

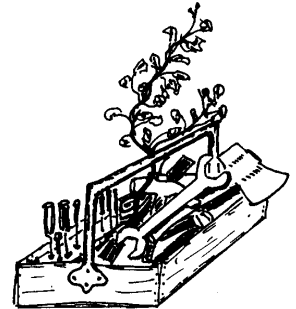
Unterrichtsprojekte Natur und Technik



Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover

Telefon: 0511-168-47665/7
Fax: 0511-168-47352
E-mail: 40.50@hannover-stadt.de

Internet:
www.schulbiologiezentrum-hannover.de



19.18

**Zum Selbstbau
für fachübergreifenden Unterricht,
Arbeitsgemeinschaften, Projektwochen
und Landheimfahrten:**

Das "Tennisauge" und andere Modelle, mit denen man erfahren kann, wie das Auge funktioniert

Kinder spielen gern mit Brenngläsern. Ob man mit Lupen und Schnürsenkeln "kokelt" oder Muster ins Holz brennt, vom Spiel mit dem gebündelten Sonnenlicht geht immer wieder eine starke Faszination aus. Der helle und heiße Lichtfleck, den die Lupe im Sonnenlicht schafft, brennt auf dem Handrücken. Wer hält es am längsten aus?

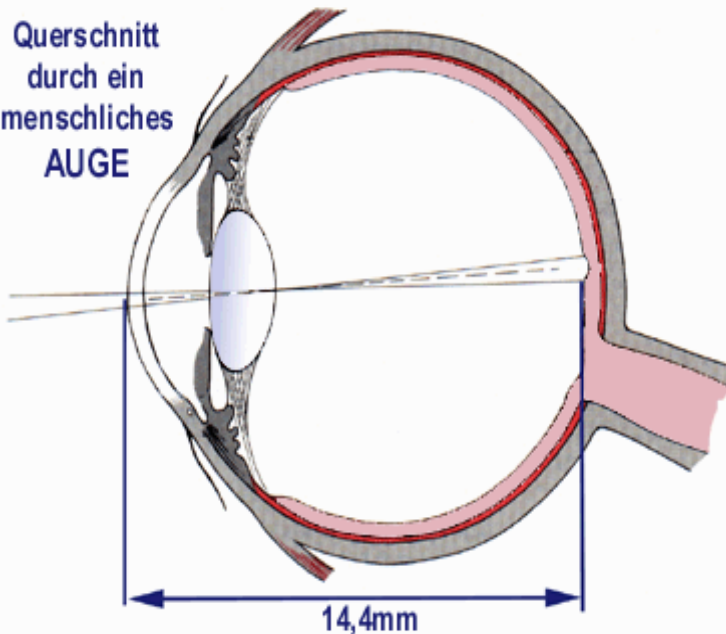


Wolken ziehen auf und verdunkeln die Sonne. Nichts geht mehr. Und da entdeckt vielleicht jemand, dass sich die Wolke auf dem Papier, dem Holz oder dem Handrücken wiederfindet. Plötzlich wird klar, dass der heiße, helle und runde Lichtfleck nichts anderes ist, als das Bild der Sonne. Andere Kinder stellen sich vor den Himmel, winken und erscheinen auf dem Blatt Papier. Aber eigenartig: Das Bild steht auf dem Kopf, und die rechte winkende Hand wird zur linken.

So oder ähnlich könnte ein spielerischer Einstieg in das Thema "Auge" aussehen, wenn Sie Ihren Schülern etwas Zeit zu geben bereit sind.

Mit einer „optischen Bank“, bestehend aus verschiedenen Sammellinsen und einem Projektionsschirm, die auf einer Schiene gleitend montiert werden, lassen sich die Gesetzmäßigkeiten der Bildentstehung erkunden (siehe Abbildung).

Querschnitt
durch ein
menschliches
AUGE



Die Linse des menschlichen Auges (und dem aller Wirbeltiere) ist im Prinzip nichts anderes als ein Brennglas. Daher führt ein direkter ungeschützter Blick in die Sonne auch zu meist irreversiblen Schäden (im schlimmsten Fall Blindheit!).

Diese Arbeitshilfe beschreibt, wie Sie mit Hilfe eines Tennisballs, einer Linse, etwas Pappe und transparentem Zeichenpapier ein Augenmodell herstellen können, dass im Gegensatz zu vielen Modellen aus der Biologie-sammlung tatsächlich Bilder erzeugt. Darüber hinaus

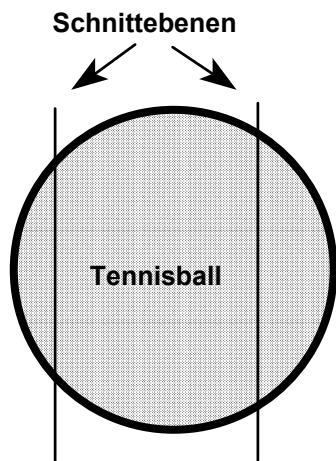
wollen wir Ihnen noch einige, mit Schülern erprobte Varianten des Bauvorschlags anbieten.

Das wird benötigt:

- Ein Tennisball (auf dem Flohmarkt oft schon für wenige Pfennige zu haben oder im Herbst zum Ende der Spielsaison bei Tennisvereinen)
- Eine bikonvexe ("zweibäuchige") Sammellinse aus Glas, oder (billiger) aus Plastik. Die Größe sollte bei 2 cm liegen, die Brennweite (f), der Größe des Tennisballs angemessen, etwa 40 mm betragen. Eine mögliche Bezugsquelle preisgünstiger Acryl-Linsen ist der AstroMedia* Verlag, Pilziggrundstr. 67, 97076 Würzburg, Tel. +49 931 - 273 355, eMail: service@astromedia.de. Der Preis liegt zu Zeit (2002) bei 0,90 € pro Stück (www.astromedia.de)
- Dünne Pappe
- Transparentes Zeichenpapier, ersatzweise auch Butterbrotpapier
- Ein Teppichmesser oder (sicherer) eine kleine Metallsäge (Puksäge),
- Schere, Klebstoff, Klebeband und farbige Stifte



So wird's gemacht:

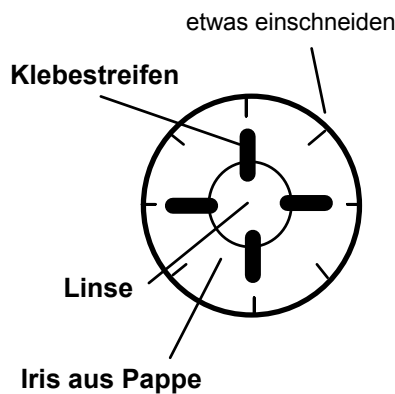


Nehmen Sie den Tennisball fest in die Hand und schneiden ihn mit dem Teppichmesser nach dem abgebildeten Muster auf. Der Abstand der beiden Schnittflächen sollte etwas größer sein als die Brennweite der Linse. Die Brennweite können Sie selbst bestimmen, indem Sie den Abstand zwischen dem Linsenmittelpunkt und dem Bild eines praktisch unendlich weit entfernten Gegenstands (z.B. der Sonne) ausmessen.

Die Innenfläche des Tennisballs ist (hätten Sie's gewußt?) schwarz. Auch die "camera obscura", die Dunkel-/Lochkamera des Leonardo da Vinci ist schwarz, genauso wie das Innere Ihrer Photo- oder Videokamera. Dies hat den Vorteil, dass praktisch kein Streulicht durch Reflexion entsteht, und nur die direkt durch die Linse gebündelten

Lichtstrahlen den Kamerahintergrund treffen. Dadurch wird die Abbildung heller und schärfer. Schneiden Sie aus Pappe einen Ring aus, der gut hinter die vordere Öffnung des Balls passt, und dessen Loch etwas kleiner ist als die später hineinzuklebende Linse.

Der äußere Rand des Rings wird etwas eingeschnitten, die dabei entstehenden Falze dienen später beim Einbau in den Ball als Befestigungsflächen.



Mit einem Augenvergrößerungsspiegel, einem kleinen Hohlspiegel, den Sie bitte im Schulbiologiezentrum im Klassensatz ausleihen möchten, können Sie ihre eigenen Augen betrachten und den Pappiring auf der späteren Vorderseite in den Farben ihrer Iris (Regenbogenhaut) bemalen. Buntstifte sind dabei erheblich geeigneter als Filzmalen! Die Linse wird mit einigen Klebestreifen (z.B. Textilklebeband, TESA o.ä.) in das Loch geklebt. Wenn Sie das auf der späteren Rück-seite des Papp-rings tun, sind sie nachher

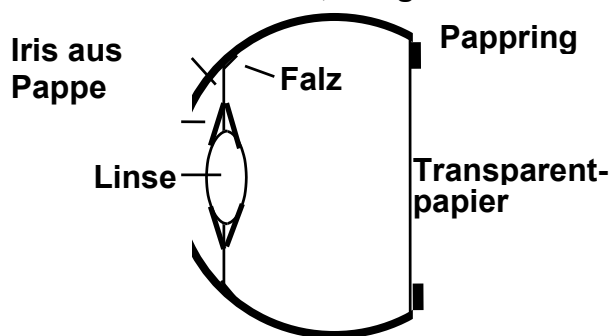
nicht mehr zu sehen.

Kleben Sie nun den so mit der Linse versehenen Ring (Iris) in den Tennisball. Von vorn gesehen, sollte das "Auge" dann wie oben abgebildet aussehen

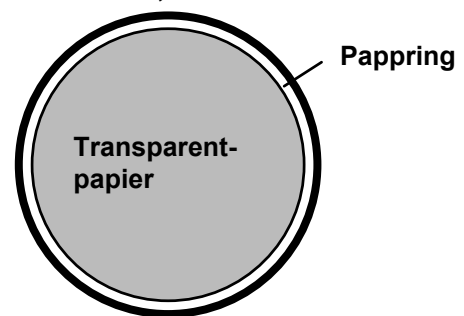


Schneiden Sie einen schmalen Pappiring aus, der auf die aufgeschnittene Rückseite des Tennisballs passt. Kleben Sie ihn auf transparentes Zeichenpapier und schneiden erneut aus. Anschließend wird der Kreis aus Pappiring und Zeichenpapier auf den Ball geklebt.

Tennisball, Längsschnitt



Tennisball, von hinten





Wenn alle Arbeitsschritte richtig geklappt haben, sollte sich dieser Querschnitt ergeben:

Mit dem "Tennisauge" können Sie ihre Umwelt auf dem Kopf stehend und seitenverkehrt abbilden. Stellen Sie zwei unterschiedlich gefärbte Kerzen im dunklen Klassenraum auf den Tisch. Sie sehen ihre Bilder auf der "Retina" aus Zeichenpapier. Dabei wird die "echte" linke Kerze zur rechten in der Abbildung, für die rechte gilt

entsprechendes. Beide Flammen zeigen nach unten.

"Fehlsichtige" Tennisaugen, also solche, bei denen der Abstand Linse-Transparentpapier nicht exakt der Linsenbrennweite entspricht, können durch Aufsetzen einer passenden Brille (vielleicht Ihre eigene?) korrigiert werden. Ist der Abstand zu groß, entsteht das Bild weiter entfernter Gegenstände schon vor der "Retina". Nah liegende Objekte hingegen werden scharf abgebildet (Kurzichtigkeit). Mit einer bikonkaven Linse lässt sich der Fehler beseitigen.

Ist der Abstand zu klein, liegt die Bildebene hinter der "Netzhaut" (Fernsichtigkeit): Nur weit entfernte Objekte erzeugen eine scharfe Abbildung. Die Korrektur erfolgt über eine Sammellinse (bikonvexe Linse).

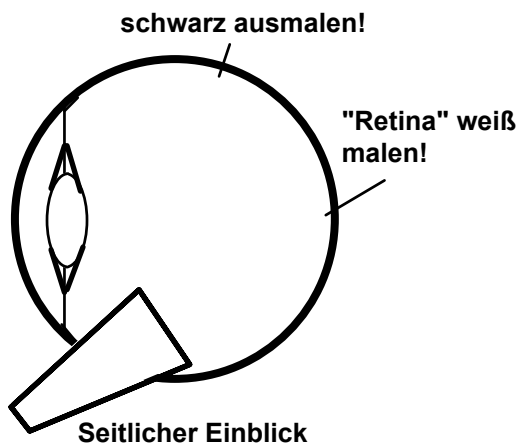
Varianten

Eine interessante, größere Version können Sie mit Hilfe eines Luftballons, Zeitungspapier und Tapetenkleister herstellen. Hier allerdings sollten Sie sich eine Linse längerer Brennweite, z.B. 150 mm besorgen. Solche Linsen sind in Plastikausführung oft als "Billig-lupen" erhältlich.

Blasen Sie den Luftballon soweit auf, dass der Durchmesser etwas mehr als die Brennweite beträgt und bekleben sie ihn mit mehreren Lagen Zeitungspapier. Nach dem Austrocknen des Kleisters (mindestens einen Tag warten!) können Sie den Ballon so bearbeiten, wie wir es für das "Tennisauge" beschrieben haben. Vergessen Sie nicht, das Innere des Ballons mit schwarzer Farbe auszumalen!

Das "Ballonauge" hat den Vorteil, dass Linsen entsprechender Größe leichter und kostengünstiger zu beschaffen sind und dass es auf die Brennweite nicht so genau ankommt. Die Größe des Ballons kann der Brechkraft der Linse angepasst werden.

Die hinten quer abgeschnittenen Kugelformen stimmen nicht mit der Realität überein. Die Netzhaut bildet ja in Wirklichkeit den Hintergrund einer schwarzen Hohlkugel. Sie können aber durchaus auf die flache Transparentpapier-Retina verzichten und dennoch ein Bild sehen.



Schaffen Sie dafür einen seitlichen Einblick, im einfachsten Fall durch ein Loch, in der gehobeneren Form durch eine konische Papprohre. Die "Retina" sollte in diesem Falle, damit das Bild nicht "verschluckt" wird, weiß ausgemalt werden.

Zur Weihnachtszeit gibt es in Bastelgeschäften "befüllbare" Christbaumkugeln aus klarem Plastikmaterial. Sie bestehen aus zwei auseinandernehmbaren Halbhohlkugeln. Kleben sie eine Pappiris und eine Linse ein und schwärzen die Kugel bis auf die "Hornhaut" und die "Retina". Das

Bild entsteht auf der sphärischen Rückseite.

Das "Tennis-", "Ballon-" oder "Weihnachtsbaumkugelauge" kann natürlich auch nicht alles leisten. Die Nah- und Fernakkommodation durch Veränderung der Linsenkrümmung ist bei einer Glas- bzw. Plastiklinse unmöglich. Ein Verändern des Abstands Linse - Bildebene wie bei einer Kamera stellt das Auge zwar auf Nähe oder Ferne scharf, entspricht aber nicht den wirklichen Verhältnissen.

Die Veränderung der Bildhelligkeit und in der Tiefenschärfe durch eine engere oder weitere Eintrittsöffnung (Pupille) lässt sich durch aufgesetzte Lochscheiben jedoch gut ausprobieren. Hier ist natürlich das größere "Ballonauge" von Vorteil! Im realen Auge sorgt - das sei hinzugefügt - nicht nur die Linse, sondern ganz wesentlich auch die Hornhaut für die Brechung der ins Auge fallenden Lichtstrahlen und damit für die Abbildung am "richtigen" Punkt.

Vielleicht haben Sie Lust, die Modelle weiterzuentwickeln?

Das Schulbiologiezentrum hält zur Ausleihe Augen-Funktionsmodelle nach dem Prinzip der optischen Bank bereit, welches das Prinzip der Bildentstehung sehr anschaulich macht. Besonders deutlich wird das physikalische Prinzip des Sehens durch eine Linse, deren Wölbung hydraulisch veränderbar ist.

Das Grundprinzip ist den Schülern durch eigene Bastelerfahrung leicht zu vermitteln. Etwas selbst zu tun wird auch hier die Grundlage und die Motivation dafür schaffen, tiefer in die Phänomene und Gesetzmäßigkeiten eindringen zu wollen.

Viel Spaß beim Nachbau!

Ingo Mennerich

Erstausgabe November 1994, überarbeitete Neufassung November 2002

Die Bilder machte Alfred Friedenstab im Schul-LAB an der IGS Mühlenberg. Schülerinnen und Schüler einer 7. Klasse der KGS Neustadt trafen sich hier zu diesem Einstiegsprojekt.