

Das Auge – Fenster zur Welt



Ein Beitrag zum NWA-Tag 2006 von

Roland Attl

und

Carmen Herzog

Inhaltsverzeichnis

1	Bezug zum Bildungsplan.....	3
2	Schutzfunktionen und äußerer Bau des Auges.....	4
3	Präparation eines Schweineauges.....	5
4	Das Hell-Dunkel Sehen und das Farbsehen.....	8
5	Bau der Netzhaut / Verteilung der Lichtsinneszellen auf der Netzhaut.....	8
6	Der Sehpurpurzerfall.....	10
7	Adaptation (Beobachtung des Pupillenspiels).....	11
8	Der Blinde Fleck.....	11
9	Akkommodation.....	12
10	Der Kineffekt: Die Trägheit des Auges.....	13
11	Räumliches Sehen.....	13

1 Bezug zum Bildungsplan

Das Phänomen "Das Auge – Fenster zur Welt" lässt sich, bezogen auf den Bildungsplan 2004 der Realschule, in die Unterrichtseinheit " Experimentieren mit Schall oder Licht" eingliedern, die im themenorientierten Unterricht der Klassen 5 bis 7 zu finden ist. Unter der Leitidee "Den eigenen Körper verstehen" sollen die Schüler "Bau und Funktion wichtiger Organsysteme können" und "den eigenen Körper als komplexes System begreifen". Dabei sollen Experimente dazu beitragen, "die Leistungen eines Sinnesorgans im Zusammenwirken mit dem Gehirn" verständlich zu vermitteln.

Am Thema "Auge" lassen sich folgende, im Bildungsplan geforderte, Kompetenzen üben:

- Hypothesen bilden;
- Prognosen wagen;
- Versuche durchführen;
- Daten erheben durch Messen, Beobachten, Beschreiben, Vergleichen;
- Ergebnisse dokumentieren;
- Ergebnisse reflektieren und diskutieren;
- auf Modellebene Denken;
- naturwissenschaftliche Erkenntnisse in Alltagssituationen nutzen und anwenden;
- experimentieren;
- in der Teamarbeit Kooperations- und Kommunikationsformen für zielgerichtetes Arbeiten erwerben;
- Experimente, Erkenntnisse und Fakten in angemessener Fachsprache präsentieren und auf Rückfragen antworten;
- auf Modellebene denken;
- mit Modellen sich selbst beschreiben.

2 Schutzfunktionen und äußerer Bau des Auges

Informationen für die Lehrperson:

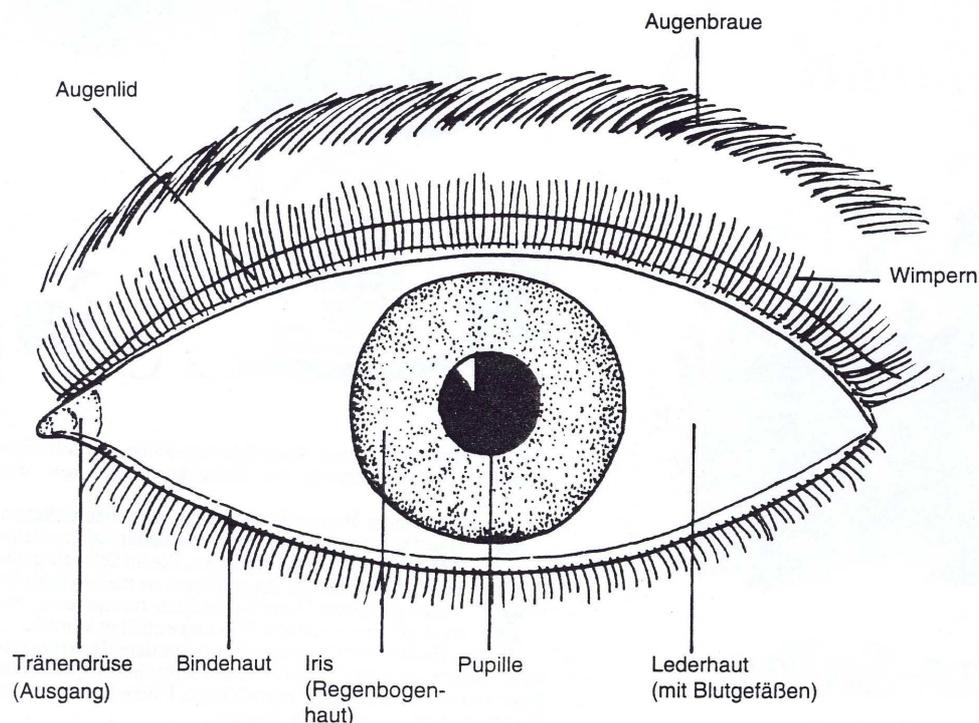
Die Schüler sollen mit den folgenden Aufgaben den äußeren Bau und die Schutzfunktionen des Auges kennen lernen.

Material:

Wattebäuschchen, Pipetten, Wasser, Taschenlampen (keine LED)

Aufgabe 1:

Das eigene Auge (mit Spiegel) bzw. das Auge des Banknachbarn wird mit Bleistift so detailgetreu wie möglich ins Heft gezeichnet. Mit Hilfe eines Tafelbildes werden die Bauteile des Auges benannt. Parallel werden die Zeichnungen im Heft der Schüler beschriftet.



Aufgabe 2:

Wattebausch wird auf Auge des Partners gepustet.

(Erklärung: Durch das Auftreffen der Watte auf die Wimpern wird ein Schließreflex der Augen als Schutz vor Fremdkörpern ausgelöst.)

Aufgabe 3:

Mit der Pipette werden Wassertropfen über die Augenbrauen des Partners geträufelt.

Warnhinweis: Die spitzen Pipetten können das Auge verletzen. Die Schüler müssen auf achtsamen Umgang damit hingewiesen werden.

(Erklärung: Die Augenbrauen schützen das Auge vor Schweiß. Die Flüssigkeit wird zur Seite abgeleitet.)

Aufgabe 4:

Mit einer Taschenlampe wird dem Partner kurz ins Auge geleuchtet.

(Erklärung: Die Pupille verkleinert sich. Sie ermöglicht und reguliert den Lichteintritt ins Auge.)

Nach den oben genannten Versuchen kann folgender Hefteintrag stattfinden:

Bauteile des Auges	Funktion
Augenbrauen	Der Schweiß wird von der Stirn nach der Seite abgeleitet.
Augenlider	Sie halten zu grelles Licht von den Augen ab, schützen die Hornhaut und entfernen Staubteilchen mit Hilfe von Tränenflüssigkeit.
Tränendrüse	Sie produziert Tränenflüssigkeit, welche das Auge feucht hält und gleichzeitig vor Bakterien schützt.
Augenwimpern	Treffen Fremdkörper auf, wird das Schließen der Lider ausgelöst, was die Augen schützt.
Lederhaut	Sie schützt das Auge und gibt ihm Form.
Bindehaut	Sie verbindet Augapfel und Augenlider und kleidet die Innenwand der Augenlider aus.
Regenbogenhaut (Iris)	Durch sie wird der Lichteinfall ins Auge geregelt.
Pupille (Öffnung der Iris)	Sie ermöglicht und reguliert den Eintritt von Licht ins Auge.

3 Präparation eines Schweineauges

Informationen für die Lehrperson:

Auf Grund von BSE dürfen Untersuchungen an Rinderaugen nicht mehr durchgeführt werden. Alternative zum Schweineauge ist das Schafsauge.

Die Augen sollten möglichst frisch sein. Im Kühlschrank können sie 2-3 Tage aufbewahrt werden.

Vor der Arbeit mit den Schülern sollte aus ästhetischen Gründen das noch am Augapfel haftende Muskel- und Bindegewebe entfernt werden.

Material:

Schweineaugen, Petrischalen, Präparierbecken, Bechergläser, spitze Scheren, Pinzetten, Skalpelle, Messer, Rasierklingen, Deckgläser, Objektträger, Mikroskope (Binokulare), Zeitung

Durchführung:

Bevor man mit der Präparation des Auges anfängt, kann man den Bau des Auges untersuchen: die Form des Augapfels, den Ansatz der Augenmuskeln, das Fettgewebe und die Austrittsstelle des Sehnervs.

Präparationsschritte:

Mit einer Rasierklinge wird die harte Lederhaut in Augenmitte vertikal eingeschnitten. Von hier wird mit einer spitzen Schere die vordere von der hinteren Halbkugel durch einen möglichst flach geführten Kreisschnitt getrennt. Die zart-rosa gefärbte Netzhaut liegt der Aderhaut nur locker auf. Man kann sie also leicht ablösen. Mit der Austrittsstelle des Sehnervs ist sie allerdings fest verwachsen.

Hinter der Netzhaut kann man schwarzes Pigment und die irisierende Aderhaut erkennen. Die Aderhaut wird vom schmalen Wulst des Ziliarmuskels begrenzt und setzt sich unter der Hornhaut als Iris fort. Nachdem das Auge geöffnet wurde, kann man den Glaskörper

vorsichtig herausnehmen. Dabei sollten die Schüler auf Lage und Form der Linse, die Ansatzstellen des Ziliarmuskels und die Struktur der Iris achten. Der Glaskörper, die Linse und auch die Netzhaut werden zur weiteren Untersuchung in einer mit Wasser gefüllten Petrischale aufbewahrt.

Versuch 1:

Man lässt ein Skalpell mit der Spitze voran auf die gestraffte Hornhaut des Auges fallen.
(Erklärung: Die Verletzung ist aufgrund der robusten Zusammensetzung der Hornhaut minimal.)

Versuch 2:

Die Linse und der Glaskörper werden in ein mit Wasser gefülltes Becherglas gelegt.
(Erklärung: Der Glaskörper kann nicht mehr erkannt werden, da Glaskörper und Wasser den gleichen Brechungsindex haben. Im Gegensatz dazu bleibt die Linse sichtbar.)

Versuch 3:

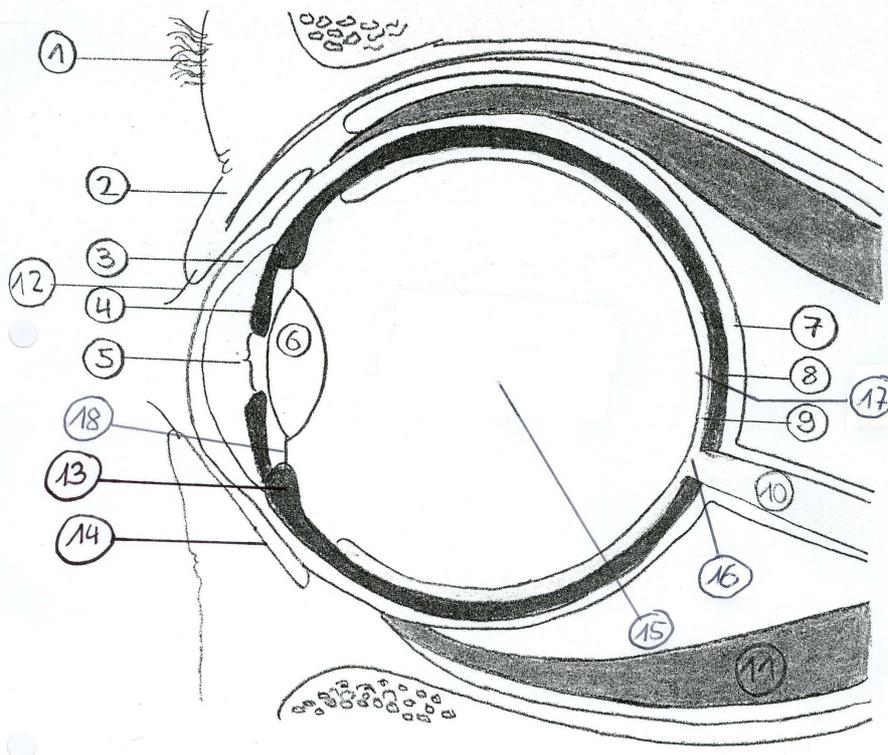
Man legt die Linse auf einen Zeitungsausschnitt.
(Erklärung: Die Buchstaben der Zeitung werden durch die Linse deutlich vergrößert.)

Versuch 4:

Ein kleines Stück der Netzhaut wird bei schwacher Vergrößerung durch das Mikroskop betrachtet. Die Netzhaut wird dazu auf einen Objektträger gelegt und mit einem Deckglas etwas gequetscht.
(Erklärung: Die Netzhaut wird von vielen Adern durchzogen, was man bei schwacher Vergrößerung erkennen kann. Wählt man eine stärkere Vergrößerung, wird eine Felderung der Netzhaut erkennbar. Diese wird durch die nebeneinander stehenden Zapfen und Stäbchen hervorgerufen. Man kann allerdings die Lichtrezeptoren selbst nicht sehen.)

Es ist sinnvoll, dass die Schüler ihre Beobachtungen in zeichnerischer Form und schriftlich festhalten.

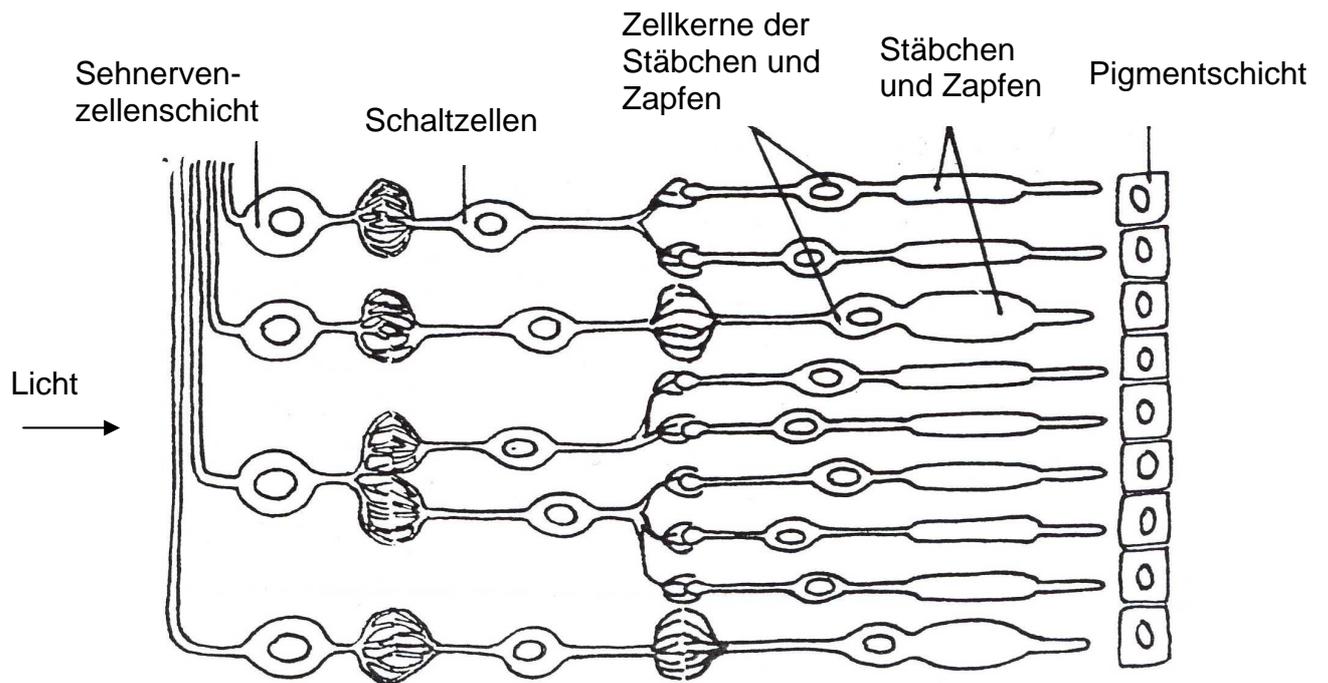
Bau des Auges:



Legende:

1. Augenbraue
2. Augenlid
3. Hornhaut
4. Iris (Regenbogenhaut)
5. Pupille
6. Linse
7. Lederhaut
8. Aderhaut
9. Netzhaut
10. Sehnerv
11. Augenmuskel
12. Wimpern
13. Ziliarmuskel
14. Bindehaut
15. Glaskörper
16. Blinder Fleck
17. Gelber Fleck
18. Linsenbänder

Bau der Netzhaut:



4 Das Hell-Dunkel Sehen und das Farbsehen

Informationen für die Lehrperson:

Im Auge gibt es zwei verschiedene Arten von Lichtsinneszellen, die Stäbchen und die Zapfen. Mit den Stäbchen können im Gegensatz zu den Zapfen keine Farben wahrgenommen werden, sondern nur Hell-Dunkel Unterschiede.

Material:

buntes Papier (evtl. in Form von Katzen), Befestigungsmittel

Versuch:

Der Raum wird abgedunkelt, wobei noch ein **wenig** Licht da sein muss (Vorsicht: Licht einer Kerze schon zu viel). Erst jetzt wird das farbige Papier an der Tafel befestigt. Nach einiger Zeit wird der Raum langsam erhellt.

(Erklärung: Bei wenig Licht sind die unterschiedlichen Farben nicht zu erkennen. Wird der Raum erhellt, werden die Farben erkannt. Es muss demnach unterschiedliche Arten von Lichtsinneszellen geben. Da die Stäbchen viel lichtempfindlicher sind als die Zapfen aber mit ihnen keine Farbe erkannt werden kann, wird bei dem Versuch zuerst nur die Form des Papiers wahrgenommen. Die Zapfen brauchen zur Erregung wesentlich mehr Licht. Deshalb ist das Farbsehen nur bei ausreichend Licht möglich.)

"Bei Nacht sind alle Katzen grau!" ☺

5 Bau der Netzhaut / Verteilung der Lichtsinneszellen auf der Netzhaut

Informationen für die Lehrperson:

"In der Netzhaut des Menschen liegen die farbempfindlichen **Zapfen** und die helldunkelempfindlichen **Stäbchen**. Die Stäbchen sind etwa 10 000-mal lichtempfindlicher als die Zapfen und überwiegend am äußeren Rand der Netzhaut. Sie sind für das Dämmerungssehen verantwortlich. Im Zentrum der Netzhaut überwiegen die Zapfen, deren drei Typen für die Farbeindrücke Rot, Grün oder Blauviolett ihre höchste Empfindlichkeit besitzen. Die übrigen Farben kommen durch Mischung zustande: Gelb reizt rot- und grünempfindliche Zapfen. Exakt in Richtung der optischen Achse liegt in der Netzhaut die leicht vertiefte Stelle des schärfsten Sehens, der **gelbe Fleck** (Fovea centralis). Hier wird das Sehen nur durch Zapfen bewirkt." (siehe DUDEN, Schülerduden Biologie, Dudenverlag, Mannheim 2003, S. 47f)

Material:

Arbeitsblatt, Teststäbchen (Schaschlikspieße mit unterschiedlichen Farbmarken), Radiergummi

Versuch:

siehe Arbeitsblatt

(Erklärung: Die Stäbchen verteilen sich überwiegend auf den Randbereich, die Zapfen überwiegend auf den Zentralbereich der Netzhaut. Im äußeren Bereich der Netzhaut erkennt man zwar die Bewegung, nicht jedoch die Form. Erst zur Mitte des Sehfeldes hin wird die Form erkannt.

Die unterschiedlichen Zapfentypen sind von außen nach innen folgendermaßen auf der Netzhaut angeordnet: blau – rot – grün.)

Versuch:

Wir stellen die Verteilung der Lichtsinneszellen auf der Netzhaut fest

Blickrichtung

Arbeitsanweisung:

1. Die **Versuchsperson** legt ihr Kinn auf die markierte Stelle dieses Blattes, das auf dem Tisch liegt.
Sie bedeckt das linke Auge mit der Hand und fixiert stur mit dem rechten Auge einen fernerer Punkt (z.B. Radiergummi) in Blickrichtung.
2. Der **Versuchsleiter** nimmt ein Stäbchen mit einer Farbmarke und fährt damit langsam auf der Bogenlinie entlang, bei "Start" beginnend.
3. Der **Protokollführer** sitzt der Versuchsperson gegenüber und passt auf, dass diese nicht schießt. Zudem markiert er den Punkt auf der Bogenlinie mit einem "B", wo zuerst die Bewegung erkannt wurde, ebenso das Erkennen der Form mit einem "F". Die Punkte, an denen die verschiedenen Farben richtig erkannt werden, markiert er mit einem entsprechenden farbigen Punkt.
4. Nach einem Durchgang mit allen drei Farbmarken ist der Versuch beendet, die Rollen sind zu vertauschen.

Überlegt:

- a) Wie erklären wir uns, dass "Bewegung" und "Farbe" unterschiedlich früh erkannt werden?
- b) Wie erklären wir uns, dass das Gesichtsfeld für verschiedene Farben unterschiedlich verläuft?

Start

Kinn

Holzstäbchen mit Farbmarken



6 Der Sehpurpurzerfall

Informationen für die Lehrperson:

In den Sehsinneszellen ist Sehpurpur (Rhodopsin) enthalten. Bei Belichtung der Netzhaut zerfällt dieses in Opsin und Retinal. Diese Zersetzung bewirkt in den Sinneszellen eine Erregung. Da das Rhodopsin nur langsam wieder aufgebaut wird, ist die Netzhaut erst nach einer kurzen Zeit wieder voll erregbar.

Material:

ein Blatt Papier, Lineal, schwarzer Filzschreiber oder ein Testblatt mit vorgefertigter Figur

Versuch:

Auf das Blatt wird ein Quadrat mit 4 cm Kantenlänge gezeichnet und ausgefüllt.

Dieses schwarze Quadrat wird für ca. 30 Sekunden fixiert. Anschließend blickt man auf eine weiße Fläche, z.B. ein leeres Blatt.

(Erklärung: Auf der weißen Fläche erscheint ein im Vergleich helleres Quadrat als Nachbild. An der Stelle, an der das schwarze Quadrat auf der Netzhaut abgebildet wurde, ist Rhodopsin kaum zerfallen, im umgebenden Bereich dagegen viel. Nach der Betrachtung des Quadrats fällt auf die Netzhaut die gleiche Helligkeit, was bedeutet, dass im vorher geschonten Netzhautbereich mehr Rhodopsin zerfallen kann. Hier werden die Sehsinneszellen stärker gereizt und leiten daher pro Zeiteinheit mehr Impulse zum Gehirn. Für das Gehirn bedeuten mehr Impulse pro Zeiteinheit aber heller.)

7 Adaptation (Beobachtung des Pupillenspiels)

Information für die Lehrperson:

Das Auge kann sich den unterschiedlichen Lichtverhältnissen anpassen. Dazu wird die Größe der Pupille verändert, was feine Muskeln in der Regebogenhaut ermöglichen. Dieser Vorgang wird Adaptation genannt.

Material:

Spiegel, Tageslichtprojektor, Karton, Taschenlampe

Versuch 1:

Die Pupillenweiten in einem jeweils hellen bzw. dunklen Raum werden miteinander verglichen. Hierzu sollen Skizzen angefertigt werden.

Versuch 2:

Ein Auge wird geschlossen. Das andere schaut in eine Lichtquelle (Tageslichtprojektor). Das geschlossene Auge wird geöffnet und dessen Pupille beobachtet.

Versuch 3:

Man stellt einen Karton zwischen die Augen. Ein Auge wird mit einer Taschenlampe beleuchtet. Das Pupillenspiel beider Augen soll beobachtet werden.

(Erklärung: Die Pupillenweiten passen sich der jeweiligen Lichtintensität an. Das bedeutet: viel Licht – kleine Pupille, wenig Licht – große Pupille. Beide Pupillen reagieren synchron und haben stets die gleiche Größe.

Das Gehirn regelt die auf die Netzhaut fallende Lichtmenge auf einen optimalen (Soll-) Wert. Dabei können Regelschwingungen zu einem Pulsieren führen.)

8 Der Blinde Fleck

Informationen für die Lehrperson:

Im Auge gibt es den so genannten "Blinden Fleck", da an der Stelle, an der der Sehnerv aus dem Auge austritt keine Sinneszellen vorhanden sind. Dieser Blinde Fleck fällt beim Sehen aber nicht auf, weil durch die Leistung unseres Gehirns diese "Leere" bei der Wahrnehmung ausgeglichen wird.

Material:

ein Blatt Papier

Versuch:

Auf das Papier werden zwei Figuren im Abstand von etwa 10 cm gezeichnet (z.B. Kreis und Dreieck).

Zum Nachweis des blinden Flecks hält man die Abbildung ungefähr eine Armlänge von sich. Das rechte Auge wird geschlossen. Mit dem linken Auge schaut man unverwandt die rechte Figur an. Wird das Blatt näher an das Auge herangeführt, so verschwindet die linke Figur ab einer bestimmten Entfernung.

(Erklärung: Die linke Figur fällt auf den Blinden Fleck des linken Auges.)



9 Akkomodation

Information für die Lehrperson:

Wird ein entfernter Gegenstand betrachtet, so sind nahe Gegenstände nur unscharf zu erkennen und umgekehrt.

Zum Betrachten entfernter Gegenstände entspannt sich der Ziliarmuskel und bildet einen weiten Ring. Hierbei werden die Linsenbänder gespannt und ziehen so die Augenlinse flach. Ihre Brennweite wird infolgedessen größer, die Bildweite verlängert und dadurch dem entfernten Gegenstand angepasst.

Bei Nahsicht zieht sich der Ringmuskel zusammen, wobei die Linsenbänder erschlaffen. Die Linse kann sich nun aufgrund ihrer Eigenelastizität stärker wölben. Die Brechkraft nimmt zu. Man nennt diese Anpassung an verschiedene Entfernungen Akkomodation.

Material:

Bleistift

Versuch 1:

Man hält einen Bleistift mit angewinkeltem Arm in etwa 30 cm Entfernung und schaut daran vorbei zu einem mehrere Meter entfernten Gegenstand.

(Erklärung: Bei der Ferneinstellung des Auges ist der Gegenstand scharf, der Bleistift verschwommen und doppelt zu sehen. Umgekehrt ist es bei der Naheinstellung.)

Versuch 2 (Bestimmung des Nahpunkts):

Man bewegt den Bleistift langsam zum Auge hin, bis der Punkt erreicht wird, an dem man gerade noch scharf sieht. Die Entfernung zwischen Auge und Bleistift wird gemessen.

Bau eines Funktionsmodells des Ziliarmuskels (Ringmuskel):

Material:

sehr stabiler und elastischer Luftballon, stabiler Draht, Kreppklebeband

Bauanleitung:

- Luftballon wird nicht zu stark aufgeblasen.
- Aus dem Draht wird ein Ring gelegt, bei dem die Enden überlappen und gegeneinander verschiebbar bleiben.
- Mit gleichlangen Kreppbändern wird der Luftballon in der Mitte des Rings befestigt. (siehe Foto)



Information für die Lehrperson:

Bei diesem Modell entspricht der Draht dem Ziliarmuskel, das Kreppband den Linsenbändern und der Luftballon der verformbaren Linse.

Den Bau dieses Modells von Schülern durchführen zu lassen ist nicht ratsam. Das Modell ist nur für eine Lehrerdemonstration geeignet.

10 Der Kineffekt: Die Trägheit des Auges

Informationen für die Lehrperson:

Bei schwachem Licht können wir bis zu 18 Einzelbilder in der Sekunde gerade noch unterscheiden, bei vollem Tageslicht sind es bis zu 60 Einzelbilder.

Zwei aufeinander folgende Reize können also bei entsprechend kurzem Abstand nicht mehr getrennt wahrgenommen werden. Mehrere rasch aufeinander folgende Lichtreize verschmelzen aufgrund dieser Trägheit des Auges zu einem einheitlichen Sinneseindruck. Im Gehirn entsteht der Eindruck einer zusammenhängenden Bewegung.

Material:

Stück Pappe, Schnur oder Gummiband

Durchführung:

Links und rechts wird an dem Stück Pappe jeweils die Schnur befestigt. Auf der einen Seite der Pappe wird zum Beispiel das Bild eines Käfigs gezeichnet, auf der anderen Seite ein auf dem Kopf stehender Vogel.

Nun verdrillt man die Schnurenden so, dass sich bei Zug darauf das Stück Pappe schnell dreht.

(Erklärung: Aufgrund der Trägheit des Auges entsteht der Eindruck, dass der Vogel im Käfig sitzt.)

Weiteres Beispiel: siehe Foto



11 Räumliches Sehen

Informationen für die Lehrperson:

Da unsere Augen am Kopf vorne angeordnet sind, überschneiden sich die beiden Gesichtsfelder zum größten Teil. Gegenstände werden von uns räumlich gesehen, wenn sie in diesem Überschneidungsbereich liegen. Das räumliche Sehen liegt in der Bildverschiedenheit in den beiden Augen begründet.

Material:

zwei Bleistifte

Versuch:

In jeder Hand wird ein Bleistift gehalten. Die Spitzen werden einander genähert, bis sie sich berühren. Anschließend wird der Versuch mit einem geschlossenem Auge wiederholt.

(Erklärung: Bei einäugigem Sehen ergeben sich Schwierigkeiten, da keine Tiefenwahrnehmung besteht.)