

Protokolle zu den Schulversuchen zur Humanbiologie

nach PVO Lehr I“ im SS2002 (Prof. Hustert, Zoologie, Univ. Göttingen)

Themenübersicht

A. Zu verbessernde Versuche oder Modelle aus dem Vorjahr

- 1) Experiment: Okulomotorik mit Klein-Videokamera (Seite 1)
- 2) *Messungen zur Tiefenwahrnehmung durch Augenkonvergenz (unbearbeitet)*
- 3) Messungen von Atmungsgrößen mit dem Spirometer (Seite 3)
- 4) *Versuche zur Muskelbiologie mit in Schulen einsetzbarer Ausrüstung (unbearbeitet)*
- 5) Modell zur Festigkeit von Knochen (Seite 7)
- 6) Modell der Fingermechanik (Seite 11)
- 7) Messung der Wärmeabstrahlung (Seite 14)
- B) Neu aufzubauende Versuche und Modelle
- 8) Schulter-Deltoideus Multifunktion < <Evolution Mensch? (Seite 15)
- 9) Innenohr: Wanderwellen-Modell (Seite 17)
- 10) Konstruktion des Fußgewölbes und Energiesparen (Seite 20)
- 11) *Bewegungsregistrierung mit dem Stroboskop (unbearbeitet)*
- 12) Zielmotorik und Entscheidungsgeschwindigkeit (Computer- Tablet) (Seite 24)

Allgemeiner Kommentar der Leitung:

Ziel des Praktikums war es, daß alle Studenten einerseits einen kleinen (Nicht-Standard-) Versuch selbst entwickeln, aufbauen und vorführen und per Protokoll nachbearbeiten. Andererseits sollte man auch von den Versuchen der anderen Gruppen profitieren: um zu sehen was man mit einfachen Mitteln aufbauen und vorführen kann, welche Fehler auftreten können, und was einem an möglichen Verbesserungen einfällt.

Insgesamt ist das in diesem Praktikum gelungen, auch wenn Einfallsreichtum, Einsatzfreude, Theoriekenntnis zum gewählten Themenbereich und Vorführtalent unterschiedlich entwickelt waren.

A1 Okulomotorik mit einer Klein-Videokamera

Protokoll zum Experiment eingereicht von: Bernd Helmers und Silvia Schönfelder

A: Nachvollziehbare Versuchsbeschreibung

Dieses Experiment dient der Beobachtung und Registrierung der Bewegungen des gesamten Auges sowie der Bewegungen, die die Pupille betreffen. Dazu wird einer Plastik-Laborbrille ein Sichtfenster entfernt und darüber am Gestell der Brille eine billige Videokamera montiert. Diese wird nun so ausgerichtet, dass sie das Auge von schräg oben registriert. Da die Apparatur durch das Gewicht der Kamera droht, nach vorn zu kippen und herunterzufallen, muss sie durch Anbringen von Gummibändern an den Bügeln am Kopf zusätzlich befestigt werden. Die Bewegungen des Auges, die durch die Kamera eingefangen werden, können mit einem Videorekorder aufgenommen und anschließend als Einzelbilder bzw. Einzelbild-Fortschaltungen wiedergegeben und analysiert werden.

Folgende Aufgaben sollen vom Träger der Apparatur durchgeführt werden:

- Zunächst soll er mit dem gefilmten Auge in schnell wechselnde Lichtstärken sehen, die durch einen abgedunkelten Raum und Beleuchten des Auges mit einer kleinen Taschenlampe künstlich erzeugt werden können. Weiterhin wird das gefilmte Auge durch die Hand des Probanden vom anderen Auge abgetrennt. Nun wird das nicht gefilmte Auge unterschiedlichen Lichtstärken ausgesetzt.
- Der Proband soll einen Gegenstand fixieren, seinen Kopf hin und her bewegen und dabei immer gezielt auf den Gegenstand blicken.
- Der Kopf des Probanden wird in einen vorher angefertigten drehbaren Zylinder (\varnothing mindestens 40 cm) gebracht, der mit regelmäßig wechselnden schwarzen und weißen Streifen ausgekleidet ist. Der Zylinder wird gedreht und wiederum die Augenbewegung registriert. Weiterhin wird der Träger der Apparatur veranlasst, sich auf einem Drehstuhl zu drehen.

B: Fragen zum Versuch

Eignung des Versuches als Einstieg in ein Thema

Als Einstieg macht der Versuch sehr viel Sinn, wenn man geplant hat, Phänomene wie Nystagmus und Pupillenreaktionen einzuführen und anschließend zu vertiefen. Doch auch als generelles Einstiegsexperiment ohne Vorwissen bezüglich der Augenanatomie und des Aufbaus der Retina ist der Versuch einsetzbar, da den Schülern zunächst erst einmal gezeigt werden kann, wie vielseitig und faszinierend die Bewegungen der eigenen Augen sind und diese somit motiviert werden, sich vertiefend mit der Augenthematik auseinander zu setzen.

Eignung des Versuches als Erklärung für welche Prinzipien

Es kann gezeigt werden, dass das Auge fähig ist, die Bildhelligkeit zu regulieren. Weiterhin kann man erkennen, dass das Auge trotz ständiger Kopfbewegungen versucht, den Blick konstant zu halten. Es versucht außerdem immer kurze statische Bilder zu sehen. Die Funktionsweise des Nystagmus einschließlich der Begriffe Sakkade und Folgebewegung können hier verdeutlicht werden.

Schlussfolgerungen aufgrund des Versuches

Der Versuch verdeutlicht das Vorhandensein und die Wichtigkeit der Nystagmen. Er lässt aber auch Schlüsse bezüglich der Bedeutung der Iris für die Lichtstärkeregelung zu.

Eignung des Versuches für welche Altersstufen

Die einzelnen Teilversuche sind leicht nachvollziehbar und deshalb nicht nur gut zu verstehen sondern auch motivierend für eine vertiefende Bearbeitung der Optik des menschlichen Auges. Daher ist der Versuch sowohl für Schüler bestimmt, die sich das erste Mal mit der Thematik Auge beschäftigen als auch für solche, die die neurologischen Hintergründe der Phänomene genauer betrachten wollen. (7.-13. Klasse)

Erforderliche Voraussetzungen im fachlichen Wissen

Da der Versuch auch als Einstiegsexperiment in der 7. Klasse einsetzbar ist, ist es hier nicht erforderlich, ein spezielles Vorwissen zu haben. Vielmehr soll der Versuch die Schüler motivieren, sich weiterhin mit dem menschlichen Auge auseinander zu setzen. Soll der Versuch zur Erforschung der neuronalen Zusammenhänge dienen oder speziell die Phänomene des Nystagmus und der Lichtregulierung untersucht werden, ist es zunächst wichtig, dass die Anatomie des Auges sowie der Aufbau der Retina den Schülern vertraut sind. Eine weitere Voraussetzung ist, zu verstehen, wie Bilder entstehen können (also optische Grundlagen) und bezogen auf die Pupillenbewegung welche Funktionen Blenden haben.

Überleitung zur folgenden Thematik

Durch die motivierende Wirkung könnte man in einer 7. bzw. 8. Klasse nun den Aufbau des Auges sowie Grundlagen der Bildentstehung und die Wirkung von Blenden anschließen.

Da der Versuch zur Veranschaulichung und Verdeutlichung der Augenbewegungsformen wie Nystagmen und Lichtstärkeregelung dient, kann man diese aber auch in der gymnasialen Oberstufe anschließend vertiefend behandeln, die neuronalen Zusammenhänge bearbeiten und somit auch die Notwendigkeit der gezeigten Phänomene verdeutlichen. (fachliches Wissen vorausgesetzt)

Kritik am Experiment

Im Großen und Ganzen lässt sich der Versuch ohne Schwierigkeiten durchführen. Etwaige Probleme, die beim Einstellen der Kamera auf die Augen unterschiedlicher Probanden auftreten könnten, werden dadurch

vermieden, dass sich zum einen die Brille selbst auf die jeweilige Kopfgröße einstellen lässt und zum anderen mit Hilfe der Haargummis verhindert wird, dass der Spielraum des Brillengestells so groß wird, dass das Auge während des Versuches aus dem Bildbereich der Kamera rutscht.

Es gibt zahlreiche Anwendungsbeispiele, die hier veranschaulicht werden können. Wird beispielsweise der optokinetische Nystagmus vorgeführt, kann man gleichzeitig auch verfolgen, was das Auge gerade betrachtet, da sich der Innenraum des Zylinders auf Iris und Pupille widerspiegelt.

Praktikable Verbesserungsvorschläge

Die einzigen Möglichkeiten, diesen Versuch zu verbessern, liegen im technischen Bereich. So würde z.B. eine Funk-Kamera anwendungsfreundlicher sein, da man keine Rücksicht auf das Kamera-Kabel nehmen muss.

Außerdem wäre es interessant, wenn sowohl beide Augen von der Kamera gefilmt werden könnten als auch eine Kamera genau das wiedergibt, worauf das Auge des Probanden gerichtet ist. Weiterhin sollte man eine etwas teurere Kamera verwenden, die schneller auf Helligkeitsunterschiede reagiert und sich auf herrschende Lichtbedingungen einstellt. Ebenfalls bietet es sich an, magenfeste Probanden für die Versuchsdurchführung zu wählen, um einen möglichen Totalausfall zu verhindern.

Sicherlich sind manche Verbesserungsvorschläge angebracht und machbar, andere wiederum lassen sich sowohl technisch als auch finanziell nur schwer realisieren.

A3 Messung von Atmungsgrößen mit dem Spirometer

Referenten: Sabine Gaertner und Meike Schulze

Versuchsziel

Mit diesem Versuch soll das direkt messbare Lungenvolumen eines erwachsenen Menschen mit Hilfe eines selbst gebauten Spirometers bestimmt werden. Die Probanden sollen ihre Atemorgane selber ausprobieren und ihr Atemvolumen bestimmen.

Sachanalyse

Betrachtet man während einer Ruheatmung eines Erwachsenen das Volumen eines einzelnen normalen Atemzuges (das Atemzugvolumen), so ist es im Verhältnis zum gesamten Lungenvolumen relativ klein. Das Atemzugvolumen liegt ungefähr bei 0,6 l. Bei maximaler Inspiration können zusätzlich 3 l eingeatmet werden.. Dieses wird als inspiratorisches Reservevolumen bezeichnet. Ebenso ist eine zusätzliche maximale Expiration von 0,9 l möglich (expiratorisches Reservevolumen). Aus der Addition dieser drei Volumina ergibt sich die Vitalkapazität. Die Vitalkapazität ist ein Maß für die Ausdehnungsfähigkeit von Lunge und Thorax. Sie nimmt mit zunehmendem Alter ab. Die Vitalkapazität von Frauen liegt etwa 25% unter der der Männer. Trainierte Sportler haben eine teils erheblich höhere Vitalkapazität (bis zu 8 l) als Untrainierte.

Mit einem Spirometer lassen sich folgende Größen messen:

- Atemzugvolumen V_t : ein- und ausgeatmetes Volumen
- expiratorisches Reservevolumen ERV: das Volumen, welches nach normaler Ausatmung noch ausgeatmet werden kann
- inspiratorisches Reservevolumen IRV: das Volumen, welches noch nach normaler Einatmung noch eingeatmet werden kann
- Vitalkapazität V_c : maximales Atemzugvolumen

$$\boxed{V_c = V_t + ERV + IRV}$$

Versuchsbeschreibung

Material

- Einen zylinderförmigen Eimer (oder auch ein Plastikpapierkorb), der mindestens 6 l Wasser fasst;
- Eine große Wanne, in die der Eimer umgedreht hineinpasst;
- Schnüre;

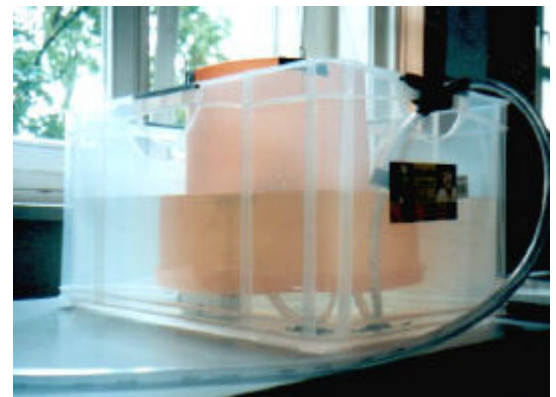
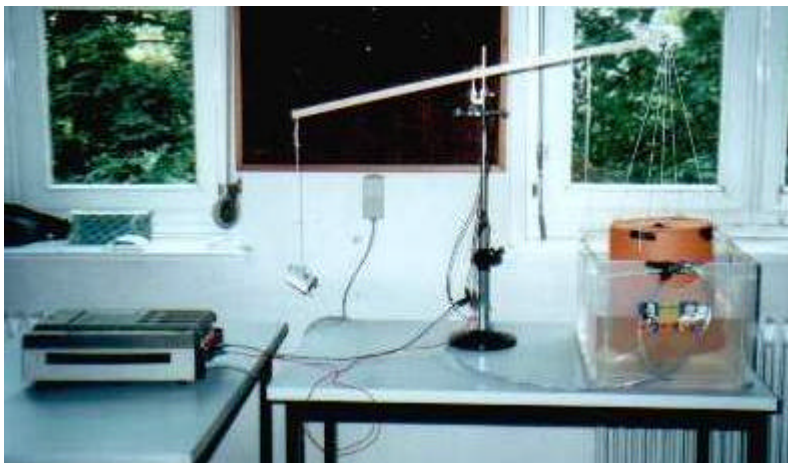
- wasserfestes Klebeband;
- einen ca. 1m langen sehr flexiblen Schlauch mit einem 1cm Durchmesser;
- Gewichte, zum beschweren des Schlauches unter Wasser und als Gegengewicht des Eimers;
- Draht, aus dem wir Ösen geformt haben. Sie werden an die von außen an die Eimerwand geklebt und mit Schnüren durchzogen.
- eine ca. 1m lange Holzleiste
- Stativ
- Drehpotentiometer
- Batterie und Kabel
- Schreiber

Aufbau

In die Wanne wird zunächst das Stativ eingesetzt, an dem dann der Schlauch befestigt wird und zwar so, dass die Öffnung des Schlauches später immer über der Wasseroberfläche liegen wird. Dann wird die Wanne mit Wasser befüllt und der Eimer über das Stativ gestülpt.

Neben der Wanne wird ein weiteres größeres Stativ aufgebaut, das an der Spitze das Potentiometer hält, auf welches die Holzleiste aufgesteckt wird. Das Potentiometer muss dann noch an den Schreiber angeschlossen werden.

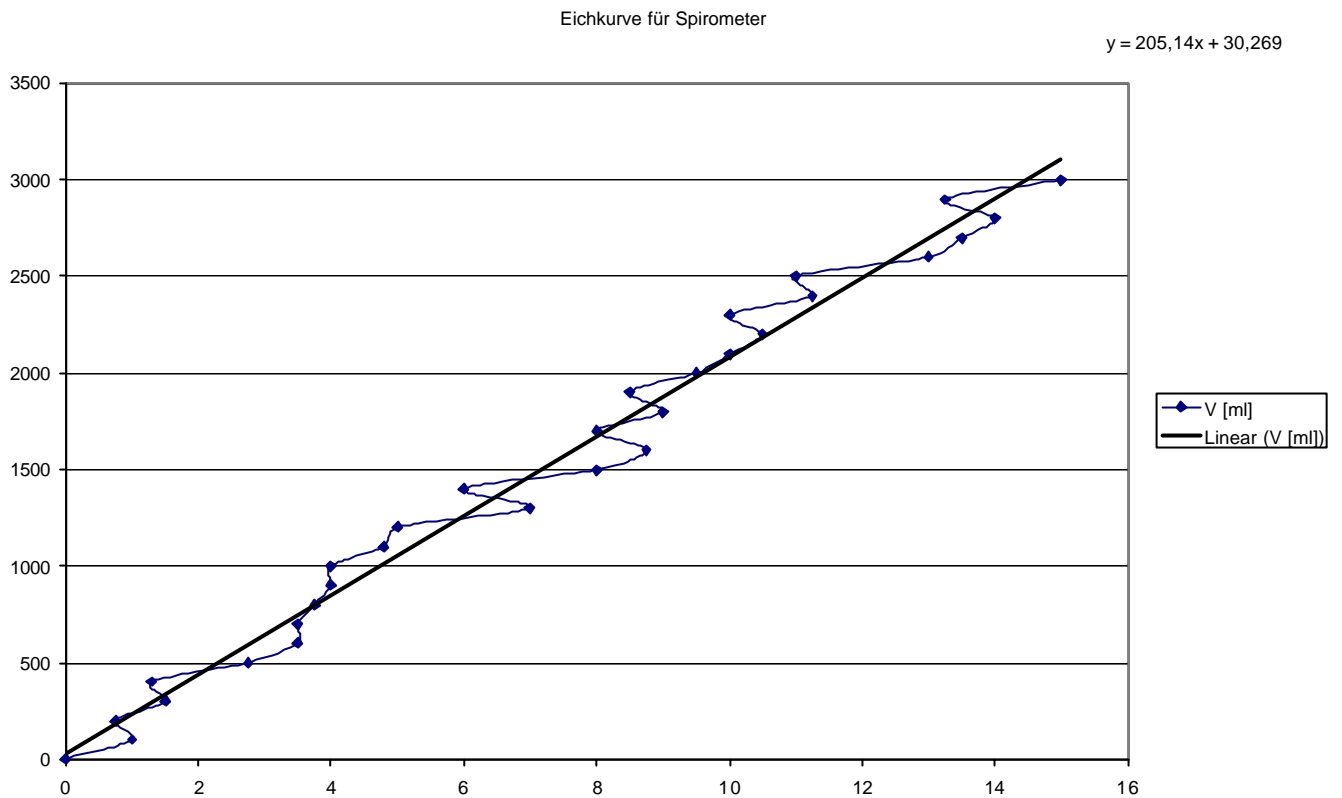
Beim Aufbau der Apparatur ist es wichtig darauf zu achten, dass der Eimer sich nur vertikal in dem Wassergefäß bewegt und nicht zur Seite wegkippen kann. Wir haben dieses Problem gelöst, indem an der Außenwand des Eimers vier Ösen befestigt wurden. Durch die Ösen wurden Schnüre gezogen und an der einen Seite der Holzleiste befestigt, so dass der Eimer genau im Lot hing. Auf der anderen Seite der Holzleiste wird dazu noch ein Gewicht befestigt. Es muss darauf geachtet werden, dass das Drehpotentiometer leicht drehbar ist. In der Ausgangsstellung muss das Gefäß ganz in den wassergefüllten Eimer eingetaucht sein. Der Arm der Wippe und die Aufhängung müssen so gewählt sein, dass das Gefäß in keiner Stellung irgendwo anstößt. Der Schlauch muss luftdicht angebracht werden, denn anderenfalls würden verfälschte Ergebnisse gemessen werden.



Funktionsprinzip

Das Lungenvolumen können wir über die Widerstandsänderung des Potentiometers berechnen. Der Proband pustet die maximal auszuatmende Luft über den Schlauch in das Wassergefäß, so dass der an der Wippkonstruktion hängende Eimer sich nach oben bewegt. Durch die Raumänderung des Eimers ändert sich entsprechend der Winkel zwischen der Wippe zum Stativ und somit auch der Widerstand des Potentiometers. Diese Änderung wird über den Schreiber aufgezeichnet. Zu Beginn des Versuchs ist es notwendig, dass die Apparatur geeicht wird. Dieses ist sehr wichtig, damit man die Schreiberaufzeichnungen später auswerten kann. Wir haben die Eichung mit Hilfe eines Kolbenprobers und eines Dreiwegehahns durchgeführt. Mit dem Kolbenprober konnten wir bekanntes Volumen in die Apparatur geben und die Änderungen durch den Schreiber aufzeichnen lassen. Insgesamt haben wir die Eichung mit 3 Litern Gasvolumen vorgenommen. Aus den Schreiberaufzeichnungen haben wir eine Eichgerade berechnet. Die spätere Berechnung der Lungenvolumina der einzelnen Probanden ist somit sehr schnell zu bearbeiten, da die Ergebnisse nur noch in die Eichgerade eingesetzt werden müssen.

Eichgerade



Durchführung

Der Proband wird aufgefordert, maximal einzuatmen und anschließend maximal wieder durch den Schlauch auszuatmen. Aus der Aufzeichnung des Schreibers und der Eichung des Graphen kann schließlich das jeweilige Lungenvolumen berechnet werden.

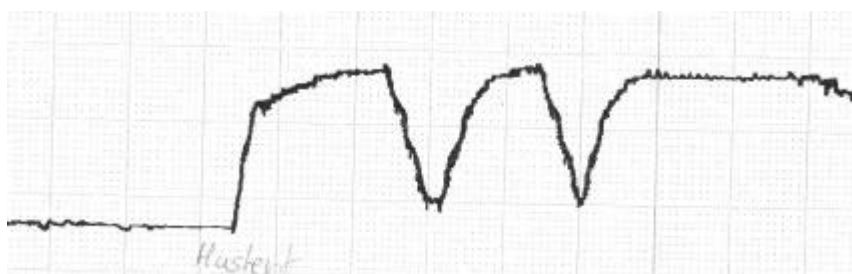
Ergebnisse

Auswertung der Schreiberaufzeichnungen



Misst man nun die Höhe der Amplitude erhält man 26 mm. Setzt man diese für die Steigung x in die Funktion der Eichgerade ein, ergibt sich ein Lungenvolumen von 5364 ml.

Dieses Ergebnis liegt im oberen Bereich des möglichen. Wir können also davon ausgehen, dass wir es bei dieser Testperson mit einem gut trainierten Sportler zu tun haben.



Bei diesem Versuchsdurchgang hat die Testperson nach dem ersten maximalen Ausatmen durch den Schlauch mit zugehaltener Nase wieder eingeatmet und anschließend wieder durch den Schlauch ausgeatmet. Hier messen wir eine Anfangsamplitude von 21 mm. Dies führt zu einem Lungenvolumen von 4338 mm. An dieser Art des Versuchsdurchgangs kann man die Veränderung des Lungenvolumens nach mehrmaligem Ein- und Ausatmen durch den Schlauch beobachten. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Probanden nicht zu häufig hintereinander die Schlauchatmung wiederholen, da in dem System keine Sauerstoffzufuhr besteht.

Einsatz im Unterricht

Die Durchführung dieses Versuches ist in der 9. oder 10. Klasse gut denkbar. Er könnte als Einstieg verwendet werden, da die Schüler hier selbst etwas messen können, was noch dazu jeden betrifft, so dass hierdurch erst einmal Interesse am kommenden Thema geweckt werden kann. Man könnte den Unterricht nach diesem Versuch zu den Herz-Kreislauf-Regeln weiterleiten.

Eine andere Möglichkeit wäre es diesen Versuch einzusetzen, nachdem man mit den Schülern bereits die Atmung und die Lungenfunktion erarbeitet hat. Er unterstützt dann die Vorstellungen der Schüler zur Funktion der Lunge.

In der sich unserer Versuchspräsentation anschließenden Diskussion plädierte jedoch eine Mehrheit für den Einsatz dieses Versuches als Einstieg, da er sehr anschaulich ist und damit gut dafür geeignet ist das Interesse daran zu wecken, mehr über die Lunge oder die Atmung zu erfahren.

Erkenntnisse der Schüler

Generell unterstützt der Versuch die Vorstellung des Lungenvolumens. Dabei erkennen die Schüler aber auch gleichzeitig, dass das Lungenvolumen bei jedem unterschiedlich ist und dies u.a. mit der Kondition des Körpers zusammenhängt. (Vergleich: Sportler–Stubenhocker) Des Weiteren können die Schüler bei der Arbeit am Spirometer feststellen, wie wichtig Sauerstoff ist und welche Veränderungen sie spüren, wenn sich immer weniger Sauerstoff und immer mehr CO₂ im Kreislauf der Versuchsanordnung befindet.

Verbesserungsvorschläge

Der Versuch wurde von der Diskussionsrunde als recht kompliziert eingestuft. Sowohl im Aufbau, als auch, wegen der vielen Aspekte aus der Physik, für das Verständnis der Schüler.

Man könnte ihn in der Art vereinfachen, dass man auf einen Schreiber zur Aufzeichnung verzichtet und stattdessen direkt auf dem Eimer die Höhe des Wasserstandes aus den Eichungen markiert, so dass das Volumen direkt vom Eimer abgelesen werden kann. Eine andere Möglichkeit wäre eine Eichung mit der Hebung und Senkung des Gegengewichtes an der Wippe durchzuführen.

Besonders wenn man die erste Variante wählt, sollte man, damit man die Ergebnisse noch besser erkennen kann, außerdem nach Möglichkeit einen durchsichtigen Eimer verwenden oder das Wasser anfärben. Aber auch sonst ist dies ein guter Vorschlag um den Versuch interessanter zu gestalten, weil man so direkt erkennen kann, dass sich in der Apparatur „etwas tut“.

A4 (unbearbeitet)

A5

Modell zur Festigkeit von Knochen Sonja Schmidt, Silvia Engelbrecht

1 VERSUCHSBESCHREIBUNG

1.1 Ziel

Wir untersuchen in diesen Modellversuchen die Festigkeit von Röhren- (Hohl-), Platten-, Massivknochen und Hohlknochen mit Verdickungsleiste.

1.2 Einleitung

Mit diesen Experimenten soll die Widerstandsfähigkeit bzw. Stabilität von unterschiedlich aufgebauten Knochenmodellen (aus Papier gefertigt) gegenüber einwirkenden Kräften untersucht werden. Die Papierpräparate werden hierzu einer stetig stärkeren Beanspruchung ausgesetzt, bis sie schließlich nachgeben. Um nur dieses Kriterium zu untersuchen, muss bei der Anfertigung der knochenähnlichen Formen auf gleichbleibende Voraussetzungen geachtet werden:

- Gleicher Kleister (gleiches Mischungsverhältnis)
- Gleiches Papiermaterial
- Identische Massen und Längen der gefertigten Knochen
- Gleicher Aushärtungsgrad

Bei dem eigentlichen Bruchtest dürfen die Präparate nicht feucht werden (z. B. durch nasses Seil oder Hände). Weiter muss zügig gearbeitet werden, da auch kleinere Massen mit der Zeit zu einer Destabilisierung führen. Der Abstand der Auflagepunkte muss stets konstant sein.

1.3 Zeit

Schülerversuch: 3 Minuten

Demonstrationsversuch: Fertigung der Knochen: ca. 2 Stunden (min. 1 Tag
vorher vorbereiten)
Eigentliches Experiment: 15 Minuten

1.4 Materialien

Schülerversuch: Zeichenpapier Größe DIN A 5,
Dreifuß,
Wägesatz,
Bindfaden

Demonstrationsversuch: Für die Knochen:

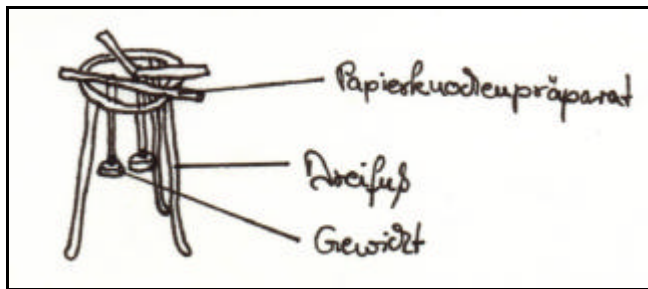
Tapetenkleister (Mischungsverhältnis Kleister : H₂O,
1g : 100g),
Zeitungspapier (in ca. 1,5 cm breiten, gleichlangen Streifen, z. B. mit einer
Schneidemaschine),
1 Schablone (Stativstange d ≈ 1 cm)

Für die Versuchsapparatur:

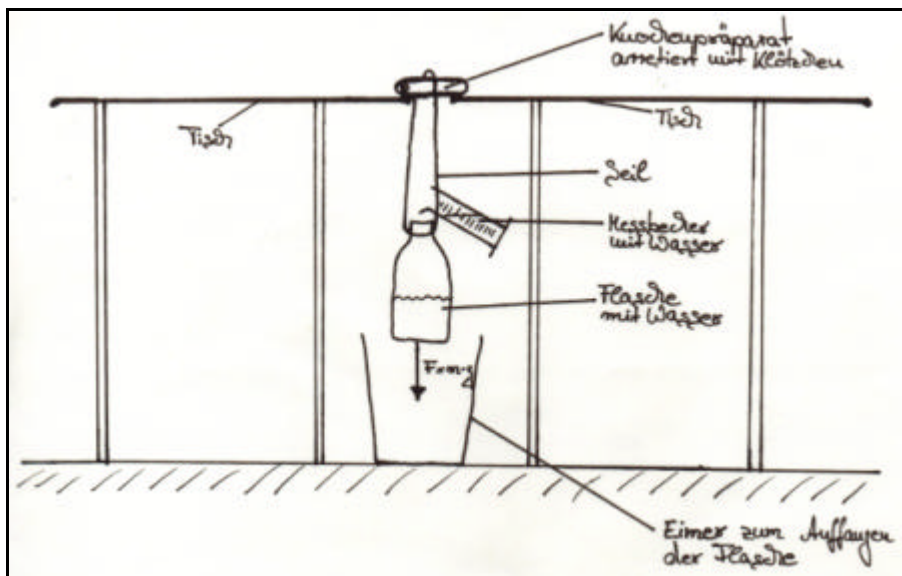
1 Gestell (ca. 150 cm Höhe; am besten mit antiparallelen
Querleisten, z. B. 2 Tische nebeneinander gestellt),
1 große Flasche (min. 5 l),
1 Messbecher,
1 Seil (ca. 1 m lang und mittelstark),
4 kleine Klötzchen,
Klebeband,
Wasser

1.5 Versuchsapparatur

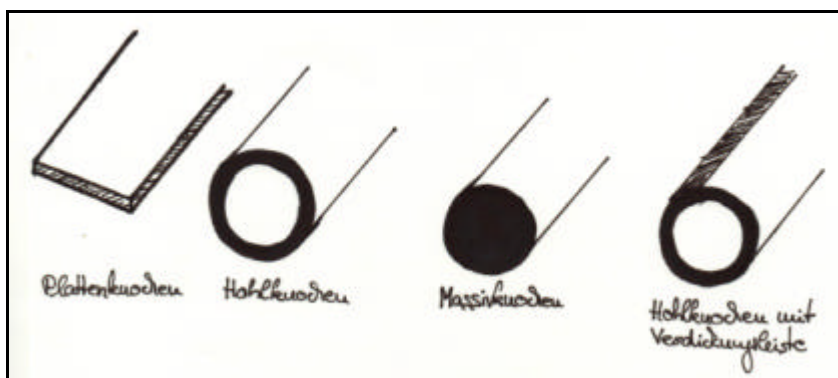
Schülerversuch:



Demonstrationsversuch:



1.6 Knochenformen



2 AUSFÜHRUNG

Schülerversuch:

Das Zeichenpapier in der Mitte in Längsrichtung falten. Vorsichtig auseinander trennen. Einen der gewonnenen Papierstreifen zweimal in Längsrichtung falten (Plattenknochen), den anderen um einen Bleistift zu

einer Röhre zusammendrehen (Röhrenknochen), Bleistift entfernen. Um jedes Papier in der Mitte locker eine Bindfadenschleife legen. Beide Papiere auf einen Dreifuß legen und dann an die Schlaufen Gewichte hängen.

Demonstrationsversuch: Fertigung der Knochen:

Konstante Massen der Präparate werden bei geringem Arbeitsaufwand erreicht, wenn die 5 Zeitungs-papierstreifen pro Knochen je 1,5 cm breit sind und gleiche Länge besitzen, weiter sollten diese gleichmäßig mit Kleister bestrichen werden. Alle gefertigten Knochen sollen die gleiche Länge von 10 cm haben.

Hohlknochen: 1 nicht gekleisterter Papierstreifen wird um die Stativstange gewickelt (nur 10 cm der Stativstange einwickeln!), darauf folgen die 4 restlichen, eingekleisterten Papierstreifen.

Massivknochen: 1 nicht gekleisterter Papierstreifen wird in Querrichtung auf 10 cm Länge zusammengeklappt und danach in Längsrichtung zweimal zusammengefaltet. Um diese Basis wickelt man die restlichen 4 gekleisterten Papierstreifen.

Hohlknochen mit Verdickungsleiste: Den ersten ungekleisterten Papierstreifen wickelt man wiederum um die Stativstange auf 10 cm Länge, dann folgt ein gekleisterter Papierstreifen. Nun wird eine Basis in Analogie zum Massivknochen angefertigt und auf den vorher angefangenen Hohlknochen gelegt. Die restlichen zwei gekleisterten Papierstreifen werden um das Ganze herumgewickelt.

Sind diese Vorbereitungen getroffen, müssen die Präparate mindestens 24 Stunden trocknen bzw. aushärten.

Aufbau der Versuchsanordnung:

Als Gestell zum Auflegen der gefertigten Knochenpräparate werden 2 Tische verwendet. Damit sich die Präparate während des Bruchtestes nicht verschieben, werden 4 Klötzchen als Haltgeber mit Klebeband fixiert. Das Seil wird in geeigneter Länge an der Flasche befestigt. Der Eimer soll die wassergefüllte Flasche beim Absacken auffangen.

Durchführung des Versuches:

Die Knochenpräparate werden der Belastungsreihe nach (Massivknochen < Hohlknochen < Hohlknochen mit Verdickungsleiste) einem Bruch-/Belastungstest unterzogen, bei dem die Flasche durch stetiges Auffüllen mit Wasser (Messbecher für quantitative Auswertung) beschwert wird. Hierbei übt das mittig auf den Knochen aufgelegte Seil eine Kraft aus, bis dieser nachgibt und die Flasche in den Eimer fällt. Das Seil muss bei jedem Versuchsteil in trockenem Zustand sein, um für gleiche Voraussetzungen zu sorgen!

Um für eine höhere Anschaulichkeit bei einer quantitativen Auswertung zu sorgen, sollte man die Belastbarkeitsreihe und die Wassermengen, die für den Bruch des jeweils vorangegangenen (leichter brechenden) Präparates ausreichen, kennen, damit diese Wassermenge als Ausgangsgewicht für den nächst stabileren Knochen dient.

3 BEOBACHTUNGEN

Schülerversuch:

Während sich das gefaltete Papier schon bei geringer Belastung durchbiegt, hält die Papierröhre wesentlich stärkere Belastungen aus.

Belastungsreihe: Plattenknochen < Röhrenknochen

Quantitative Auswertung:

Knochenart	Gewicht [g], bei dem sich der Knochen biegt
Plattenknochen	9
Röhrenknochen	50

Demonstrationsversuch: Belastungsreihe:

Massivknochen < Röhrenknochen < Röhrenknochen
mit Verdickungsleiste

Quantitative Auswertung:

Knochenart	Wassermenge [ml], bei der die Flasche fällt
Massivknochen	1140
Röhrenknochen	3500
Röhrenknochen mit Verdickungsleiste	4000

4 MÖGLICHKEITEN DES EXPERIMENTES

Dieser recht anschauliche Versuch eignet sich nicht für einen Unterrichtseinstieg, da Prinzipien des Knochenbaus und die Bedeutung der Form für die Festigkeit bzw. Belastbarkeit der Knochen hiermit deutlich gemacht werden sollen.

Der verwunderliche Aspekt des Versuches ist für die Schüler, dass der Massivknochen am wenigsten Gewicht standhält. Hier wäre auch eine Hypothesenbildung der Schüler vor Versuchsbeginn möglich!

Je nach Intensität der Bearbeitung ist dieser Versuch für die Jahrgangsstufen 10 – 13 denkbar. Für jüngere Schüler bietet sich demnach eine rein qualitative Auswertung an, während für einen Leistungskurs auch eine mathematische Auswertung im Hinblick auf die Kraftwirkung möglich ist.

Mögliche Anschlussexperimente wären:

- Untersuchung unterschiedlicher Belastungsrichtungen bei asymmetrischen Knochenformen
- Variation des Abstandes der Auflageflächen

Überleitungen zu nachfolgenden Themenbereichen/Unterrichtseinheiten wären z. B.:

- Knochenbrüche (Prävention und Heilung)
- Unterschiedliche Knochenstrukturen/-formen und deren jeweilige Funktionen
- Gelenke und Bewegungen mit Hilfe von Knochen und Muskeln
- Evolutive Aspekte des Knochenbaus (Mensch – Affe)
- Knochenkrankheiten

Verbesserungsvorschläge für diesen Versuch wären:

- Flasche darf nicht zu hoch über dem Eimer hängen (Überschwemmungsgefahr durch umkippende Flasche)
- Genaue Belastbarkeitsreihe durch Protokollieren der benötigten Wassermasse bis zum Bruch des Knochens aufnehmen
- Stabilisation der Knochen, v. a. des Röhrenknochens mit Verdickungsleiste auf 40 ° Winkel
- Gewichte des Schülerversuches in eine Waagschale, die am Knochen befestigt ist, legen (z. B. Stofftuch zu einer Tasche formen und anbinden)
- Demonstrationsversuch im Leistungskurs für jede Knochenform einen Aufbau und den Versuch parallel (gleichzeitig) zueinander von Schülern durchführen lassen

A6

Modell zur Fingermechanik Kira Böning und Inger Lison

Theorie:

Mit Ausnahme des Daumens bestehen die Finger jeweils aus drei Fingerknochen (Phalangen): Phalanx distalis, Phalanx media und Phalanx proximalis. An den Phalanx proximalis schließt sich die Mittelhand (Metacarpus) an. Die folgende Handwurzel (Carpus) besteht aus 7 kleinen Knochen. Der Unterarm lässt sich in Elle (Ulna) und Speiche (Radius) unterteilen, darauf folgt der Oberarm. Um das Prinzip der Fingermechanik erklären zu können, muss zunächst einmal angemerkt werden, dass die einzelnen Fingerbewegungen durch ein Zusammenspiel von vielen Sehnen und Muskeln funktionieren. Das in einem Modell umzusetzen, wäre eine langwierige Arbeit. Die vielen Sehnen würden auch nicht gerade zum Verständnis der Fingermechanik beitragen, sondern eher zu einer Verwirrung führen. Deswegen haben wir uns bei unserem Modell auf zwei elementare Sehnen 1. *M. flexor digitorum superficialis* und 2. *M. extensor digitorum* beschränkt. Der Muskelursprung bzw. Ansatz von *M. flexor digitorum superficialis* befindet sich im unteren Bereich des Oberarmknochens. Die Sehne verläuft in einer Sehnenscheide über den Unterarm zu den Fingern, spaltet sich dort in mehreren Sehnen auf und unterstützt die Flexion in den Handgelenken. Außerdem trägt sie entscheidend zur Beugung der Mittel- und Grundphalangen der Finger bei. Eine zweite Sehne, *M. flexor digitorum profundus*, die wir in unserem Modell jedoch nicht dargestellt haben, setzt an der Vorderfläche der oberen Hälfte der Ulna an und ist für die Beugung der Finger in den End- Mittel- und Grundgelenken verantwortlich. Ebenfalls am Oberarmknochen setzt *M. extensor digitorum* an und verläuft über den Oberarm zu den Phalangen. Diese Sehne wirkt als Strecker in den Fingergelenken.

Wie ist unser Modell entstanden?

Um die Fingerknochen, die Mittelhand und den Unterarm darzustellen, haben wir entsprechend proportional vergrößerte Kopien einer Hand als Schablonen benutzt und die Knochen aus Holzspanplatten (ca. 1 cm dick) ausgesägt. Die einzelnen Knochen werden mit Schaniergelenken „zusammengehalten“. Die zwei Sehnen werden mithilfe von Nylonfäden dargestellt. An der Ober- und Unterseite der Knochen befinden sich Ringösen, in denen die Nylonfäden „geführt“ werden. Diese stellen die Sehnenscheiden dar. Die Muskelansätze werden durch Gummibänder angedeutet.

Kritik an unserem Modell und Verwendung im Unterricht

Als Einstieg in ein neues Thema würden wir dieses Modell nicht empfehlen, weil man für das Verständnis des Modells einen Überblick über die Anatomie der Hand benötigt.

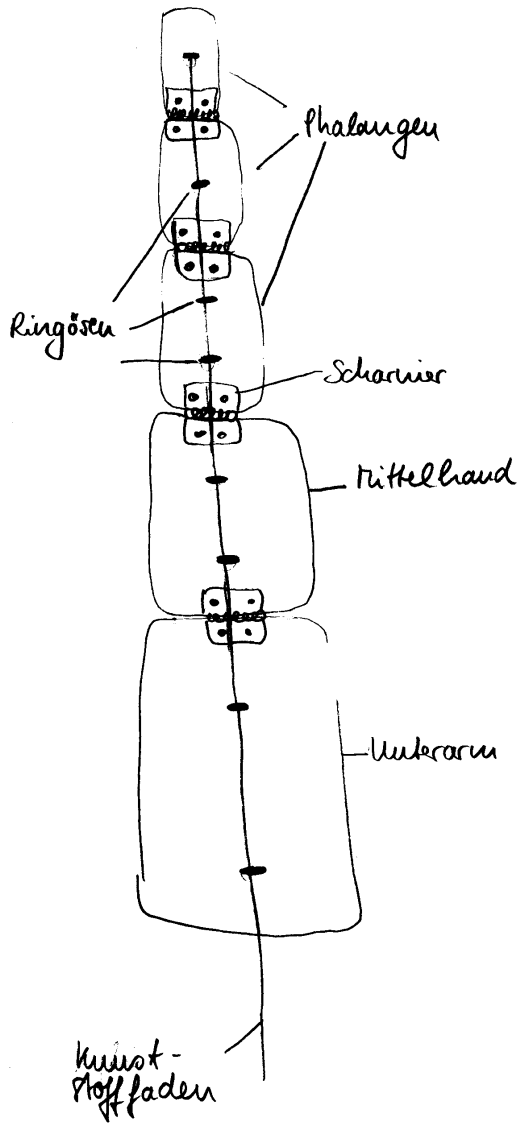
Wenn man sich mit der Anatomie vertraut gemacht hat, fällt auf, dass das Modell stark vereinfacht wurde. Es fehlen viele Sehnen, die für die Bewegung der Finger verantwortlich sind und auch die Muskeln im Unterarm wurden nur unzureichend dargestellt.

Als ein Kritikpunkt wurde genannt, dass die Mittelhand und der Unterarm im Vergleich zu den Phalangen viel zu klein dargestellt wurde, außerdem kann man die dünnen Kunststofffäden, die als Sehnen dienen, sehr schlecht erkennen. Es wäre besser gewesen, wenn die Fäden farbig gewesen wären. Die Sehnenscheiden, die um die Sehnen liegen, zeigt das Modell auch nicht. Um das zu demonstrieren, könnte man dünne Strohhalme über die Fäden ziehen.

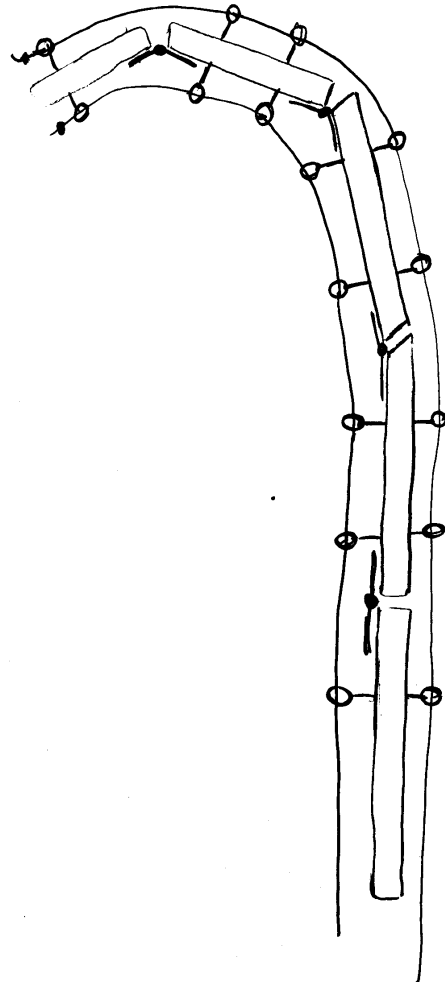
Zur Demonstration der Muskeln im Unterarm hätte man rote Gummibänder oder Luftballons nehmen können. Dieses Modell zeigt auf der einen Seite die Bewegung des Fingers, man kann jedoch auf der anderen Seite keine Greifbewegung zeigen, die für den Menschen so typisch und einzigartig ist, weil hierzu der Daumen fehlt.

Wir finden, dass man das Modell in der 10. Klasse einsetzen kann, um den Schülern einen groben Überblick über die Bewegung des Fingers beim Menschen zu geben. Sobald man aber etwas mehr ins Detail geht, wie es in einem Bioleistungskurs der Fall ist, weist das Modell erhebliche Mängel auf und müsste hierfür stark überarbeitet werden, indem man vielleicht sogar die ganze Hand abbilden, um dadurch das Zusammenspiel der Sehnen und Muskeln untereinander besser zu verdeutlichen.

Aufsicht von unten



Seitenaussicht



R. Hustert: Schulversuche zur
Humanbiologie SS 2002
Modell zur Fingersmechanik
von Kia Bönig und Jogi Lison
Das Protokoll wurde per e-mail
zugeschickt.

A7

Wärmestrahlung

Von Björn Croll und Juliane Gipp

Durch zwei schnell durchzuführende Versuche lassen sich Wärmestrahlung und Verdunstungskälte erklären.

Um den Effekt der **Wärmestrahlung** (durch Infrarotstrahlung) zu demonstrieren kann mit sehr einfachen Hilfsmitteln gearbeitet werden.

Zunächst werden aus einer dünnen Mülltüte und einer Rettungsfolie (möglichst mit gold-silber Beschichtung zur besseren Unterscheidung) gleich grosse Stücke ausgeschnitten. Diese werden dann so zusammen geklebt (bei der Folie die goldene Fläche außen), dass nur noch eine Öffnung bleibt, in die man mit der Hand bequem hineinschlüpfen kann. Diese Öffnung kann mit einem Gummiband am Arm geschlossen werden. In ein kleines Loch steckt man vorsichtig ein Thermometer (kein Fieberthermometer; gut geeignet sind digitale Steckthermometer). Wichtig ist hierbei, dass der Fühler des Thermometers nicht die Haut des Probanden berührt und bei beiden Versuchsteilen (Mülltüte und Rettungsfolie) gleich ausgerichtet ist. Die Temperatur wird nun in regelmäßigen Abständen ca. 10 Minuten gemessen. Um möglichst identische Versuchbedingungen zu erhalten, können beide Versuchsteile an einem Probanden zeitgleich durchgeführt werden.

Wichtig für ein gutes Gelingen des Versuches ist die gleiche Grösse der Mülltüte und der Rettungsfolie (außerdem möglichst eng dimensioniert, da die Effekte dann deutlicher zu sehen sind).

Der Effekt der **Verdunstungskälte** lässt sich anschließend in einem anderen kurzen Experiment verdeutlichen.

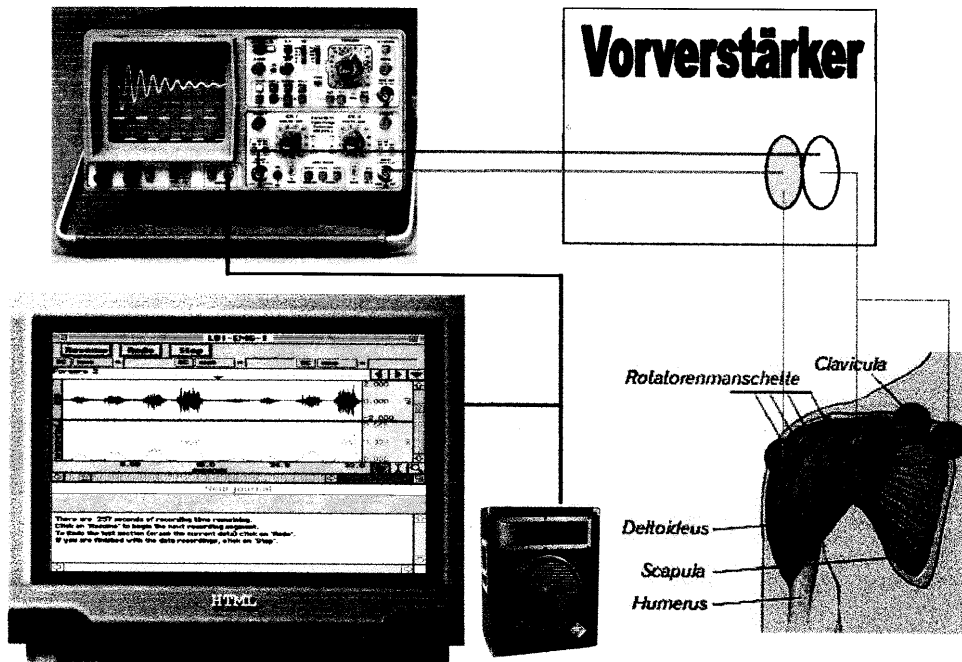
Hierfür kann die schon zusammengeklebte Mülltüte aus dem vorherigen Versuch verwendet werden. Diese wird wieder mit Hilfe eines Gummibandes um den Arm befestigt und das Thermometer wird angebracht. Anschließend

wird ein nasses Papiertuch über die Tüte gelegt. Mit Hilfe eines Föns (besser mit Kaltluft) wird das Papier getrocknet und die Temperaturänderungen am Thermometer verfolgt. Die durch den Fön erzeugte künstliche Konvektion führt zu einer starken Verdunstung und somit auch zu einer deutlichen Temperaturniedrigung.



Dieser Versuch könnte als Aufhänger für das Thema „Wärmehaushalt des Körpers“ oder zur Motivationsfördernden Vertiefung (daraus resultierend z.B. Reflektion der Infrarotstrahlung durch Rettungsfolie; Wärmediffusion; Wärmekonvektion; Verdunstungskälte) dienen. Auf Grund des einfachen Versuchsaufbaus und der kostengünstigen Materialien eignet sich der Versuch hervorragend als Schülerexperiment. In 2er bzw. 3er Gruppen können dann Werte ermittelt werden, die später zusammengetragen und ausgewertet werden.

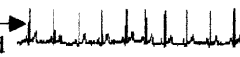
1.5. Versuchsaufbau



1.6. Versuchsdurchführung

Wie in der Einleitung beschrieben, werden die Elektroden am vorderen und am hinteren Teil des Deltamuskels sowie auf der Clavicula angebracht. Daraufhin wird das Oszilloskop so eingestellt, dass die vorderen differenziellen (und verstärkten) Ableitungen über Kanal 1 eingespeist werden und in der oberen Hälfte des Oszilloskops angezeigt werden. Der Bereich ist dabei so zu wählen, dass maximale Ausschläge noch zu erkennen sind (ausprobieren, mit y-Ablenkung einstellen). Die Informationen vom hinteren Teil werden im unteren Teil des Bildschirms visualisiert.

Der Versuch kann folgendes beinhalten:

- Beobachtung und Kommentierung der Grundspannung
- Evtl. Feststellung, welche AP's Herzmuskelpotentiale sind 
- Beobachtung der beiden Kurven bei Anspannung des Muskels:
 - Isometrisch (statische Muskelarbeit)
 - Isotonisch: durch Bewegen des Arms nach *oben*, nach *vorne*, nach *hinten* (ohne Widerstand, gegen Widerstand – z.B. mit Hand dagegen drücken)

1.7. Sicherheitshinweis

Da mit Geräten gearbeitet wird, die an das Stromnetz (230 V) angeschlossen sind, ist es wichtig vor Beginn des Versuchs zu prüfen, dass sämtliche „Starkstromkabel“ **isoliert** sind. Weiterhin sollte man **zuerst** die Elektrodenkabel mit dem Verstärker und Oszi verbinden und **zuletzt** den Kontakt zu den Elektroden herstellen!

2 Fragen zum Versuch

a. Eignung des Versuchs als Einstieg und Überleitung in ein Thema

Der Versuch eignet sich weniger als Einleitung eines Themenkomplexes. Wir würden empfehlen das Experiment in einen Themenbereich einzubauen. Es bietet sich hierbei in erster Linie das Gebiet Neurophysiologie/Muskelaktivität an. Da hierbei zunächst meist die Grundlagen der AP- Bildung behandelt werden, bietet sich der Versuch als Überleitung zum Thema: Erregungsweiterleitung an motorischen Endplatten/Muskelaktivität an.

b. Voraussetzungen, Altersstufe

Diese Themen setzen ein grundlegendes Verständnis der biophysikalischen und biochemischen Vorgänge an den Membranen der Zellen sowie ein Verständnis für die Methoden des Versuchs voraus. Auf Grund dieser Tatsache ist unserer Meinung nach der Einsatz des Experiments in der *Sek.II* am sinnvollsten.

c. Schlussfolgerungen aus dem Versuch; Erklärung welcher Prinzipien; Ergebnisse

Man kann folgende Ergebnisse sehen:

- bei Muskelaktivität sind AP's messen
- je stärker die Muskelaktivität ist, desto größer sind die Amplituden der AP's (Summenpotentiale)
- bei unterschiedlichen Bewegungsrichtungen eines Muskels werden bei verschiedenen Partien des Muskels verstärkt AP's (Summenpotentiale) gemessen.

Daraus kann man folgende Prinzipien schlussfolgern:

- Muskeln werden durch motorische Einheiten innerviert. Eine Muskelkontraktion wird i.d.R. dadurch ausgelöst, dass an den Membranen der Motoneuronen AP's gebildet werden, welche zu den Muskelfibrillen geleitet werden und schließlich dort eine Kontraktion der Sarkomereinheiten auslösen.
- Je mehr Motoneuronen aktiviert werden, desto mehr Muskelpartien werden durch AP's erregt. Je mehr Muskelpartien aktiviert werden, desto größer ist die Kontraktionskraft.
- Es gibt mehrere Motoneuronen, die den Muskel ansteuern. Diese können selektiv zur AP- Bildung angeregt werden. So besteht die Möglichkeit, dass selektiv verschiedene Muskelpartien zur Kontraktion angeregt werden können, was zur partiell verstärkten Kontraktion des Gesamtmuskels führt.

d. Kritik und Verbesserungsvorschläge

Auf Grund störender Fremdspannungen kann es zu Problemen bei der (bes. monopolarer) Ableitung kommen. Die differenzielle Ableitmethode (oben beschrieben) bietet hierbei eine gute Alternative zur Erstellung eines Myogramms. Die Ableitung am Deltamuskel eignet sich einerseits gut für die Anschauung der o.g. Prinzipien, da hier unterschiedliche Muskelpartien rel. stark voneinander getrennt sind und bei vielen Menschen rel. gut entwickelt sind. Problem ist jedoch das Anbringen der Elektroden am nackten Oberkörper, was zu Problemen, aber vielleicht auch Spaß bei den Schülern führen kann. Alternativ kann man ein Myogramm von der Aktivität des *Biceps brachii* (evtl. mit dem Antagonisten Trizeps) am Oberarm, vom M. *aductor pollicis brevis* (Daumenabspreizer) oder anderen Muskel(gruppe)n anfertigen. Mit der Messmethode lassen sich auch Herz- Lungentätigkeiten und eingeschränkt Gehirnstromaktivitäten messen (EKG, EEG). Weiterhin kann man (im Leistungskurs) die Myogramme statistisch mit Computerprogrammen auswerten (z.B. AP- Amplitude im Vgl. zur Kraft...).

A9

Michaela Riesen, Janin Schatz
Schulversuche zur Humanbiologie nach PVO Lehr I
Koordinator: Prof. Dr. Hustert

Innenohr: Wanderwellenmodell

A. Versuchsbeschreibung

Versuchsziel

Mit Hilfe dieses Funktionsmodells soll die Frequenzabbildung im Innenohr veranschaulicht werden.

Theorie

Die Schwingungen des letzten Mittelohrknochens bewirken eine Druckdifferenz und übertragen sich auf diese Weise auf das ovale Fenster. Von hier aus setzt sich eine Wanderwelle in der oberen Perilymph- und später in der unteren Perilymphsäule fort. Durch die Fortbewegung dieser Wanderwellen wird der Endolymphschlauch ebenfalls in Schwingung versetzt. Dieser bewegt sich im Rhythmus der Schwingungen, die vom letzten Mittelohrknochen ausgehen. Die Wellenlänge verkürzt sich und gleichzeitig vergrößert sich die Amplitude bis sie an einem für die Frequenz charakteristischen Ort der Basilarmembran ihr Maximum erreicht und sofort weggedämpft wird. Zur Erregung kommen lediglich die Hörzellen, die im Bereich der maximalen Amplitude liegen. Diese Wanderwellen sind sowohl von der Reizfrequenz als auch von der Reizintensität abhängig. Die Lautstärke wird durch die Amplitude der Wanderwelle und die Tonhöhe durch die Frequenz der Wanderwelle bestimmt. Bestimmte Frequenzen sprechen bestimmte Stellen im Ohr an. Hochfrequente Wellen erzeugen hohe Töne. Hohe Amplituden bewirken eine stärkere Vibration der Basilarmembran und führen folglich zu einer stärkeren Auslenkung der Haarzellen. Diese verstärkte Auslenkung führt zur einer erhöhten Freisetzung an Transmittern und zu einer größeren Zahl an APs in den sensorischen Neuronen.

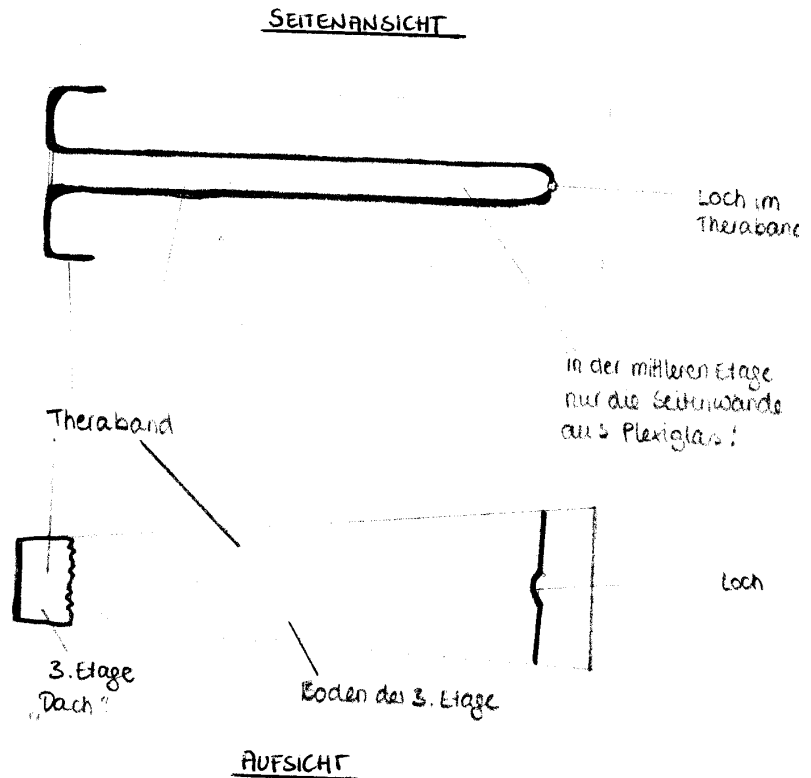
Das runde Fenster dient dem Druckausgleich.

Versuchsbeschreibung

Material:

- Thera-Band (so dehnbar wie möglich)
- Silikon
- Pattex
- Plexiglas
- Rasierklinge, Schere

Versuchsaufbau als Skizze:



an der schmalen Seite kann der Impulsgeber
angesetzt werden!

Untere Etage = rundes Fenster
Mittelteil = Perilymphe
Ober/Unterteil = Endolymphe

Mit Plexiglasplatten, die wir in bestimmten Größen zuschneiden lassen haben (siehe Skizze), bauten wir einen viereckigen Kasten in drei „Etagen“ auf. Als Untergrund kann man eine stabile und sehr glatte Holzplatte verwenden. Zwischen die einzelnen Lagen spannten wir – wie in der Skizze zu sehen – Thera-Band. Mittels Silikon und/oder Pattex klebten wir die einzelnen Teile aneinander. Wobei anzumerken ist, dass Silikon das Thera-Band fast gar nicht klebt. Immer dann, wenn Silikon verklebt wird, muss also zunächst mit Pattex geklebt werden. Wenn jetzt noch nicht alles abgedichtet ist, sollte man, wenn der Pattex trocken ist, mit Silikon abdichten. Des Weiteren sollte man bedenken, dass man eine Etage erst auf eine untere Etage setzen kann, wenn die untere Etage abgetrocknet ist. Zum Abtrocknen sollte man das Modell am besten einen Tag stehen lassen.

Wenn alles getrocknet ist, kann man in das Theraband ein Loch einschneiden (siehe skizze) damit auch die mittlere Etage mit Wasser gefüllt werden kann.

Nun kann man das erste Mal Wasser einfüllen. Wenn einige Stellen „leck“ sein sollten, gibt es entweder die Möglichkeit diese Stellen mit Silikon noch einmal auszubessern oder die Unterplatte zu entfernen und das gesamte Modell in eine Wasserwanne zu legen. Da es hier nicht ausmacht, wenn es ein paar Leckstellen gibt.

B. Einsatz des Modellversuchs im Unterricht

Im Prinzip sind wir davon überzeugt, dass man dieses Modell nicht in der Schule anwenden sollte. Um dies zu tun, müssen einige Sachen an dem Modell noch stark modifiziert und verbessert werden. Außerdem nimmt der Bau des Modells ein zu hohes Maß an Zeit in Anspruch, so dass es sicherlich sinnvoller wäre, einen einfacheren Versuch vorzuziehen, der dann (hoffentlich) auch funktioniert. Wir haben uns mit dem Bau des Modells sehr viel Zeit nehmen müssen und es war bis zum Tag der Präsentation nicht richtig fertig gestellt. Am Präsentationsstag haben wir noch versucht das Modell zu retten, indem wir es einfach in eine Wasserwanne gestellt haben. Trotzdem waren keine Wellen zu erkennen. :o(

Hinzu kommt noch, dass unser Modell zum Schluss so unübersichtlich war (durch die ganzen Sachen, die immer wieder zusammengestürzt sind und das ganze Silikon, das die Plexiglasplatten verschmiert hat), dass man gar nicht viel daran erkennen und lernen konnte. Zudem werden einige Funktionen der komplexen Funktionen des Innenohres zu vereinfacht dargestellt bzw. sachlich nicht ganz korrekt, so dass man bei diesem Versuch auf jeden Fall beim Einsatz einen Modellkritik anfügen muss, damit man den Schülern keine falsche Vorstellung der Wanderwellen des Innenohres vermittelt.

Wenn das Modell funktioniert hätte, würde es sich unserer Ansicht nach nicht zum Einstieg in die Thematik eignen. Bevor auf die Frequenzabbildung im Innenohr eingegangen wird, sollte den Schülern der Aufbau des Ohrs bekannt sein. Es handelt sich hier um ein so genanntes bestätigendes Experiment, welches bereits bekannte Sachverhalte bestätigt, wiederholt und möglicherweise vertiefende Funktion hat.

Er eignet sich zu Erklärung der in der Theorie angesprochenen Prinzipien. Schlussfolgerung, die dieser Versuch zulassen soll, ist die Existenz einer maximalen Amplitude, die lediglich die Erregung bestimmter Bereich der Basilarmembran bewirkt. Demnach müsste man bei einer definierten Frequenz eine stationäre maximale Amplitude, also eine stehende Welle, erkennen. Es ist auch möglich, diesen Versuch als Einführung in die Thematik der Sinnesphysiologie zu nutzen.

Dieses Versuchsmodell ist unserer Meinung nach nur für den Einsatz in der Sek. II günstig, da Nervenphysiologie erst in dieser Klassenstufe in entsprechenden Details (Haarsinneszellen, APs etc.) behandelt wird. Und gerade dieses ist ein fachliches Wissen, welches Grundlage für das Verständnis dieses Modellversuchs ist. Außerdem sollte, wie bereits angemerkt, der Aufbau des Ohrs bekannt sein.

Was die Realitätsnähe des Modells angeht, sind einige Anmerkungen zu machen:

- Die abnehmende Steifheit und Breite der Basilarmembran von der Basis zur Spitze hin wurde in diesem Modell nicht realisiert, d.h. dass sich möglicherweise die Amplitude nicht erhöhen kann und sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wanderwelle nicht verringert.

C. Verbesserungsvorschläge

Ein großes Problem, welches sich uns gestellt hat, war die Frage mit welchem Klebstoff bzw. Abdichtungsmitteln man Gummi auf Plexiglas kleben kann, damit diese beiden Werkstoffe nicht angegriffen werden. Generell stellte sich das große Problem, dass es sich als besonders schwierig erwies, die Kästen abzudichten, so dass man sie mit Wasser füllen konnte. An dieser Stelle ist unser Versuch letztendlich auch gescheitert.

Hinzu kommt der große zeitliche Aufwand. Wenn man mit Silikon etwas abdichten will, das man mit Pattex geklebt hat, sollte man einen halben Tag warten, dasich die Klebestell sonst

wieder löst. Man sollte deshalb für den Aufbau einen Zeitraum von mindestens vier Tagen ansetzen. Denn man kann nicht das ganze Modell auf einmal aufbauen, sondern maximal eine Etage.

Ein weiterer negativer Faktor sind die hohen Kosten des Modells. Wir haben ungefähr einen halben Quadratmeter Plexiglas verbraucht. Der Quadratmeter Plexiglas hat 50€ gekostet (in anderen Baumärkten sogar noch mehr!). Das Theraband hat ca 10€ und der Pattex 3€ gekostet. Das Silikon war relativ günstig (2€), allerdings sollte man nicht das billigste nehmen, so wie wir, sondern ein durchsichtiges Silikon wählen, damit man später am Modell mehr erkennen kann!

Es bestünde die Möglichkeit, das Modell in eine Wanne, die mit Wasser gefüllt ist zu positionieren, damit das Problem des Wasseraustritts nicht gegeben ist. Dies haben wir, wie schon gesagt, auch probiert. Allerdings war die Wanne nicht tief genug, sodass nicht das gesamte Modell im Wasser verschwinden konnte. (Allerdings hätte in dem Moment, wo die Wanne tiefer gewesen wäre, der Frequenzgeber wiederum nicht funktioniert, da dieser nicht einfach ins Wasser gestellt werden kann.) Trotzdem funktionierte das Modell nicht. Wir konnten mit dem Frequenzgeber keine stehende Welle erzeugen. Man müsste wohl das ganze Modell noch einmal neu überdenken. Uns ist allerdings keine Möglichkeit eingefallen, wie man das Modell verändern könnte, damit es doch funktioniert. Vielleicht ist dies auch einfach eine Thematik, zu der man kein einigermaßen perfektes Funktionsmodell bauen kann?

A10 Konstruktion des Fußgewölbes und Energiesparen

Ines Jowanowitsch und Claudia Backhaus

Konstruktion des Fußgewölbes und Energiesparen:

Theorie:

Bei diesem Modell geht es um die Konstruktion des Fußgewölbes und das Energiesparen.

Der Mensch und einige Tiere die ausdauernde Läufer sind, besitzen in ihren Beinen Muskeln mit sehr langen Sehnen, die wie Schraubfedern arbeiten. Sie werden beim Aufsetzen des Fußes vorgespannt und geben die so gespeicherte Energie beim Abheben als Bewegungsenergie wieder ab. So geht wenig Energie verloren. Beim Menschen fungiert die Achillessehne als Energiespeicher. Wenn sie gespannt wird, wird die Energie gespeichert und muss somit nicht von den Muskeln aufgewendet werden. Auch das Fußgewölbe speichert einen Teil der Bewegungsenergie und arbeitet wie eine Feder.

Bei Säuglingen ist das Fußgewölbe noch sehr stark ausgeprägt. Mit zunehmendem Alter nimmt der Umfang des Fußgewölbes immer mehr ab. Ist das Fußgewölbe nicht mehr so stark ausgebildet, reduziert sich die Bewegungsfreiheit.

Die Länge der Achillessehne entscheidet darüber, welcher Mensch ein guter Leistungssportler ist. Je länger die Achillessehne ist, umso mehr Energie kann gespeichert werden.

Modellbau:

Materialien: Sperrholz 8 mm Gummibänder Säge Feile

Konstruktion: Zuerst wurden die Fußknochen, in vergrößerter Version, naturgetreu auf die Sperrholzplatten aufgezeichnet. Danach wurden die Knochen mit einer Säge ausgeschnitten und anschließend zurecht gefeilt. Die einzelnen Knochen wurden dann mit den Gummibändern zusammengeheftet, so daß sie sich noch frei bewegen konnten. Damit konnten die Verbindungen der Fußknochen annähernd naturgetreu dargestellt werden. Auch für die Achillesferse und die anderen Sehnen wurden elastische Gummibänder benutzt.

Probleme: Zuerst wollten wir die Knochen nicht mit Gummibändern, sondern mit Schrauben befestigen. Dies war allerdings nicht möglich, da somit die Knochen nicht mehr beweglich wären und die Proportionen der einzelnen Fußknochen nicht mehr gestimmt hätten. Das zweite Problem war nun, dass das Modell nach der Fertigstellung nicht sehr stabil war und es immer in sich zusammen gesackt ist. Auch das Gummiband für die Achillessehne war viel zu dünn und so konnte die Ferse nicht gut genug bewegt werden. Das Modell musste immer hoch gehalten werden und konnte auf Grund der geringen Dicke nicht von selbst stehen.

Verbesserungen: Damit das Modell stabiler wird, könnte man eine dickere (ca. 3 cm) Spanplatte benutzt. So könnte das Modell vielleicht von alleine stehen und man müsste es nicht die ganze Zeit halten, um den Effekt vorzuführen.

Außerdem könnte man das Modell auch auf einen Overheadprojektor legen, um an der Wand das Modell für die gesamte Klasse vorzuführen. Dazu müsste der OHP entweder relativ groß sein oder das Modell kleiner, damit es auch ganz zu sehen wäre.

Zusätzlich könnte man auch noch die Zehen im Modell darstellen, damit es naturgetreuer wäre. Um das Problem der Instabilität zu lösen, könnte man das

Modell auch an einem Punkt (z. B. an den Zehen) auf einem festen Untergrund befestigen.

Anwendung in der Schule: Das Modell eignet sich eher für eine Vertiefung in das Thema Muskeln und Skelettbau des Menschen, als für einen Themeneinstieg. Als Einführung in die Thematik müssten zunächst Vorkenntnisse über die Funktion der Muskeln, die Muskelarbeit und das Energiesparen vorhanden sein, um die Problematik des Modells verstehen zu können. Das Modell ist aber als Vertiefung in das Thema sehr gut geeignet. Es ist eher für die Oberstufe geeignet als für jüngere Jahrgangstufen.

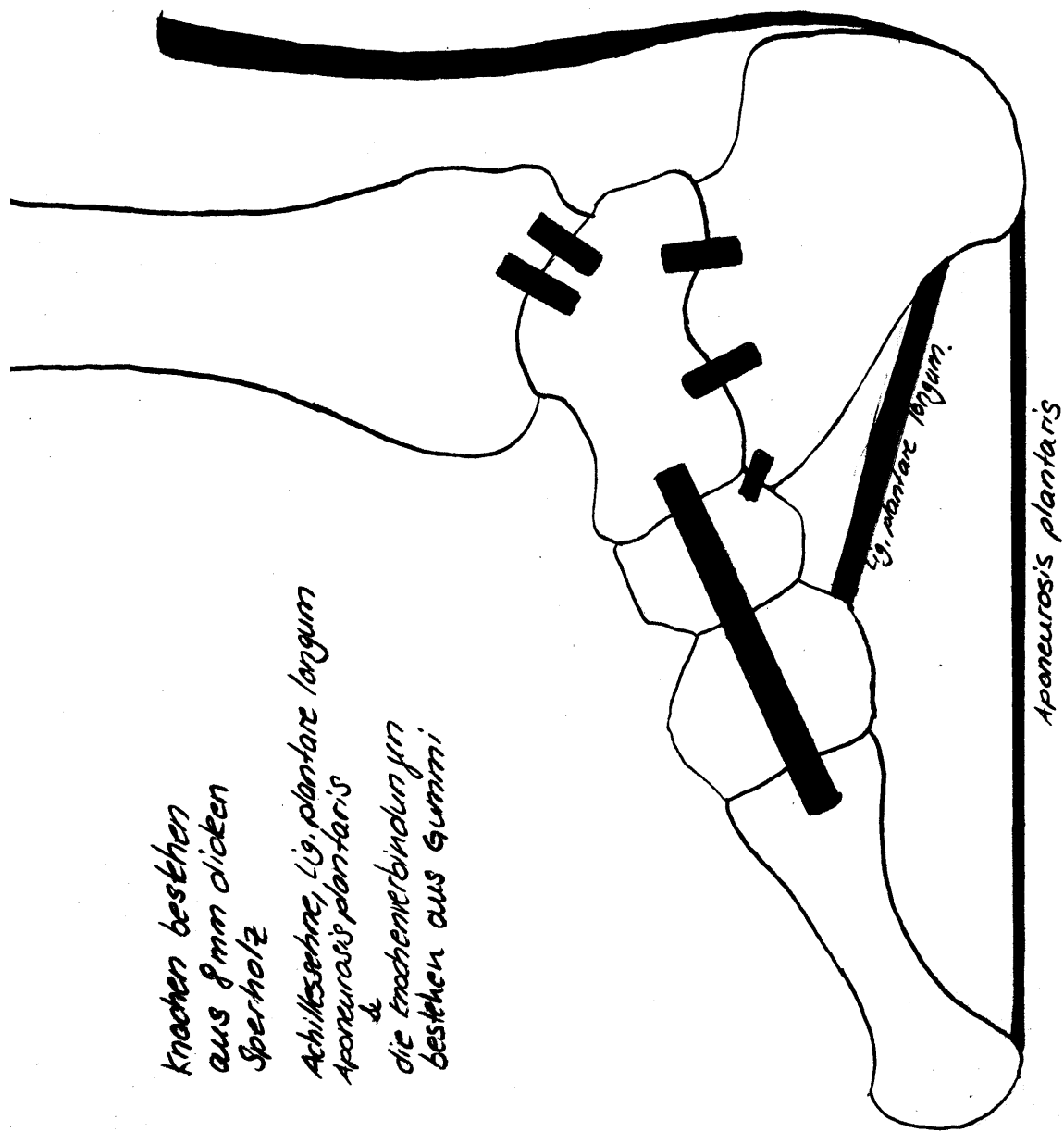
Für jüngere Schüler könnte man das Modell jedoch für andere Themen benutzen, z. B für die einfache Erklärung des Knochenbaus im menschlichen Skelett.

Man könnte auch einen Vergleich zu Tieren, z. B einem Pferd oder einem Kamel, in den Unterricht einbauen, da diese noch andere Mechanismen im Fuß besitzen um Energie zu sparen.

Es wäre auch möglich die Schüler, in Zusammenarbeit mit dem Werkunterricht, ein eigenes Modell bauen zu lassen. Dabei könnte ein fächerübergreifender Unterricht angestrebt werden.

Zuletzt ist noch zu sagen, dass das Modell einige Mechanismen im Fuß vereinfacht darstellt und man deswegen immer darauf achten sollte, dieses auch den Schülern zu verdeutlichen.

(Modell >>> nächste Seite)



A11(unbearbeitet)

A12 Zielmotorik und Entscheidungsgeschwindigkeit

Christiane Müller und Miriam Schlink

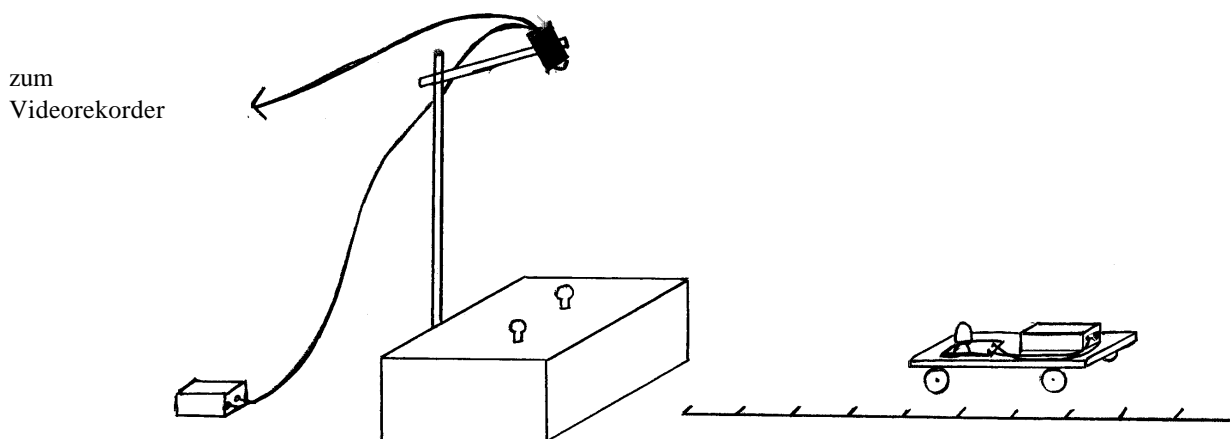
1. Versuchsbeschreibung

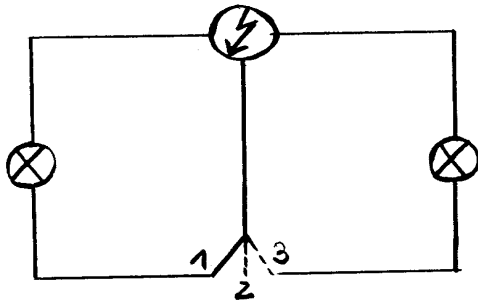
In diesem Versuch soll die Zielmotorik und die Entscheidungsgeschwindigkeit des Probanden untersucht werden. Im Versuch soll der Proband ein Spielzeugauto auf einer geraden Strecke fahren lassen. Während er das tut, wird ein Lichtimpuls (von rechts oder links) gegeben. Der Proband soll auf diesen Impuls reagieren und das Auto in die entsprechende Richtung lenken. Mit Hilfe von Kamera und Videorekorder wird der Weg des Spielzeugautos aufgezeichnet. Bei der Wiedergabe der Aufzeichnung in Einzelbildern kann man die Zeit zwischen dem Lichtimpuls und der Richtungsänderung berechnen. Ein Einzelbild dauert 20 ms. Man muss also nur die Anzahl der Einzelbilder zwischen dem Lichtimpuls und der Richtungsänderung auszählen und mit 20 ms multiplizieren, um die Reaktionszeit zu ermitteln.

Auf dem Versuchsauto befindet sich eine Leuchtdiode mit einer Frequenz von 100 Hz. Auf einem Einzelbild sind also zwei Lichtblitze der Leuchtdiode zu sehen, die jeweils 10 ms entsprechen, zu erkennen. Nun kann man anhand der Lichtblitze der Leuchtdiode im Einzelbild erkennen, wann der Proband auf den Lichtimpuls reagiert. So ist die Reaktionszeit auf 10 ms genau zu ermitteln.

Des Weiteren ist auf dem Tisch eine Skala mit regelmäßigen Abständen aufgezeichnet. Dadurch ist es möglich, die Geschwindigkeit des Autos zu ermitteln: Im Abstand von zwei Zentimetern sind auf der Tischplatte Striche aufgezeichnet. Abhängig davon wie viele Striche in 20 ms mit dem Versuchsauto passiert wurden, lässt sich die Geschwindigkeit des Autos ermitteln. So ist es möglich Unterschiede in der Reaktion bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten festzustellen.

2. Skizze des Versuchsaufbaus und der Schaltung





Die Schaltung, mit der die Lichtimpulse gegeben werden, besitzt einen Dreifachschalter, der in Stellung 1 die linke, in Stellung 2 keine und in Stellung 3 die rechte Lampe aufleuchten lässt. Als Spannungsquelle dient eine Batterie.

3. Aufbau einer Leuchtdiode

Die Leuchtdiode lässt einen Strom nur in einer Richtung fließen. Es gibt einen Minusanschluss (Kathode, kurzer Draht) und einen Plusanschluss (Anode, langer Draht). Die Kathode ist in den meisten Fällen der Anschluss mit dem größeren Metallhalter in der LED, auf dem der LED-Kristall sitzt. Eine LED soll immer mit einem Vorwiderstand angeschlossen werden. Er verhindert eine Überlastung und garantiert eine relativ gleichbleibende Helligkeit bei abnehmender Batteriespannung.

4. Fragen zum Versuch

- *Eignung des Versuchs als Themeneinstieg:* Der Versuch ist aufgrund seiner Komplexität und der verhältnismäßig langen Durchführungs- und Auswertungszeit nicht als Einstieg geeignet. Die SchülerInnen können ohne Vorkenntnisse die Auswertung nicht selbständig durchführen und nicht die Ergebnisse deuten. Es ist daher wichtig, dass die SchülerInnen schon im Vorfeld über das Thema informiert werden oder sich selbst mit dem Thema auseinandersetzen. Der Versuch ist eher als Vertiefung des Themas geeignet.
- *Eignung des Versuchs als Erklärung für bestimmte Prinzipien:* Der Versuch kann zur Verdeutlichung von Reaktions- und Entscheidungsgeschwindigkeiten beim Menschen dienen. Eine Vielzahl von unterschiedlichen Testvarianten (Versuch bei lauter Rockmusik, Versuch während einer Unterhaltung, Versuch bei absoluter Stille und bei unterschiedlicher Vorschubgeschwindigkeit des Versuchsautos) könnte den SchülerInnen verdeutlichen, wie stark die Entscheidungsgeschwindigkeit durch äußere Einwirkungen beeinflussbar ist. Außerdem kann man prüfen, ob die Entscheidung möglicherweise länger dauert, wenn sie das Auto in die entgegengesetzte Richtung des Lichtimpulses lenken sollen.
- *Welche Schlussfolgerungen sind aufgrund des Versuchs zulässig?*
Die Informationsweiterleitung im Körper: Das Licht wird gesehen und die Information wird zum im Gehirn weitergeleitet. Die Information muss verarbeitet werden, bevor letztendlich die Bewegung ausgeführt werden kann.
- *Eignung des Versuchs für welche Altersstufe:* Aufgrund des Aufbaus und der etwas komplexen Auswertung des Versuchs eignet sich der Versuch für die Oberstufe. Ganz davon abgesehen wird das Thema Neurobiologie in der Oberstufe durchgenommen, so dass die SchülerInnen erst dann die entsprechenden Kenntnisse für den Versuch haben können. Will man die SchülerInnen in das Aufbauen

des Versuchs miteinbeziehen, sollte es sich aufgrund des Zeitaufwandes und des hohen Anspruchs um einen Leistungskurs handeln.

- *Welches fachliche Vorwissen ist erforderlich?* Die SchülerInnen müssen zum Verständnis des Versuchs Kenntnisse im Bereich der Sinnes- und Nervenphysiologie besitzen. Wissen über den Aufbau und Funktion der Sinnes- und Nervenzellen sind sinnvoll und notwendig, damit der Versuchsaufbau verstanden werden kann.
- *Welche Überleitung zu folgenden Unterrichtseinheiten ist möglich?* Im Anschluss an diesen Versuch und das Thema Sinnes- und Nervenphysiologie könnten sich der Aufbau und die Aufgaben von Gehirn und Rückenmark als Unterrichtseinheit anschließen. Diese Thematik gehört ebenfalls in den Bereich Neurobiologie und kann auf den Bereich Sinnes- und Nervenphysiologie aufbauen.
- *Kritik am Experiment:* Teilweise ist das Versuchsauto mit der Leuchtdiode noch nicht im Bild, wenn der Lichtimpuls gegeben wird. Es ist daher schwierig die wirkliche Reaktionszeit zu ermitteln (Daher ist eine Markierung am Tisch angebracht worden, die nur von dem Lichtgeber gesehen wird). Die Schaltung, mit der die Lichtimpulse gegeben werden, ist einerseits sehr empfindlich und andererseits sind die Lichtimpulse für die Kamera zu stark. Die Lösung mit den Hütchen aus schwarzer Pappe zur Abdeckung ist keine optimale Lösung. Auch das Licht der Leuchtdiode war für die empfindliche Kamera zu stark und musste abgedunkelt werden. Der Karton bewegt sich beim Betätigen des Schalters, da dieser sehr schwer zu bewegen ist. Aus diesem Grund musste der Karton am Tisch festgeklebt werden.
Außerdem hat das Spielzeugauto keine beweglichen Achsen, was die Lenkbewegung möglicherweise verlangsamt.

5. Praktikable Verbesserungsvorschläge aus der Diskussion

In der Diskussion stellte sich heraus, dass die Leuchtdiode von den meisten als nicht notwendig angesehen wurde. Aufgrund der geringen Hertz-Zahl (100 Hz) waren pro Einzelbild nur zwei Lichtblitze sichtbar, so dass die Entscheidungsgeschwindigkeit nur 10 ms genauer ermittelt werden kann als bei der Wiedergabe in Einzelbildern (20 ms).

Ein zweites Problem betrifft die Frequenz der Leuchtdiode. Obwohl diese auf eine bestimmte Hertz-Zahl eingestellt war, veränderte sich die Frequenz in Abhängigkeit der Spannungsstärke (voll aufgeladene Batterie, fast leere Batterie).

In Bezug auf den gesamten Versuchsaufbau wurde kritisiert, dass der Kameraaufbau nicht optimal sei. Der Streckenausschnitt, der auf dem Video letztendlich zur Auswertung sichtbar sei, reiche nicht aus. Zur Behebung dieses Mangels könnte man versuchen die Kamera über dem Versuchsaufbau anzubringen, so dass der Versuch von oben gefilmt würde. Außerdem könnte zunächst versucht werden, dass der Karton mit den Lichtern weniger Raum auf dem Videobild einnimmt, so dass der Streckenausschnitt, der zum Fahren des Autos genutzt werden kann, größer ist. Hierzu sollte ein kleinerer Karton benutzt werden, bei dem die beiden Lampen ganz außen angebracht werden.

Um besser erkennen zu können, wie schnell das Auto geschoben wurde, hätte es auf der Skala und nicht neben der Skala geschoben werden sollen, da man so genau erkennen kann wie viele Striche das Auto passiert.