

# **Schulversuche zur Humanbiologie**

## **Experiment: Augenbewegungen mit Klein – Videokamera**

von Alice Sievers und Nina Holstermann  
SS 2003

### **A) Der Versuch**

#### **1. Einleitung**

Das Auge zählt zu den Sinnesorganen und hat einen Durchmesser von etwa 22 mm. Es „wird durch 6 äußere Augenmuskeln [...] bewegt, die durch 3 Hirnnerven [...] innerviert werden.“ (Schmidt, Thews, Lang: Physiologie des Menschen 2000) In den nachfolgend dargestellten Versuchen sollen die Bewegungen des Auges aufgezeichnet und anschließend analysiert werden.

#### **2. Versuchsbeschreibung**

##### **2.1 Versuchsziel**

Die Versuche dienen der Beobachtung und Registrierung von Augenbewegungen und Veränderungen der Pupille.

##### **2.2 Versuchsaufbau**

Die Beobachtung und Registrierung der Augenbewegungen erfolgt mit Hilfe einer kleinen Überwachungskamera, die mittlerweile günstig in Baumärkten erworben werden kann. Die Kamera wird an einem Fernsehgerät und einem Videorekorder angeschlossen. Um die Kamera vor dem Auge zu befestigen wird von einer am Kopf zu befestigenden Höhlenlampe die Lampe entfernt und an dessen Stelle ein Gestell bestehend aus dünnen, aber festen Metallstäben montiert. Mehrere Kugelgelenke erlauben es, die Kamera so auszurichten, dass sie das Auge von schräg oben registriert. Die drei verstellbaren Gurte der Höhlenlampe gewährleisten einen festen Sitz der Apparatur auf dem Kopf und verhindern ein Verrutschen. Mit Hilfe des Videorekorders können Augenbewegungen aufgenommen und anschließend (auch in Einzelbildern) analysiert werden.

##### **2.3 Versuchsdurchführung**

###### **1. Lichtreaktion der Pupille**

Normalerweise sind beide Pupillen gleich groß und rund. Das Auge kann jedoch über die Irismuskulatur die Größe der Pupillen verändern und somit den Einfall des Lichtes auf die Netzhaut regulieren.

###### **1.1 Direkte Lichtreaktion**

Das von der Kamera aufgezeichnete Auge wird für kurze Zeit verdunkelt und schließlich dem Raumlicht ausgesetzt. Die Linse verengt sich.

###### **1.2 Konsensuelle Lichtreaktion**

Das andere Auge wird verdunkelt und die Reaktion des Kameraauges wird aufgezeichnet. Auch das Kameraauge verengt sich ein wenig.

## **2. Fixieren von Stiften und Lesen**

Es können drei Klassen von Augenbewegungen in ihrer zeitlichen Ausdehnung unterschieden werden:

- Sakkaden (Rasche Ruckbewegung der Pupille von 10 – 80  $\mu$ s Dauer beim Blick von einem Fixationspunkt zum nächsten)
- Fixationsperioden (Zwischen den Sakkaden treten Fixationsperioden von 0,2 – 0,6 s Dauer auf, in denen die eigentliche Signalaufnahme erfolgt)
- gleitende Augenfolgebewegungen (ein bewegtes Objekt wird mit den Augen verfolgt)

### **2.1 Fixieren von Stiften**

Es werden zwei Stifte in ca. 20 cm Entfernung vor dem Auge positioniert. Die Aufgabe des Probanden besteht darin, die Stifte im Wechsel möglichst schnell zu fixieren.

### **2.2 Lesen**

Der Proband wird aufgefordert einen Text zu Lesen (Schriftgröße 5 & 16). In beiden Teilversuchen wechseln sich Sakkaden und Fixationsperioden ab.

## **3. Pendel**

**3.1** Das Pendel schwingt in Augenhöhe des Probanden von links nach rechts und zurück. Eine gleitende Augenbewegung kann beobachtet werden, die dafür sorgt, dass das Bild des bewegten Objektes im Bereich der Fovea centralis gehalten wird. Ab einer Geschwindigkeit von 60  $^{\circ}$  / s „helfen Korrektursakkaden und Kopfbewegungen bei der Verfolgung des bewegten Objektes“ (Schmidt, Thews, Lang: Physiologie des Menschen 2000) mit.

**3.2** Das Pendel schwingt in Augenhöhe dem Probanden entgegen und entfernt sich wieder. Beim Herannahen des Pendels verengen sich die Pupillen. „Wie beim Photoapparat durch Abnahme der Blendenweite, so nimmt auch beim Auge die Tiefenschärfe zu, wenn die Pupille enger wird.“ (Schmidt, Thews, Lang: Physiologie des Menschen 2000)

## **4. Wasserball**

Der Wasserball wurde an einem Faden befestigt und dreht sich gleichmäßig in Augenhöhe des Probanden. Die Augen folgen zunächst in einer gleitenden Augenbewegung dem Aufdruck des Wasserballs und bewegen sich in einer ruckartigen Rückstellsakkade in den Ausgangspunkt zurück. Diesen Vorgang wird als optokinetischer Nystagmus bezeichnet.

## **5. Drehung des Kopfes**

Ein fester Punkt wird vom Probanden fixiert; der Körper bzw. Kopf bewegt sich langsam auf und ab, von links nach rechts etc. Eine gleitende Augenbewegung kann beobachtet werden.

## **B) Fragen zu den Versuchen**

### **1. Eignung der Versuche zur Erklärung von biologischen Prinzipien**

Mit Hilfe der Versuche können alle Typen von Augenbewegungen, sowie Veränderungen der Pupillengröße demonstriert werden.

Der erste Teilversuch zeigt, dass das Auge durch Veränderung der Pupillengröße in der Lage ist, die Bildhelligkeit zu regulieren.

Durch die anderen Teilversuche wird das Verhalten des Auges in unterschiedlichen Situationen untersucht und damit Begriffe wie Sakkaden, Fixationen, gleitende Augenbewegungen und Nystagmus nachvollziehbar gemacht.

## **2. Schlussfolgerungen aufgrund der Versuche**

Augenbewegungen laufen in der Regel unbewusst ab. Die Versuche machen das Vorhandensein dieser unwillkürlichen Augenbewegungen bewusst und zeigen auf, was das Auge ständig leistet. Darüber hinaus verdeutlichen sie die Wichtigkeit und Bedeutung dieser Mechanismen (Veränderung der Pupillengröße, Sakkaden, Fixationen, gleitende Augenbewegungen) für den Menschen.

## **3. Eignung der Versuche als Einstieg in ein Thema bzw. zur Überleitung in eine Thematik**

Die einzelnen Versuche sind als Einstieg in ein Thema sehr gut geeignet. Sie sind einfach und relativ schnell durchzuführen, erfordern keine Vorkenntnisse der Schüler und bieten außerdem einen anschaulichen Einblick in die Mechanismen des Auges. Die Versuche werden bei den Schülern sicherlich in Erinnerung bleiben. Bei der sich an die Versuche anschließenden Vertiefung in die theoretischen Grundlagen kann immer wieder zur anschaulichen Erklärung auf die gesehenen Versuche zurückgegriffen werden. Somit können die Schüler die Theorie besser nachvollziehen. Außerdem steigern diese Versuche mit Sicherheit die Motivation der Schüler, sich mit diesem Thema stärker auseinanderzusetzen. So kann man nach Vorführung der Experimente zu Themen wie Aufbau des Auges, Grundlagen der Bildentstehung, Optik allgemein, etc. in den unteren Altersstufen überleiten, in höheren Altersstufen können jedoch auch anspruchsvollere Themen, die ein Vorwissen erfordern, wie z.B. neuronale Zusammenhänge anschließend bearbeitet werden.

## **4. Erforderliche Voraussetzungen im Fachwissen**

Die Versuche erfordern kein Vorwissen. Sie sind von den Schülern einfach nachzuvollziehen und sind somit schon in Klasse 7 als Einstiegsexperimente einsetzbar. Auf diese Weise wird bei den Schülern zunächst das Interesse geweckt. In der sich an die Versuche anschließenden Erarbeitungsphase kann dann auf die Versuche aufgebaut werden und die Theorie erarbeitet werden.

## **5. Eignung der Versuche für welche Altersstufen**

Da die einzelnen Teilversuche leicht nachzuvollziehen sind, sind sie schon in Klasse 7 einsetzbar. Je nach Altersstufe kann dann zu unterschiedlichen Themen übergeleitet werden und diese auch unterschiedlich tief behandelt werden. Somit sind die Versuche sowohl für Schüler geeignet, die sich zum ersten Mal mit dem Thema Auge beschäftigen, als auch für solche, die schon ein Vorwissen haben.

## **6. Kritik an den Versuchen**

Die Versuche sind relativ einfach durchzuführen. Eine Möglichkeit, diese Versuche noch weiter zu verbessern besteht darin, dass man anstelle nur einem Auge beide Augen filmt. Daraus würden sich wiederum weitere Versuchsmöglichkeiten ergeben.

Bei dem Versuch zur Lichtreaktion der Pupille ist zu berücksichtigen, dass der Proband helle, am besten blaue Augen haben sollte, damit man den Kontrast der Pupille zur Iris gut erkennt kann.

---

Gruppe: Claudia Maiß  
Silke Vogel

## **Protokoll zum Thema *Versuche zur Muskelbiologie mit in Schulen einsetzbarer Ausrüstung im Rahmen des Schulversuchspraktikums für das Lehramt nach PVO 98***

### **Inhalt:**

1. Zielsetzung
2. theoretische Einleitung
3. praktische Umsetzung
4. Diskussion und Verbesserungsvorschläge
5. Bilder

### **1. Zielsetzung**

Der Daumenmuskel kann trotz seiner vergleichbar geringen Größe eine Kraft aufbringen, mit der ein Gewicht von bis zu 7 kg gehalten bzw. durch Drücken oder Ziehen sogar bewegt werden kann.

Mit einfachen Mitteln möchten wir in diesem Versuch zeigen, dass je mehr Gewichte eingesetzt werden, desto höher auch der Kraftaufwand und somit die auf dem Oszilloskop abgebildeten Summenaktionspotentiale sind.

### **2. theoretische Einleitung**

Aktive Bewegung ist die wichtigste und auffälligste Lebensäußerung von Tieren und Menschen. Zur Ausführung von Bewegungen sind ein leistungsfähiges Nervensystem und Muskeln notwendig. Um die Ausführung dieser Muskeln zu verstehen, werden wir nun den Bau und die Funktion der Muskulatur behandeln.

#### *Bau der Muskulatur:*

Muskeln bestehen aus Muskelfasern, die eine Länge von 10 und mehr cm erreichen und meist den gesamten Muskel durchziehen. Sie besitzen Fibrillen mit einer entweder glatten Oberfläche oder regelmäßigen Bänderung (quergestreift), die aus gleichförmigen Bauteilen, den Sarkomeren, bestehen. Ein Sarkomer wird durch zwei Z- Scheiben begrenzt. Es besteht aus einer regelmäßigen Anordnung von dünnen Actin- und dickeren Myosinfilamenten, wobei die Actinfilamente von den Z- Scheiben her ins Innere des Sarkomers ragen. Die Myosinfilamente hingegen befinden sich im mittleren Abschnitt und überlappen an beiden Enden mit den Actinfilamenten. Im Kontraktionszustand ist die Überlappung deutlich stärker als bei Erschlaffung des Muskels.

Muskelfasern laufen in Sehnenfasern aus und sind durch eine Hülle aus Bindegewebe zu einem Faserbündel zusammengefasst. Zahlreiche Faserbündel bilden den eigentlichen Muskel, der von einer dehnbaren Muskelhaut umgeben ist. Sehnenfaserbündel vereinigen sich

zur Sehne, welche den Muskel am Knochen befestigt. Mit jedem Muskel tritt ein Nerv in Verbindung. In ihm verlaufen motorische und sensorische Axone.

*Funktion der Muskulatur:*

Ein Aktionspotential wird vom Nerv über die motorische Endplatte auf die Muskelfaser übertragen. Von dort aus breitet es sich über die Oberfläche der Muskelfaser aus und dringt über fingerförmige Einstülpungen der Muskelfasermembran (T-System) in das Innere der Faser ein.

Eine motorische Endplatte besteht aus einer Präsynapse einem synaptischen Spalt und der Muskelfaser als Postsynapse. Kommt das Aktionspotential an der Präsynapse an, werden über Öffnung der Calcium- Kanäle die Transmitterbläschen Richtung synaptischen Spalt bewegt. Dort schütten sie Acetylcholin in den synaptischen Spalt.

An der postsynaptischen Membran befinden sich Natrium- Kanäle mit Acetylcholinrezeptoren, an die sich das Acetylcholin setzt und somit den Einstrom von Natrium ermöglicht. Durch die Umkehrung der Ladung innerhalb der Postsynapse vom Negativen ins Positive entsteht ein Aktionspotential. Die verschiedenen Aktionspotentiale unterschiedlicher Muskelfasern summieren sich zum Summenpotential. Das Enzym Cholinesterase spaltet Acetylcholin wieder und verhindert somit eine Dauererregung.

Eine Kontraktion kann nur zustande kommen, wenn genügend Calcium und ATP vorhanden ist. Calcium bindet sich an das Troponin an den Actinfilamenten , wodurch die Troponinmoleküle ihre Form verändern. Somit können sich nach dieser Formveränderung die Myosinköpfchen an die Aktinfilamente binden.

Durch ATP wird diese Bindung wieder gelöst, die Myosinköpfchen schnellen zurück und greifen wieder ein Stück weiter hinten an das Aktinfilament. Dadurch entsteht eine Kontraktion, da sich die Filamente gegeneinanderschieben.

### **3. Praktische Umsetzung**

Zu Anfang haben wir uns überlegt, wie wir den Daumenmuskel beanspruchen wollen. Da der Mensch anhand seiner Daumenmuskulatur eine Greifbewegung ausführen und den Daumen Richtung Handinnenfläche ziehen kann, haben wir diese Bewegung als sinnvoll angesehen.

Nun haben wir eine „Liege“ für den Arm gebaut, damit dieser stabil liegt, wenn der Daumen Kraft ausübt.

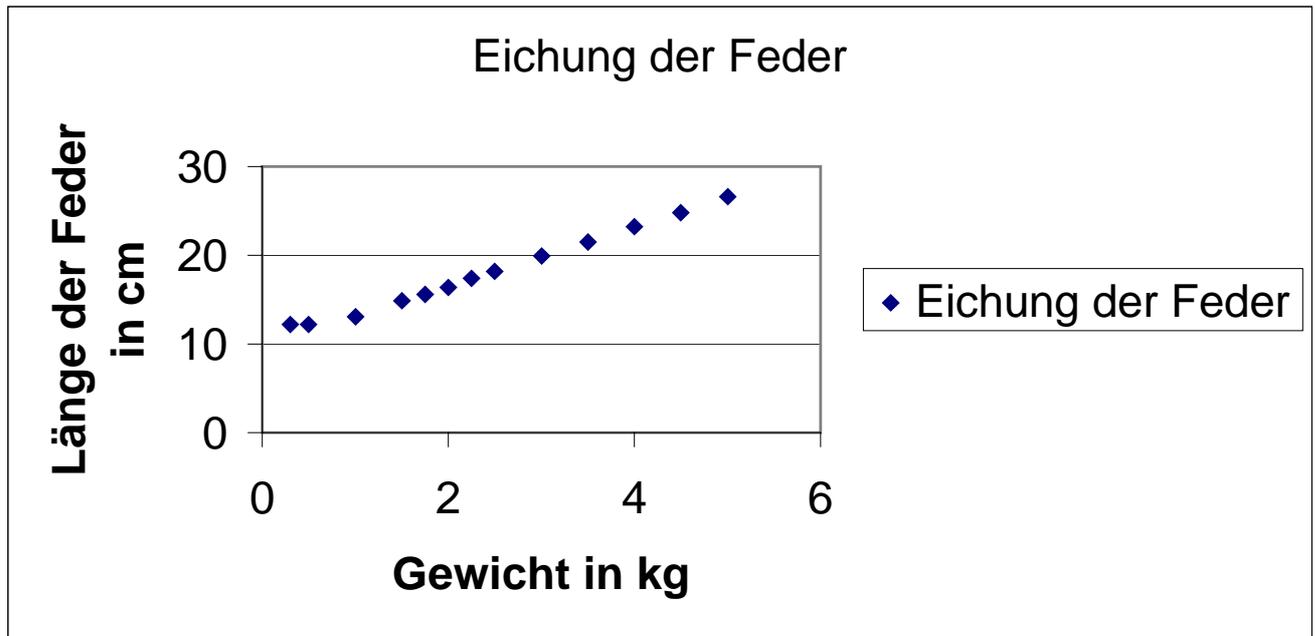
Aus einem Brett haben wir drei Flächen gesägt:

1. 40 x 12 x 2 cm
2. 40 x 10 x 2 cm (zweimal)

Die beiden weniger breiten Stücke haben wir als Begrenzung an die größere Fläche geschraubt. Somit haben wir ein Kasten- ähnliches Gebilde erhalten, in welches wir den Arm legen konnten. Damit der Arm während des Kraftaktes des Daumens nicht aus der Position geschoben wird, haben wir an der oberen Seite noch ein kleines Stück Holz angeschraubt, an dem man sich mit den Fingern festhalten kann. Hierbei muss man beachten, dass dieses Holzstück nicht zu hoch ist, damit es den Daumen in seiner Bewegung nicht einschränkt.

Da das Modell für den rechten Arm konzipiert ist, haben wir auf der rechten Beschränkung drei Schrauben in unterschiedlichem Abstand zum Daumen befestigt. An diesen Schrauben kann man nun mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden eine Feder befestigen, welche vom Daumen in die Länge gezogen wird. Hierzu haben wir eine alte Feder aus einer Schreibtischlampe genommen. Die Verbindung zwischen Feder und Daumen stellte ein Schnürsenkel dar, bei dem man an dem Daumenende eine Schlaufe knotet, um diesen um den Daumen zu hängen.

Nachdem die eigentliche Konstruktion jetzt abgeschlossen war, machten wir uns daran, die Feder zu eichen. Nur so können wir feststellen, bei welchem Gewicht sich die Feder wie weit auseinanderzieht. Für die Eichung haben wir ein 5 Litergefäß benutzt und haben die Feder an einem Stativ befestigt. Nun konnten wir das Gefäß schrittweise mit Wasser füllen und haben bei den einzelnen Wassermengen, die den kg- Zahlen entsprochen haben, die Längenveränderung der Feder mit einem Lineal gemessen.



Rechnet man diese Werte in Newton um, erhält man die Kraft, die der Daumen bei verschiedenen Längenänderungen der Feder aufbringen muss. Die Längenänderungen kann man ganz einfach mit dem Lineal abmessen und die Kraft gegebenenfalls mit Dreisatz ausrechnen.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$$

Uns geht es aber bei diesem Versuch nicht nur um das Ausrechnen der Kraft, sondern vor allem um das Sicht- und Hörbarmachen der unterschiedlichen Kräfte, die aufgewendet werden müssen.

Hierzu setzt man zwei Elektroden an den Daumenmuskel und verbindet diese über einen 100 oder 1000fachen Verstärker mit dem Oszilloskop. An dem Oszilloskop kann man nun die verschieden starken Summenaktionspotentiale sehen, die wir bei verschieden großen Kraftaufwendungen erhalten. Durch den Verstärker ( in diesem Fall eigentlich für E-Gitarren) kann man ein Rauschen vernehmen, wenn der Muskel Kraft aufwendet. Das Rauschen wurde mit zunehmender Kraft lauter und mit abnehmender Kraft leiser.

#### 4. Diskussion und Verbesserungsvorschläge

Nun stellt sich die Frage, ob das von uns konstruierte Modell für den Einsatz im Biologieunterricht der Schule geeignet ist.

Auch unter starker Selbstkritik denken wir, dass sich dieser Versuch gut mit Schülern durchführen lässt und zu einem Lernerfolg beiträgt, da der Versuch sehr anschaulich und nach vorheriger Unterrichtseinheit über Muskel- und Nervensystem auch leicht verständlich ist.

Diese Auffassung hat sich auch nach Diskussion mit den Kursteilnehmern bestätigt. Trotzdem sollte man noch einige Verbesserungen vornehmen, bevor man dieses Modell zum Einsatz im Unterricht bringt, damit ein größtmöglicher Lernerfolg garantiert ist:

1. Da der Schnürsenkel bei großem Kraftaufwand ziemlich stark in den Daumen einschneidet, könnte man sich überlegen, eine Polsterung in die Schlaufe mit einzuarbeiten.
2. Da die Elektroden schlecht am relativ kleinen Daumenmuskel befestigt werden konnten, wäre es eine Möglichkeit, die Elektroden unter einer Bandage einzuarbeiten und für den Kontakt zwei Löcher in die Bandage zu schneiden. So könnten auch Schülerinnen mit kleineren Händen an dem Versuch aktiv teilnehmen.
3. Zur besseren Veranschaulichung sollte man den Behälter, mit dem die Eichung der Feder stattgefunden hat, als Vergleich heranziehen, denn somit wird den Schülern deutlich gemacht, wie viel kg der Daumen halten bzw. ziehen kann.
4. Damit sich nicht eine große Traube von Schülern um den kleinen Monitor des Oszilloskops drängen muss, könnte man die Spannungssignale am PC abbilden und diese dann auf einen Beamer übertragen. Außerdem hat dies den Vorteil, dass Bilder gespeichert und besser verglichen werden können.

Mit diesen Verbesserungsvorschlägen sollte der Versuch ab 10. Klasse gut einzusetzen sein.

=====

=

Steffi Steiner & Britta Einsiedler- Burger

## Modell des M. deltoideus

In diesem Modell soll die Funktionsweise des M deltoideus verdeutlicht werden und da man nicht alles in einem Modell darstellen kann folgt zunächst noch ein wenig Theorie.

Das Schultergelenk ist ein äußerst bewegliches und verhältnismäßig wenig stabiles Kugelgelenk, denn die Gelenkpfanne (Cavitas glenoidalis) ist wesentlich größer als der Gelenkkopf (Caput humeri). Drei Muskeln halten neben einigen Bändern den Oberarmknochen (Humerus) ständig in der Gelenkpfanne, der große Brustmuskel (M. pectoralis major), der breite Rückenmuskel (M. latissimus dorsi) und der große runde Muskel (M. teres major).

Die Muskelmasse des M. deltoideus kann man in drei funktionell verschiedene Teile gliedern, die getrennt und / oder miteinander bewegt werden können. Die drei verschiedenen Teile des Muskels nennt man Pars clavicularis, Pars acromialis und Pars spinalis.

Pars clavicularis ist für die Vorwärts- hoch Bewegung verantwortlich und erscheint ausschließlich parallelfaserig. Pars acromialis ist dagegen für das seitliche Wegführen des Armes zuständig und die Muskulatur ist deutlich gefiedert. Denn es strahlen vom Ursprung

und Ansatz mehrere Sehnenbänder aus, die mit kurzen Fleischfasern durchzogen sind. Damit hat dieser Teil des Muskels einen großen physiologischen Querschnitt. Der Dritte Muskel Pars spinalis erzeugt die Rückwärts- hoch Bewegung und besitzt an der Schultergräte einen sehnigen Ursprung, diese Muskulatur ist wieder parallelfaserig.

### **Materialien:**

ein rundes Stück Holz Ø ca. 6 cm ; drei Terrabänder ; einen YTONG Stein

eine kleine und vier große Ösen ; Heißklebepistole ; Säge ; Feile ; Bohrmaschine; Tacker

Das Holzstück wird als erstes mit der Feile so bearbeitet, dass es einem Oberarmknochen modellartig gleicht ( Gelenkkopf + Femur). Die Gelenkpfanne kann vorsichtig in eine Ecke des gekürzten YTONG Steines geschlagen werden. Der „Gelenkkopf“ wird an der „Gelenkpfanne“ mit Hilfe einer Öse im YTONG und dort durchgezogenes Terraband befestigt. Dieses kleine Stück Terraband wird ans Holz getackert und so fixiert. Der Stein wird nun mit drei großen Ösen bestückt durch die, die „Muskelbänder“ (Terrabänder) führen sollten. Die Terrabänder werden am oberen drittel des „Oberarmes“ gebündelt befestigt. Durch Zug an den, durch die Ösen geführten, Terrabändern kann man das Modell bewegen.

### **Auswertung und Kritik:**

Als wir einen Tag vor der eigentlichen Vorstellung das Modell nochmals getestet haben, ist das Terraband gerissen, mit dem das Holz an den YTONG-Stein befestigt war. Es wurde an der rauhen Oberfläche durchgescheuert. Dies hätten wir möglicherweise verhindern können, wenn wir die Reibungsfläche dick mit Lack bestrichen hätten. Da das aber nun zeitlich nicht mehr möglich war, haben wir versucht, Stein und Holz nur über ineinander greifende Haken zu verbinden. Dadurch wurde allerdings die Bewegungsfreiheit sehr stark eingeschränkt. Schließlich haben wir statt des Terrabandes handelsübliches Gummiband aus dem Handarbeitsladen verwendet, was dann auch gehalten hat. Um weitere Stabilität zu erzeugen, könnte man noch weitere Gummibänder einziehen (über Kreuz).

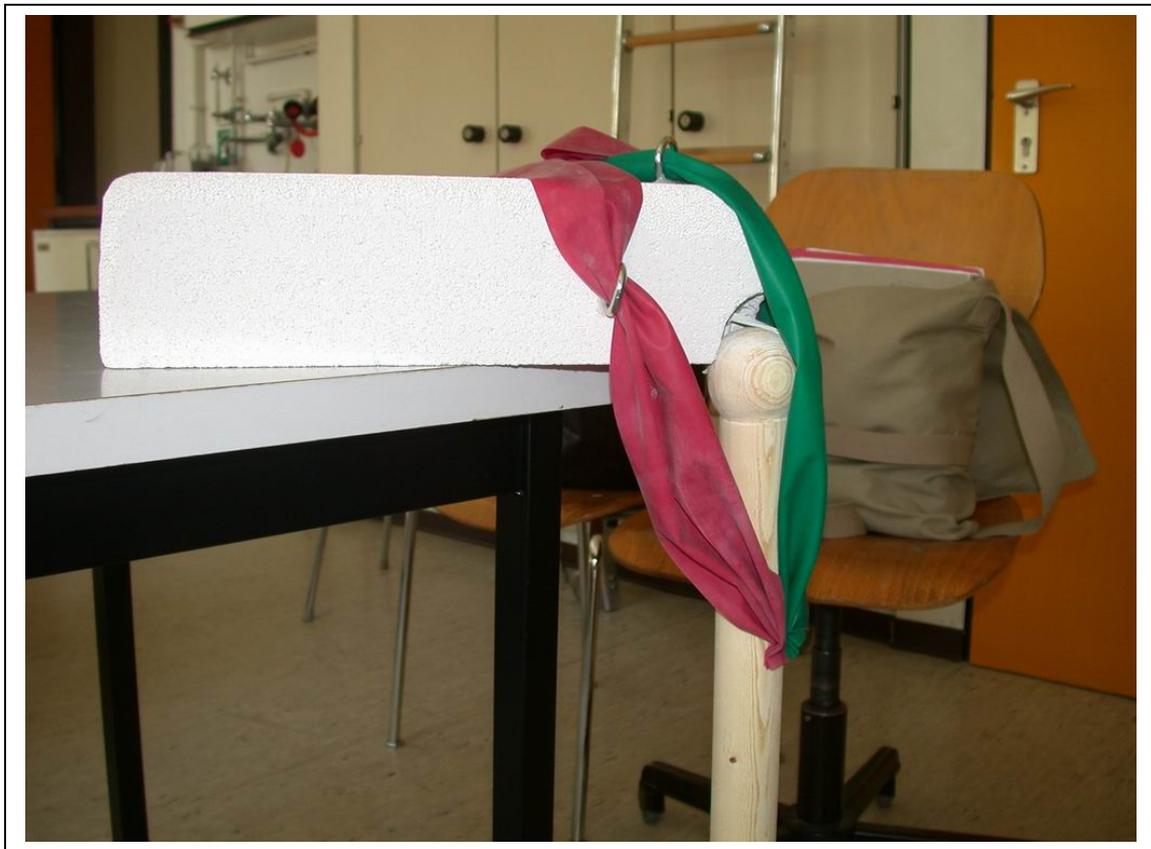
Bei der Vorstellung hat sich gezeigt, dass unser Modell eher einem Vierbeiner ähnelt als einem Menschen, da der Arm nicht senkrecht nach oben zu bewegen war. Durch einige Verbesserungen am Modell ließe sich gerade dieser Unterschied verdeutlichen. Leider war der Arm nicht wie geplant zu bewegen, wenn wir hinter den Ringen am Terraband gezogen haben. Nur wenn der Zug in größerer Nähe zum Arm ausgeführt wurde, war eine Bewegung möglich. Die Ringe sollten also weiter vorn ansetzen, um die Funktion zu garantieren und die realen Ansatzpunkte besser nachzuvollziehen. Die Verkürzung, die in unserem Modell nicht

deutlich zum Ausdruck kommt, könnte dann noch zusätzlich durch kleine Winden dargestellt werden. Alternativ kann auch das gesamte Modell mit Lego-Technik oder Ähnlichem nachgebaut werden.

Das Modell eignet sich gut zum Einstieg und zur Veranschaulichung der Thematik. Vorwissen ist dafür nicht unbedingt notwendig. Es kann gut erklärt werden, wie der Muskel aufgebaut und unterteilt ist. Auch kann bei einem funktionierenden, verbesserten Modell verdeutlicht werden, dass aus Antagonisten auch Synergisten werden können (ab einem bestimmten Punkt heben alle zusammen den Arm). Dies ist die einzige Muskelgruppe, bei der dies möglich ist.

Die verschiedenen Farben des Terrabandes sollten beibehalten werden, um die Unterteilung des Muskels zu verdeutlichen.

Insgesamt war es etwas neues und interessantes mit YTONG zu arbeiten. Dass sich dabei auch Schwierigkeiten ergeben haben, war bei diesem ersten Versuch und der Annäherung an das Material zu erwarten. Dabei ist positiv zu bewerten, dass der Stein sich wegen seiner Weichheit gut in Form bringen lässt, was bei einigen Holzarten schwieriger ist. Allerdings gilt es doch sich zu überlegen, ob es nicht sinnvoller ist, das Modell komplett aus Holz zu bauen.



---

---

Nutzbarkeit von Digitalkameras

## Stefanie Meier und Pamela Luthin

### **A. Einleitung:**

Im Laufe dieses Versuches sollten der Gruppe die für den späteren Einsatz in der Schule nutzbaren Funktionen von Digitalkameras vorgestellt werden. Dabei wurden zwei Möglichkeiten direkt präsentiert, eine lediglich verbal erläutert (weil sie auch von einer anderen Gruppe genutzt wurde). Der Versuch war jedoch nur auszugsweise, sollte aber als Anregung gelten, sich mit den vielfältigen Funktionen von Digitalkameras zu beschäftigen.

### **Versuchsdurchführung:**

#### 1. Digitalkamera zur Darstellung von Standbildern

Es wurde mit einem Mikroskop auf Malariaerreger fokussiert sowie mit einem Binokular auf drei verschiedene Haarwurzeln (Kopf-, Arm- und Augenbrauenhaar). Auf die Geräte war jeweils ein Adapter mit der in das Unendliche fokussierenden Digitalkamera montiert. Das dabei entstehende Bild wurde auf einen Fernseher projiziert.

#### 2. Darstellung und Auswertung von Bewegungsabläufen mit Hilfe von Einzelbildern

Mithilfe der auf einem Stativ platzierten in das Unendliche fokussierenden Digitalkamera wurde der Bewegungsablauf bei einem Wurf vor einer skalierten Tafel auf bis zu 70 Einzelbildern pro Minute (kameraabhängig) festgehalten. Auf diese Weise wäre es möglich, z. B. die Abwurfgeschwindigkeit von Objekten auszurechnen ( $\text{Geschwindigkeit} = \text{Weg} / \text{Zeit}$ ). Hierbei ist die Zeit = Belichtungszeit pro Bild (z.B. 1/60) und der Weg = die vom Objekt zurückgelegte als „Verwischung“ (als Resultat der Verzögerung) auf einem Bild sichtbare Fläche. So ist es möglich, manuell von einem Bild zum nächsten überzuspringen (vergleiche Daumenkinoprinzip). Zu beachten ist jedoch, dass die Kamera zwischen zwei Belichtungen eine gewisse Latenzzeit aufweist.

#### 3. Hochgeschwindigkeitsaufnahmen als „Kurzfilm“

Eine andere interessante Funktion der Kamera macht es möglich, kurze Szenen/ Bewegungen von selbstblinkenden (Diode) oder angeblinkten

(Stroboskop) Objekten mit einer Hochgeschwindigkeitsaufnahme darzustellen, um ebenfalls Geschwindigkeitsberechnungen durchzuführen.

## **B. Fragen zum Versuch/ Modell**

Digitalkameras eignen sich hervorragend für den Einsatz in Schulen in allen Klassenstufen. (Wenn die Schüler die Kamera jedoch selbst nutzen, sollten sie soviel Verantwortungsbewusstsein und geistige Reife mitbringen, dass sie behutsam mit diesem wertvollen Gerät umzugehen vermögen.)

Digitalkameras sind im Vergleich zu „normalen“ Kameras kostengünstiger, haben jedoch auch einige ihrer wichtigen Funktionen (Hochgeschwindigkeitsaufnahmen z. B.).

Außerdem sind sie gut geeignet, um

Fotografien von hoher Qualität zu machen. Alle Produkte einer solchen Digitalkamera sind mit entsprechender Software mit dem Computer weiter zu bearbeiten.

Darüber hinaus zeigt der erste Versuchsteil, dass sich derartige Kameras auch für die Darstellung von mikroskopierten/ binokulierten Objekten vergrößert (TV!) vor einem Plenum im Zuge von Demonstrationen eignen. Für den (die) Lehrer(in) bedeutet dies eine Zeitersparnis bei Demonstrationen, wenn nicht jede(r) Schüler(in) einen Blick durch das Demonstrations-Gerät werfen muss. Auf dem Monitor können zusätzlich noch sehenswerte Details gezeigt werden. Dies soll keinesfalls die eigene Arbeit der Schüler(innen) mit dem Mikroskop/ Binokular ersetzen.

Das Plenum war vollauf zufrieden mit der Präsentation. Es wurde die Vermutung geäußert, dass die Schüler(innen) mit dieser Technik durchaus zu begeistern und zu beeindrucken wären. Dies ist besonders erfreulich, da der Umgang mit einer Digitalkamera leicht zu erlernen ist und dem Lehrer keine besonderen Technikbegabungen abverlangt.

---

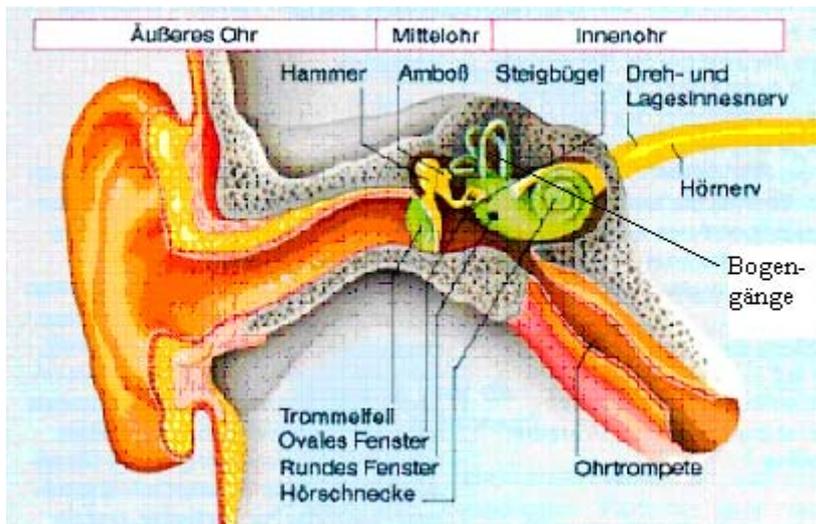
---

# Der menschliche Drehsinn

## 1. Versuchsbeschreibung

### 1.1 Einleitung

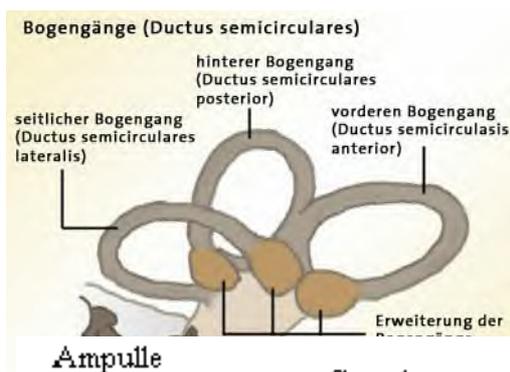
Durch diesen Versuch soll den Schülern die Funktion des Drehsinnesorgans im menschlichen Ohr verdeutlicht werden.



Das Organ, welches für den Drehsinn verantwortlich ist, befindet sich beim Menschen im Mittelohr. Die drei Bogengänge (siehe Abb. 1) sind in den drei Ebenen des Raumes ausgerichtet und haben an ihrer Basis

Abb. 1: Das menschliche Ohr

jeweils eine Verdickung, die als Ampulle bezeichnet wird. Sie sind- wie der Name schon sagt- knöcherne Röhren, die kreisförmig angelegt sind. Wie in Abb. 2 zu erkennen ist, enden alle drei Bogengänge in einem gemeinsamen Raum, dem Vestibulum.



Im Innern sind die Bogengänge mit häutigen Strukturen ausgekleidet, die Schläuche bilden. Jeder Bogengang steht im 90° Winkel in eine andere Richtung des Raumes.

Der Innenraum ist mit einer spezifischen Lymphe gefüllt, die bei Bewegung durch die Bogengänge zirkulieren kann. Bei einer



Abb. 2: Die drei

den Bogengängen nun in Bewegung gesetzt. Je nachdem, wie der Kopf steht und in welche Richtung er gedreht wird, werden die Flüssigkeiten in den drei Bogengängen in unterschiedlichem Maße und in unterschiedliche Richtungen bewegt.

Axone

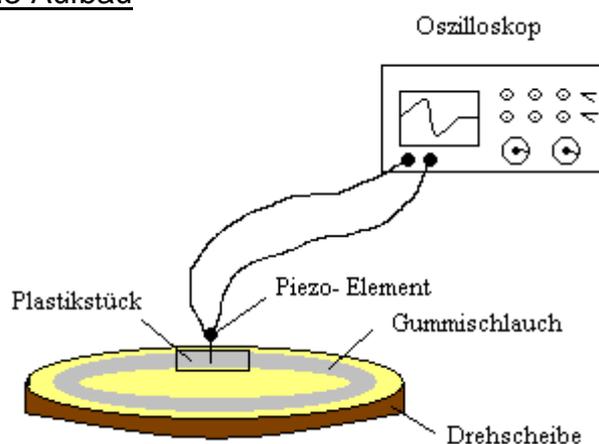
In jeder Bogengangsampulle steht eine Gruppe Haarzellen, deren Cilien in eine gallertartige Masse ragen, die Cupula (Abb. 3.) Bei auftretenden Drehbeschleunigungen des Kopfes (wenn sich also die Geschwindigkeit der Drehbewegung ändert), verhindert die Trägheit der Endolymphe in den Bogengängen, dass sich die Flüssigkeit mit dem Kopf mitbewegt. Die Endolymphe übt dadurch eine Kraft gegen die Cupula aus, und diese biegt die Cilien ab. Über Axone wird eine Erregung zum ZNS geleitet. Setzt sich die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit fort, so findet eine schnelle Anpassung statt: die Endolymphe bewegt sich mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Kopf und die Kraft auf die Cupula nimmt ab. Wird die Rotation gestoppt, bewegt sich die Endolymphe aufgrund der Trägheit für eine kurze Zeit weiter und die Haarzellen werden wiederum gereizt.

In das unten beschriebene Modell wird ein Piezo- Element eingesetzt. Dieses Element besteht aus einem Kristall, welcher sich bei Druckänderung entsprechend verbiegen kann. Die Druckänderung wird in eine Spannungsänderung umgewandelt, welche mittels zweier Silberdrähte abgeleitet wird. Die entsprechende Spannung bzw. Spannungsänderung kann mit Hilfe eines Oszilloskops dargestellt werden.

### 1.2 Materialien

- Gummischlauch (Durchmesser ~ 1,5 cm; Länge ~ 70 cm)
- kleine Plastikhülse (Durchmesser etwas größer als der Schlauch)
- Piezo- Element
- Drehbarer Untersatz
- Oszilloskop
- Kabelmaterial
- Isoliermaterial
- Wasser
- Glitzermaterial zum Sichtbarmachen der Bewegungen

### 1.3 Aufbau



Der Schlauch wird an beiden Enden mit dem Plastikstück so verbunden, dass später an dieser Stelle kein Wasser austreten kann. Das Piezo- Element wird – ebenfalls wasserdicht

– (z.B. mit Hilfe eines Zwei- Komponenten- Klebers) durch ein kleines Loch in dem Plastikstück befestigt. Dabei muss darauf geachtet werden, dass das Element mit dem unteren Teil den Schlauch nicht berührt und auch durch den Kleber nicht in der Beweglichkeit gehindert wird. Das Wasser wird mit etwas Glitzermaterial (zum Sichtbarmachen der Bewegungen) und etwas Spülmittel (zur besseren Beweglichkeit) angereichert und mit Hilfe einer Spritze möglichst ohne Luftblasen in den Schlauch gefüllt. Das Piezo- Element wird mit dem Oszilloskop verbunden. Wenn vorhanden, kann das Modell auf einer drehbaren Unterlage befestigt werden.

#### 1.4 Durchführung:

Nachdem das Oszilloskop so eingestellt wurde, dass die gewünschten Signale gut zu sehen sind, kann die Demonstration beginnen. Durch kurze, schnelle Bewegungen der Drehscheibe wird der Schlauch – und somit auch das Wasser – in Bewegung gesetzt. Das Wasser in dem Schlauch entspricht der Endolymphe in den Bogen- gängen. Besonders bei dem abrupten Stoppen der Drehbewegung wird das Prinzip der Trägheit für die Schüler deutlich. Nachdem sich der Schlauch nicht mehr bewegt, erkennt man sehr deutlich die anhaltende Bewegung des Wassers anhand den sich bewegenden Glitzerteilchen.

Das Piezo- Element gilt als Symbol für die Cupula. Wie oben erwähnt, wird auf diese bei Druckänderungen eine Kraft ausgeübt, wodurch die darunter liegenden Haar- zellen abgeknickt werden. Mit Hilfe des Oszilloskops kann dieses nun verdeutlicht werden. Nur bei Beginn und Ende der Drehbewegung ist ein Signal am Schirm sichtbar, das das Element nur in diesem Fall eine Druckänderung erfährt. Bei anhaltender Bewegung ändert sich der Druck nicht und es erscheint kein Signal, analog zur Anpassung der Endolymphe an die Drehbewegung.

## 2. Fragen zum Versuch/ Modell

### a) Eignung des Versuches/ Modells als Erklärung für ein biol. Prinzip

Die Funktion des menschlichen Drehsinns kann mit Hilfe von diesem Modell recht gut dargestellt werden. Es eignet sich vor allem, um das Prinzip der Trägheit der Endo- lympe zu verdeutlichen. Detaillierte Informationen, wie z.B. die Reiz- Erregungs- Leitung oder die Reizaufnahme durch die Cupula lassen sich jedoch aus diesem Modell nicht entnehmen.

#### b) Sachliche Schlussfolgerungen auf Grund des Versuchs/ Modells

Wie schon unter a) erläutert kann mit Hilfe dieses Modells auf die Funktion des Drehsinns erläutert werden. Weitere Schlussfolgerungen, wie z. B. die Funktion anderer Organe im menschlichen Ohr, sind nicht möglich.

#### c) Welche Überleitung zur folgenden Thematik/ Unterrichtseinheit wäre möglich?

Dieses Modell soll die Funktion des Drehsinns erläutern. Es ist ein sehr einfach aufgebautes Modell und dient daher nicht dem Zweck, komplizierte Strukturen und Funktionsweisen im Ohr zu erläutern. Möglicherweise eignet es sich aber dazu, in das entsprechende Thema einzusteigen.

#### d) Welche Voraussetzungen im fachlichen Wissen sind erforderlich?

Da wir diese Modell – wie unter c) erläutert – als Einstieg in eine Unterrichtseinheit wählen würden, ist kein besonders großes Vorwissen erforderlich. Begriffe wie „Bogengänge“, Endolymphe“ und „Trägheit“ können gut am Modell geklärt werden.

#### e) Eignung des Versuches/ Modells für welche Altersstufe/n?

Das Modell ist auf der einen Seite sehr einfach aufgebaut, so dass es auch Schüler in der Sek. I verstehen können. Da die Sinne des Menschen – und somit auch der Drehsinn – erst später behandelt werden, wird dieses Modell möglicherweise auch erst in der 12. Jahrgangsstufe angewandt.

#### f) Kritik am Modell/ Experiment

Positiv anzumerken ist zunächst einmal, dass dieses Modell schnell und ohne viele Hilfsmittel herzustellen ist. Die Funktion ist ebenfalls so simpel wie der Aufbau. Leider kann mit diesem Modell bis auf das Verhalten der Endolymphe während der Kopfbewegung nicht allzu viel verdeutlicht werden. Es eignet sich daher im Unterricht nur dazu, kurz die Funktion des Drehsinns noch einmal zu visualisieren, eine Schulstunde lässt sich damit aber nur sehr schwer füllen.

### 3. Eigene Verbesserungsvorschläge

Es ist in unseren Augen nicht möglich, das Modell so zu verbessern, dass weitere Funktionen bzw. Vorgänge verdeutlicht werden können.

Anzumerken wäre jedoch, dass dieses Modell etwas realitätsnäher modelliert werden könnte. Relativ einfach umzusetzen wäre beispielsweise die Anordnung aller drei Bogengänge. Dadurch kann den Schülern besonders gut verdeutlicht werden, dass jeweils die Endolymphe in bestimmten Bogengängen in Bewegung gerät, je nachdem, in welche Raumrichtung der Kopf gedreht wird.

---

---

### **Schulversuche zur Humanbiologie**

Leitung: Dr. R. Hustert

Thema: Konstruktion des Fußgewölbes

Erarbeitet von Ágota Gaál und Friederike Smolnik

## **Bauplan des menschlichen Fußgewölbes**

### Einleitung:

Das Fußskelett ist unterteilt in Fußwurzelknochen (Tarsus), Mittelfußknochen (Metatarsus) und in die Zehen (Phalanges).

Dieser Aufbau gleicht dem des Skelettes der Hand, jedoch ist hier im Gegensatz zum Daumen die Großzehe verlängert und bildet daher den Schwerpunkt für das Stützgewölbe des Fußes. Die distalen Fußwurzelknochen und der Mittelfußknochen sind über Bänder befestigt, so dass in diesen Gelenken nur eine federnde Bewegung möglich ist.

Der mediale Fußstrahl besteht aus den ersten drei Zehen, den drei Keilbeinen und dem Kahnbein, er endet im Sprungbein. Der laterale Fußstrahl dagegen umfasst die beiden seitlichen Zehen, das Würfelbein und das Fersenbein.

Durch die Auflagerung des medialen auf den lateralen Fußstrahl kommt es zur Bildung des Fußlängsgewölbes. Der mediale Fußstrahl ist vom Boden abgehoben und erst das Großzehengrundgelenk hat wieder Bodenkontakt, während der laterale im gesamten Verlauf Bodenkontakt erfährt. Darüber hinaus entsteht durch die Anordnung der drei Keilbeine und des Würfelbeins ein weiteres Fußgewölbe, welches als Fußquergewölbe bezeichnet wird.

Die Konstruktion des Fußes setzt sich aus diversen Knochen zusammen, für deren Halt Bänder notwendig sind, die zur Verspannung dienen. Die passive Verspannung des Fußlängsgewölbes erfolgt durch drei sehr starke Bänder: Plantaraponeurose, Sohlenband und Pfannenband. Die aktive Verspannung des Fußlängsgewölbes wird durch die

Fußsohlenmuskulatur reguliert. Verschieden starke Spannungsdrucke rufen eine Veränderung der Zug- bzw. Kontraktionsstärke der an der Längsspannung beteiligten Muskeln hervor.

Das ist z.B. auch der Grund, warum langes Stehen oftmals ermüdender ist als Gehen oder Laufen. Während des Stehens kommt es zu einer Dauerkontraktion des Muskelapparates und damit schneller zu einer Ermüdung. So ist langes Stehen auch die Ursache für eine Abflachung der Fußgewölbekonstruktion.

### Modellbau:

#### Materialien:

- Holzplatte 1,5 cm
- Gummiband 1,3 cm
- Band
- Nägel
- Stichsäge / Säge
- Feile / Schmirgelpapier

#### Konstruktion :

Zuerst wurden von den Fußknochen :

- Schien- und Wadenbein ( Tibia / Fibula )
- Trachlea tali → Fußwurzel
- Calcaneus → Fußwurzel
- Os navicularis → Fußwurzel
- Os cuneiforme → Fußwurzel
- Os metatarsalis → Mittelfuß
- Phalinx proximalis → Zehenknochen
- Phalinx media → Zehenknochen

Papp- Schablonen angefertigt, die als Vorlage für das Modell dienten. Danach wurden die Schablonen auf die Holzplatte gelegt und ebenfalls aufgezeichnet. Durch die Dicke der Platte mussten die Fußknochen mit einer Stichsäge ausgesägt werden. Nachdem grobe Einzelteile entstanden, wurden die einzelnen Knochen erneut zurecht gesägt, gefeilt und anschließend mit Schmirgelpapier glatt geschmirgelt.

Der nächste Schritt bestand darin, die einzelnen Knochen mit Gummiband zusammenzuheften. Ein Tacker konnte aufgrund des verwendeten Materials nicht verwendet

werden, somit wurden die einzelnen Gummibänder, die vorher in die richtige Länge geschnitten wurden, mit Nägeln befestigt.

Das elastische Gummiband wurde gewählt, um die Knochen noch beweglich zu halten. Anschließend wurde am Calcaneus ein rotes Band angenagelt, das die Achillessehne darstellen sollte. Daran wurde ein grünes Band geknotet, welches den Wadenmuskel symbolisieren sollte.

#### Probleme :

Die Hauptaufgabe des Versuchs bestand darin, ein zweidimensionales Modell zum Fußgewölbe vom Vorjahr zu verbessern, was uns jedoch nicht gelungen ist. Um das Vorgängermodell stabiler zu bauen, verwendeten wir doppelt so dickes Holz, welches sich während des Zusammenbaus des Fußmodells jedoch als zu schwer erwies. Das Modell konnte somit beim Vorführen des Versuch wieder nicht hingestellt werden. Das Gewicht erhöhte sich unter anderem auch, weil wir das Modell etwas vergrößert haben und die Instabilität ist darauf zurückzuführen, dass die Proportionen von Schien- und Wadenbein nicht in Relation zu Mittelfuß- und Zehenknochen standen. Dies lag daran, dass wir die zwei fehlenden Zehenknochen zusätzlich an das Modell gefügt haben und sich der Mittelfuß mit den Zehenknochen als zu lang herausstellte.

#### Verbesserungen:

Zuerst muss man weiterhin an der Stabilität dieses Modells arbeiten. Es wäre wahrscheinlich sinnvoller sehr leichtes Holz zu verwenden und eventuell auch noch dickeres, damit das Modell von alleine stehen kann.

Unter anderem bräuchte dies den Vorteil, dass die beiden Zehenknochen durch die Aponeurosis plantaris, die Sehne, die Calcaneus und Phalinx media verbindet, nicht nach unten gezogen würden. Vor allem trat dies auf, als die Achillessehne durch den verkürzten Wadenmuskel nach oben gezogen wurde. Anstatt zu zeigen, wie der Mensch durch diesen Vorgang auf die Zehenspitzen gehen kann, wurden die beiden Zehenknochen nur weiter nach unten gezogen. Es wäre also sehr sinnvoll ein Modell für den Versuch zu verwenden, das stabil ist und gleichzeitig in der Lage ist, alleine stehen zu können.

#### Anwendung in der Schule:

Ein gut und stabil gebautes Modell eignet sich unserer Meinung nach gut für die höheren Jahrgangsstufen zur Verdeutlichung der Funktionsweise des Fußes, da die SchülerInnen

häufig schon Vorwissen zu diesem Thema besitzen.

In den Unterstufen könnte es, ähnlich wie ein menschliches Skelett, zur Verdeutlichung des Knochenbaus fungieren, denn in diesen Jahrgängen fehlt noch das Grundwissen über das Zusammenspiel von Muskel und Sehnen, welches die Basis für diesen Versuch ausmacht.. Das Bauen dieses Modells im Klassenverband benötigt jedoch sehr viel Zeit, die im Biologieunterricht oft nicht zur Verfügung steht. Unter anderem ist handwerkliche Begabung hier erforderlich, ansonsten wird zu viel Zeit für ein nicht funktionstüchtiges Modell aufgewendet. Eine Möglichkeit wäre, im Werkunterricht dieses Modell zu bauen und auf diese Weise einen fächerübergreifenden Unterricht zu ermöglichen. Der Vorteil wäre, dass die SchülerInnen nicht so stark unter Zeitdruck stehen und eine im handwerklichen Bereich erfahrene Lehrkraft ihnen eine gute Hilfestellung ermöglicht.

Abschließend muss darauf geachtet werden, dass das Fußmodell nur eine Vereinfachung des menschlichen Fußes darstellt und daher auch bestimmte Abläufe nur vereinfacht wiedergegeben werden können.

---

## **Modell zur Fingermechanik Von Friederike Koch und Maren Fulge**

### **Theorie:**

Alle Finger, außer der Daumen, bestehen aus drei Phalangen, aus Phalanx distalis, Phalanx media und Phalanx proximalis. An diesen schließt sich die Mittelhand (Metacarpus) an. Die darauffolgende Handwurzel (Carpus) besteht aus 7 kleineren Knochen. Der Unterarm schließt sich diesen an. Er kann in Elle und Speiche (Ulna und Radius) unterteilt werden.

Einzelne Finger werden über ein komplexes Zusammenspiel von Sehnen und Muskeln bewegt. Da es uns nicht möglich war unser Modell originalgetreu und gleichzeitig leicht verständlich darzustellen, haben wir uns entschieden, nur die für den Menschen so typische Greifbewegung darzustellen. Da diese zum größten Teil durch M. flexor digitorum profundus, einen Muskel, dessen Ansatz sich an der Vorderfläche der oberen Hälfte der Elle befindet, durchgeführt wird, haben wir lediglich diesen und die dazugehörigen Sehnen abgebildet. M.

flexor digitorum profundus ist für die Beugung der Finger in den End-, Mittel- und Grundgelenken verantwortlich. Ein weiterer Muskel, M. flexor digitorum superficialis, dessen Ansatz sich im Bereich des Oberarmknochens befindet ist für die Flexion in den Handgelenken verantwortlich und unterstützt ebenfalls die Beugung der Fingergelenke. Der Antagonist hierzu ist M. extensor digitorum. Er setzt ebenfalls am Oberarm an und verläuft über den Oberarm zu den Phalangen. Die zugehörigen Sehnen wirken als Strecker in den Fingergelenken.

### **Methodik:**

Um die verschiedenen Phalangen darzustellen haben wir unterschiedlich dicke, runde Holzstäbe unterschiedlich lang zugeschnitten und angeschrägt. Die Mittelhand und die Handwurzel haben wir vereinfacht und sie als eine runde Holzscheibe dargestellt. Elle und Speiche haben wir kombiniert als ein etwa 30 cm langes Massivholzstück dargestellt. Die einzelnen Knochen wurden mit Hilfe einer Konstruktion aus durchsichtigen Schläuchen zusammengehalten und mit Ösen versehen, die auch die Sehnenscheiden darstellen sollten. Die verschiedenen Finger wurden über verschiedenfarbige Perlgarnfäden bewegt, wobei die ziehende Hand den Muskel symbolisierte. Durch einen aufgeschnittenen Schlauch wurden auch Elle und Speiche mit dem Handteller flexibel verknüpft. Aussparungen an den Schläuchen und dementsprechend zugeschnittene „Fingerknochen“ machten unser Modell funktionstüchtig.



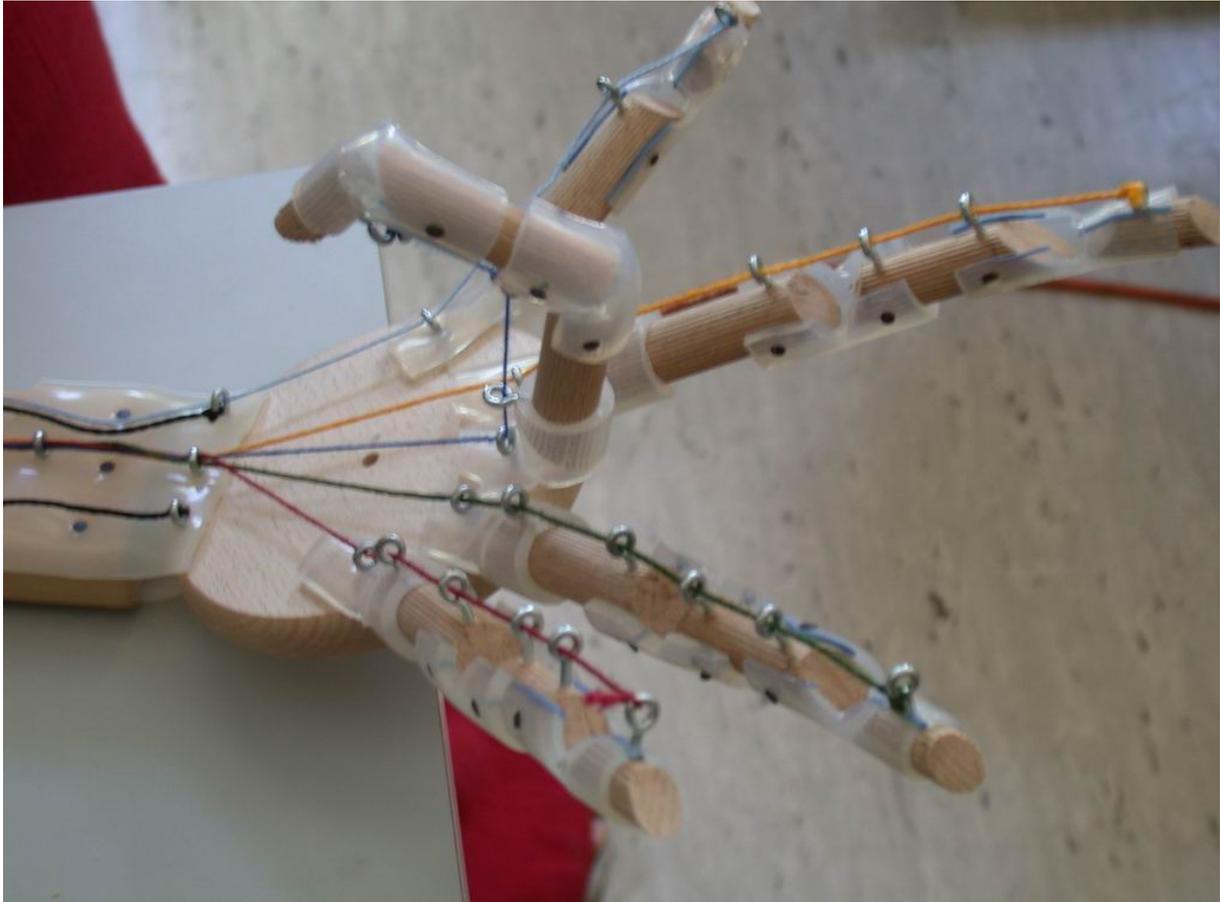
### **Kritik an unserem Modell:**

Das Modell an sich ist unserer Meinung nach gut gelungen. Es ist aus einfachen Materialien entstanden und stellt einfach verständlich einen komplexen Zusammenhang dar. Durch das Benutzen von Schläuchen hat das Modell an Funktionalität gewonnen, da so eine komplizierte Verbindung der Knochen untereinander, über beispielsweise Scharniere, nicht mehr nötig war, sowie automatisch schon durch die Schläuche eine Stabilisierung der Finger, damit sie nicht nach hinten oder zu den Seiten abknicken können, gewährleistet waren. Zudem konnten wir uns die Darstellung der Antagonisten sparen, da durch die Elastizität der Schläuche, die Finger wieder in ihre Ausgangsstellung zurückgezogen wurden.

Als ein Kritikpunkt wurde genannt, dass es nicht möglich ist, den Finger lediglich im Grundgelenk abknicken zu lassen. Dies liegt daran, dass wir die Antagonisten nicht eingebaut haben, da nur das Gegenspiel der Antagonisten diese Bewegung möglich macht. Zur Lösung des Problems hätte man zumindest einem Finger mit Antagonisten versehen können, um dessen Funktionsweise an diesem Finger exemplarisch zu zeigen. Ein weiterer Kritikpunkt war, dass die Gelenke nicht originalgetreu dargestellt sind. Da unser Fingermodell aber nur als Funktionsmodell gedacht ist, haben wir die originalgetreue Abbildung einzelner Knochen und Gelenke nicht als unser primäres Ziel angesehen und darauf verzichtet. Was ebenfalls in unserem Modell nicht dargestellt wurde, war das Zusammenhängen des Ringfingers mit dem kleinen Finger. Da der kleine Finger nur bewegt werden kann, wenn der Ringfinger sich ebenfalls bewegt, gibt es zwischen den beiden Fingern eine Verbindung, die aber viel zu komplex war, als das wir sie hätten einbauen können.

Insgesamt war es unser Ziel das Modell leicht verständlich, eindrucksvoll und zum „Ausprobieren“ zu gestalten, auch wenn darunter die naturgetreue, komplexe Darstellung ein wenig gelitten hat. Um einen genaueren Einblick zu bekommen kann man dann weiterführende Literatur verwenden.

Wir finden, dass dieses Modell gut geeignet ist, wenn schon Basiswissen über das Zusammenspiel von Sehnen und Muskeln vorhanden ist. Wir denken, dass es gut für die 9- bis 10. Klasse einsetzbar ist. Es wäre gut für Kleingruppenarbeit geeignet, da dann jeder Schüler einmal anfassen und ausprobieren darf, was einen großen Lerneffekt, bzw. gesteigertes Interesse nach sich ziehen würde. Das Modell motiviert dazu, sich näher mit einem Thema auseinanderzusetzen und sich genaueres Fachwissen selbst anzueignen. Für einen Leistungskurs wäre das Modell jedoch nicht mehr so gut geeignet, da hier schon mehr Detailwissen verlangt wird, das das Modell nicht leisten kann.



---

Schulversuche in der Humanbiologie  
SS 2003  
Leiter: Prof. Hustert  
Vorgelegt von: Michael Halberstadt, Michaela Volle

### **Erstellung eines Myogramms am Schulter-Deltoideus (Deltamuskel)**

#### 1. Versuchsbeschreibung

##### 1.1 Zielsetzung

Es sollen mit Hilfe eines Oszilloskops und eines Verstärkers Muskelpotentiale sicht- und hörbar gemacht werden. Durch diesen Versuchs sollen folgende Zusammenhänge gezeigt werden: Bei willkürlicher Muskelarbeit am M. deltoideus entstehen Muskelpotentiale, die proportional zur jeweiligen Anspannung des Muskels wachsen. Der vordere Teil des Deltoideus-Muskels ist an der Vorwärts- und Aufwärts-, jedoch nicht an der Rückwärtsbewegung des Armes beteiligt.

##### 1.2 Methode

Um ein Myogramm des Delta-Muskels zu erstellen, werden zwei Elektroden auf dem Muskel in einigem Abstand befestigt. Der Sinn dieser bipolaren Ableitung, bei der die Differenz der Signale von den beiden Elektroden angezeigt wird, besteht darin, dass sich das sogenannte

Netz-Brummen verringert, da es auf beide Elektroden gleich wirkt. Außerdem erhält man ein breiteres Signal als bei einer monopolarer Ableitung, da sich die Signale beider Elektroden überlagern. Auf dem Oszilloskop können die abgeleiteten Summenaktionspotentiale (je größer der y-Ausschlag, desto mehr Aktionspotentiale) beobachtet und durch den Verstärker gehört werden.

Materialien:

- Oszilloskop
- Verbindungskabel, Klemmen, Stecker
- 2 Ableitelektroden (evtl. Pflaster zur besseren Befestigung)
- Verstärker

Bei der Wahl der Versuchsperson bietet sich ein männlicher Schüler an, da bei weiblichen Versuchspersonen aufgrund des stärkeren Unterhautfettgewebes eine schwächere Ableitung zu erwarten ist.

### 1.3 Durchführung

Die beiden Elektroden werden am vorderen und hinteren Teil des Deltoideus-Muskels der Versuchsperson befestigt und evtl. mit Pflaster fixiert. Anschließend werden sie mit dem Oszilloskop und dem Verstärker verbunden. Die Versuchsperson spannt den Muskel an. Der Bereich des Oszilloskops bzw. die y-Ablenkung ist so zu wählen, dass maximale Ausschläge noch zu erkennen sind (dies ist evtl. schon in einem Vorversuch einzustellen).

Der Versuchsverlauf kann folgendermaßen gestaltet werden:

- Beobachtung und Kommentierung der Grundspannung
- Welche Ableitungen sind bei welchen Bewegungen des Armes zu erwarten?
- gezielte Anspannung des Muskels:
  - isotonisch: Vorwärts-, Aufwärts-, Rückwärtsbewegung mit und ohne Widerstand
  - isometrisch: statische Muskelarbeit
- Beobachtung und Kommentierung/Erklärung der abgeleiteten Potentiale

### 1.4 Sicherheitshinweis

Da die Geräte, mit denen dieser Versuch durchgeführt wird, an das Stromnetz (230V) angeschlossen werden, muss vor Beginn der Versuchsdurchführung sichergestellt werden, dass alle Kabel isoliert sind und die Elektrodenkabel mit Oszilloskop und Verstärker verbunden werden, bevor der Kontakt zu den Elektroden hergestellt wird.

## 2. Fragen zum Versuch

### a) Eignung des Versuchs als Erklärung eines biologischen Prinzips

Der Versuch eignet sich, um das biologische Prinzip der Erregungsweiterleitung an motorischen Endplatten, bzw. der Bildung von Potentialen zu veranschaulichen.

### b) Sachliche Schlussfolgerungen auf Grund des Versuchs

- Bei willkürlicher Muskelarbeit entstehen Muskelpotentiale, die proportional zur Anspannung wachsen.

- Der vordere Teil des Deltoideus-Muskels ist an der Vorwärts- und Aufwärtsbewegung des Armes beteiligt, aber nicht an der Rückwärtsbewegung

c) Welche Überleitung zur folgenden Thematik/Unterrichtseinheit wäre möglich?

Dieser Versuch könnte zur Überleitung von der Thematik „Steuerung der Muskulatur“ zur Thematik „Funktionsweise der Muskelfasern“ verwendet werden, indem man die Frage stellt, was nach der Entstehung der Potentiale im Muskel passiert und wie es schließlich zur Kontraktion kommt. Man könnte auch über die Frage, wie es zu den Muskelpotentialen kommt zur „Steuerung zielgerichteter Bewegungen“ überleiten.

d) Welche Voraussetzungen im fachlichen Wissen sind erforderlich?

Um den oben dargestellten Versuchsablauf durchführen zu können, sollten die Grundlagen der Aktionspotential-Bildung bekannt sein. Eine umfassende Erklärung des Myogramms setzt Kenntnisse über die biophysikalischen und biochemischen Vorgänge an den Membranen der Zellen voraus. Außerdem sollte der Bau der Schultermuskulatur vor dem Versuch dargestellt werden, um die Unterschiede zwischen Vorwärts-, Aufwärts- und Rückwärtsbewegung des Arms verstehen zu können. Der Versuch könnte aber auch ohne dieses Vorwissen nur zur Verdeutlichung der Beteiligung von elektrischen Ladungen an der Muskelbewegung benutzt werden oder als anschaulicher Einstieg in eine noch nicht bekannte Thematik verwendet werden.

e) Eignung des Versuchs für welche Altersstufen

Der Versuch kann am sinnvollsten in der Sekundarstufe II eingesetzt werden, da er die unter d) genannten Vorkenntnisse benötigt. Auch als Einstieg bietet er sich in dieser Stufe an, da die betreffende Thematik in dieser Altersstufe behandelt wird.

f) Kritik am Experiment

Das Experiment erwies sich in den Probe-Durchläufen als relativ störanfällig. Zwar wurde das Netz-Brummen durch die bipolare Ableitung fast ausgeschaltet, die Signale erwiesen sich aber trotzdem teilweise als sehr schwach. Die Versuchsperson musste sich anstrengen um ein gut sichtbares Signal zu erreichen. Erst nach längerem Testen konnte eine gute Einstellung gefunden werden, was bedeutet, das man den Versuch, um ihn in der Schule durchzuführen vorher auf jeden Fall testen muss. Dennoch eignet sich das Experiment insgesamt sehr gut zur Veranschaulichung und ist sehr einleuchtend.

---

Birgit Andreae, Patrick Heuvelmann  
**Funktionsmodell zum Schweresinn**

## **A. Einleitung / Ziel**

Im Innenohr befindet sich der Vestibularapparat, bestehend aus den drei Bogengängen, dem Utriculus und dem Sacculus. Er ermöglicht uns die Orientierung im Raum, d.h. er gibt Auskunft über die Lage des Kopfes und löst u.U. Stellreflexe zur Orientierung in Normallage aus.

Die rezeptorischen Felder des Utriculus und Sacculus, deren Funktionsweise wir darstellen wollten, messen die Beschleunigungsveränderung (Linear- und Erdbeschleunigung) des Kopfes im Raum. Dies passiert, wie bei den drei Bogengängen, in den drei Ebenen, was durch eine horizontale (Utriculus) und eine vertikale (Sacculus) Ausrichtung gewährleistet wird. Im

Unterschied zu diesen passiert dies allerdings permanent, also nicht nur zum Zeitpunkt der Bewegung des Kopfes.

Die rezeptorischen Felder, auf denen die Sinneszellen lokalisiert sind, repräsentieren in ihrer Gesamtheit die Macula, welche wir nachzubilden versucht haben. Sie leiten, vereinigt in Bündeln, die Informationen an das Kleinhirn weiter, welches die Vielzahl an Informationen (Unterschiedliche Ausrichtung der Sinneszellen) dann verrechnet. Des Weiteren sind sie in Stützzellen eingebettet (untere Holzschiene), leiten die Informationen natürlich in Nervenfasern weiter (Kabel) und besitzen eine Deckmembran, den Statolithen, welcher aus einer Gallerte (obere Holzschiene) und den Otolithen (Steine) besteht.

Eine Lageveränderung des Kopfes bewirkt eine Richtungsänderung der Sinneshaare in Richtung der Schwerkraft. In neutraler Stellung senden sie eine spontane Impulsfolge. Werden die Härchen (Stereocilien) nun durch die Verlagerung des Statolithen in Richtung des außenstehenden, größten Haares (Kinocilie) verschoben, bewirkt dies eine Depolarisation, die Frequenz erhöht sich. Verschieben sie sich in Richtung von den Kinocilien weg, tritt eine Hyperpolarisation ein, die Frequenz wird kleiner.

In gleicher Weise verhält es sich bei einer Veränderung der Geschwindigkeit (horizontal oder vertikal): sie bewirkt, dass ein Zug oder ein Druck auf die Sinneshaare wirkt, der sich ebenfalls in einer veränderten Stellung äußert.

Unser Ziel war es nun also, die geschilderten Reaktionen der Sinneszellen möglichst realitätsgetreu anhand unseres Modells darzustellen, wobei es uns als besonders wichtig erschien, zu verdeutlichen, dass das Schweresinnesorgan, im Gegensatz zum Drehsinn, permanent Impulse an das Gehirn weiterleitet, wodurch es diesem erst möglich wird, die Lage des Kopfes zu „interpretieren“. Des Weiteren sollte unser Modell zeigen können, dass sich die Frequenz auch mit zunehmender Neigung verändert, was ebenfalls von immenser Wichtigkeit für die Einschätzung der spezifischen Lage im Raum ist.

## **B. Das Modell**

### B.1 Materialien

#### Für das Modell:

- |                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| - 2 Malerquaste                       | - Drehpotentiometer |
| - VCO (Voltage controlled Oszillator) | - Klemme            |
| - Steine (Kalk?)                      | - Oszilloskop       |
| - Verstärker                          | - Holzstück         |
| - Kabel                               | - Batterie          |

#### Zur Herstellung:

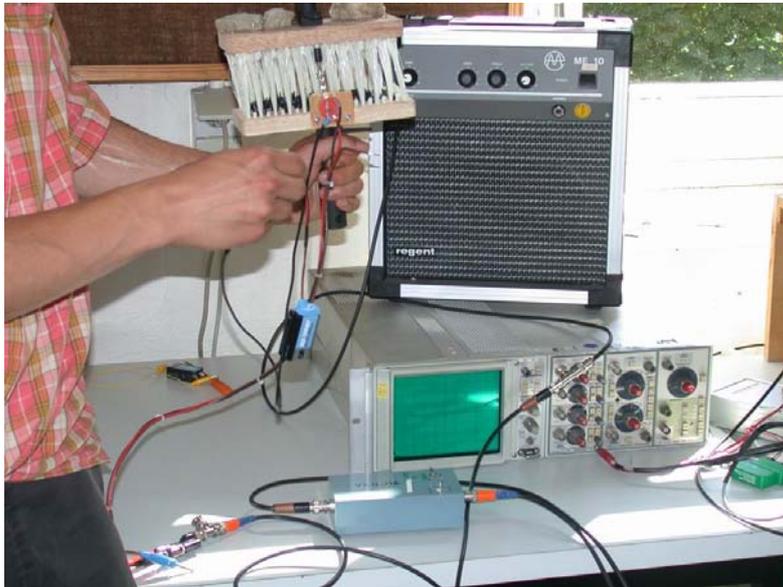
- |             |              |
|-------------|--------------|
| - Säge      | - Heißkleber |
| - Schrauben | - Schere     |
| - Bohrer    |              |

### B.2 Herstellung

Um die nötige Elastizität zu gewährleisten, befreie man die Quaste zunächst wie folgt von überflüssigen Borsten: bei dem Unteren sollten alle bis auf die an der längeren Seite außen liegenden entfernt werden (unter Umständen dort auch noch jede zweite), bei dem Oberen auch noch die hintere Reihe. Das Drehpotentiometer kann mit einem kleinen Holzplättchen angebracht werden, indem man dieses zunächst zurechtsägt, es mit einem Loch versieht und danach samt Potentiometer an den unteren Quast schraubt (Achtung: Frequenzbereich einstellen!). Die Drehvorrichtung wird danach mit einer Klemme versehen, welche oben mit einer vorher gekürzten Borste des oberen Quastes verbunden wird (nur stecken, nicht verkleben). Nach anschließender genauer Überprüfung des Frequenzbereichs werden die Borsten mit den übriggebliebenen Stoppeln der gegenüberliegenden unter Zuhilfenahme einer Heißklebepistole verklebt. Wenn man jetzt noch unter abermaliger Verwendung des

Heißklebers Steine auf den oberen Quast klebt, ist die Vorrichtung auch schon fertig. Anschließen sollte man diese dann wie folgt:: Die Batterie wird mit dem Drehpotentiometer verbunden, welcher dann zunächst an den VCO angeschlossen wird. Dieser wird mit dem Oszilloskop verbunden, der die Frequenzen sichtbar und nach Verbinden mit einem Verstärker dann auch hörbar macht.

### B.3 Aufbau



### B.4 Technische Angaben

Die von der Batterie generierte Gleichspannung von 9V wird von dem Potentiometer in unterschiedlich starke Stromstärken umgewandelt, indem er seinen Widerstand durch drehen ändert. Der voltage controlled Oszillator wandelt diese unterschiedlichen Stromstärken, was der Name ja auch schon verspricht, daraufhin in unterschiedliche Frequenzen (Rechteckspannungen) um, welche von dem Oszilloskop sichtbar gemacht werden. Da es sich bei Tönen natürlich auch immer um Frequenzen handelt, kann man nun noch einen Verstärker anschließen, um die Unterschiede akustisch zu erleben. Weil die Klemme an dem Potentiometer immer die gleiche Stellung wie die sie umgebenden „Sinneszellen“ besitzt, kann man diese auf diesem Weg wahrnehmbar machen

## C. Fragen zum Modell

Anhand des Modells lässt sich verdeutlichen, in welcher Art und Weise die Sinneszellen auf verschieden starke Schräglagen des Kopfes reagieren. Es zeigt das Prinzip, dass die Zellen eine spontane Impulsfrequenz aussenden, welche bei Biegung zu der einen Seite zunimmt, zu der anderen allerdings kleiner wird. Man kann sehen, dass dies permanent geschieht und die Stärke der Zu- bzw. Abnahme auch von der jeweiligen Stellung abhängig ist. Seitens der äußeren Erscheinungsform könnte man die Kritik äußern, dass das Modell u.U. nicht allen ästhetischen Kriterien gerecht wird, was zum Teil an den verwendeten Materialien liegt. Es verwunderte uns, dass diesbezüglich während der Präsentation nicht z.B. die Frage aufkam, warum wir den Henkel des oberen Quastes nicht entfernten. Die Realitätsnähe ist seitens der Funktion unserer Meinung nach aber durchaus gegeben.

Obwohl es sich um ein Funktionsmodell handelt, kann man mit etwas Fantasie auch anatomische Anlehnungen besprechen: die untere Holzschiene könnte die Stützzellen darstellen, die Borsten natürlich die Stereocilien der Sinneszellen, die obere Schiene die Gallerte, das Kabel eine Nervenfasern und die Steine die Otolithen. Hierbei muss man dann

allerdings auch unbedingt auf Abweichungen zur Realität eingehen: so gibt es nicht nur eine Nervenfasern, die Stützzellschicht ist im Verhältnis gesehen viel zu schmal, die Gallerte umschließt eigentlich die Gesamtheit der Stereocilien, es fehlen die Kinocilien und die Otolithen sind vergleichsweise viel zu groß. Es wäre u.U. ratsam, das Modell ausschließlich zur Darstellung der Funktion zu verwenden oder anschließend zumindest eine ausgiebige Modellkritik durchzuführen.

Der Gebrauch des Modells und somit die Thematik des Schweresinnesorgans und der Haarsinneszellen könnte in einer Unterrichtsreihe über das menschliche Ohr, aber auch in die Sinnesphysiologie eingebettet sein. In jedem Fall sollte aber eine Behandlung grundlegender neurobiologischer Sachverhalte wie z.B. Depolarisation und Hyperpolarisation von Sinneszellen vorausgegangen sein. Ausgehend von der Thematik könnte man sich dann der Behandlung ähnlicher Zellen widmen, was für eine weitere Aufarbeitung des Innenohres, aber auch des Tastsinnes spräche. Alternativ könnten anschließend auch die unterschiedlichen Arten von Rezeptorzellen im Vergleich zu den relativ unkomplizierten Mechanorezeptoren der Macula besprochen werden. Als Überleitungen zu den nachfolgenden Themen bieten sich aber auf jeden Fall die spezifischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede an.

Da man das Modell auf unterschiedliche Arten einsetzen kann, ist es nicht altersstufenspezifisch. In der 7. Klassenstufe ist zum Beispiel laut den Niedersächsischen Rahmenrichtlinien der Themenbereich „Bau und Leistung von Sinnesorganen und Gehirn“ vorgesehen, in welchem das Modell als Erläuterungsobjekt eingesetzt werden könnte. Meistens wird an dieser Stelle allerdings das Auge behandelt, weswegen es dann erst wieder in der 11. Klasse zum Einsatz kommen könnte. Wegen der relativen Einfachheit der Haarsinneszellen und des Modells wäre der Einsatz allerdings in niedrigen Klassenstufen ratsamer.

## **D. Quellen**

1. *Campbell, Neil A. Biologie. Hrsg. v. Jürgen Markl. Heidelberg: Spektrum Verlag 1997.*
2. *Bayrhuber, Kull, Bäßler, Danzer. Linder Biologie. 20. Aufl. Stuttgart J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung 1989.*
3. *Eschenhagen, Kattmann, Rodi. Fachdidaktik Biologie. 4. Aufl. Köln: Aulis Verlag Deubner 1998.*
4. *Rahmenrichtlinien für das Gymnasium Schuljahrgänge 7-10. Biologie. Herausgegeben vom Niedersächsischen Kultusministerium. Hannover: Schroedel Schulbuchverlag 1994.*
5. *Wehner, Gehring. Zoologie. 23. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 1995.*

---

---

### Zielbewegung und Entscheidungsgeschwindigkeit bei Handbewegungen

Ulrike Fiedler und Natascha Windolph

1.) Versuchsbeschreibung:

Ziel des Versuchs ist es, die Reaktionsgeschwindigkeit festzustellen, die ein Proband benötigt, um eine

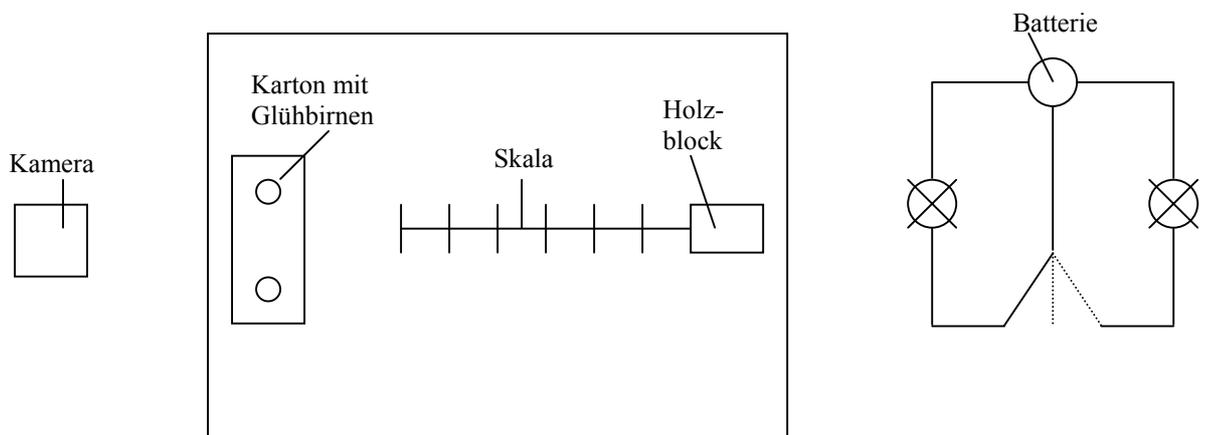
ursprünglich nach vorne gerichtete Handbewegung nach Reizgabe in Richtung der Reizquelle umzulenken. Dabei soll auch untersucht werden, ob die Reaktionsgeschwindigkeit von der anfänglichen Geschwindigkeit abhängig ist.

Der Proband sitzt an einem Tisch, auf dem eine Zentimeterskala aufgetragen ist. Er hat die Aufgabe einen Holzblock mit einer darauf befestigten Leuchtdiode von ca. 125 Hz auf der Skala entlang zu schieben bis der Versuchsleiter ihm einen Lichtreiz gibt. Der Lichtreiz kommt von einer der zwei Glühbirnen, die rechts und links an einem Karton angebracht sind. Dieser befindet sich hinter der Skala. Auf den Lichtreiz hin soll der Proband den Holzblock mit der Diode in Richtung der jeweils leuchtenden Glühbirne bewegen. Der Versuch wird von einer Videokamera aufgezeichnet, so dass auf dem Bild Skala, Holzblock und Lichtreiz erkennbar sind.

Die mit der Videokamera aufgenommenen Bilder werden im Anschluss an den Versuch mit Hilfe eines Videorekorders durch hintereinander folgende Standbilder ausgewertet.

Ein Standbild zeigt einen Ausschnitt von 20 ms Dauer, bedingt durch die 50 Hz der Videokamera. Die Leuchtdiode bewirkt also ungefähr 2.5 Lichtpunkte pro Einzelbild, da sie mit einer Frequenz von ca. 125 Hz leuchtet. Durch die Lage der Lichtpunkte auf dem Einzelbild lässt sich feststellen, wann die Reaktion einsetzt. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist mit Hilfe der Skala zu errechnen. Die Reaktionsgeschwindigkeit lässt sich bestimmen, indem man die Einzelbilder zwischen Reizgabe und Anfang der Reaktion mit 20 ms multipliziert.

## 2.) Versuchsaufbau von oben und Schaltskizze für die Lichtreize:



## 3.) Verbesserungen zum vorherigen Versuch:

- Statt eines Autos mit unbeweglichen Achsen wurde ein Holzblock mit Filzgleitern genutzt um möglichst wenig Widerstand bei der Bewegung zu erzeugen.
- Die Skala wurde durch eine selbstklebende durchsichtige Folie vor Verschmieren geschützt. Dadurch war es möglich den Holzblock direkt auf der Skala zu bewegen, was ein genaueres Ablesen zur Folge hatte.

- Der Kartondeckel mit den Glühbirnen wurde schräg aufgestellt um zu verhindern, dass die Probanden schon vor der Reizgebung durch Handbewegungen des Versuchsleiters wussten, welcher Reiz folgt. Außerdem waren dadurch die Glühbirnen sichtbar und gleichzeitig konnte von der Kamera ein größerer Bildausschnitt von der Skala und dem Holzblock eingefangen werden.

4.) Fragen zum Versuch:

a) Eignung des Versuchs als Erklärung eines biologischen Prinzips?

Das allgemeine Prinzip der Reiz-Reaktionsgeschwindigkeit kann in diesem Versuch dargestellt werden. Dabei wäre es auch möglich nicht nur optische Reize zu geben, sondern auch andere Sinne anzusprechen, z.B. den Hörsinn durch Gabe eines Tons. Auch kann durch Veränderungen der Versuchsbedingungen die Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von äußeren Einflüssen untersucht werden.

b) Sachliche Schlussfolgerungen aufgrund des Versuchs?

Aus dem Versuch kann geschlossen werden, dass die Reaktion auf einen Reiz erst nach einer gewissen Latenz erfolgt, welche von externen und internen Faktoren abhängt.

c) Welche Überleitungen zur folgenden Thematik/ Unterrichtseinheit wäre möglich?

Wenn vor dem Versuch das Thema Sensorik behandelt wurde, kann an dieser Stelle durch den Versuch zum Thema Motorik übergeleitet werden, denn der Versuch demonstriert den Zusammenhang zwischen der Reizaufnahme durch die Sinnesorgane und den darauffolgenden Reaktionen der Effektoren. Außerdem könnte sich auch eine Einheit anschließen, die sich damit beschäftigt, was genau im Körper zwischen Reizaufnahme und Reaktion geschieht. Somit wäre der Versuch als Einstieg gedacht, der bei den Schülern Interesse wecken und Fragen aufwerfen soll, wieso es zwischen Reiz und Reaktion eine Latenzzeit gibt.

d) Welche Voraussetzungen im fachlichen Wissen sind erforderlich?

Es wäre sinnvoll, wenn die Schüler(innen) zuvor das Thema Sinnesorgane und deren Reizaufnahme behandelt hätten, damit durch den Versuch nicht zu viele Fragen aufgeworfen werden, die im Anschluss daran geklärt werden müssten. Die Themen Reizweiterleitung, -bearbeitung und -reaktion sind ohnehin sehr komplex, so dass ein Versuch zwischendurch erneut Motivation und Interesse wecken könnte.

e) Eignung des Versuchs für welche Altersstufen?

Da im Vorfeld des Versuchs oder im Anschluss daran das Thema Neurobiologie behandelt werden kann, das Thema der Sek. II ist, ist auch dieser Versuch eher für die Oberstufe geeignet. Außerdem ist vermutlich erst im allgemeinen in dieser Altersstufe das Verständnis für die biologischen als auch für die technisch-mathematischen Hintergründe ausreichend vorhanden.

f) Kritik am Experiment?

Zur Demonstration der Latenzzeit ist der Versuch gut geeignet. Allerdings ist es schade, dass die technischen Möglichkeiten nur sehr ungenaue Ergebnisse liefern. Es kann lediglich die Tendenz gezeigt werden.

Auch der lange Aufbau (speziell die technischen Dinge wie das Erstellen einer Platine) sind eher problematisch

für die Nutzung in der Schule. Ist der Versuchsaufbau allerdings erst einmal vorhanden, ist der Versuch einfach durchführbar. Auch die Versuchslänge und Auswertung liegen im Rahmen einer Unterrichtsstunde. Daneben können die Schüler(innen) selber aktiv werden und den Versuch modifizieren indem sie die Versuchbedingungen variieren z.B. durch ablenkende Geräusche, entgegengesetzte Antwort auf den Reiz etc..

5.) Kritik und Anregungen des Plenums:

Es wurde bemängelt, dass der Versuch zu viel Zeit in Anspruch nimmt um alle Schüler aktiv mit einzubeziehen. Als Anregung hierzu wurde vorgeschlagen, den Versuch im Rahmen einer Projektwoche oder aber beim Lernen an Stationen anzubieten, so dass jeder Schüler Gelegenheit hat seine eigene Reaktionszeit zu testen.

Des weiteren wurde wie auch schon von uns erwähnt angeregt, dass der Versuch durch unterschiedliche äußere Bedingungen erweitert werden könnte. Zum Beispiel könnte getestet werden, ob sich durch Ablenkung des Probanden, andere Reizgebung wie z.B. durch akustische Reize o.ä. die Reaktionszeit verändert. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass nur durch viele Versuchsdurchläufe ein sicheres Ergebnis erzielt werden kann.

=====