

Alfons Reichert

Biologieversuche mit Cassy

Inhalt

Einleitung	2
Einführung	3
Menschlicher Körper	5
Atmen	5
Blutdruck.....	8
Hautwiderstand	11
Hören	13
Nervenzelle	22
Puls.....	25
Reaktionszeit	28
Umwelt	29
CO ₂ -Gehalt	31
Klimadaten.....	35

Einleitung

Nichts ist in der Biologie motivierender für Schülerinnen und Schüler als Versuche am eigenen Körper. Außerdem ist das Thema Umwelt zurzeit in der öffentlichen Diskussion in aller Munde. In der Literatur und im Internet kursieren zu beiden Themenbereichen zahlreiche kleine Freihandversuche, die die Schülerinnen und Schüler mit einfachen Hilfsmitteln in kurzer Zeit selbst durchführen können. Die Ergebnisse sind häufig wenig aussagekräftig, da die Versuchsbedingungen nicht genau definiert sind. Aber Biologie ist wie die anderen Naturwissenschaften eine exakte Wissenschaft. In der medizinischen Versorgung der Patienten sind zuverlässige Messwerte ein Muss, um genaue Diagnosen stellen zu stellen. Die dazu erforderlichen Geräte sind meist sehr kostspielig. Um den Schülerinnen und Schülern einen Eindruck zu vermitteln, wie solche exakten Messungen vorgenommen werden, haben die Hersteller von Lehrmitteln zahlreiche Messgeräte entwickelt, etwa um den Puls, den Blutdruck oder die Herzströme zu messen, auch wenn die aufgenommenen Messwerte nicht für diagnostische Zwecke verwendet werden dürfen, da die Geräte nicht kalibriert sind und keiner ständigen Eichkontrolle unterliegen. Das wäre viel zu teuer für eine Biologiesammlung. Mit herkömmlichen analogen Messgeräten werden quantitative Experimente schnell sehr zeitaufwändig. Man denke nur an die ständige Kontrolle des Pulses während einer körperlichen Belastung mit einem herkömmlichen Pulsmessgerät. Jede Messung muss in regelmäßigen Abständen wiederholt werden. Das kostet Zeit und ist auf Dauer langweilig für die Schülerinnen und Schüler. Doch damit nicht genug. Anschließend müssen die Messwerte sehr zeitintensiv per Hand in einen Computer eingegeben oder auf Papier übertragen werden. Und das angesichts der Tatsache, dass die Stofffülle immer mehr zunimmt. Die Lehrpersonen stehen vor einem großen Dilemma. Einerseits möchten sie die motivierende Wirkung der Schülerversuche nutzen, um ihren Unterricht spannender zu gestalten, andererseits sind sie verpflichtet, den gesamten Stoff durchzupauken. Ansonsten sind die Schülerinnen und Schüler spätestens im Zentralabitur die Leidtragenden. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bieten moderne digitale Messgeräte, die die automatische Aufnahme der Messkurven erlauben und gleichzeitig das mathematische Rüstzeug an Bord haben, sie mathematisch auszuwerten. Die so gewonnene Zeit kann man sinnvoller nutzen, die Messergebnisse ausführlich zu interpretieren. Das fördert das biologische Verständnis.

Fast jede Firma, die Geräte für Schulen vertreibt, wie z.B. Leybold, Mekruphy oder Phywe, bietet inzwischen solche Systeme nicht nur für Demonstrationsexperimente, sondern auch für Schülerversuche an. Und man bekommt sie zu einem Preis, den die Schulen bezahlen können. Die folgenden Versuchsanleitungen wurden exemplarisch mit dem cassy-System der Firma Leybold aufgenommen. Sie zeigen, wie vielseitig man diese modernen, digitalen Geräte inzwischen einsetzen kann. Um die Experimentierzeit weiter zu verkürzen, habe ich zu jedem Versuch eine Datei erstellt, die die benötigte Einstellung des Gerätes enthält und einfach in einen Ordner auf dem Gerät kopiert werden kann. Ich wünsche viel Spaß beim Experimentieren. Mein besonderer Dank gilt dem Schulleiter Herrn Pipoh und den Kolleginnen und Kollegen der Gesamtschule Stolberg, die mir ihre Sammlung für zahlreiche Versuche zur Verfügung gestellt haben.

Baesweiler/Stolberg, im April 2020

Alfons Reichert

Einführung

Wenn die Schülerinnen und Schüler cassy mobile nutzen, müssen Sie vor jedem Versuch einige Einstellungen vornehmen, um das Gerät optimal an die jeweiligen Versuchsbedingungen anzupassen. Da diese zum Teil recht komplex sind, würde es sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, die für die eigentlichen Versuche verloren ginge. Daher ist es einfacher und zeitsparender, die Datei „Biologie.zip“ auf die cassy mobile Geräte zu kopieren. Sie können Sie per Mail bei [mir](#) anfordern. Sie enthält für jeden Versuch die nötigen Einstellungen. Extrahieren Sie die Datei zunächst auf einem Computer, z.B. in einen Ordner Biologie oder cassy. Schließen Sie anschließend cassy mobile über USB an den Computer an. Im Datei-Explorer wird automatisch ein Ordner „Mobile cassy 2 (E)“ mit einem Unterordner „Examples“ angezeigt. Erstellen Sie in diesem Unterordner einen neuen Unterordner Biologie. Kopieren Sie die extrahierten Dateien in diesen Unterordner. Bearbeiten Sie folgende Aufgaben, um sich mit cassy mobile vertraut zu machen. Falls Probleme auftreten, ziehen Sie die Bedienungsanleitung von cassy mobile zu Rate. Sie liegt dem Gerät bei. In ihr sind die grundlegenden Bedienungsvorgänge von cassy mobile auf nur zwei Seiten zusammengefasst.

Aufgabe 1

1. Starten Sie cassy mobile durch Drücken der roten OK-Taste.
2. Öffnen Sie den Ordner Biologie über das Startmenü und das Untermenü „Ordner“.
3. Laden Sie die Datei „CO₂“ im Ordner „Biologie“.
4. Wählen Sie im Startmenü den Menüpunkt „Beschreibungen anzeigen“. Scrollen Sie durch den Text.
5. Schließen Sie den Menüpunkt durch Drücken der OK-Taste.
6. Laden Sie die Beispielwerte über den entsprechenden Menüpunkt.
7. Zeigen Sie die Werte als Tabelle bzw. Diagramm an, in dem Sie am roten Knopf drehen.
8. Scrollen Sie durch die Tabelle. Schalten Sie dazu vorher im Diagramm-Menü auf manuelles Scrollen um.
9. Markieren Sie das $c_A(t)$ -Diagramm unter „Bereich“ im Diagrammmenü.
10. Legen Sie durch die $c_A(t)$ -Kurve eine Ausgleichsgerade.
11. Testen Sie die Zoom-Funktion im Untermenü „Auswertung“ des Diagramm-Menüs.
12. Wählen Sie das Menü c_A aus und machen Sie sich mit den Einstellungen vertraut.
13. Wiederholen Sie die Aufgaben z.B. mit der Datei „Puls“.
14. Schalten Sie cassy mobile aus. Benutzen Sie das Einstellungsmenü oben rechts.

Aufgabe 2

1. Starten Sie cassy mobile.
2. Schließen Sie an cassy den Temperatursensor an. Achten Sie auf die richtige Polung, da die Stecker unterschiedlich breit sind.
3. Starten Sie die Messung über das Startmenü.
4. Fassen Sie den Sensor mit der Hand an. Achten Sie auf die Anzeige.
5. Schalten Sie auf die graphische Anzeige um.
6. Stoppen Sie die Messung über das Startmenü.
7. Entfernen Sie den Temperatursensor und schalten Sie cassy mobile aus.

Aufgabe 3

1. Starten Sie cassy mobile.
2. Schalten Sie im U-Menü die Spannung auf Momentanwerte um.

3. Schließen Sie an die rote und schwarze Buchse eine Wechselspannung $U = 2V$ an.
4. Wählen Sie im Startmenü eine Messzeit $t = 100$ ms. Starten Sie die Messung.
5. Schalten Sie auf graphische Anzeige der $U(t)$ -Kurve um.
6. Zoomen Sie die Graphik (s. Aufgabe 1, Punkt 11).
7. Speichern Sie die Kurve über das Startmenü.
8. Löschen Sie alle Messwerte und laden Sie sie aus der gesicherten Datei neu.
9. Löschen Sie die Datei im Startmenü.
10. Schalten Sie im U-Menü die Spannung auf Effektivwerte und den Messbereich 7V um.
11. Schalten Sie im Startmenü auf manuelle Messwertaufnahme um. Erhöhen Sie die Spannung in Schritten bis auf 10 V und speichern Sie jeden neuen Messwert durch Drücken der OK-Taste.
12. Betrachten Sie die Werte als grafische Anzeige.
13. Entfernen Sie die Spannungsquelle und schalten Sie cassy mobile aus.

Menschlicher Körper

Atmen

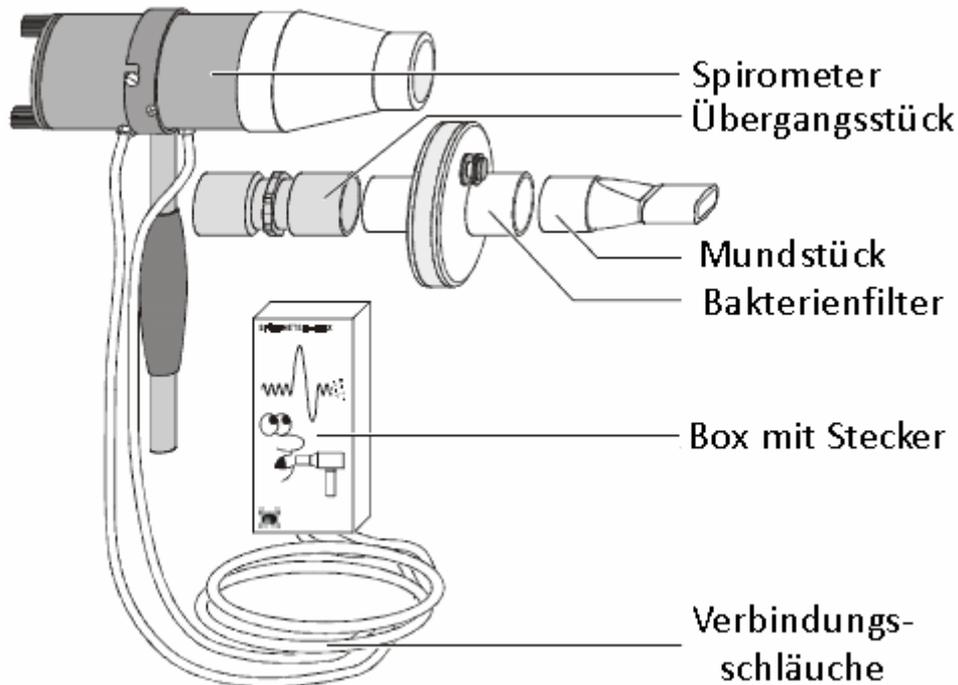


Abb.1: Versuchsaufbau

Durchführung

- 1) Bauen Sie das Atemgerät gemäß der Abb. zusammen.. Für jede Versuchsperson benutzen Sie aus hygienischen Gründen ein eigenes Mundstück und einen eigenen Bakterienfilter.
- 2) Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
- 3) Wählen Sie die Datei „Atmen“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
- 4) Aktivieren Sie gegebenenfalls die Volumenmessung im V_A -Menü. Stellen Sie die Größen dV_A und V_A auf null, indem Sie in beiden Menüs jeweils die Option $\rightarrow 0 \leftarrow$ aktivieren.
- 5) Starten Sie die Messung. Sie wird nach 30 Sekunden automatisch beendet.
- 6) Atmen Sie durch das Mundstück 2 -3 mal normal, dann zweimal sehr kräftig und zum Schluss wieder normal ein und aus.
- 7) Speichern Sie die Messkurve.

Aufgaben

- a) Deuten Sie die erhaltenen Messkurven.
- b) Ermitteln Sie aus den Messkurven die Atemfrequenz pro Minute bei normaler und bei kräftiger Atmung.
- c) Bestimmen Sie aus der dV_A -Kurve das pro s bzw. pro min eingeatmete Luftvolumen bei normaler und bei kräftiger Atmung.
- d) Die Ausatemluft enthält im Schnitt 2% CO_2 . Berechnen Sie, wie viel l CO_2 Sie im Schnitt pro Tag und pro Jahr ausatmen.
- e) Vergleichen Sie Ihre Werte mit den Ergebnissen Ihrer Mitschülerinnen und Mitschülern. Deuten Sie die Unterschiede.
- f) Erkundigen Sie sich im Internet, was man in der Medizin unter Pneumotachographie versteht.

Beobachtung

Man erhält z.B. folgende Messkurven.

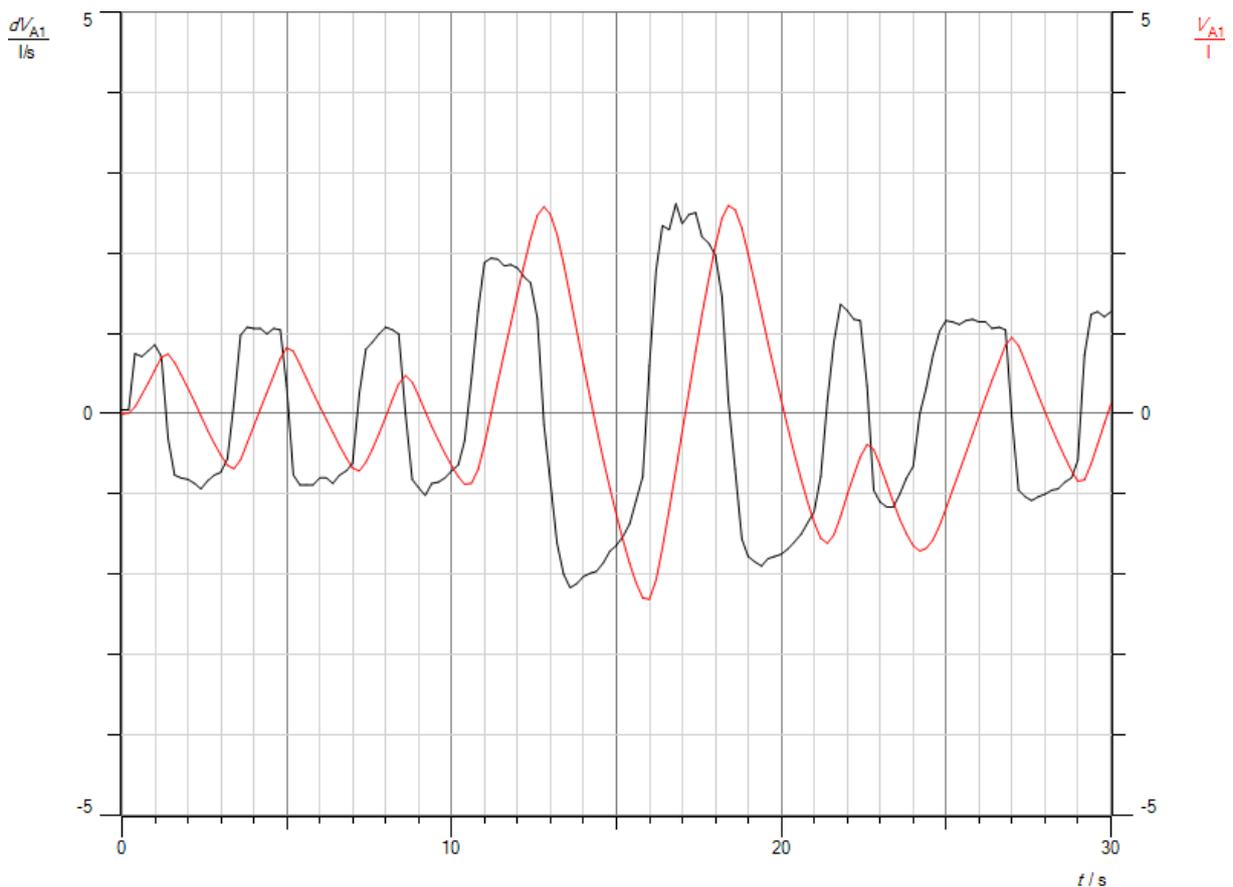


Abb.1: Volumen und Volumenänderung in Abhängigkeit von der Zeit

Auswertung

- Die rote Kurve zeigt an, wie viel l Luft bei jedem Atemzug ein- bzw. ausgeatmet werden. Bei normaler Atmung ist das Atemvolumen kleiner als bei kräftiger Atmung. Die schwarze Kurve beschreibt, wie viel l Luft pro Sekunde ein- bzw. ausgeatmet werden. Mathematisch entspricht sie der Ableitung der roten Kurve.
- Bei normaler Atmung dauert ein Atemzug mit Ein- und Ausatmen etwa $t = 3,6$ s. Das ergibt eine Atemfrequenz von 16,7 Atemzügen pro Minute. Bei kräftiger Atmung verlängert sich der Atemzug auf ca. $t = 5,6$ s. Das entspricht einer Atemfrequenz von 10,7 pro Minute.
- Aus der schwarzen Kurve erhält man bei normaler Atmung ca. $dV_A = 1l/s$, bei kräftiger Atmung ca. $dV_A = 2l/s$. Da die Versuchsperson die Hälfte der Zeit ein- bzw. ausatmet, erhält man für die pro Minute ein- bzw. ausgeatmete Luftmenge

$$V = 30s * 1l/s = 30l/min$$

und bei kräftiger Atmung

$$V = 30s * 2l/s = 60l/min$$

Luft ein bzw. aus.

- d) Man errechnet für das ausgeatmete Volumen an CO₂ bei normaler Atmung am Tag

$$V = 30l/min * 0,02 * 24 * 60min/d = 864 l/d$$

und im Jahr

$$V = 864l/d * 365d/a = 315360l/a.$$

Das entspricht $m = 0,578 \text{ t CO}_2/a$ bei normaler Atmung. Bei sportlicher Betätigung steigt der Wert auf das drei- bis vierfache. Nicht nur das Atemvolumen nimmt zu, zusätzlich verdoppelt sich in etwa der CO₂-Gehalt der Ausatemungsluft. Auch darauf sollten die Politiker die CO₂-Steuer erheben (☺).

- e) Je nach Fitness oder Körpergröße können die Werte erheblich schwanken.
- f) In der Medizin versteht man unter Pneumotachographie genau den Messvorgang, den Sie gerade durchgeführt haben. Die Ergebnisse erlauben Aussagen über die Fitness und den Gesundheitszustand des Patienten. Außerdem überprüfen die Ärzte so die ordnungsgemäße Funktion der Lunge.

Blutdruck

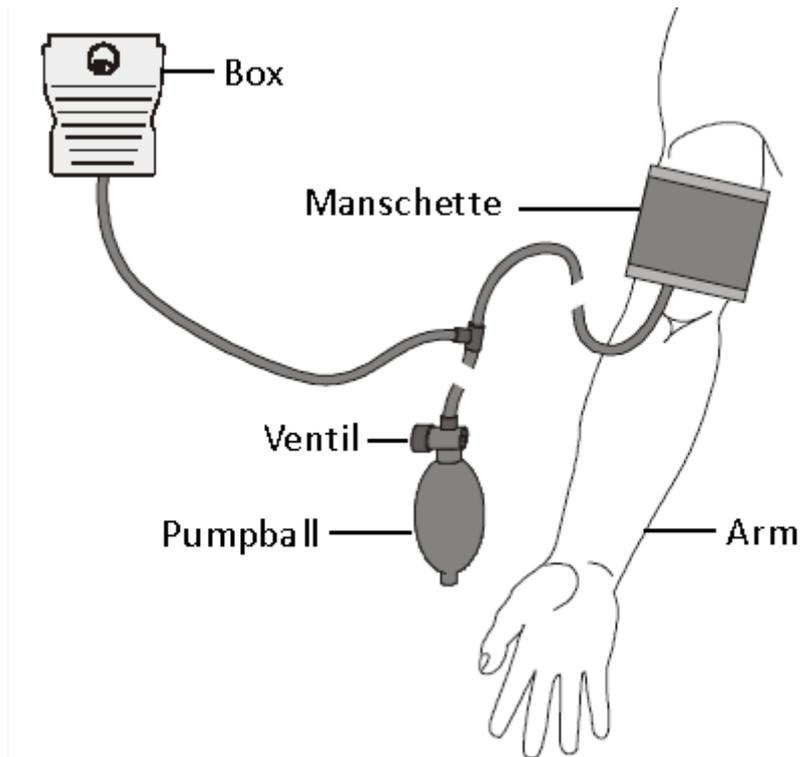


Abb.1: Versuchsaufbau

Durchführung

- 1) Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
- 2) Wählen Sie die Datei „Blutdruck“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
- 3) Befestigen Sie die Manschette gemäß der Abb. am linken Oberarm. Der Schlauch sollte zu den Fingern zeigen. Der untere Rand der Manschette muss sich 2-3 cm oberhalb der Armbeuge befinden.
- 4) Legen Sie den Arm mit der Manschette leicht angewinkelt auf einen Tisch. Öffnen Sie das Ventil ganz, so dass die Manschette entspannt am Arm anliegt.
- 5) Aktivieren Sie im Menü P_A die Option auf $\rightarrow 0 \leftarrow$ stellen. Schließen Sie das Ventil.
- 6) Pumpen Sie die Manschette mit dem Ball auf etwa 180-200 mm Hg auf.
- 7) Öffnen Sie das Ventil ein wenig, so dass der Druck pro Sekunde um 2-3 mm Hg sinkt.
- 8) Starten Sie cassy mobile. Wenn der Druck zu langsam fällt, können Sie das Ventil vorsichtig etwas weiter öffnen. Die Messung erfordert etwas Übung.
- 9) Stoppen Sie die Messung, wenn der Druck auf etwa 50 mm Hg gesunken ist.
- 10) Speichern Sie die Messkurve.

Aufgaben

- a) Deuten Sie die U/P_A -Messkurve.
- b) Bestimmen Sie über das Diagrammenü die Systole und die Diastole.
- c) Stellen Sie über das Diagrammenü die Spannung als Funktion der Zeit t dar. Bestimmen Sie aus dem U/t - Diagramm den Puls.
- d) Vergleichen Sie Ihre Werte mit den Werten der Mitschülerinnen und Mitschüler.
- e) Erkundigen Sie sich im Internet, welche Blutdruckwerte normal sind und welche Folgen ein zu hoher bzw. ein zu niedriger Blutdruck haben kann.

Beobachtung

Man erhält z.B. folgende Messkurven.

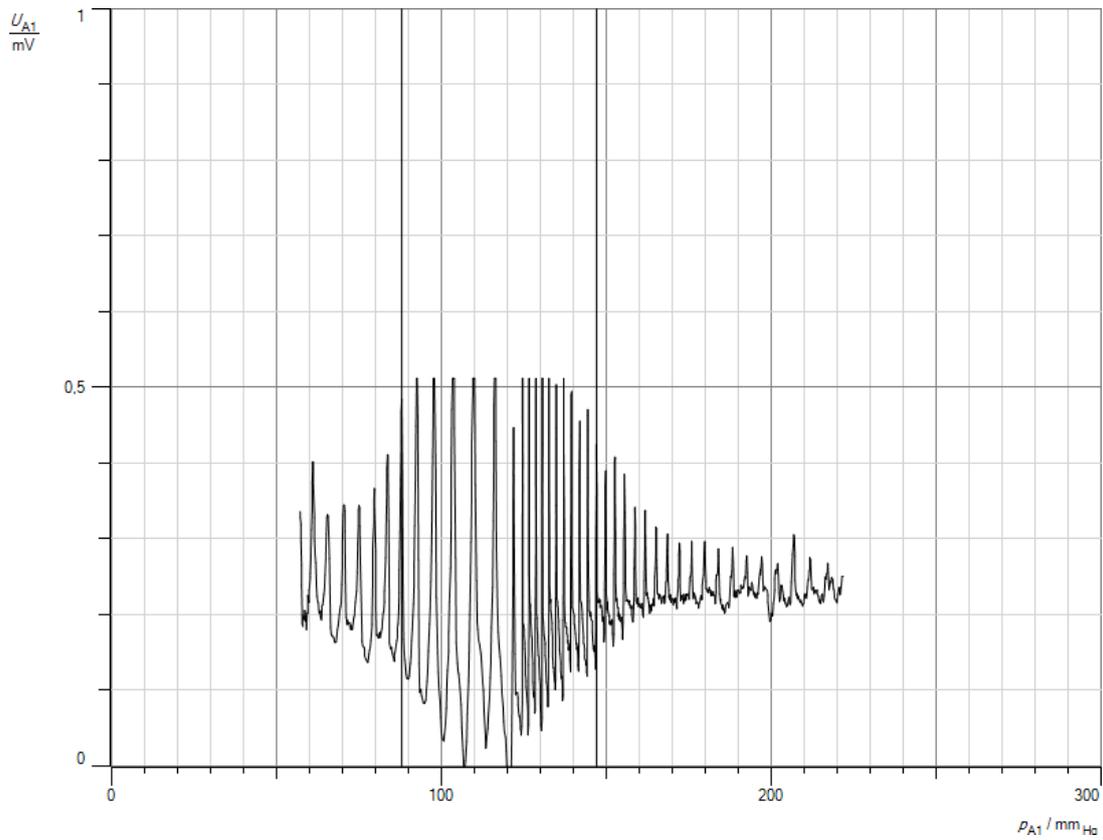


Abb.1: Verlauf der Spannung in Abhängigkeit vom Druck

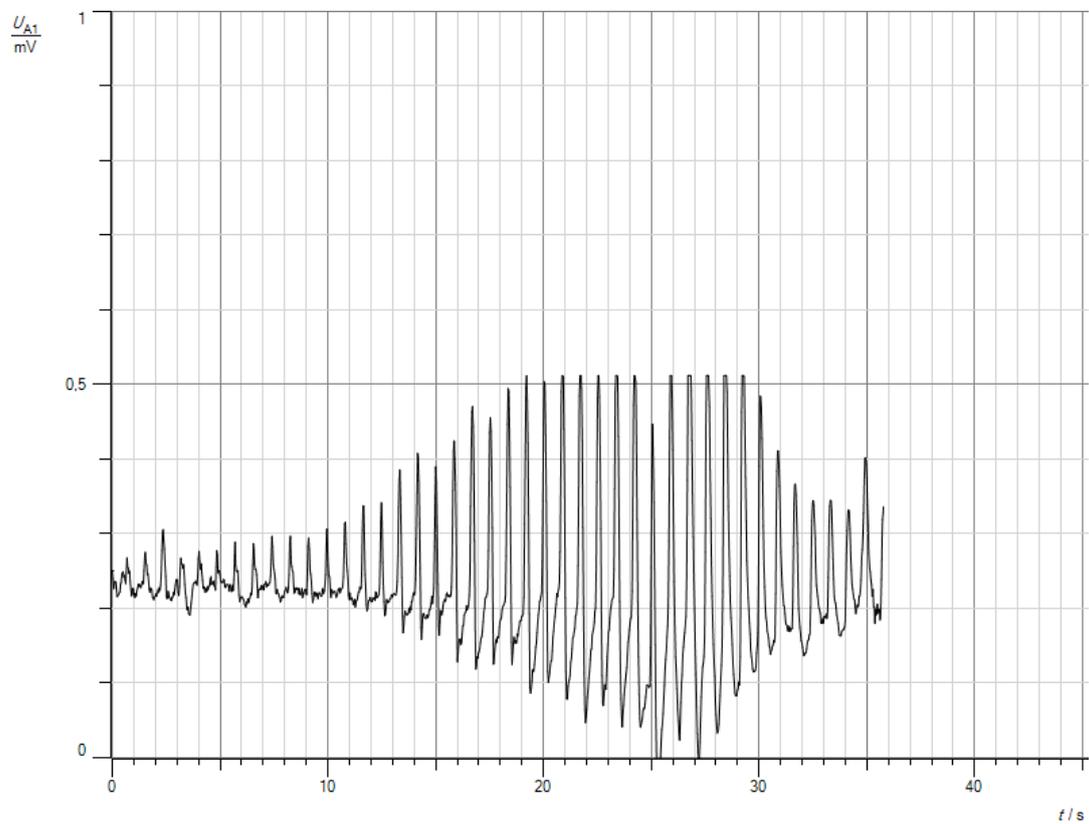


Abb.2: zeitlicher Verlauf der Spannung

Auswertung

- a) Durch den Druck in der Manschette wird der Drucksensor auf die Arterie gedrückt. Wird Blut durch die Adern gepumpt, so erzeugt der Blutdruck einen zusätzlichen Gegendruck. Die Spannung am Sensor schwankt. Ist der Druck in der Manschette höher als der systolische Druck, so kann das Blut nur kleine Druckschwankungen erzeugen. Fällt der Druck bis auf den systolischen Wert, so nehmen die Druckschwankungen zu. Sinkt er unter den diastolischen Druck, so wird der Sensor nur noch wenig auf die Arterie gedrückt. Der Sensor registriert kaum noch Druckschwankungen.
- b) Mit dem Auswertprogramm von cassy erhält für die Systole einen Wert von 147 mm Hg und für die Diastole von 88 mm Hg. Eine Kontrollmessung mit einem medizinisch geeichten Gerät ergab, dass die angezeigten Werte etwa 10% zu hoch sind.
- c) Man erhält die Kurve in Abb.2 Aus dem UA/t-Diagramm erhält man einen Puls P

$$P = 6/5s = 72/\text{min.}$$

- d) Der Blutdruck hängt von verschiedenen körperlichen Voraussetzungen ab, von der Fitness, von der Körperfülle, vom Alter und von der Tageszeit.
- e) Normal sind Werte von 70 – 90 mm Hg für die Diastole und 120 – 140 mm Hg für die Systole. Liegen die Werte dauerhaft darunter, so spricht man von Hypotonie, liegen sie darüber von Hypertonie. Hypotonie verursacht Kreislaufbeschwerden bis hin zu Kreislaufkollaps, Hypertonie lässt die Adern schneller verkalken und kann Migräne hervorrufen. Bei Hypotonie fühlt man sich ständig schlapp, bei Hypertonie agil bis hyperaktiv.

Hautwiderstand

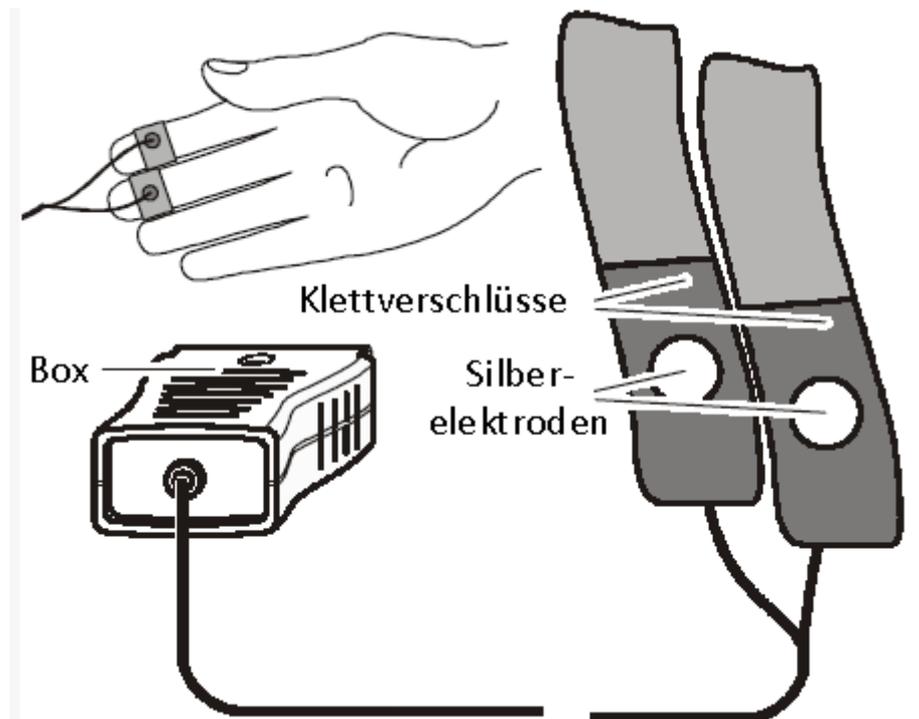


Abb.1: Versuchsaufbau

Durchführung:

- 1) Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
- 2) Wählen Sie die Datei „Haut“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
- 3) Feuchten Sie die Spitzen des Zeige- und Mittelfingers der rechten Hand etwas an und legen Sie die Sensoren so an die Finger an, dass die Silberelektroden die Haut und nicht den Nagel berühren. Schließen Sie die Klettverschlüsse.
- 4) Starten Sie cassy mobile. Die Messung stoppt automatisch nach 30 Sekunden.
- 5) Speichern Sie die Messkurve.

Auswertung:

- a) Deuten Sie die Messkurve.
- b) Legen Sie im Diagrammmenü eine Ausgleichsgerade durch die Messwerte.
- c) Lesen Sie ab, um wieviel μS der Leitwert pro Sekunde abnimmt. Deuten Sie das Ergebnis.
- d) Überlegen Sie, wo der Leitwert λ der Haut eine Rolle spielt. Diskutieren Sie, von welchen Größen er abhängen könnte.
- e) Erläutern Sie, warum für Schülerversuche maximal eine Spannung $U = 24 \text{ V}$ verwendet werden darf.
- f) Erkundigen Sie sich im Internet, ab welchem Strom es für den menschlichen Körper gefährlich wird.
- g) Berechnen Sie den Strom I , der durch den Körper fließt, wenn an den Elektroden eine Spannung $U_1 = 5 \text{ V}$ bzw. die maximal zulässige Versuchsspannung $U_2 = 24 \text{ V}$ anliegt. Deuten Sie das Ergebnis. Die benötigte Formel lautet:

$$I = \lambda * U$$

Beobachtung

Man erhält z.B. folgende Messkurve. Die Kurve lässt sich mit dem großen cassy-Programm merkwürdigerweise nicht auswerten.

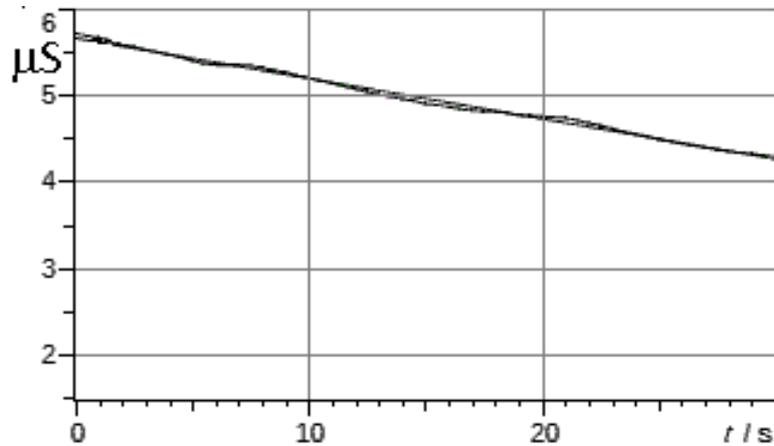


Abb.1: Messkurve

Zu Beginn beträgt der Leitwert $G_1 = 5,7 \mu S$, nach 30 Sekunden $G_2 = 4,3 \mu S$.

Auswertung

- Mit nassen Fingern leitet die Haut besser. Da die Finger nach und nach durch die Körperwärme und den Luftzug trocknen, nimmt der Leitwert ab.
- Man erhält eine Gerade mit negativer Steigung.
- Der Leitwert G sinkt um

$$G = \frac{5,7\mu S - 4,3\mu S}{30s} = 0,047\mu S/s.$$

Er fällt fast gleichmäßig.

- Der Leitwert der Haut spielt eine Rolle bei Unfällen mit elektrischen Geräten. Er hängt ab von der Größe der Kontaktfläche zwischen Elektroden und Haut, von der Nässe der Haut und von der körperlichen Verfassung.
- Unter sehr ungünstigen Bedingungen können bei Spannungen über $U = 24 V$ gefährliche Ströme durch den Körper fließen, die zu Verkrampfungen und im Extremfall zum Herzstillstand führen können.
- Bei den im Versuch verwendeten Elektroden würde bei $U_1 = 5V$ ein Strom I_1

$$I_1 = 5,7\mu S * 5V = 28,5\mu S$$

und bei $U_2 = 24 V$

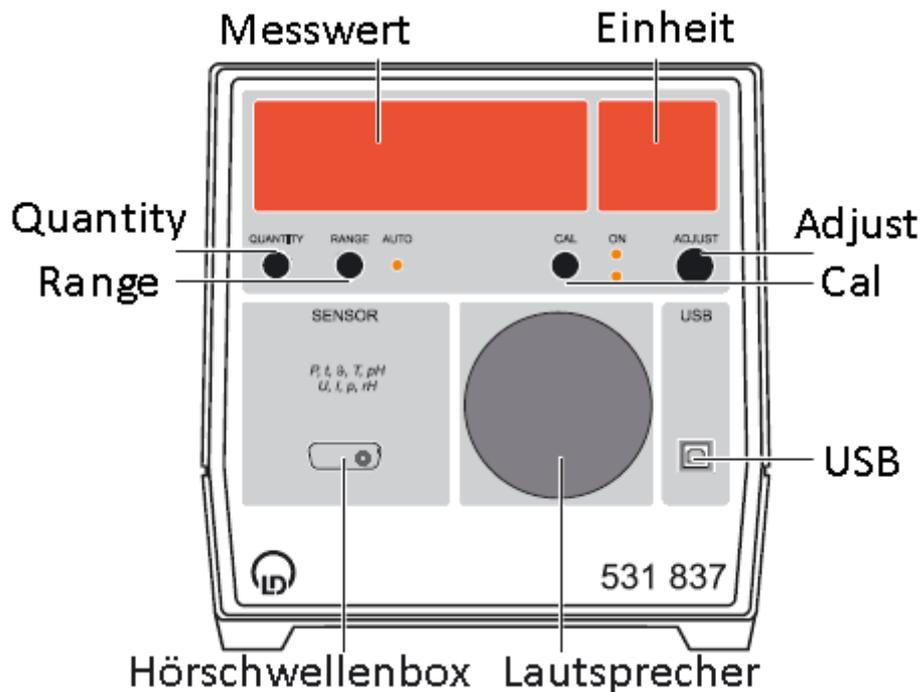
$$I_2 = 5,7\mu S * 24V = 0,137mA$$

fließen. Beide wären nicht lebensgefährlich. Den ersten würde man gar nicht spüren, der zweite würde eventuell ein leichtes Kribbeln verursachen.

- Gefährlich werden Ströme ab etwa $I_1 = 10 mA$. Ein Strom von $I_2 = 40 mA$ ist sofort tödlich.

Hören

Versuch 1



Durchführung

1. Stecken Sie die Hörschwellenbox auf den Eingang des UMI Biologie. Der Kopfhörer wird nicht benötigt.
2. Stellen Sie über den Drehknopf Adjust die maximale Frequenz $f = 30 \text{ kHz}$.
3. Schalten Sie mit dem Taster Quantity auf die Lautstärke dB um und wählen Sie mit dem Drehknopf Adjust die maximale Lautstärke $a = 0 \text{ dB}$.
4. Setzen Sie sich entspannt vor das UMI und richten Sie Ihren Kopf so aus, dass er sich etwa 30 cm vor dem Lautsprecher befindet und Sie Richtung Lautsprecher blicken.
5. Erniedrigen Sie die Frequenz, bis Sie zum ersten Mal einen Ton hören.
6. Legen Sie eine Messtabelle an mit der Frequenz f und der Lautstärke a . Notieren Sie sich das Messpaar aus Lautstärke a und Frequenz f .
7. Erniedrigen Sie die Frequenz in Schritten von ca. $\Delta f_1 = 1 \text{ kHz}$ bis zur Frequenz $f_2 = 1 \text{ kHz}$ und danach in Schritten von etwa $\Delta f_2 = 100 - 200 \text{ Hz}$ bis zur niedrigsten einstellbaren Frequenz $f_3 = 25 \text{ Hz}$. Verringern Sie für jede Frequenz die Lautstärke so weit, dass Sie den Ton gerade noch hören.
8. Notieren Sie sich für jeden Frequenzschritt die Frequenz und die Lautstärke.

Aufgaben

- a. Erstellen Sie aus den Messwerten mit dem Programm cassy lab 2 ein Lautstärke / Frequenz-Diagramm $a(f)$.
- b. Deuten Sie das Messdiagramm.
- c. Diskutieren Sie mögliche Fehlerquellen und wie man sie vermeiden könnte.
- d. Vergleichen Sie Ihre Messkurve mit den Ergebnissen Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler und vor allem mit der Kurve Ihres Lehrers.

Beobachtung

Eine ältere Lehrperson erhält z.B. folgende Messtabelle.

f[Hz]	7902	7040	5920	4978	3951	2960	1976	1088
a[dB]	0	-10	-18	-30	-44	-60	-74	-80
f[Hz]	988	788	587	392	292	196	98	25
a[dB]	-80	-80	-76	-66	-58	-48	-30	0

Tabelle 1: Messtabelle

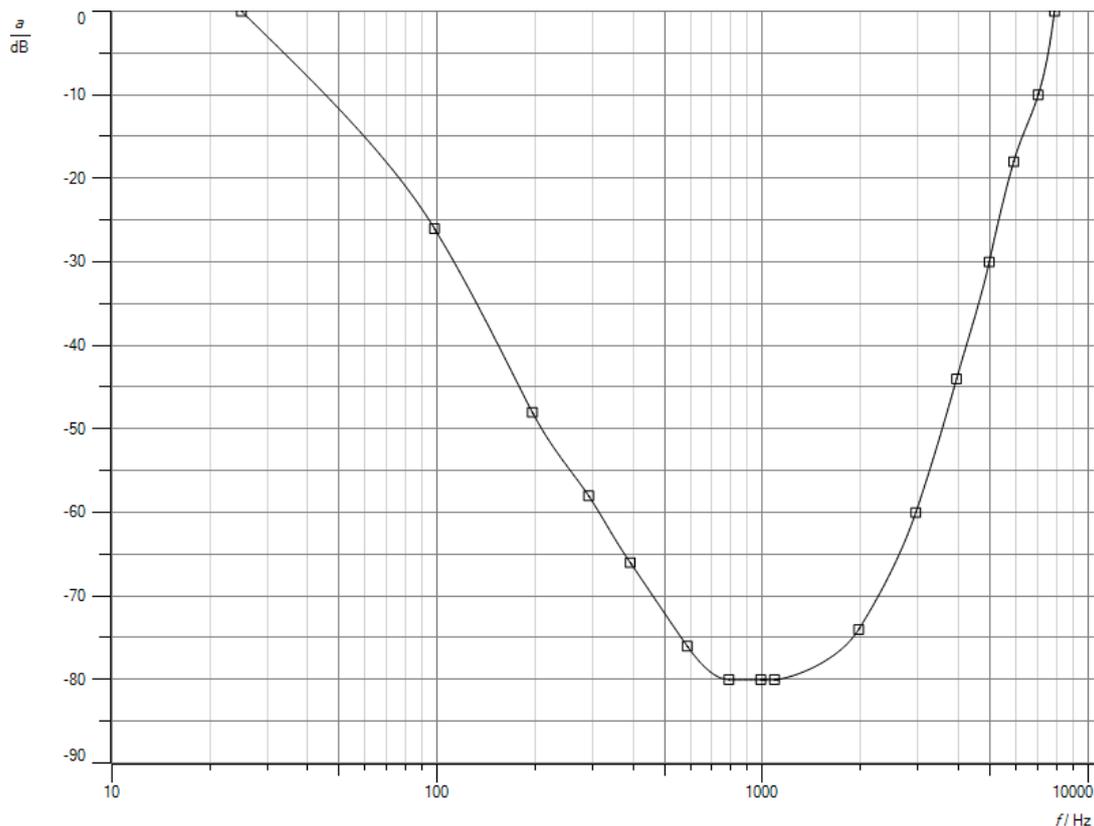


Abb.1: Messdiagramm

Auswertung

- Man erhält das Diagramm in Abb.1.
- Es zeigt, dass das menschliche Ohr im Frequenzbereich zwischen $f_1 = 500$ Hz und $f_2 = 2000$ Hz besonders empfindlich ist. Außerdem gibt es eine obere Hörschwelle f_H , bis zu der wir Töne hören können. Sie liegt für die Versuchsperson bei $f_H = 7902$ Hz.
- Umgebungsgeräusche stören das Hörempfinden. Sie kann man verringern, wenn man Kopfhörer verwendet (s. Versuch 2). Die Hörschwellenbox besitzt dafür einen Kopfhörerausgang mit 3,5 mm Klinkenstecker. Außerdem haben Lautsprecher einen Frequenzgang, d.h. nicht alle Frequenzen werden bei gleicher Amplitude des Tones mit der gleichen Lautstärke abgestrahlt.
- Je älter die Schülerinnen und Schüler werden, umso tiefer liegt ihre obere Hörschwelle. Sie beträgt bei Kleinkindern $f_H = 20.000$ Hz und sinkt bei über 60jährigen auf $f_H = 6.000$ Hz. Die Beweglichkeit der mechanischen Kleinteile im Ohr wie Amboss und Hammer und die Elastizität des Trommelfells lassen im Laufe des Lebens nach. Die untere Hörschwelle verschiebt sich mit dem Alter kaum. Auch der Bereich, in dem das Ohr besonders empfindlich ist, bleibt etwa gleich.

Versuch 2



Durchführung

1. Stecken Sie die Hörschwellenbox auf den Eingang des cassy mobile. Schließen Sie über den Klinkenstecker die Kopfhörer an.
2. Wählen Sie im Ordner Biologie die Datei „Hoeren2.labm“ aus. Laden Sie die Einstellungen.
3. Stellen Sie im Menü f_A die tiefste Frequenz ein, bei der Sie noch einen Ton hören.
4. Speichern Sie das Messpaar über die Option „Messwert speichern“.
5. Erhöhen Sie die Frequenz in Schritten von ca. $\Delta f_1 = 100 - 200$ Hz bis zur Frequenz $f_2 = 1$ kHz und danach in Schritten von etwa $\Delta f_2 = 1$ kHz bis zur höchsten hörbaren Frequenz. Verringern Sie für jede Frequenz die Lautstärke so weit, dass Sie den Ton gerade noch hören. Speichern Sie das Messpaar nach jedem Schritt.
6. Speichern Sie die Messkurve.
7. Wiederholen Sie die Messung für beide Ohren getrennt, in dem Sie im Menü f_A in der Option Ausgabe das entsprechende Ohr auswählen.

Aufgaben

- a. Deuten Sie die erhaltene Messkurve.
- b. Vergleichen Sie die Ergebnisse für beide Ohren.
- c. Vergleichen Sie Ihre Messkurve mit den Ergebnissen Ihrer Mitschülerinnen und Mitschüler und vor allem mit der Kurve Ihres Lehrers.

Beobachtung

Man erhält z.B. folgende Messkurve.

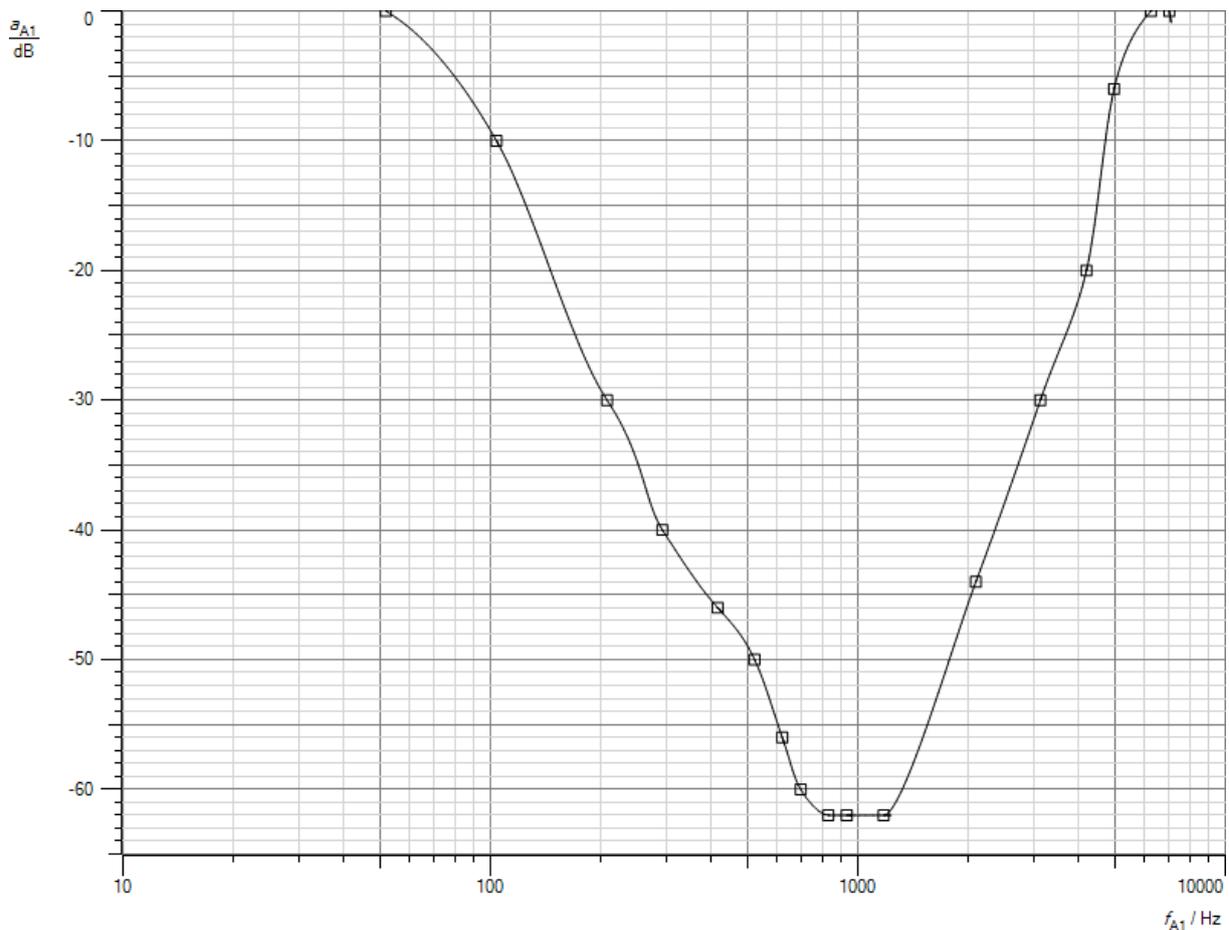
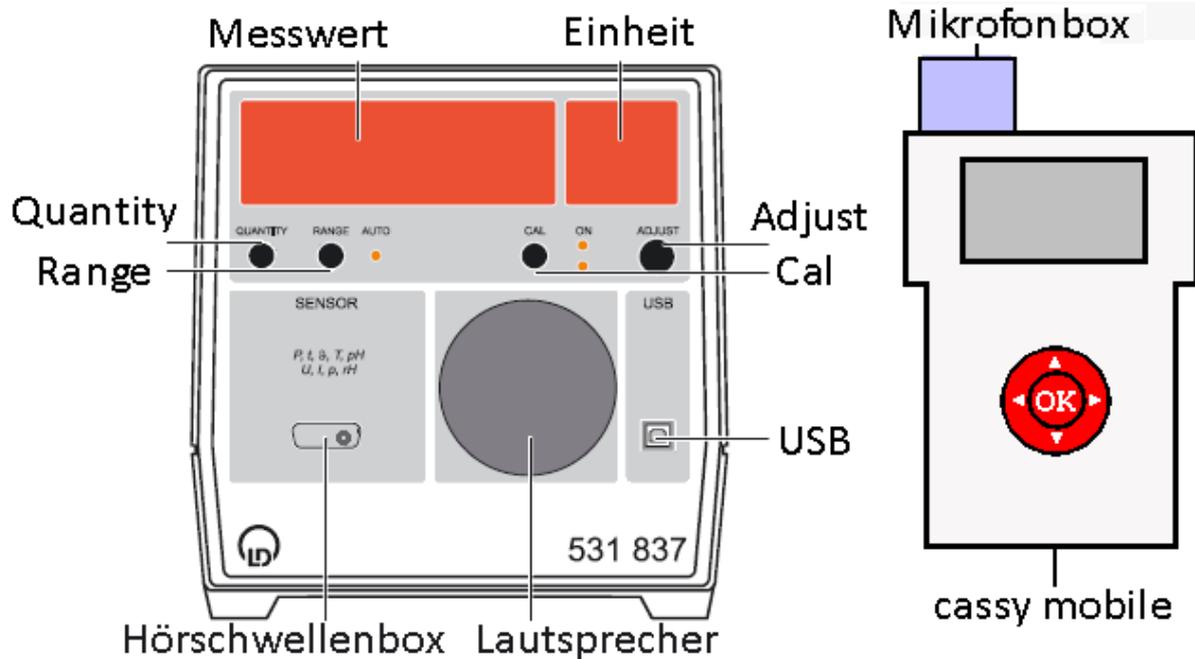


Abb. 1: Messkurve

Auswertung

- Das menschliche Ohr hört Töne zwischen $f_1 = 50$ Hz und $f_2 = 2000$ Hz besonders gut. Besonders empfindlich ist es im Bereich um $f_3 = 1000$ Hz. Außerdem existieren eine untere und eine obere Hörschwelle. Töne mit Frequenzen darunter bzw. darüber können wir nicht hören. Im ersten Fall spricht man von Infraschall, im zweiten von Überschall. Die Versuchsperson in der Messkurve 1 kann Töne zwischen etwa $f_1 = 50$ Hz und $f_2 = 7000$ Hz hören.
- Bei Personen, bei denen keines der beiden Ohren geschädigt ist, erhält man für beide den gleichen Kurvenverlauf.
- Je älter die Schülerinnen und Schüler werden, umso tiefer liegt ihre obere Hörschwelle. Sie beträgt bei Kleinkindern $f_H = 20.000$ Hz und sinkt bei über 60jährigen auf $f_H = 6.000$ Hz. Die Beweglichkeit der mechanischen Kleinteile im Ohr wie Amboss und Hammer und die Elastizität des Trommelfells lassen im Laufe des Lebens nach. Die untere Hörschwelle verschiebt sich mit dem Alter kaum. Auch der Bereich, in dem das Ohr besonders empfindlich ist, bleibt etwa gleich.

Versuch 3



Durchführung

1. Stecken Sie die Hörschwellenbox auf den Eingang des UMI Biologie.
2. Stellen Sie am Drehknopf die Frequenz $f = 988$ Hz ein. Schalten Sie mit dem Taster Quantity auf die Lautstärke dB um und wählen Sie mit dem Drehknopf die Lautstärke $a = -20$ dB.
3. Stecken Sie die Mikrofonbox auf den Eingang A des cassy mobile. Richten Sie cassy mobile so aus, dass das Mikrofon der Mikrofonbox etwa 30 cm vom Lautsprecher des UMI entfernt ist und Richtung Lautsprecher zeigt.
4. Wählen Sie im Ordner Biologie die Datei „Hoeren1.labm“ aus. Laden Sie die Einstellungen.
5. Starten Sie die Messung, indem Sie auf OK drücken. Die Messung stoppt automatisch nach $t = 10$ ms.
6. Speichern Sie die Messkurve.
7. Wiederholen Sie die Messung bei der Lautstärke $a = -30$ dB.
8. Verdoppeln Sie die Frequenz am UMI auf $f = 1976$ Hz und wiederholen Sie die Messung bei den Lautstärken $a = -20$ dB und $a = -30$ dB.

Aufgaben

1. Erklären, wie die Kurven zustande kommen.
2. Vergleichen Sie die Messkurven gleicher Frequenz, aber unterschiedlicher Lautstärke bzw. die Messkurven gleicher Lautstärke, aber unterschiedlicher Frequenz.
3. Bestimmen Sie aus den Kurven die Frequenzen der beiden Töne und überprüfen Sie Ihre Ergebnisse mit der Anzeige am UMI.
4. Erkundigen Sie sich im Internet, welche Arten von Lautsprechern bzw. Mikrofonen heute verwendet werden, wie sie aufgebaut sind und wie sie funktionieren.

Beobachtung

Man erhält z.B. folgende Messkurven.

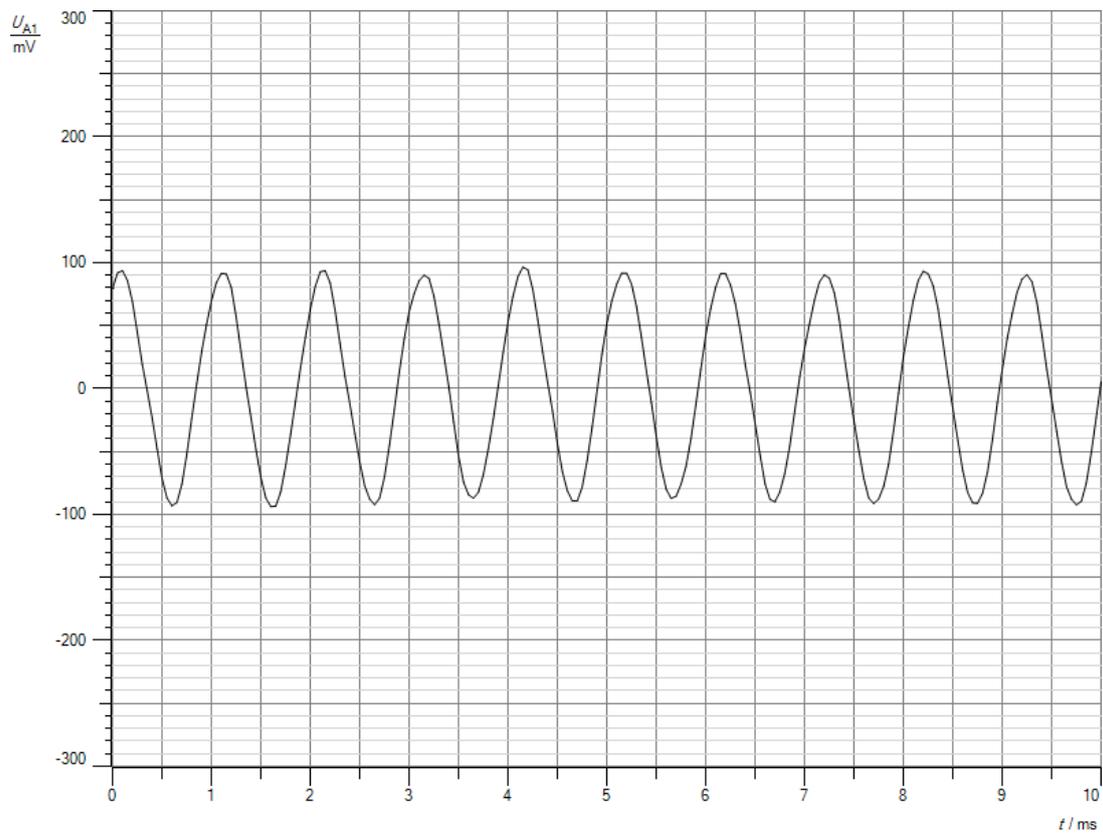


Abb.1: Kurve für einen tiefen, leisen Ton

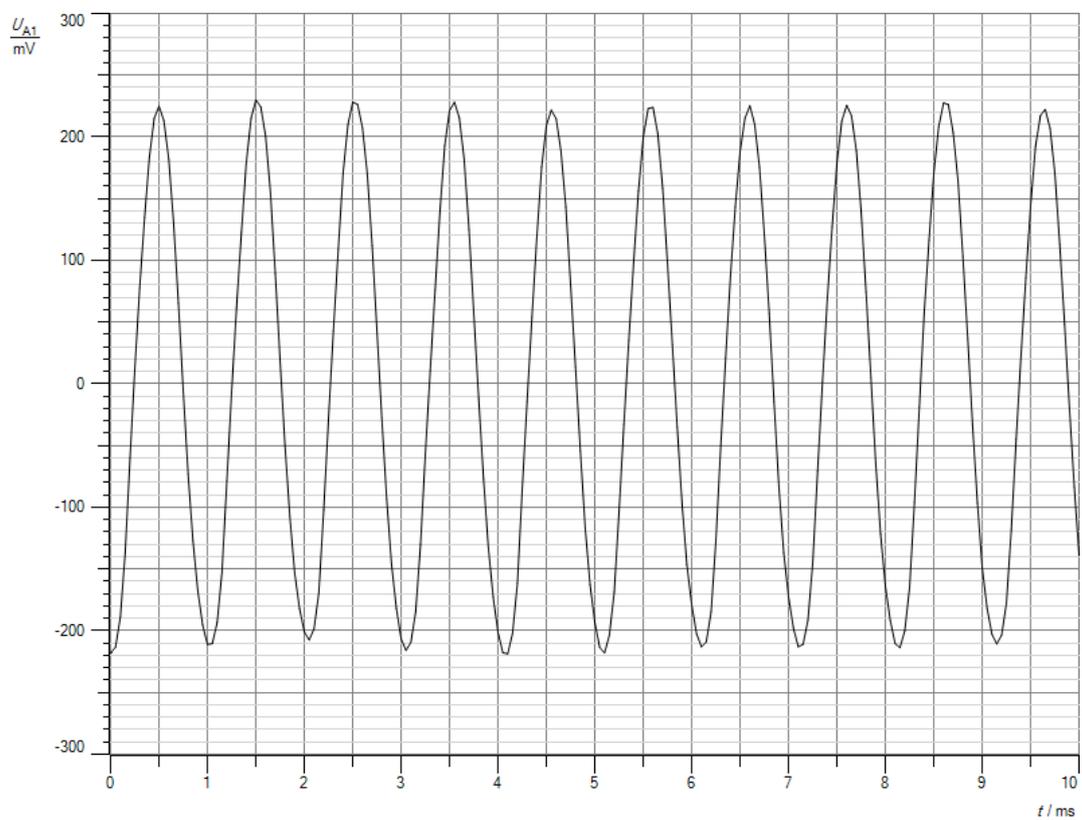


Abb.2: Kurve für einen tiefen, lauten Ton

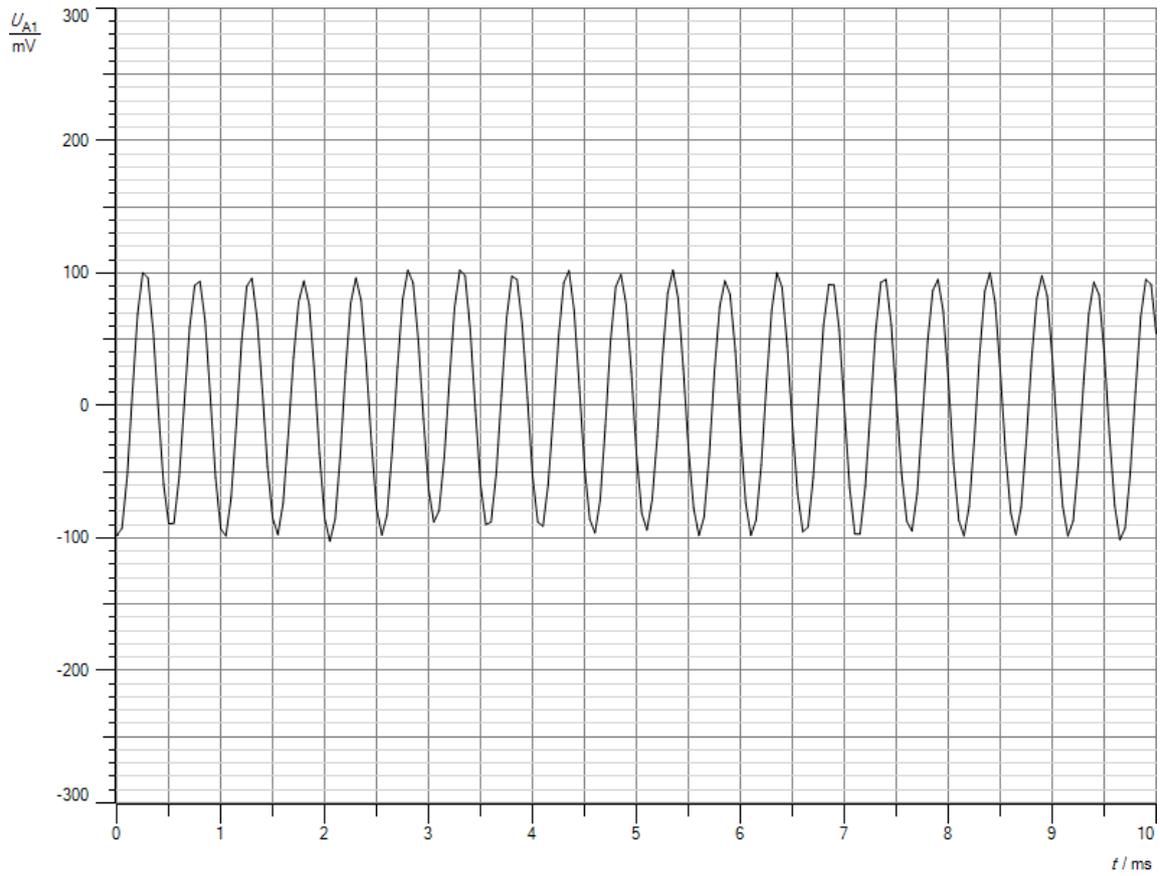


Abb.1: Kurve für einen hohen, leisen Ton

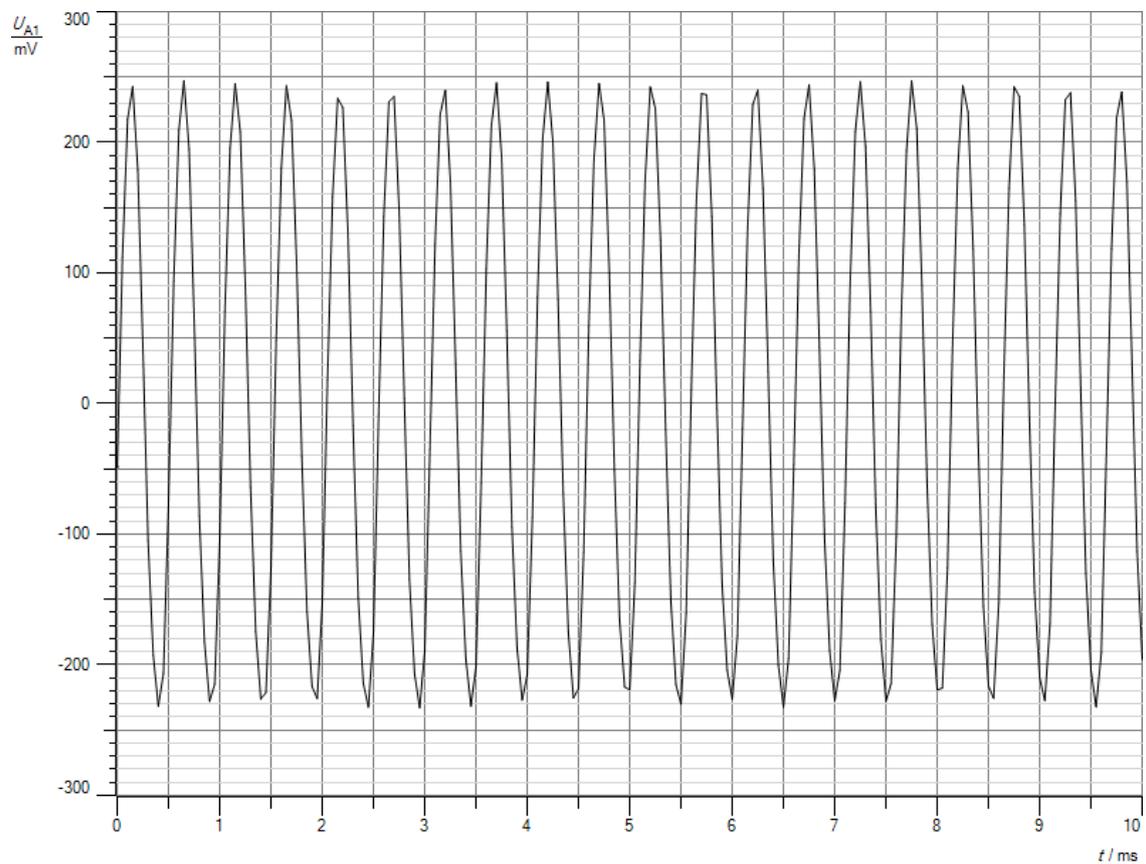


Abb.1: Kurve für einen hohen, lauten Ton

Auswertung

- a. In einem Lautsprecher versetzen elektrische Wechselspannungen eine Membran in Schwingungen. Sie übertragen sich auf die Luft und pflanzen sich als Schallwellen durch den Raum fort. Treffen Sie auf ein Mikrofon, so gerät darin eine Membran in Schwingungen, die sie wieder in elektrische Wechselspannungen umwandelt. Die Spannungen werden von cassy registriert.
- b. Je höher ein Ton ist, umso kürzer ist die Zeit für eine Schwingung. Sie wird als Periodendauer T bezeichnet. Dafür führt die Membran pro Sekunde mehr Schwingungen aus, die Frequenz f steigt. Je lauter ein Ton ist, umso weiter schwingt die Membran. Die Amplitude A steigt und damit die Spannung U am Mikrofon.
- c. Man zählt jeweils die Zahl der Schwingungen für die Messzeit $t = 10$ ms. Für den tiefen Ton erhält man $n_t = 9,8$ Schwingungen. Damit besitzt der Ton eine Frequenz

$$f_t = \frac{9,8}{0,01s} = 980Hz.$$

Für den hohen Ton ergibt sich $n_h = 19,6$ und damit für die Frequenz

$$f_h = \frac{19,6}{0,01s} = 1960Hz.$$

Diese Werte stimmen sehr gut mit der Anzeige am UMI überein.

- d. Heute werden in elektronischen Geräten vor allem zwei Arten von Lautsprechern verwendet, elektromagnetische und piezoelektrische Lautsprecher. Im ersten taucht eine kleine Spule ins Magnetfeld eines Hufeisenmagneten (s. Abb.1). Fließt ein Wechselstrom durch die Spule, so wird sie zum Magneten, der im Takt des Wechselstromes umgepolt wird. In einer Halbperiode wird er vom Dauermagneten angezogen und in der nächsten abgestoßen. Die Spule gerät in Schwingungen und mit ihr eine Membran, die mit der Spule festverbunden ist. Diese Schwingungen übertragen sich auf die Luftmoleküle und pflanzen sich als Schallwellen fort. In Piezolautsprechern gerät ein kleiner Quarzkristall in Schwingungen, wenn man an ihn eine elektrische Wechselspannung anlegt. Er dehnt sich in einer Halbperiode aus und zieht sich in der nächsten zusammen. Seine Schwingungen versetzen die Luftmoleküle in seiner Umgebung ebenfalls in Schwingungen, die sich als Schallwellen im Raum ausbreiten. In Mikrofonen werden die Vorgänge in den Lautsprechern umgekehrt. Die Membran bzw. der Piezokristall wird durch die Schwingungen der Luftmoleküle zum Mitschwingen angeregt. In der Spule entsteht durch Induktion und am Piezokristall durch den piezoelektrischen Effekt eine kleine Wechselspannung, die durch eine elektronische Schaltung verstärkt wird. Dementsprechend gibt es elektromagnetische und piezoelektrische Mikrofone. Beide haben ihre Vor und Nachteile. Piezomikrofone und -lautsprecher sind sehr klein und handlich, verzerren die Töne aber leicht. Ihre Tonqualität ist ein wenig geringer. Außerdem besitzen sie eine geringere Schallleistung. Hochwertige Mikrofone und Lautsprecher hoher Leistung sind somit meist elektromagnetisch aufgebaut.

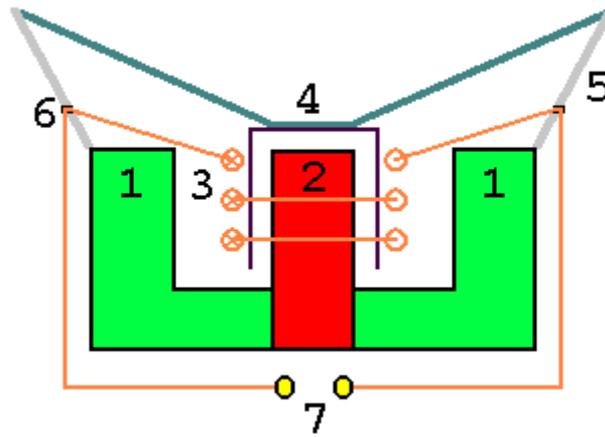


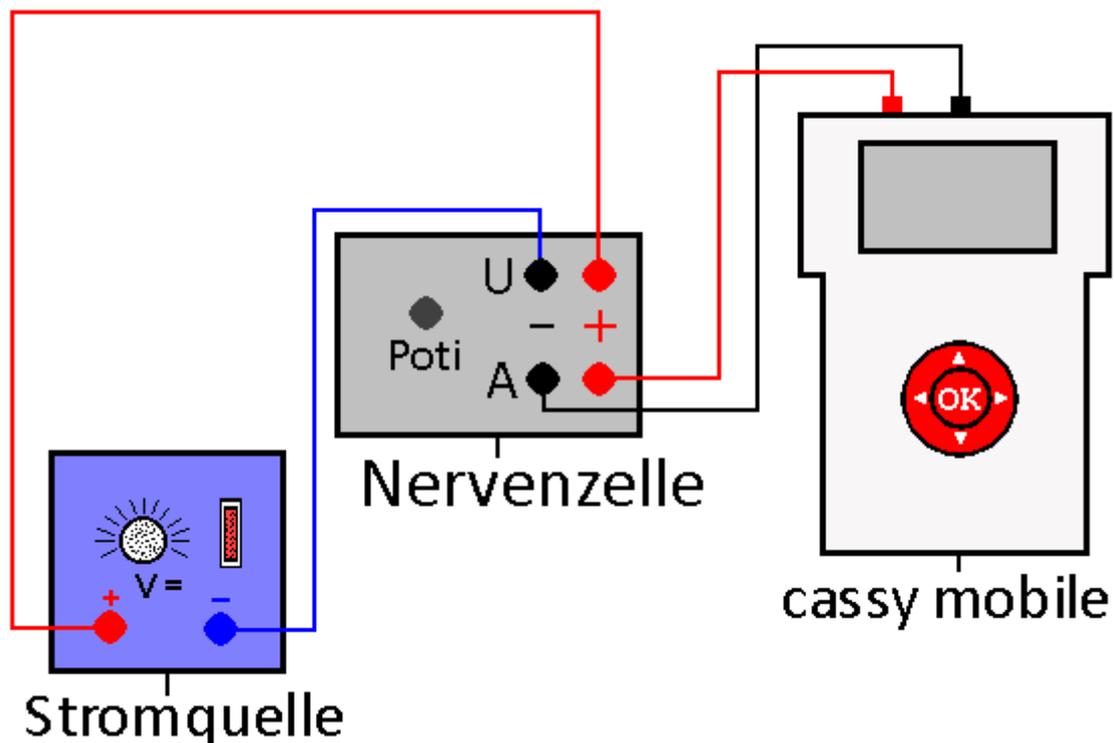
Abb.1: elektromagnetischer Lautsprecher

In der Zeichnung haben die Zahlen folgende Bedeutung:

- 1: Nordpol des Hufeisenmagnetes
- 2: Südpol des Hufeisenmagnetes
- 3: Tauchspule
- 4: Membran
- 5: Membranaufhängung
- 6: Stromzufuhr Spule
- 7: Tonquelle

Nervenzelle

Versuch



Durchführung

1. Wählen Sie die Datei „Nerv.labm“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
2. Bauen Sie den Versuch gemäß der Abb. auf. Die elektronische Nervenzelle wird im Skript Nervenzelle auf der Webseite www.chemiephysikskripte.de genauer beschrieben.
3. Legen Sie eine Gleichspannung $U = 4,5 \text{ V}$ an den Eingang U der Schaltung.
4. Drehen Sie das Poti in die mittlere Stellung.
5. Starten Sie cassy mobile. Die Messung stoppt automatisch nach einer Messzeit $\Delta t = 50 \text{ ms}$. Speichern Sie die Kurve.
6. Erhöhen Sie die Erregerspannung, in dem Sie das Poti ein wenig im Uhrzeigersinn drehen. Wiederholen Sie Schritt 5.
7. Drehen Sie das Poti noch etwas weiter nach rechts und führen Sie erneut Schritt 5 aus.

Aufgaben

- a. Vergleichen Sie die drei Messkurven miteinander und deuten Sie sie.
- b. Erkundigen Sie sich im Biologiebuch, im Internet oder auf der oben angegebenen Webseite, wie eine reale Nervenzelle aufgebaut ist und wie sie funktioniert.
- c. Vergleichen Sie die wirkliche Nervenzelle mit der elektronischen Nervenzelle.

Beobachtung

Man erhält folgende z.B. Messkurven:

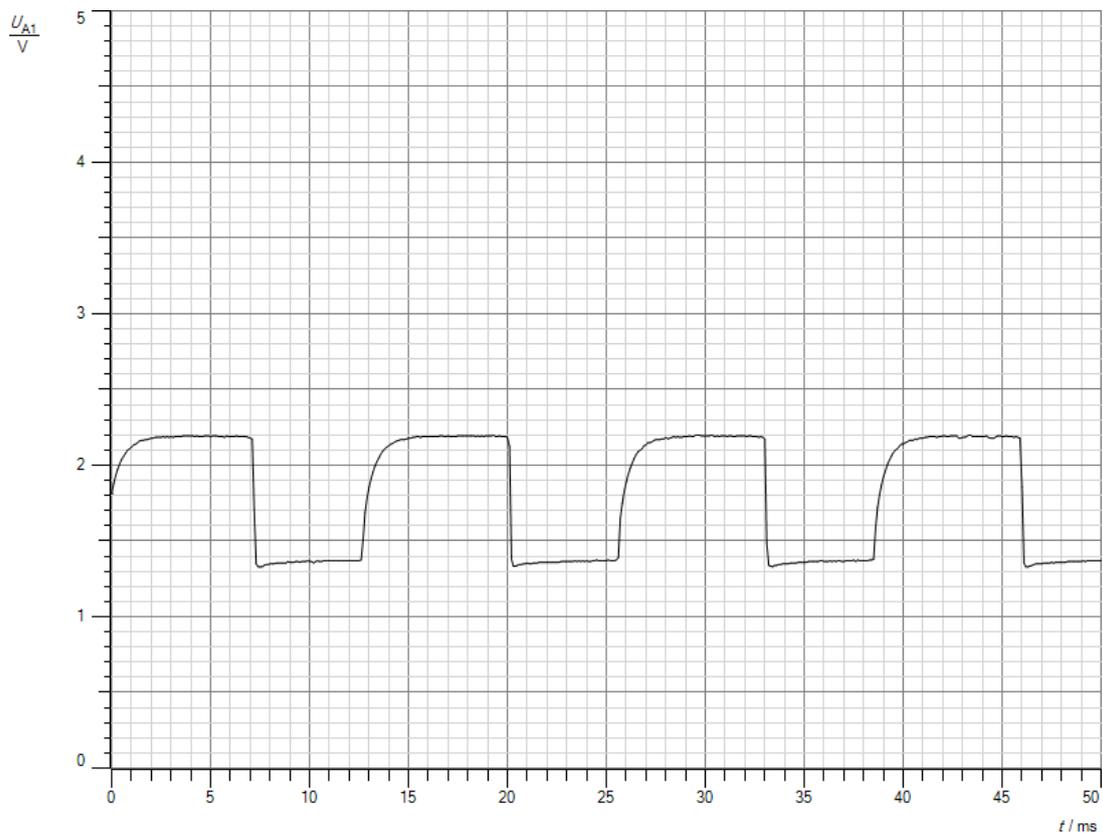


Abb.1: Niedrige Erregerspannung

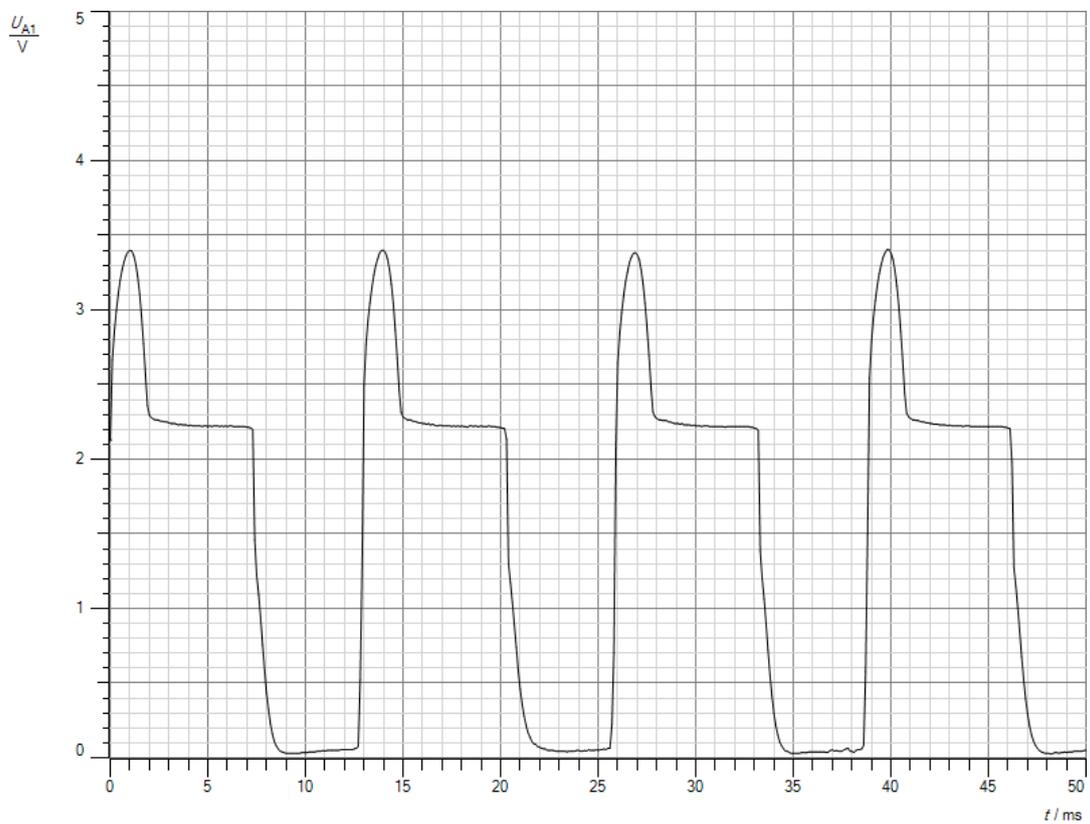


Abb.2: Mittlere Erregerspannung

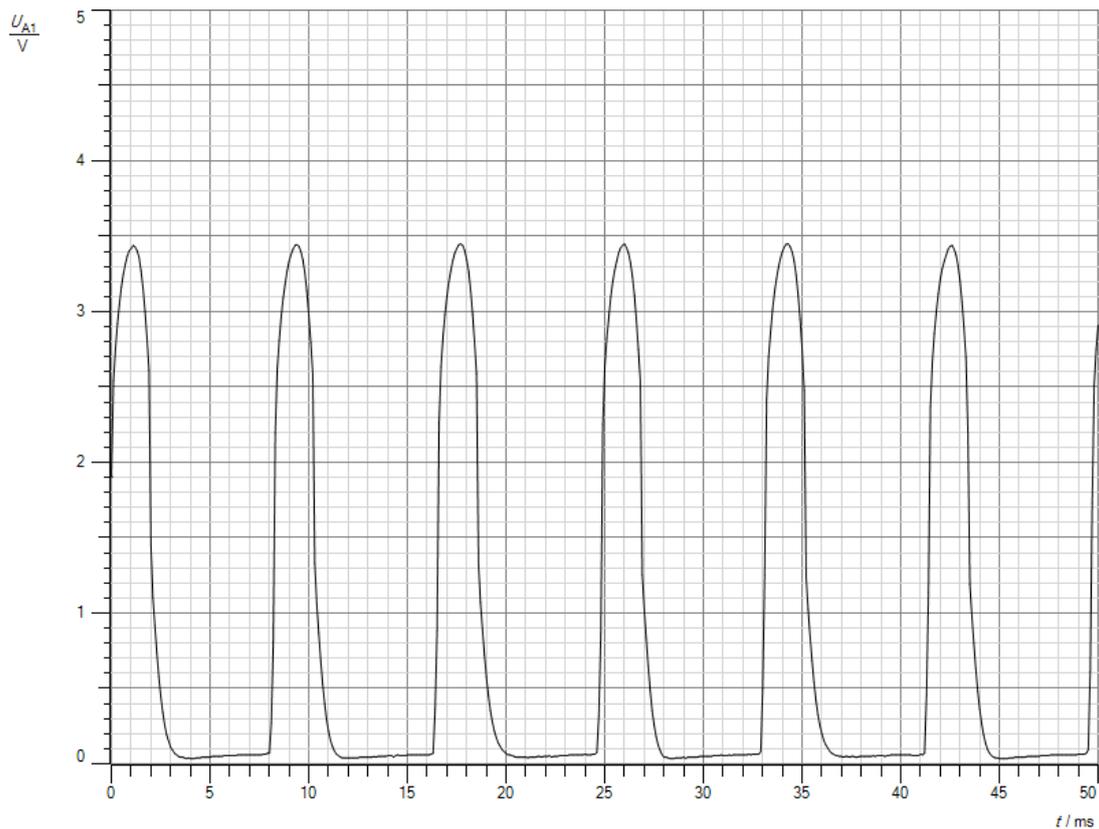


Abb.3: Hohe Erregerspannung

Auswertung

- Bei einer niedrigen Erregerspannung des Multivibrators zündet die Nervenzelle nicht. Cassy zeichnet nur den Spannungsverlauf am Erregereingang der Zelle, also die Multivibratorspannung auf (s. Abb. 1). Erhöht man die Rechteckspannung am Eingang der Nervenzelle, so sendet sie in jeder Periode der Rechteckspannung einen Spannungsimpuls aus (s. Abb. 2). Ist die Eingangsspannung groß genug, so feuert die Nervenzelle mit erhöhter Frequenz permanent, erkennbar an den kontinuierlichen Spannungsimpulsen am Ausgang der Schaltung in Abb. 3. Die Zelle ist dauerhaft erregt.
- Die Funktion einer realen Nervenzelle ist im Skript „Nervenzelle“ auf der angegebenen Webseite ausführlich beschrieben.
- Die Schaltung simuliert die Vorgänge in einer realen Nervenzelle sehr gut. Bei zu kleiner Erregung feuern beide nicht, bei mittlerer Erregung setzen sie einen Impuls pro Reiz ab, bei hoher Erregung feuern beide permanent mit erhöhter Frequenz. Je stärker der Reiz ist, umso öfter feuert die reale Nervenzelle pro Sekunde. Die Amplitude der einzelnen Impulse bleibt dagegen gleich. Die Experten sprechen von frequenzcodierter Übertragung der Reizstärke. Bei der Simulationsschaltung ist das nur bis zu einer gewissen Anregungsspannung der Fall. Danach bleibt die Frequenz konstant.

Puls

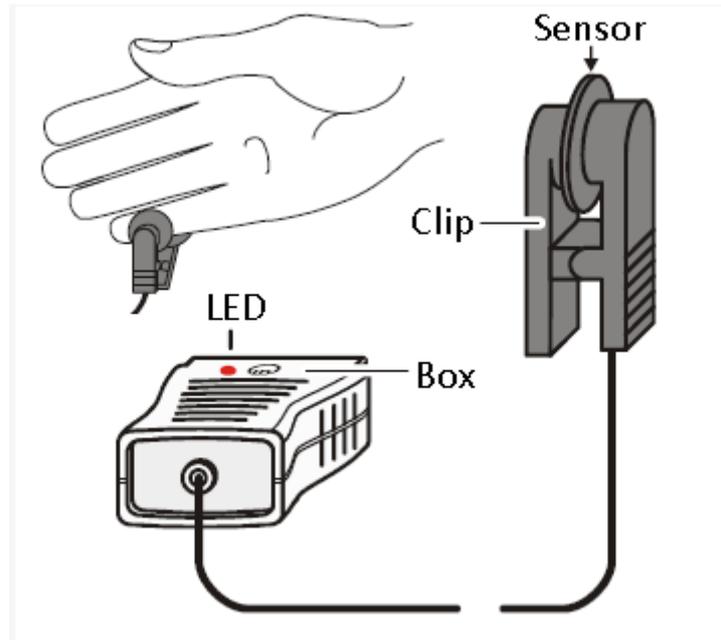


Abb.1: Versuchsaufbau

Durchführung

- 1) Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
- 2) Wählen Sie die Datei „Puls“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
- 3) Schließen Sie den Pulssensor an ein Ohrläppchen oder einen kleinen Finger an. Setzen Sie sich ruhig hin und warten Sie bis die LED an der Box kontinuierlich blinkt.
- 4) Starten Sie die Messung. Sie wird nach 30 Sekunden automatisch beendet.
- 5) Speichern Sie die Messkurve.
- 6) Nehmen Sie den Pulssensor ab und führen Sie 20 Kniebeugen durch.
- 7) Wiederholen Sie anschließend die Messung gemäß 3) bis 5).
- 8) Kontrollieren Sie Ihren Puls nach anderen körperlichen Belastungen.

Aufgaben

- a) Deuten Sie die erhaltenen Messkurven.
- b) Ermitteln Sie aus der 1. Messkurve Ihren Ruhepuls.
- c) Bestimmen Sie aus der 2. Messkurve ihren Puls nach der Belastung.
- d) Legen Sie eine Ausgleichsgerade durch die 2. Messkurve und ermitteln Sie die Abnahme des Pulses pro Sekunde.
- e) Errechnen Sie, wann Ihr Puls wieder den Normalwert erreicht hat.
- f) Überprüfen Sie Ihr Ergebnis mit einer erneuten Messung.
- g) Vergleichen Sie Ihre Werte mit den Ergebnissen Ihrer Mitschülerinnen und Mitschülern. Deuten Sie die Unterschiede.
- h) Erkundigen Sie sich im Internet, wie ein elektronischer Pulssensor funktioniert.

Beobachtung

Man erhält z.B. folgende Messkurven.

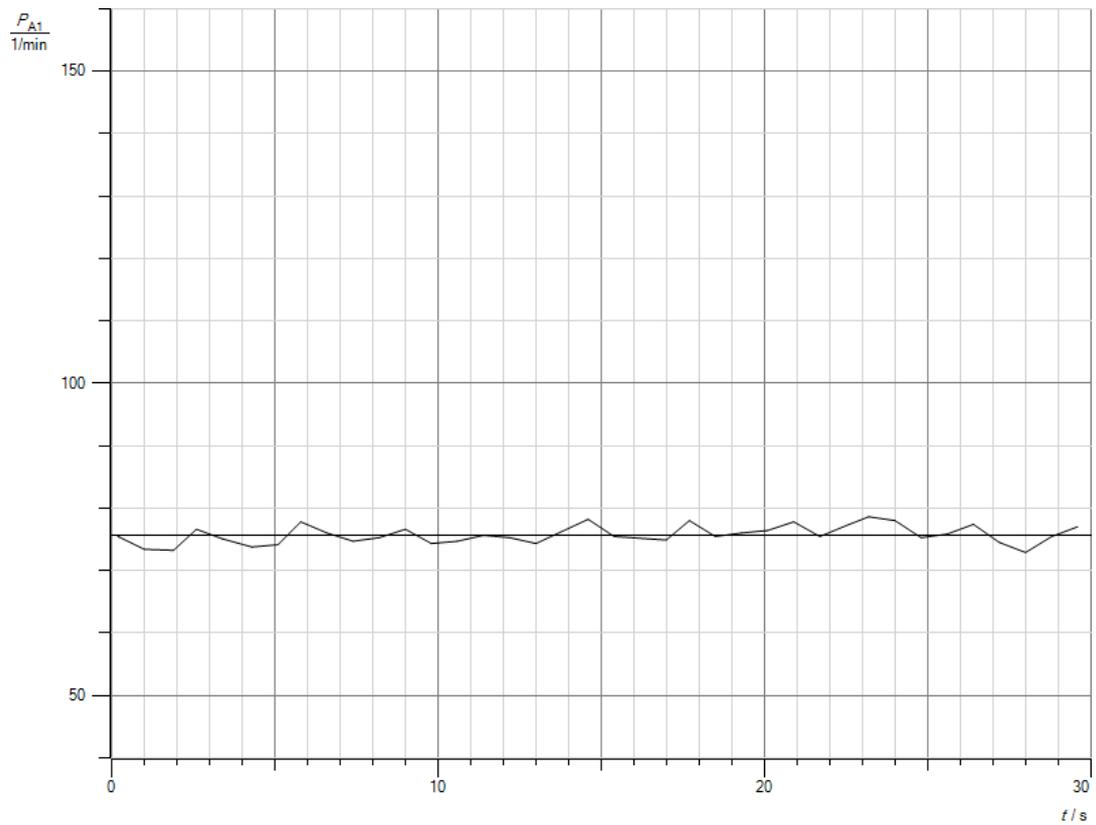


Abb.1: Ruhepuls

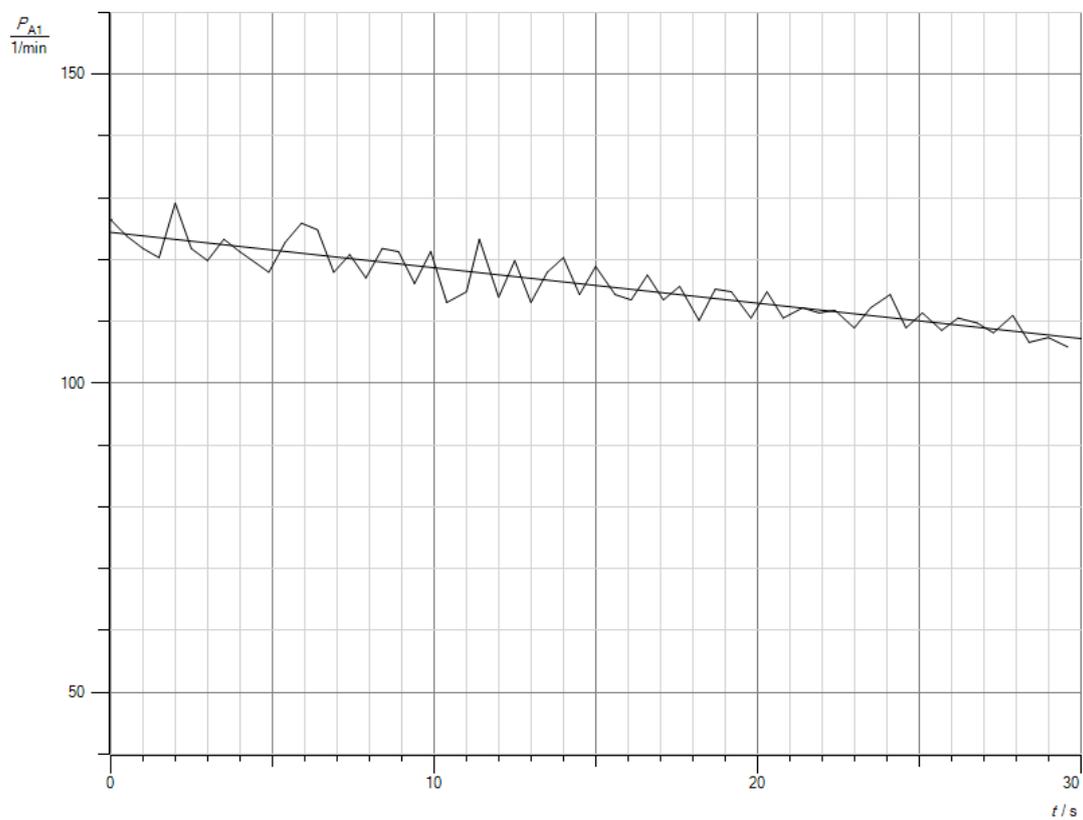


Abb.2: Puls nach körperlicher Belastung

Auswertung

- a) Solange man in Ruhe ist, bleibt der Puls konstant. Bei körperlichen Anstrengungen steigt er an, da mehr Sauerstoff in den Muskeln benötigt wird, um Nährstoffe zu verbrennen. Danach sinkt er wieder relativ gleichmäßig wieder auf seinen Ruhepuls.
- b) Man erhält einen Ruhepuls von 75 Schlägen pro Minute.
- c) Nach den zwanzig Kniebeugen steigt er auf 125 Schläge pro Minute.
- d) Er nimmt pro Sekunde um 0,57/min ab.
- e) Damit erreicht der Puls wieder seinen Normalwert nach

$$t = \frac{(125 - 75)/\text{min}}{0,57/\text{min} / \text{s}} = 87,7\text{s}.$$

- f) Man misst etwa 100 Sekunden. Errechneter und gemessener Wert stimmen näherungsweise überein. Zum Schluss fällt der Puls etwas langsamer ab.
- g) Je nach körperlicher Verfassung sind die Werte tiefer oder höher. Der Ruhepuls liegt bei den meisten Menschen zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute im Wachzustand. Er steigt nach zwanzig Kniebeugen mehr oder weniger stark an auf 100 – 130 Schlägen pro Minute.
- h) Der Pulssensor bestimmt den Puls optoelektronisch, in dem er die Zunahme der Wärmestrahlung ermittelt, wenn Blut durch die Adern gepumpt wird. Er misst die Zeit t zwischen zwei Pulsschlägen und berechnet daraus mit der Formel

$$f = \frac{60}{t}$$

die Pulsfrequenz in Pulsschlägen pro Minute.

Reaktionszeit

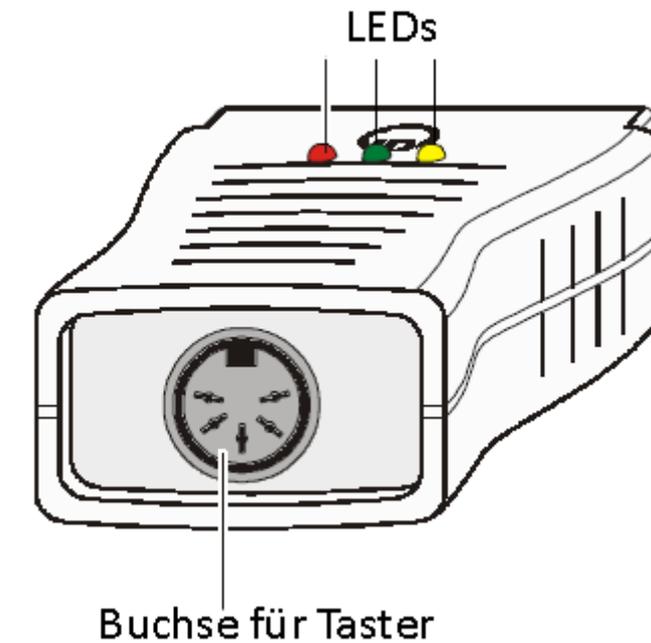


Abb.1: Reaktionsbox

Durchführung

1. Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
2. Schließen Sie an die Buchse den Dreifachtaster mit den kleinen Tasten in den Farben rot, grün und gelb an.
3. Wählen Sie im Ordner Biologie die Datei „Reaktion.labm“ aus. Laden Sie die Einstellungen.
4. Betätigen Sie die grüne Taste. Kurze Zeit später leuchtet eine der drei farbigen LEDs auf. Drücken Sie möglichst schnell die Taste der gleichen Farbe.
5. Speichern Sie den Messwert, indem Sie die OK-Taste drücken.
6. Wiederholen Sie die Messung insgesamt 10 mal.
7. Tauschen Sie den Dreifachtaster gegen den Einfachtaster mit dem großen roten Buzzer aus.
8. Betätigen Sie den Buzzer. Kurze Zeit später ertönt ein akustisches Signal. Drücken Sie möglichst schnell den Buzzer erneut.
9. Speichern Sie den Messwert.
10. Führen Sie die Messung insgesamt 10 mal durch.
11. Betätigen Sie den Buzzer mit einem Fuß und führen Sie die Messung erneut 10 mal durch.

Aufgaben

- a. Erläutern Sie die Messkurve.
- b. Bestimmen Sie den Mittelwert der Messungen für den Versuch mit dem Dreifach- bzw. Einfachtaster.
- c. Vergleichen Sie beide Reaktionszeiten miteinander. Deuten Sie das Ergebnis.
- d. Vergleichen Sie das Ergebnis des Teilversuches mit dem Fuß mit den beiden anderen Reaktionszeiten.

Beobachtung

Man erhält für die beiden ersten Teilversuche folgende Messtabelle und Messkurve. Die ersten zehn Messungen wurden mit dem Dreifachtaster, die letzten zehn mit dem Einfachtaster aufgenommen.

Dreifachtaster										
Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t[s]	0,70	0,58	0,61	0,54	0,56	0,51	0,54	0,54	0,54	0,57
Einfachtaster										
Nr.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t[s]	0,65	0,56	0,30	0,49	0,50	0,50	0,70	0,39	0,37	0,78

Messtabelle Hand

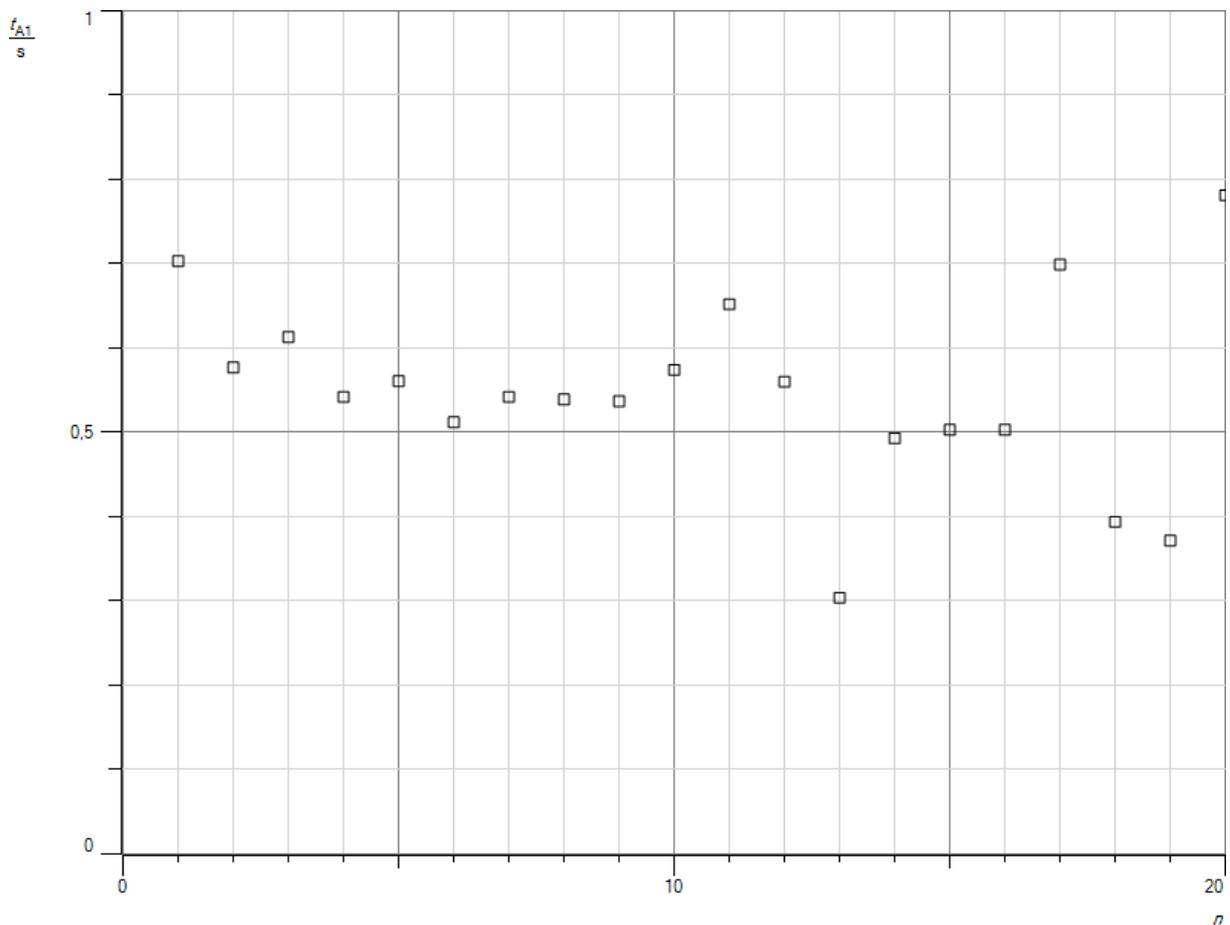


Abb.1: Messkurve Hand

Auswertung

- Die Messwerte schwanken erheblich. Um einen aussagekräftigen Wert für die Reaktionszeit zu erhalten, sollte man den Mittelwert aus mindestens 10 Messungen bilden.
- Für den Dreifachtaster erhält man als Mittelwert

$$t = 0,569s$$

und für den Einfachtaster

$$t = 0,524s.$$

- c. Die Versuchsperson reagiert im Schnitt etwas schneller auf akustische als auf optische Reize. Allerdings könnte die kürzere Reaktionszeit beim Einfarbtaster auch darauf zurück zu führen sein, dass seine Tastfläche erheblich größer ist.
- d. Mit dem Fuß erhält man z.B. folgende Messtabelle und Messkurve.

Fußtaster										
Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t[s]	0,28	0,41	0,22	0,25	0,41	0,23	0,35	0,27	0,36	0,25

Messtabelle Fuß

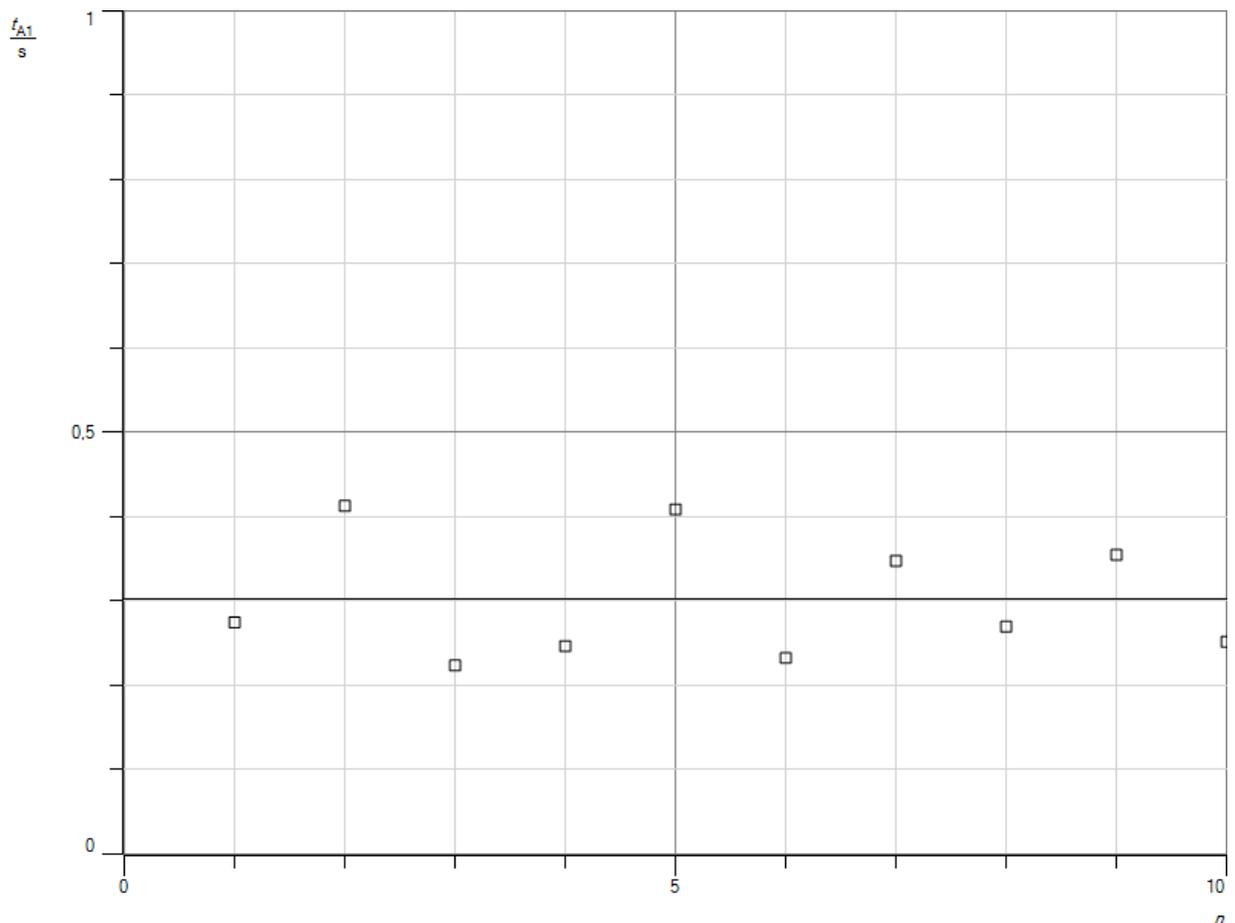


Abb.2: Messkurve Fuß

Der Mittelwert beträgt

$$t = 0,303s$$

und ist damit kleiner als mit der Hand. Das ist erstaunlich und liegt möglicherweise an der größeren Kontaktfläche des Fußes.

Umwelt

CO₂-Gehalt

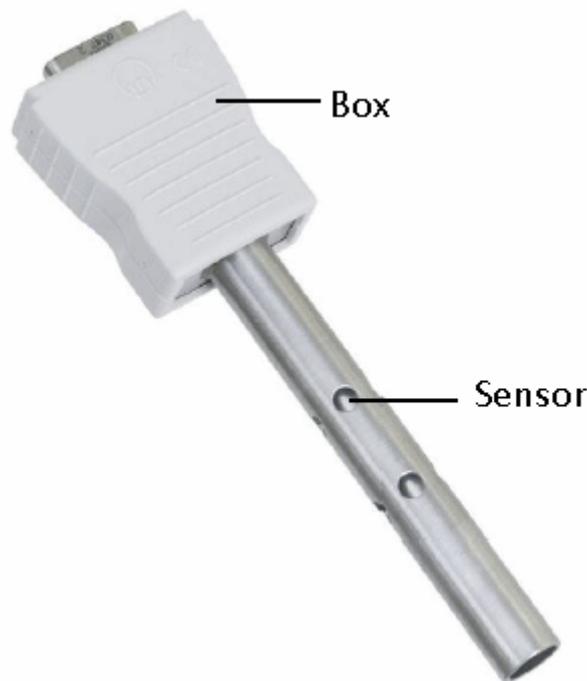


Abb.1: CO₂-Sensor

Durchführung

- 1) Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
- 2) Wählen Sie die Datei „CO₂“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
- 3) Atmen Sie mehrmals kräftig ein und hauchen Sie den Sensor beim Ausatmen an.
- 4) Starten Sie cassy mobile. Die Messung stoppt automatisch nach 1 Minute.
- 5) Messen Sie den Anstieg des CO₂-Gehaltes der Luft in einem Klassenraum bei geschlossenen Fenstern. Lüften Sie den Raum und verfolgen Sie den CO₂-Gehalt.

Aufgaben

- a) Deuten sie die erhaltene Messkurve.
- b) Legen Sie eine Ausgleichgerade durch die Messkurve und lesen Sie die Abnahme des CO₂-Gehaltes pro Sekunde ab.
- c) Berechnen Sie, wann der CO₂-Gehalt am Sensor wieder den Wert 0 erreicht.
- d) Beschreiben und Interpretieren Sie die Ergebnisse des Kontrollversuches im Klassenraum.
- e) Der CO₂-Gehalt der Luft ist seit 1850 von 0,028 % auf 0,038 % gestiegen. Erklären Sie. Erläutern Sie, welche Folgen das für die Umwelt hat und wie man sie mindern kann.
- f) Der CO₂-Gehalt der Luft unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Im Sommer ist er niedriger als im Winter. Erklären Sie.
- g) Erkundigen Sie sich im Internet, welche Stoffe für „schlechte Luft“ verantwortlich sind.
- h) Ausgeatmete Luft kann bei körperlicher Belastung bis zu 3,5% CO₂ enthalten. Erklären Sie.
- i) Ab etwa einem CO₂-Gehalt von 4% treten Kopfschmerzen und Atembeschwerden auf. Erklären Sie.

- j) In Autoabgasen tritt ein CO₂-Gehalt bis 8 %, in Schornsteinen von Heizungen bis 12,5% auf. Erklären, welche Folgen das Einatmen haben könnte.
- k) Erkundigen Sie sich im Internet, wie ein CO₂-Sensor funktioniert.

Beobachtung:

Man erhält z.B. folgende Messkurve.

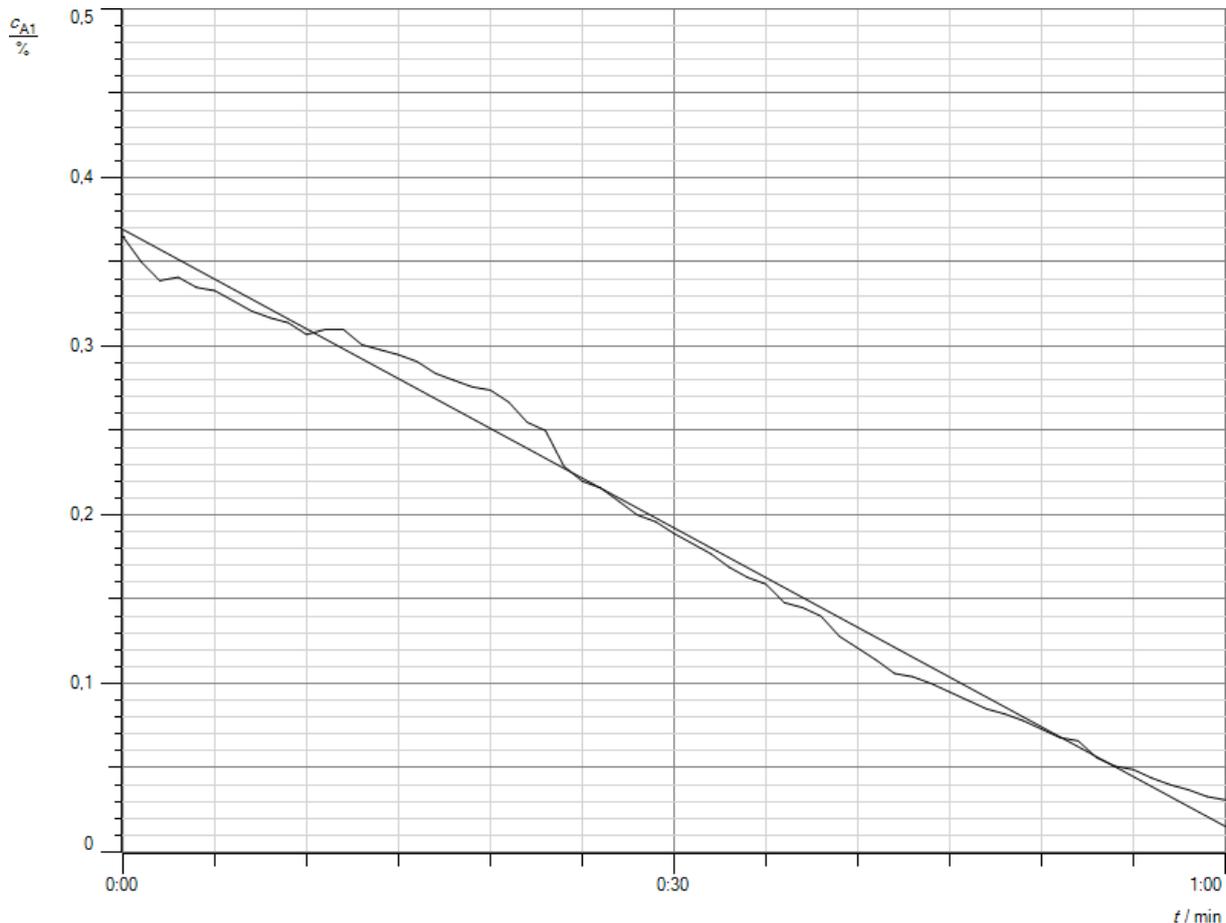


Abb.1: CO₂-Gehalt in Abhängigkeit von der Zeit

Auswertung:

- Die Ausatemluft enthält mit bis 3,5% etwa 100mal mehr CO₂ als die Umgebungsluft mit 0,038%. Daher steigt der Gehalt im Bereich des Sensors, wenn man ihn beim Ausatmen mehrfach anhaucht. Nach und nach diffundiert das CO₂ in die umgebende Luft. Der CO₂-Gehalt in der Nähe des Sensors sinkt und zwar wie man der Kurve entnehmen kann, ziemlich gleichmäßig.
- Der CO₂-Gehalt sinkt pro Minute um 0,354%/min.
- Bei einer Anfangskonzentration von $c = 0,369\%$ ist sie nach t

$$t = \frac{0,369\%}{0,354\%/min} = 1,04 \text{ min}$$

auf den Wert der Umgebungsluft gesunken. Dabei muss man beachten, dass der Sensor für die Konzentration der Umgebungsluft auf 0 geeicht ist.

- In einem schlecht gelüfteten Klassenraum kann der CO₂-Gehalt bis auf etwa 0,4% ansteigen. Das ist mehr als das Zehnfache des Normalwertes von 0,038%. Nach etwa zehninütigem Lüften ist er wieder auf den Normalwert gesunken.
- Durch die Verbrennung von Kohle und Erdölprodukten wird seit der industriellen Revolution Mitte des 19. Jahrhunderts mehr CO₂ freigesetzt als die Pflanzen durch Fotosyn-

these und die Meere durch Absorption binden können. Da Kohlendioxid ein Treibhausgas ist, steigt die mittlere Jahrestemperatur seit dieser Zeit an. Die Gletscher schmelzen, die Dürreperioden und die Stürme nehmen zu. Außerdem werden die Meere immer wärmer und saurer. Die Korallen sterben ab.

- f) Wenn auf der Nordhalbkugel Winter ist, herrscht auf der Südhalbkugel Sommer. Im Sommer wachsen die Pflanzen und entziehen der Luft CO_2 . Daher sollte man erwarten, dass der Gehalt der Luft über das ganze Jahr relativ konstant bleibt. Aber auf der Nordhalbkugel ist die Landfläche erheblich größer und somit der Bewuchs. Daher sinkt im Sommer der Nordhalbkugel der CO_2 -Gehalt der Luft und steigt im Winter an. Außerdem lebt die Mehrheit der Menschen auf der Nordhalbkugel, die im Winter fossile Brennstoffe zum Heizen verfeuern.
- g) Für schlechte Luft in einem Raum sind neben CO_2 vor allem flüchtige organische Stoffe verantwortlich, die wir über die Haut und den After abgeben.
- h) Bei körperlicher Belastung verbrennen wir mehr Nahrungsmittel in den Muskeln. Daher wird mehr CO_2 produziert, das beim Ausatmen an die Luft abgegeben wird.
- i) Steigt der Kohlendioxidgehalt der Umgebungsluft über den Wert in der Ausatemluft, so kann das Kohlendioxid nicht mehr in die Umgebungsluft diffundieren. Man atmet es wieder ein. Außerdem sinkt mit steigendem CO_2 -Gehalt der O_2 -Gehalt der Luft, da er in CO_2 überführt wird.
- j) Der CO_2 -Gehalt der Abgase alleine wäre schon tödlich. Zusätzlich enthalten sie bei unvollständiger Verbrennung hochgiftiges Kohlenmonoxid in tödlicher Konzentration. Es blockiert die roten Blutkörperchen und man erstickt qualvoll. Daher muss man in Garagen ein Schild aufhängen mit dem Hinweis „Erstickungsgefahr bei laufendem Motor“.
- k) Eine IR-Quelle sendet Wärmestrahlung mit der Wellenlänge $\lambda = 4 \mu\text{m}$ und konstanter Intensität aus. Sie wird vom CO_2 zum Teil absorbiert und zwar umso stärker, je größer der CO_2 -Gehalt der Luft ist. Ein Sensor registriert die Intensität der durchdringenden Strahlung. Aus dem Verhältnis beider Intensitäten errechnet Cassy die CO_2 -Konzentration. Diese Methode funktioniert aber nur zuverlässig, so lange die Umgebungstemperatur nahezu konstant ist. In Abgasen von Schornsteinen schwankt sie jedoch. Daher misst der Schornsteinfeger den CO_2 -Gehalt in Heizungsabgasen nicht direkt, sondern errechnet ihn aus dem Restsauerstoffgehalt der Abluft, heute natürlich mit Hilfe eines Computers.

Klimadaten

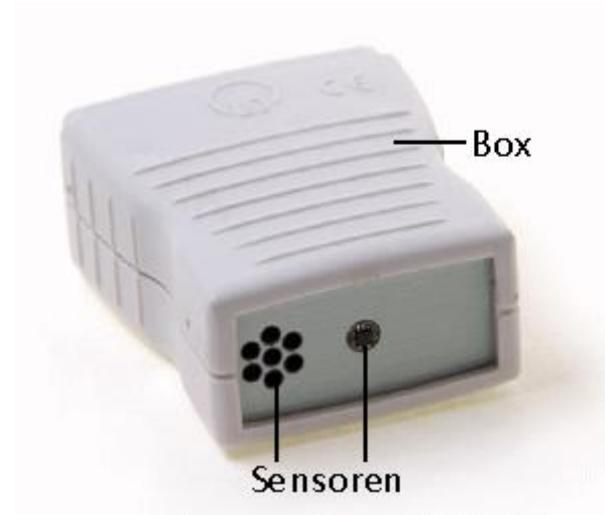


Abb.1: Klimasensor

Durchführung

- 1) Stecken Sie die Box auf den Eingang A des cassy mobile.
- 2) Wählen Sie die Datei Datei „Klima“ im Ordner Biologie aus. Laden Sie die Einstellungen.
- 3) Starten Sie cassy mobile.
- 4) Warten Sie etwa eine Minute, bis sich die Werte stabilisiert haben und begeben Sie sich nach draußen.
- 5) Drehen Sie cassy mobile langsam vertikal bzw. horizontal. Beobachten Sie die angezeigten Werte.
- 6) Stoppen Sie cassy mobile.
- 7) Wiederholen Sie die Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten und, indem Sie sich von der Sonne in den Schatten bewegen.

Aufgaben

- a) Deuten Sie die erhaltenen Messkurven.
- b) Vergleichen Sie die verschiedenen Messgrößen innen und außen. Diskutieren Sie, welche gleich bleiben und welche sich ändern. Begründen Sie.
- c) Erkundigen Sie sich im Internet, welcher Luftdruck unter normalen Umständen herrscht und von welchen Größen er abhängt.
- d) Erläutern Sie, warum Pflanzen im Winter kaum wachsen und Menschen in nordischen Ländern oft an Depressionen leiden.

Beobachtung:

Man erhält z.B. folgende Messkurven.

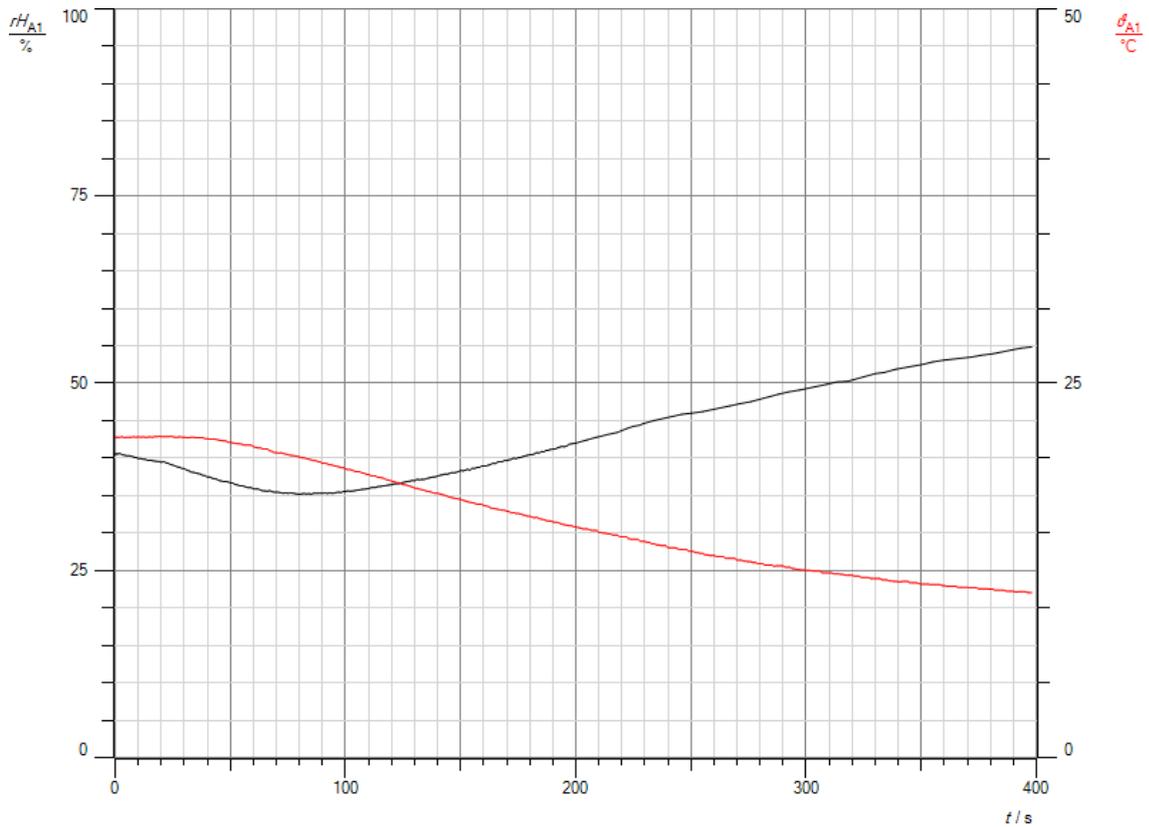


Abb.1: Luftfeuchtigkeit und Temperatur innen und außen

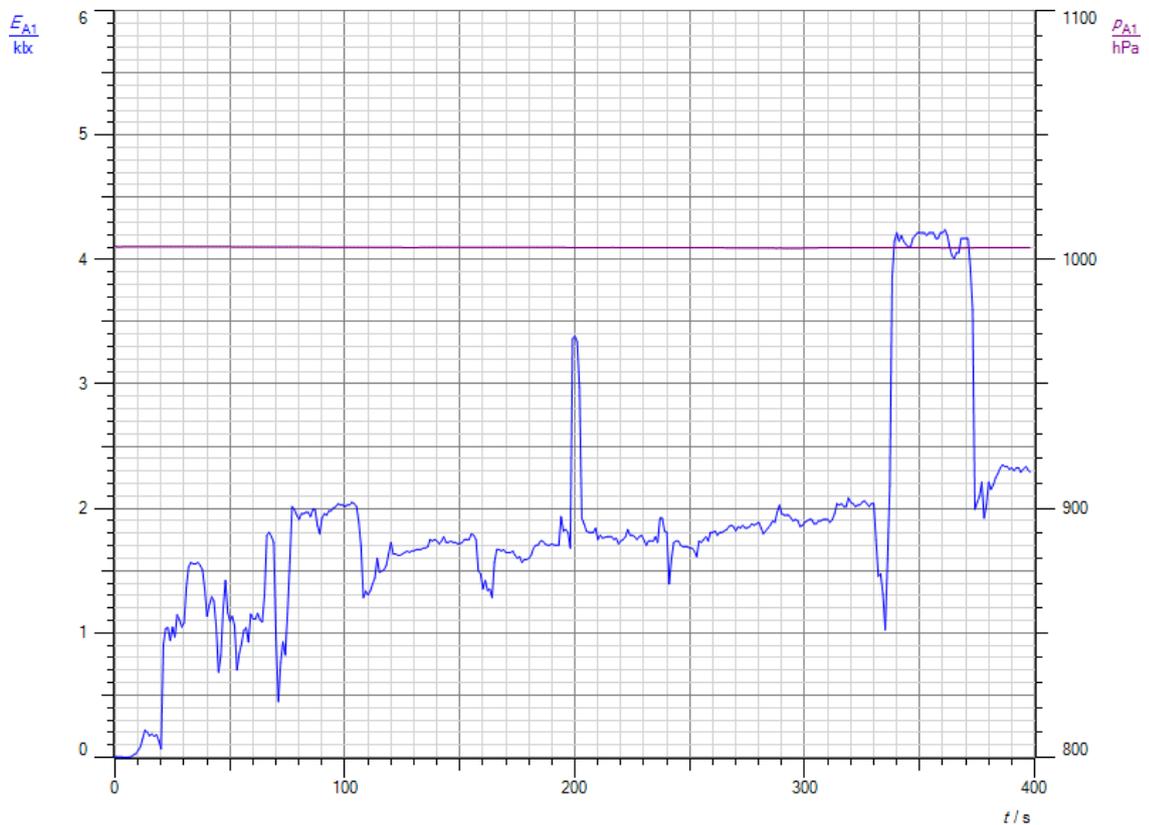


Abb.2: Lichtstärke und Luftdruck innen und außen

Auswertung

- a) Der Klimasensor misst verschiedene Wetterdaten, und zwar die relative Luftfeuchtigkeit rH (schwarz), die Temperatur ϑ (rot), die Lichtstärke E (blau) und den Luftdruck p (violett). Wenn man den Sensor eicht, kann man zusätzlich die Höhe über NN ermitteln.
- b) Aus den Kurven liest man ab, dass bei der Bewegung von innen nach außen die Luftfeuchtigkeit steigt, die Lufttemperatur sinkt, die Lichtstärke steigt und der Luftdruck gleich bleibt. Daraus kann man schließen, dass die Kurven bei nebligem Wetter im Winter oder Herbst aufgenommen wurden. Die Lichtstärke schwankt erheblich, wenn man den Sensor horizontal bzw. vertikal dreht. In Richtung der Sonne und des Himmels ist sie besonders groß.
- c) Bei einer normalen Wetterlage, bei der ein mittlerer Luftdruck herrscht, beträgt der Luftdruck auf Meereshöhe $p_N = 1013$ hPa. Liegt ein Hoch über der Gegend, so steigt er auf bis $p_H = 1040$ hPa, bei einem Tief sinkt er bis auf $p_T = 960$ hPa, in extremen Orkanen Hurrikans oder Tornados auch darunter. Er nimmt mit der Meereshöhe ab, in 1000m Höhe auf 900 hPa, in 3000 m Höhe auf 700 hPa und in 5000 m Höhe auf 540 hPa. Auf dem Mount Everest beträgt er nur etwa 1/3 des normalen Druckes. Daher kann man ihn nur schwer ohne Sauerstoffgerät besteigen.
- d) Im Winter ist es erstens zu kalt und zweitens ist die Sonneneinstrahlung zu gering. In Räumen bei künstlichem Licht ist sie deutlich niedriger als im Sonnenlicht. Daher leiden Menschen in nordischen Regionen im Winter häufig an Depressionen.