planst du mit deinen Freunden eine Wanderung auf einen der Münchner Hausberge. Vom Gipfel habt ihr eine herrliche Sicht auf die umliegenden Berge und Täler.

Beim Blick in die Ferne meinst du München zu erkennen. Deine Freunde bestreiten das. Aus diesem Grund entsteht eine hitzige Diskussion darüber, ob nun am Horizont München zu sehen ist. Ihr könnt euch nicht einigen. Daher beschließt du, diesem Sachverhalt nachzugehen, und willst bei der nächsten Wanderung, die ihr bei so schönem Wetter macht, deine Freunde davon überzeugen, dass man bis nach München schauen kann.



Überlege dir zunächst einen Versuch, mit dem man weit entfernte Gegenstände vergrößert abbilden kann.

Aufgabe 1

Du möchtest jetzt einen Gegenstand, der ca. 20 m von dir weg ist, in seiner scheinbaren Größe verdoppeln/verdreifachen. Dabei musst du noch beachten, dass du nur ein begrenztes Angebot von Karton zur Verdunklung des Fernrohrs zur Verfügung hast.

Nachdem du den Gegenstand vergrößert gesehen hast, stellst du fest, dass dir das noch nicht genügt. Um bessere Details erkennen zu können, willst du jetzt eine sechsfache Vergrößerung bekommen.

Aufgabe 2

Auf dem Speicher deiner Großeltern hast du in den letzten Ferien gut erhaltene, alte Linsen gefunden. Sie haben die Brennweiten 50 mm, 100 mm, 150 mm und 300 mm. Da sie vielleicht noch zu etwas nützlich sein können, hast du sie zu dir genommen.

Du baust dir damit ein paar Fernrohre. Dabei musst du noch beachten, dass du nur ein begrenztes Angebot von Karton zur Verdunklung des Fernrohrs zur Verfügung hast.

Du überlegst dir auch gleich, welche Vergrößerungen der Fernrohre bei welcher Gelegenheit am besten einsetzbar sind.

Jetzt willst du ein Fenster des Erdgeschosses der gegenüberliegenden Hausseite vergrößert sehen. Dabei soll das Fenster so zu sehen sein, dass es linsenfüllend abgebildet wird und seine Ränder nicht abgeschnitten werden.

Abbildung 1: Experimentieranleitung für den Versuch „Die Bergwanderung“

zwischen Objektiv und Okular einen Karton, aus dem sie sich ein genau passendes Papprohr zuschneiden müssen. Dazu ist allerdings erforderlich, die genaue Position der Linsen zueinander zu kennen. Diese mussten die Schüler zuvor durch eine Rechnung bestimmen. Nachdem sich die Lehrkraft von der Richtigkeit der Anordnung und des durch das Fernrohr zu sehende Bild überzeugt hat, müssen sie eine sechsfache Vergrößerung zustande bringen. Das erste Ziel bei Aufgabe 2 ist der systematische Aufbau unterschiedlicher astronomischer Fernrohre, wobei eine Sammlung verschiedener Sammellinsen zur Verfügung steht. Die Schüler sollen sich bei jedem aufgebauten Fernrohr überlegen, bei welchen Gelegenheiten sie dieses einsetzen würden. Die oben beschriebene Einschränkung beim Zurechtschneiden der Verdunkelung gilt auch hier. Anschließend soll ein vorgegebener Gegenstand, den man vom Schulfenster aus sehen kann, mit einem Fernrohr beobachtet werden. Dazu dürfen sich die Schüler nicht ein beliebiges Fernrohr auswählen; sie müssen – nach gründlicher Überlegung und Rechnung – genau das auswählen, mit dem sie den Gegenstand in voller Größe sehen können, ohne dass seine Ränder abgeschnitten werden.

Um schnelle Arbeitsgruppen noch weiter zu fordern und zu beschäftigen, wurden Zusatzaufgaben entwickelt (vgl. Abbildung 2): Bei jeder dieser drei Zusatzaufgaben soll das vorhandene astronomische Fernrohr so umgebaut werden, dass die Schüler ein aufrechtes Bild erhalten. Im ersten Teil sollen sie aus dem astronomischen Fernrohr mit Hilfe von Umkehrprismen das aufrechte Bild erzeugen. Dadurch, dass den Schülern beim zweiten Teil zusätzliche Zerstreuungslinsen zur Verfügung stehen, sollen sie das astronomische Fernrohr in ein holländisches (Galileisches) Fernrohr verwandeln. Am Ende haben sie noch die Möglichkeit, mit zusätzlichen Sammellinsen ein Erdfernrohr zu bauen.

Dieser Versuch kommt mit Materialien einer gut sortierten Übungssammlung aus:

Optische Schiene, halbdurchlässiger Schirm, Sammellinsen (mit den Brennweiten 50 mm, 100 mm, 150 mm und 300 mm), Zerstreuungslinsen (mit den Brennweiten -50 mm und -100 mm), Metermaß, Karton oder dickeres Papier als Verdunkelung um das Fernrohr, Schere, Klebeband, Spiegel, Umkehrprismen.



Die Bergwanderung

Zusatzaufgabe 1

Du bist mit deinen Fernrohren noch nicht ganz zufrieden, weil du alle Gegenstände, die du beobachtest, auf dem Kopf stehen siehst.

Dein Fernrohr ist dir außerdem auch zu unhandlich, weil es sehr lang ist. Diesen Missstand willst du jetzt unbedingt beseitigen.

Zusatzaufgabe 2

Du bist mit deinen Fernrohren noch nicht ganz zufrieden, weil du alle Gegenstände, die du beobachtest, auf dem Kopf stehen siehst.

Auf ein aufrechtes Bild willst du nicht verzichten, obwohl dir nur noch ein paar Zerstreuungslinsen zur Verfügung stehen, die du zusätzlich einbauen kannst.

Zusatzaufgabe 3

Du bist mit deinen Fernrohren noch nicht ganz zufrieden, weil du alle Gegenstände, die du beobachtest, auf dem Kopf stehen siehst.

In deiner Materialkiste befinden sich nur noch ein paar Sammellinsen. Trotzdem möchtest du ein aufrechtes Bild bekommen. Geht das?

Abbildung 2: Experimentieranleitung für die Zusatzversuche zu „Die Bergwanderung“

2 Lösungen

Vorüberlegung: Um weit entfernte Gegenstände wie beispielsweise Gegenstände auf dem Schulhof auf einen Schirm abzubilden, stellt man vor den Schirm eine Sammellinse und verschiebt diese auf der optischen Achse so lange bis ein scharfes Bild dieses Gegenstandes zu erkennen ist.

Aufgabe 1: Das astronomische (Keplersche) Fernrohr besteht aus einer Sammellinse mit großer Brennweite als Objektiv. Dieses hat die Aufgabe, von dem entfernten Gegenstand ein reelles Bild in der Nähe zu erzeugen, so dass man es mit einer Lupe, dem Okular, betrachten kann [1, S.108].

Um eine bestimmte Vergrößerung zu berechnen, wendet man die Formel $V = \frac{f_{\text{Objektiv}}}{f_{\text{Okular}}}$ an, wobei V die Vergrößerung eines Fernrohrs ist [2, S.130].

Um eine doppelte Vergrößerung zu bekommen, nimmt man als Objektiv eine Sammellinse mit der Brennweite 100 mm bzw. 300 mm und für das Okular eine mit der Brennweite 50 mm bzw. 150 mm. Man erhält hier Fernrohre mit der Tubuslänge 150 mm bzw. 450 mm.

Damit man einen Gegenstand mit einem Fernrohr in seiner scheinbaren Größe verdreifachen kann, nimmt man Linsen mit der Brennweite 150 mm bzw. 300 mm als Objektiv und mit der Brennweite 50 mm bzw. 100 mm als Okular.

Die Bergwanderung

Hilfskarte 1

Welche Abbildungen kann man mit Hilfe von Linsen erreichen?

Hilfskarte 2

Man kann mit Hilfe von Linsen reelle und virtuelle, aufrechte und umgedrehte, vergrößerte und verkleinerte Bilder erzeugen. Dabei kommt es darauf an, in welchem Verhältnis die Brennweite f , die Gegenstandsweite g und die Bildweite b zueinander stehen.

Du willst jetzt ein reelles Bild auffangen bzw. dieses „weiterverarbeiten“. Wie machst du das, wenn dir kein Schirm zur Verfügung steht?

Hilfskarte 3

Du berechnest dir die Bildweite und markierst dir die Position. Zur Bestätigung kannst du jetzt auch ein Blatt Papier an diese Stelle halten.

Dieses reelle Bild möchtest du genauer betrachten. Welches Hilfsmittel ist dazu noch nötig? Welche Funktion hat es?

Hilfskarte 4

Als Hilfsmittel musst du die Lupe einsetzen, weil du mit ihr einen vergrößerten Sehwinkel erreichst und damit dein Bild vergrößert sehen kannst.

Ein Fernrohr hat stets eine feste Vergrößerung. Wie kann man diese bestimmen, wenn man zwei Linsen zur Auswahl hat?

Abbildung 3: Hilfskarten für den Versuch „Die Bergwanderung“

Für eine sechsfache Vergrößerung sucht man sich die Linsen mit den Brennweiten 300 mm und 50 mm als Objektiv bzw. Okular heraus. Die Länge des Fernrohrs ist hier 350 mm.

Aufgabe 2: Ein Fernrohr erhält man genau dann, wenn $V > 1$ ist. Es kommen also folgende Vergrößerungen mit den vorhandenen Linsen zustande:

Vergrößerung V	f_{Objektiv}	f_{Okular}	Tubuslänge t
1,5	150 mm	100 mm	250 mm
2	100 mm	50 mm	150 mm
	300 mm	150 mm	450 mm
3	150 mm	50 mm	200 mm
	300 mm	100 mm	400 mm
6	300 mm	50 mm	350 mm

Zusatzaufgabe 1: Um das Objektivbild umzukehren, muss man zwei total reflektierende Prismen in den Versuchsaufbau einsetzen. Diese Anordnung ist so im Prismenglas, das

kürzer als ein Erdfernrohr ist. Im Allgemeinen ist dieses nicht lichtstark, weil durch mehrfache Reflexion Licht verloren geht. Es hat jedoch ein größeres Gesichtsfeld, das heißt, man kann senkrecht zur Blickrichtung einen größeren Bereich sehen [1, S.109].

Zusatzaufgabe 2: Damit man den Gegenstand nicht mehr auf dem Kopf stehen sieht, muss man das astronomische Fernrohr in ein holländisches (Galileisches) Fernrohr umbauen. Anstelle einer Sammellinse als Okular setzt man jetzt eine Zerstreuungslinse ein. Die Länge des Tubus ändert sich deshalb, weil nun $f_{\text{Okular}} < 0$ ist [3, 6.5.2].

Zusatzaufgabe 3: Um ein aufrechtes Bild des Gegenstandes zu bekommen, muss man ein astronomisches Fernrohr in ein Erdfernrohr umbauen. Das vom Objektiv erzeugte reelle Bild wird mit einer Sammellinse nochmals abgebildet, so dass ein reelles, aufrechtes Bild vom Gegenstand entsteht. Dieses betrachtet man dann durch die dritte Linse, dem Okular, das als Lupe wirkt [1, S.109]. Der Nachteil dieses Fernrohrs ist seine Länge: Deshalb wird man in der Praxis meist auf ein Prismenglas zurückgreifen.

Literatur

- [1] BERGMANN, F.; SCHRÖDER, H.: *Einführung in die Physik – Bayern 9*, Verlag Moritz Diesterweg Frankfurt am Main 1984
- [2] HAMMER, K.; KNAUTH, H.; KÜHNEL, S.: *Physik 9A*, Oldenbourg Schulbuchverlag München 1993
- [3] Leybold-Heraeus GmbH: *Lehrerversuchskartei*, Leybold-Heraeus GmbH
- [i.1] <http://horst.wiesers.net/alpen/schachen08pano.html> (Stand: 21.02.2003)