

brainbus

Die mobile Ausstellung rund ums Gehirn

Sammlung von Experimenten für Lehrpersonen
zur vertiefenden Vor- und Nachbereitung des Ausstellungsbesuchs

Allgemeine Neurologie und Sinne

zusammengestellt von Anna Bühler (a.buehler@access.uzh.ch), www.brainbus.ch

Inhaltsverzeichnis

ALLGEMEINE NEUROBIOLOGIE.....	3
Erregungsleitung in Neuronen.....	3
Saltatorische Erregungsleitung in Neuronen.....	3
Nervenleitgeschwindigkeit: Eine Analogie.....	3
Elektronisches Potential	4
Das schwimmende Hirn	5
DIE SINNE.....	6
Präparation von Rinderaugen.....	6
Der blinde Fleck 1	6
Der blinde Fleck 2.....	7
Optische Täuschungen	7
Unaufmerksamkeitsblindheit	8
Wie wird Schall übertragen?	10
Modellversuch zur Schallübertragung am Trommelfell.....	10
Demonstration von Schallwellen	11
Experimente zu Schall und Hören (für Schüler bis ca. 15 Jahre).....	11
Richtungshören	12
Hörbereich testen	13
Geschmackswahrnehmung	14
Adaption an Gerüche	14
Schwellenwert beim Geschmackstest.....	15
Verteilung der Druckpunkte auf der Haut	16
Tastpunkte und ihre Temperaturempfindlichkeit	16

Quellenhinweis

Die Ideen für die Experimente entstammen einem Fachdidaktikkurs Biologie für angehende Mittelschullehrpersonen, verschiedenen Webseiten und den folgenden drei Lehrbüchern:

- Kordilla, J.P. *Unterrichtspraxis Biologie; Strukturierung, Materialien, Informationen, Band 10: Hormon- und Nervenphysiologie beim Menschen*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln 1996.
- Eckebrecht, H., Kluge, S. *Natura Biologie für Gymnasien: Experimentensammlung Sekundarstufe II*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2008.
- Pohl, E., Dorn, A., *Unterrichtspraxis Biologie; Strukturierung, Materialien, Informationen, Band 9: Sinnesorgane des Menschen*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln 1998.

Die konkrete Quelle ist jeweils unterhalb des Experiments angegeben.

Allgemeine Neurobiologie

Erregungsleitung in Neuronen

Computer-Modelle
www.klett.de/software
www.zum.de-kurs

Saltatorische Erregungsleitung in Neuronen

Informationen über Reize aus der Umwelt werden in Form von elektrischen Impulsen weitergeleitet. In einem Modellversuch soll diese Erregungsleitung nachgebaut werden.

Material

- Stoppuhr
- ca. 50 Dominosteine
- einige dünne Trinkhalme

Versuch 1

Dominosteine auf der schmalen Seite hochkant dicht hintereinander aufstellen (Abstand zwischen den Steinen ca. 2 cm). Ein Nervenreiz kann durch das Antippen des vordersten Dominosteins (Reiz) nachgeahmt werden.

Versuch 2

Den ersten und den zehnten Dominostein hochkant aufstellen, die dazwischenliegenden auf der Längskante. Einen Trinkhalm auf die Oberseite der auf der Längskante liegenden Steine positionieren und die Anordnung mit dem Rest der Steine wiederholen, bis dieselbe Weglänge wie in Versuch 1 erreicht ist. Der Nervenreiz wird wiederum durch das Antippen des vordersten Dominosteins ausgelöst.

Aufgaben

- Messen Sie die Länge der Dominoreihe
- Stoppen Sie die Zeit vom Reiz (Umkippen des ersten Steines) am Anfang der «Nervenfasern» bis zum Ende (Umkippen des letzten Steins), notieren Sie diese.
- Berechnen Sie die Leitungsgeschwindigkeit (Geschwindigkeit = Strecke/Zeit).
- Wie lassen sich die verschiedenen Leitungsgeschwindigkeiten erklären?
- Übertragen Sie die gewonnenen Erkenntnisse auf die Nervenzellen.

Quelle: Kordilla, J.P. *Unterrichtspraxis Biologie; Strukturierung, Materialien, Informationen, Band 10: Hormon- und Nervenphysiologie beim Menschen*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln 1996.

Nervenleitgeschwindigkeit: Eine Analogie

Wie lässt sich die Wirkung von myelinisierten Nervenfasern auf die Nervenleitgeschwindigkeit anschaulich darstellen? In der Zeitschrift «The American Biology Teacher» wird eine Analogie vorgestellt, die mit wenig Material auskommt: einige Schüler, ein kleiner Ball und eine Stoppuhr.

Analogie eines Neurons ohne Myelinscheide

13 Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, sich in eine Reihe zu stellen. Nach einem Mann (M) folgen drei Frauen (F), dann folgt wieder ein Mann (M), dann wieder drei Frauen, usw. In Buchstaben ausgedrückt: MFFFMFFFMFFF. Natürlich lässt sich das Geschlechterverhältnis auch umkehren. Die Lehr-

person erklärt, dass diese Reihe einem Neuron ohne Myelinscheide entspricht. Dann erhalten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe, einen Ball so schnell wie möglich der Reihe entlang weiterzugeben. Die Lehrperson steht mit der Stoppuhr daneben und misst die Zeit.

Analogie eines Neurons mit Myelinscheide

Nun werden die Frauen aufgefordert, die Reihe zu verlassen. Zurück bleiben die durch Abstände getrennten Männer (M M M M).

Wieder muss der Ball so schnell wie möglich weitergegeben werden und wieder misst die Lehrperson die Zeit. Es wird rasch klar, dass die letztere Situation zu einem viel schnelleren Resultat führt.

Diese zweite Situation entspricht einem myelinisierten Neuron. Hier breitet sich das Aktionspotential saltatorisch aus, das heisst, es «springt» von Ranvier-Schnürring zu Ranvier-Schnürring. Die Männer entsprechen den Schnürringen, die Lücken den Myelinscheiden, der Ball dem Aktionspotential.

Quelle: <http://www.educ.ethz.ch/newsticker/bio/myelin/index> (2.2.2010)

Elektronisches Potential

Ein Nervensignal (Aktionspotential) besteht darin, dass sich die Spannung zwischen dem Inneren des Axons und der Umgebung ändert. Ruhe- und Aktionspotential sind durch spezielle Eigenschaften der Membrane möglich. Diese nicht direkt beobachtbare Erscheinung kann mit einem Modellversuch verdeutlicht werden.

Material

- Osmosegerät
- Einmachhaut
- Becherglas
- Kaliumchloridlösung
- Pipette
- Elektroden
- Spannungsmessgerät
- Kabel

Durchführung

Zwischen die beiden Hälften des Osmosegeräts wird die Einmachhaut gespannt (manche müssen zuvor bis zu einem Tag eingeweicht werden). Dann füllt man die Kaliumchloridlösung in einen Schenkel. Eine auf das Zehnfache verdünnte Lösung wird möglichst gleichzeitig in den anderen Schenkel gefüllt. In jeden Schenkel wird anschliessend eine Elektrode aus dem gleichen Material getaucht und mit dem Messgerät verbunden.

Ergebnis

Man misst eine Spannung von ca. 0.06V (theoretischer Wert bei exaktem Konzentrationsunterschied 0,059V). Die unterschiedliche Konzentration von Ionen auf beiden Seiten der Membran führt also zu einer Spannung.

Die Vorgänge, die für die Spannungsentstehung entscheidend sind, laufen an den Elektrodenoberflächen ab und nicht an der Einmachhaut. Dennoch zeigt der Versuch, dass im Konzentrationsunterschied der Ionen potenziell elektrische Energie steckt.

Hinweis

Man kann die Lösung auch auf das Hundertfache verdünnen, dann verdoppelt sich der Wert. Weitergehende Verdünnungen führen meist nicht zu sinnvollen Ergebnissen, da die Leitfähigkeit der Lösung zu gering wird.

Quelle: Eckebrecht, H., Kluge, S. *Natura Biologie für Gymnasien: Experimentensammlung Sekundarstufe II*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2008.

Das schwimmende Hirn

Das Gehirnwasser schützt das menschliche Gehirn wie ein Airbag. Der folgende Versuch demonstriert diese Schutzwirkung.

Material

- Rohes Ei
- Schale mit Wasser

Demonstration

Ein rohes Ei wird in eine Schale mit Wasser gelegt. Die Schale kann hin und her bewegt werden, ohne dass das Ei zerplatzt. Das Wasser schützt das Ei. Dieselbe Aufgabe hat das Gehirnwasser, in welchem unser Gehirn schwimmt. Es schützt das Gehirn im Normalfall vor zu heftigen Erschütterungen.

Quelle: Fachdidaktik Biologie III, Universität Zürich, 2009

Die Sinne

Präparation von Rinderaugen

Material

- frisches (!) Rinderauge
- Präparierschale
- Skalpell oder Rasierklinge
- Präparationsschere
- Pinzette
- Pergamentpapier
- Kerze + Zündhölzer/Feuerzeug
- Einweghandschuhe

Aufgaben

Halte deine Beobachtungen schriftlich fest.

1. Betrachten Sie das Rinderauge von aussen! Welche Teile des Auges können Sie erkennen?
2. Legen Sie das Auge mit der Pupille nach unten in die Präparierschale. Halten Sie es mit der Pinzette fest. Schneiden Sie mit dem Skalpell in die hintere Wand des Auges neben der Eintrittsstelle des Sehnervs vorsichtig, ohne den Glaskörper zu beschädigen, ein 1 cm x 1 cm grosses Fenster. Heben Sie das ausgeschnittene Stück mit der Pinzette ab. Bedecken Sie das Loch mit einem Stück Pergamentpapier. Zünden Sie die Kerze an. Halten Sie das Rinderauge so, dass es die Kerze „ansieht“. Betrachten Sie die brennende Kerze durch das Rinderauge hindurch. Bewegen Sie das Auge hin und her, so dass es näher oder weiter von der Kerze entfernt ist.
3. Schneiden Sie das Rinderauge so durch, dass eine vordere und eine hintere Hälfte entstehen. Fertigen Sie dabei den ersten Schnitt mit dem Skalpell an, dann kann das Auge mit der Präparierschere zertrennt werden.
Lösen Sie den Glaskörper vorsichtig aus der vorderen Augenhälfte. Überprüfen Sie seine Konsistenz. Drücken Sie vorsichtig die Linse heraus und legen Sie diese auf ein engbeschriebenes Papier. Betrachten Sie die hintere Hälfte des Auges. Was ist zu erkennen?

Quelle: Kordilla, J.P. *Unterrichtspraxis Biologie; Strukturierung, Materialien, Informationen, Band 10: Hormon- und Nervenphysiologie beim Menschen*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln, 1996.

Der blinde Fleck 1

Ein einfacher **Versuch** ermöglicht es, den blinden Fleck ausuprobieren:

Halten Sie das rechte Auge mit der Hand zu und fixieren Sie mit dem linken Auge rechts das X – das O ist nicht mehr zu sehen!

Umgekehrt für den blinden Fleck des rechten Auges: Linkes Auge zuhalten linken Punkt ansehen – der rechte Punkt verschwindet.

Zum Nachmachen: Auf ein quergelegtes normales weisses Blatt Papier werden zwei Punkte im Abstand von ungefähr 11 Zentimetern horizontal nebeneinander gezeichnet. Wahlweise auch kleine Symbole oder ähnliches (maximal 1 cm gross). Man hält das Blatt in Armlänge vor die Augen oder legt es vor sich auf den Tisch. Weiteres siehe oben.

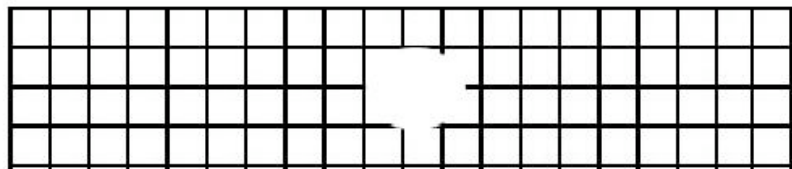


Quelle: http://www.blueprints.de/images/stories/article/278_0.gif (1.2.10)

Der blinde Fleck 2

Anleitung

Das linke Auge zuhalten und mit dem Rechten den Punkt fixieren. Beginnen Sie bei einem Abstand von ca. 15 cm zum Bildschirm und vergrößern Sie diesen Abstand. Sie sehen, wie der fehlende Teil des Musters ersetzt wird. Dies zeigt, dass Sie etwas sehen können, was über keine Sehzelle übertragen wurde. Die fehlende Information wird durch Ihr Gehirn vervollständigt.



http://de.wikipedia.org/wiki/Blinder_Fleck_%28Auge%29#Versuch_2:_Der_Blinde_Fleck_wird_ausgef.C3.BCIt (1.2.2010)

Optische Täuschungen

Beispiele von optischen Täuschungen und Erklärungen dazu findet man auf den folgenden Internetseiten:

<http://www.michaelbach.de/ot/>

<http://www.panoptikum.net/optischetaeusungen/index.html>

Unaufmerksamkeitsblindheit

Das folgende Experiment stammt von Wikipedia und kann auch in der Schule durchgeführt werden. Die entsprechenden Videos sind auf der Internetseite

http://viscog.beckman.illinois.edu/djs_lab/demos.html zu finden.

Es zeigt auf eindrückliche Weise, wie einfach unser visuelles System ausgetrickst werden kann und wie viel unseren Augen entgehen kann, ohne dass wir es merken.

Für die Durchführung ist wichtig, dass den Schülern vorgängig die Beobachtungsaufgaben klar gestellt werden und sie solche Tests noch nicht kennen.

Eine alternative Möglichkeit ist die Durchführung dieses Experimentes durch die Schüler mit verschiedenen Versuchspersonen wie Eltern, Freunden oder Geschwistern ausserhalb der Schule. Dadurch können sich die Schüler selbst als Versuchsleiter versuchen und zusätzlich zum Experiment auch ihre Qualitäten als solche sowie den Aufbau des Experimentes analysieren. (Waren die Anleitungen klar genug? War die Versuchsperson abgelenkt? Welche anderen Faktoren könnten das Versuchsergebnis verfälschen?)

Unaufmerksamkeitsblindheit

Oft bemerken wir selbst grössere Veränderungen an den Objekten in unserer Umgebung nicht (Veränderungsblindheit, change blindness). Ausserdem kann es vorkommen, dass wir sogar die Objekte selbst nicht wahrnehmen (inattentional blindness). Zusammengefasst legen diese Feststellungen den Schluss nahe, dass wir nur diejenigen Objekte und Details wahrnehmen oder bemerken, auf die wir unsere Aufmerksamkeit richten. Grund dafür ist die eingeschränkte Verarbeitungskapazität unseres Gehirns. Es muss also selektieren, welche Informationen relevant sind und welche weniger. Erst indem wir unsere Aufmerksamkeit einem Reiz zuwenden, wird uns dieser bewusst. Die Ausrichtung der Aufmerksamkeit beeinflusst die Aktivität bestimmter Gehirnstrukturen.

Experiment: „Gorillas in unserer Mitte“ von Simons und Chabris

Die Studie „Gorillas in unserer Mitte“ der University of Illinois zeigt, dass urbane Menschen selbst einen vorbeigehenden Menschen im Gorillakostüm übersehen können.

Dieses Experiment ist auf klassischen Studien zur geteilten visuellen Aufmerksamkeit aufgebaut und nimmt Bezug auf die von Mack und Roth beschriebene Unaufmerksamkeitsblindheit. Simons und Chabris untersuchen in ihrem Artikel „Gorillas in unserer Mitte“ das Phänomen der Unaufmerksamkeitsblindheit für komplexe Objekte und Ereignisse in bewegten Szenen. Die Ergebnisse der Untersuchung legen nahe, dass die Wahrscheinlichkeit, ein unerwartetes Objekt zu bemerken, sowohl von der Ähnlichkeit dieses Objekts mit den anderen präsentierten Objekten als auch von der Schwierigkeit der ursprünglichen Beobachtungsaufgabe abhängt.

Simons und Chabris verweisen auf verschiedene Studien (u. a. Ulrich Neisser 1979, Grimes 1996, Mack & Rock 1998), die gezeigt haben, dass bewusste Wahrnehmung Aufmerksamkeit verlangt.

Das Material für Simons' und Chabris' Experiment zum Unaufmerksamkeitsblindheits-Phänomen sind vier Videos von jeweils 75 Sekunden Dauer. Jeder Film zeigt zwei Teams mit je drei Spielern, eines trägt weisse, das andere schwarze T-Shirts. Die Mitglieder jedes Teams spielen sich einen normalen orangefarbenen Basketball durch werfen oder dribbeln zu. Nach 44 bis 48 Sekunden ereignet sich etwas Unerwartetes: In der Regenschirmfrau-Version (Umbrella Woman) geht eine grosse Frau mit einem aufgespannten Regenschirm von links nach rechts durch das Geschehen. In der Gorilla-Version läuft eine kleinere Frau, die vollständig in ein Gorillakostüm gehüllt ist, auf die gleiche Weise durchs Bild. Während dieser unerwarteten Ereignisse setzen die Basketballspieler ihre Aktionen unbeirrt fort.

Die Videos existieren in zwei Versionen: in einer transparenten Version (Transparent condition) und in einer undurchsichtigen Version (Opaque condition). Für Erstere wurden das weisse und das schwarze Team sowie der „Zwischenfall“ zunächst separat gefilmt, anschliessend teilweise transparent gemacht und mit Hilfe digitaler Nachbearbeitung übereinander gelegt. Für die undurchsichtige Version wurden alle

sieben Akteure gleichzeitig gefilmt. Herausgekommen sind vier Filme: Transparent/Umbrella Woman, Transparent/Gorilla, Opaque/Umbrella Woman, Opaque/Gorilla.

An dieser Stelle sei der Hinweis angebracht, dass die erste Versuchsanordnung (Transparent/Umbrella Woman) derjenigen von Neisser (1979) entspricht, die Simons und Chabris in ihrem Artikel auch beschreiben.

Bevor sie ein Video sehen, erhalten die Versuchspersonen die Aufgabe, sich entweder auf das weisse oder das schwarze Team zu konzentrieren und sämtliche Ballwechsel des beobachteten Teams im Kopf mitzuzählen (Easy condition) bzw. die geworfenen und die gedribbelten Ballwechsel getrennt zu zählen (Hard condition). Nachdem die Versuchspersonen das Video gesehen und ihren Beobachtungsauftrag erfüllt hatten, wurden sie gebeten, ihre Zahlen niederzuschreiben. Anschließend fragte man sie, ob ihnen (a) während des Zählens etwas Ungewöhnliches aufgefallen sei, (b) ob sie noch etwas anderes als die sechs Spieler bemerkt hätten, (c) ob jemand anders im Video aufgetreten sei, schliesslich: (d) Haben Sie einen Gorilla (eine Frau mit Regenschirm) durch das Bild gehen sehen?

Letztendlich blieben für die Auswertung 192 Versuchspersonen übrig (einige mussten ausscheiden, weil sie ein ähnliches Experiment bereits kannten oder weil sie vergassen mitzuzählen). Von den 192 übriggebliebenen Versuchspersonen bemerkten quer durch alle Filmversionen 54 % den „Zwischenfall“, 46 % bemerkten ihn nicht. (Simons und Chabris schlüsseln die Ergebnisse nach Transparent und Opaque condition, Easy und Hard condition auf).

Interessant ist, dass die Frau mit dem Regenschirm öfter entdeckt wurde als die im Gorillakostüm (65 % versus 44 %). Und weiter: Die Versuchspersonen, die das schwarze Team beobachteten, bemerkten den Gorilla öfter als die, die das weisse Team im Fokus ihrer Aufmerksamkeit hatten (Schwarz 58 %, Weiss 27 %). Allerdings machte es für das Entdecken der Frau mit dem Regenschirm nur einen kleinen Unterschied, ob weisse oder schwarze Ballwechsel gezählt wurden (Schwarz 62 %, Weiss 69 %). Der Gorilla ist schwarz, während die Frau mit dem Regenschirm hell gekleidet ist und sich vom schwarzen wie vom weissen Team gleichermassen abhebt.

Ergebnisse

- Ungefähr die Hälfte der Versuchspersonen nehmen ein länger dauerndes, eigentlich sehr auffälliges, jedoch unerwartetes Ereignis nicht wahr, wenn sie mit einer elementaren Beobachtungsaufgabe beschäftigt sind.
- Die Höhe der Inattentional Blindness hängt vom Schwierigkeitsgrad der Beobachtungsaufgabe ab.
- Die Versuchspersonen nehmen eher Notiz von einem unerwarteten Ereignis, wenn dieses wesentliche visuelle Merkmale (wie Farbe) mit der zu beobachtenden Situation teilt – ein Widerspruch zum traditionellen Pop-out-Phänomen in visuellen Suchaufgaben (und im Gegensatz zu Neisser, 1979).
- Objekte können sich direkt durch das Zentrum der Aufmerksamkeit bewegen (foveales Sehen) und werden trotzdem nicht wahrgenommen, wenn wir ihnen keine spezielle Aufmerksamkeit entgegenbringen.

Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Unaufmerksamkeitsblindheit#.E2.80.9EGorillas_in_unserer_Mitte.E2.80.9C_.28Simons_und_Chabris.29 (26.2.10)

Wie wird Schall übertragen?

Material

- Wecker
- Vakuumpumpe mit Glasglocke
- Schwamm

Aufbau

Unter einer Glasglocke, die evakuiert werden kann, wird auf einem Schwamm ein Wecker positioniert. Es ist unerheblich, ob der Wecker seine Klingeltöne durch eine Glocke oder einen Lautsprecher abgibt. Der Schwamm ist zum Gelingen des Experiments notwendig.

Versuchsablauf und Beobachtung

Im nicht-evakuierten Zustand ist auch bei aufgesetzter Glasglocke das Klingeln deutlich zu hören. Wird während des Klingelns die Luft unter der Glasglocke herausgepumpt, wird es leiser und leiser, bis man gar nichts mehr hören kann.

Erklärung

Schall braucht zu seiner Ausbreitung ein Medium, in diesem Fall Luft. Entfernt man die Luft um den Schallerzeuger herum, kann der Schall nicht mehr übertragen werden.

Führt man den Versuch ohne Schwamm durch, werden Schwingungen über den Boden des Vakuumgefäßes nach außen übertragen. Das Klingeln ist dann auch im evakuierten Zustand noch leise zu hören.

<http://www.isb.bayern.de/isb> (2.2.10)

Unterrichtskonzept zum Themenbereich Luft – Schall (NT 5.1.2)

Modellversuch zur Schallübertragung am Trommelfell

Material

- 2 Tamburine
- 2 Schlegel
- Pingpongball am Faden
- Stativmaterial

Aufbau

Zwei Tamburine (T1 und T2) werden in einem Abstand von wenigen Metern voneinander aufgestellt und mit Hilfe von Stativmaterial fest an einen Tisch montiert (am besten mit Tischklemmen). Der an einem Faden aufgehängte Tischtennisball soll die Membran eines der beiden Tamburine (T2) berühren.

Versuchsablauf und Beobachtung

Man schlägt mit dem Schlegel auf das Tamburin T1, worauf der Tischtennisball am Tamburin T2 praktisch sofort nach aussen schwingt.

Erklärung

Bei der Schallerzeugung werden offenbar Luftteilchen bewegt. Von T1 geht eine Schallwelle aus, die man sich wie eine Wasserwelle vorstellen kann, und trifft nach kurzer Zeit auf T2. Durch die ankommende Welle wird das Trommelfell von T2 in Schwingungen versetzt, worauf der Tischtennisball einen Stoss bekommt.

Dieser Versuch stellt ein anschauliches Modell für die Funktion des Trommelfells im menschlichen Ohr dar.

Quelle: <http://www.isb.bayern.de/isb> (2.2.10)

Unterrichtskonzept zum Themenbereich Luft – Schall (NT 5.1.2)

Demonstration von Schallwellen

Material

- Stimmgabel
- Mit Wasser gefüllte Petrischale
- Hellraumprojektor

Durchführung

Die mit etwas Wasser gefüllte Petrischale wird auf den Hellraumprojektor gestellt. Der Hellraumprojektor wird angeschaltet, dadurch können die Wasserbewegungen von allen Schülerinnen und Schülern gut gesehen werden. Die Stimmgabel wird in einiger Entfernung vom Hellraumprojektor angeschlagen und langsam in die Nähe der mit Wasser gefüllten Petrischale gebracht.

Je näher man mit der Stimmgabel zum Wasser kommt, desto deutlicher bilden sich Wellen. Am schönsten wird das Bild, wenn die Stimmgabel ins Wasser eingetaucht wird.

Quelle: Fachdidaktik Biologie III, Universität Zürich, 2009

Experimente zu Schall und Hören (für Schüler bis ca. 15 Jahre)

Knochen leiten Schall

Verschliessen Sie mit den Fingern beide Ohrgänge. Ihr Partner hält Ihnen nun eine angeschlagene Stimmgabel direkt ans Ohr. Dann setzt der Partner Ihnen die Stimmgabel direkt auf den Kopf, erst in die Mitte, dann seitlich.

- Wann hören Sie den Ton? Ändert sich der Höreindruck bei der seitlichen Verlagerung der Stimmgabel?
- Warum können Sie hören, obwohl Ihr Gehörgang verschlossen ist?
- Für Sie klingt Ihre Stimme anders, wenn sie aus dem Lautsprecher kommt. Warum?

Wir erproben das Richtungshören

Schüler stehen im Kreis um die Versuchsperson herum und klatschen einzeln. Kann die Versuchsperson mit verbundenen Augen angeben, aus welcher Richtung das Klatschen kommt?

Die Versuchsperson verschliesst sich mit einem Wattestöpsel ein Ohr. Wieder soll sie die Richtungen erkennen.

- Was zeigt dieser Versuch über das Richtungshören?

Wie wir Richtungen hören

Markieren Sie einen 1 m langen Gummischlauch genau in der Mitte. Ihr Partner hält die beiden Schlauchenden in seine Ohren. Klopfen Sie mit einem Stift leicht auf den Schlauch.

- Kann Ihr Partner angeben, ob Sie links, rechts oder in der Mitte auf den Schlauch geklopft haben?
- Versuchen Sie, das Ergebnis zu erklären.



„Vertauschte Ohren“

Stecken Sie auf zwei Gummischläuche jeweils einen Trichter. Befestigen Sie die Schläuche so wie in der Abbildung gezeigt. Stellen Sie sich nun in die Mitte des Klassenzimmers, schliessen Sie die Augen und halten Sie die Enden der Schläuche in Ihre Ohren.

- Ihre Mitschüler klatschen abwechselnd in die Hände. Können Sie die Richtung des Klatschenden eindeutig bestimmen?
- Vertauschen Sie nun die Schlauchenden. Was stellen Sie fest?



Tonhöhe

Prüfen Sie mit einem Tongenerator Ihre obere Hörgrenze.

- Bis zu welcher Frequenz können Sie hören?
- Vergleichen Sie mit Ihren Mitschülern. Ergibt sich ein deutlicher Unterschied zu Ihrer Lehrerin oder Ihrem Lehrer?

Quelle: http://www.cornelsen.de/tw_statisch_neu/neue_lehrplaene/nrw/download/gess_nawi/P954372_x1KA_134_137_hoeren.pdf (2.2.2010)

Richtungshören

Material

- Augenbinde
- Ohropax
- ca. 1m Laborschlauch
- 2 Haushaltstrichter
- Holzstab

Vorversuch

Die Schüler sitzen im Kreis. In der Mitte sitzt ein Schüler mit verbundenen Augen. Die Schüler machen nacheinander aus verschiedenen Richtungen Geräusche. Die Versuchsperson zeigt in Richtung des Geräusches.

Versuch

Ein Laborschlauch wird an beiden Enden mit einem Trichter versehen. Die Versuchsperson hält beide Trichter an die Ohren, während der Schlauch hinter ihr auf einer weichen Unterlage (sonst hüpfet der Schlauch beim Daraufliegen) liegt. Die Mitte des Schlauches wird markiert. Rechts und links dieser Markierung wird eine Zentimetereinteilung angebracht (jeweils 10 cm). Der Versuchsleiter schlägt mit dem Holzstab in einiger Entfernung rechts und links der Mitte auf den Schlauch. Die Versuchsperson gibt an, von welcher Seite sie das Geräusch gehört hat. Die Messwerte, bei der die Versuchsperson gerade noch sicher unterscheiden kann, ob rechts oder links geklopft wurde, werden in einer Tabelle festgehalten.

Auswertung

1. Ermitteln sie aus der Wegdifferenz des Schalls die Zeitdifferenz, mit der der Schall an den beiden Ohren eintrifft.

$$\text{Wegdifferenz} = 2x \text{ Wert für eingetragenen Wert}$$

(links/rechts Unterscheidung gerade noch möglich)

$$\text{Schallgeschwindigkeit Luft} = 340 \text{ m/s}$$
$$\text{Schallgeschwindigkeit} = \text{Wegdifferenz/Laufzeitdifferenz}$$
$$\text{Laufzeitdifferenz} = \text{Wegdifferenz/Schallgeschwindigkeit}$$

2. Wie funktioniert das Richtungshören?

Quelle Pohl, E., Dorn, A. *Unterrichtspraxis Biologie; Strukturierung, Materialien, Informationen, Band 9: Sinnesorgane des Menschen*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln 1998.

Hörbereich testen

Ziel

Das menschliche Ohr ist für unterschiedliche Frequenzen verschieden empfindlich. Es treten individuelle Unterschiede auf. Mit zunehmendem Alter nimmt die Hörfähigkeit für hohe Töne ab.

Material

- Tongenerator (verschiedene Varianten über das Internet verfügbar)
- Kopfhörer

Durchführung

Die Testperson gibt an, ob sie den von einer zweiten Person vorgespielten Ton wahrnimmt. Töne von 10'000–20'000 Hertz werden in verschiedenen Lautstärken getestet und in eine Tabelle eingetragen (X-Achse Frequenz in kHz, Y-Achse Schalldruckpegel in dB).

Ergebnis

Nur ein bestimmter Frequenzbereich wird gehört.

Variation

Die Wiederholung des Versuches nach dem Hören von lauter Musik macht eine temporäre Hörschwäche deutlich.

Quelle: Eckebrecht, H., Kluge, S. *Natura Biologie für Gymnasien: Experimentensammlung Sekundarstufe II*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2008.

Geschmackswahrnehmung

Schmecken mit offener Nase

Arbeit in Zweiergruppen. Verbinden Sie der Versuchsperson die Augen. Trocknen Sie ihre Zungenoberfläche mit Filterpapier ab. Tupfen Sie mit einem Wattestäbchen je einen Tropfen Zuckerlösung nacheinander auf die in der Abbildung der Zunge angegebenen Zonen. Diese Zonen stellen die Geschmacksfelder der Zunge dar. Tragen Sie in diese Skizze ein, wo die Prüflösung am stärksten wahrgenommen wird. Nach dem Versuch wird der Mund gut mit Wasser ausgespült und die Zunge wieder abgetrocknet. Mit den anderen Prüflösungen wird genauso verfahren. Dabei darf ein Wattestäbchen nur einmal verwendet werden.

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen. Markieren Sie in der Skizze die Geschmackszonen der Zunge für "süß", "salzig", "sauer" und "bitter".

Schmecken mit geschlossener Nase

Arbeit in Zweiergruppen. Verbinden Sie der Versuchsperson die Augen. Diese hält sich die Nase zu. Lassen Sie die Versuchsperson nacheinander von den einzelnen Breisorten kosten. Achtung: Nach jeder Einnahme wird der Mund mit Wasser ausgespült. Die Versuchsperson bestimmt die Schmeckproben. Die Ergebnisse werden notiert.

Diese Untersuchung wird wiederholt, wobei die Nase der Versuchsperson unverschlossen bleibt.

Aufgabe

Vergleicht die Ergebnisse beider Versuchsreihen.

Quelle: <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/natsekeins/fortbildung/text/ExpOrient.html> (2.2.2010)

Adaption an Gerüche

Vorbereitung

Arbeit in Zweiergruppen. Jede Zweiergruppe erhält 3 verschliessbare Gefässe mit stark duftenden Objekten / Ölen oder ähnlichem drin. Die Gefässe, die mit den Nummern 1, 2 oder 3 gekennzeichnet sind, dürfen **nur für die Dauer der jeweiligen Versuche** geöffnet werden. Bestimmen Sie, wer Versuchsperson A und wer Versuchsperson B sein soll. Sie dürfen nur auf Hinweis miteinander über Ihre Beobachtungen sprechen. Auch sollten Sie die Notizen der Kollegin/des Kollegen nicht sehen.

Vorversuch

Riechen Sie beide ganz kurz an Duftquelle 1 und an Duftquelle 2 (nicht an 3!). Um welche Aromen handelt es sich? Tauschen Sie Ihre Ansichten aus.

Experiment 1

Beide Versuchspersonen machen nacheinander den gleichen Versuch. Beginnen Sie – mit Blick auf den Sekundenzeiger Ihrer Uhr – intensiv und ununterbrochen an Duftquelle 1 zu riechen.

- Was fällt Ihnen nach einiger Zeit auf?
- Wie lange hat es etwa gedauert, bis Ihnen etwas aufgefallen ist?

Erwartete Leistung

Unsere Riechempfindlichkeit gegenüber einem bestimmten Geruch ist veränderlich und lässt bei intensivem Geruch mit der Zeit nach. Das erlebte Phänomen nennt man **Adaption**, also die sinkende Wahrnehmung von Gerüchen, denen man ausgesetzt war, wie etwa bei täglicher Anwendung von Parfüm oder nach Arbeit in stark riechender Umgebung.

Experiment 2

Versuchsperson A riecht ca. 30 Sekunden lang ununterbrochen an Duftquelle 1. Versuchsperson B riecht ca. 30 Sekunden lang ununterbrochen an Duftquelle 2. (Bei der Zeitangabe handelt es sich um eine Richtzeit. Sie riechen einfach so lange, bis eine deutliche Adaption eintritt.) Anschliessend riechen Sie

sofort an Duftquelle 3.

- Was riechen Sie? Schreiben Sie auf (evtl. Auswahl von Möglichkeiten angeben)

Erwartete Leistung

Die Dufterkennung kann schwierig sein, wenn zuvor durch intensives Riechen eine Adaption stattgefunden hat. Die Empfindungen von A und B können sich sogar völlig widersprechen.

Experiment 3

Beide Versuchspersonen machen nacheinander den gleichen Versuch. Riechen Sie an Duftquelle 1 bis Adaption eingetreten ist. Dann riechen Sie kurz (5-10 Sekunden) an Duftquelle 2 oder an Ihrer Hand (wegen der Assoziation bei Arm: Schweiß) oder an einem Parfüm oder an sonst irgendetwas. Anschliessend schnüffeln Sie sofort wieder an der Duftquelle 1.

- Was fällt Ihnen auf?

Erwartete Leistung

Durch Riechen an etwas anderem kann die Empfindlichkeit gegenüber einem bestimmten Geruch wieder gesteigert werden.

Quelle: http://www.chemie.unibas.ch/~nachwuchs/chemie/modul_1.html (29.1.10)

Schwellenwert beim Geschmackstest

Ziel

Um eine Wahrnehmung zu erreichen, muss ein Reiz einen bestimmten Schwellenwert überschreiten. Lichtreize, akustische Reize und auch chemische Reize müssen eine gewisse Mindeststärke besitzen, damit sie von den Sinneszellen wahrgenommen werden. Die Schwellenwerte schwanken von Art zu Art und auch von Individuum zu Individuum. Mit einem einfachen Geschmackstest kann der Geschmacksschwellenwert ermittelt werden.

Material

- 1%ige Kochsalzlösung in verschiedenen Verdünnungen (jeweils 10er Schritten)
- Trinkbecher
- grosses Gefäss für Aufnahme von Spülflüssigkeit

Durchführung

Zunächst wird der Mund mit Trinkwasser zweimal gut ausgespült. Dann nimmt der Schüler einen kleinen Schluck (ca. 10ml) der am stärksten verdünnten Lösung, ohne dass er deren Zusammensetzung und Konzentration kennt. Die Lösung wird etwa eine halbe Minute im Mund hin und her bewegt und damit die gesamte Zunge ausreichend benetzt. Die Lösung wird ausgespuckt und der Mund erneut zweimal mit Trinkwasser gespült. Nach einer kurzen Wartezeit wird die Prüfung mit der nächststärkeren Lösung wiederholt usw. Um zu sicheren Ergebnissen zu gelangen, sollte die Testserie mindestens einmal wiederholt werden.

Ergebnis

Von einigen Schülern wird das Salz ab einer bestimmten Konzentration wahrgenommen, von anderen hingegen erst die nächsthöhere. Beide Gruppen haben somit ihren Geschmacksschwellenwert für salzig festgestellt. Er lässt sich in der CaCl-Konzentration ausdrücken.

Hinweis

Neben salzig lassen sich auch andere Geschmacksqualitäten prüfen. Die Rezeptoren sind nicht gleichmässig verteilt, kommen aber auch nicht ausschliesslich in bestimmten Bereichen vor.

Quelle: Eckebrecht, H., Kluge, S. *Natura Biologie für Gymnasien: Experimentensammlung Sekundarstufe II*, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 2008.

Verteilung der Druckpunkte auf der Haut

Material

- Stechzirkel
- Augenbinde

Durchführung

Das Experiment wird in Zweiergruppen durchgeführt. Einem Schüler werden die Augen verbunden. Der andere Schüler setzt die Spitzen des Stechzirkels gleichzeitig (!) mit nur geringem Druck (Verletzungsfahr!) auf die Haut der Versuchsperson. Diese gibt an, ob sie eine oder zwei Druckempfindungen wahrnimmt.

Die Spitzenabstände werden vor jedem Test gemessen. Es empfiehlt sich, den Abstand der Spitzen zu verändern und die Hautstellen zu variieren (Handrücken, Fingerkuppe, Wange, Lippe, Unterarm, Rücken...)

Aufgabe

- Protokollieren der Versuchsergebnisse in einer Liste
- Ermittlung des durchschnittlichen Abstandes der Druckpunkte für jede Hautstelle.
- Vergleichen Sie und erklären Sie die Ergebnisse

Tastpunkte und ihre Temperaturempfindlichkeit

Material

- Tastborste
- Augenbinde
- 4 Nägel, ca. 6 cm lang
- 2 Bechergläser, 600 ml
- 2 Thermometer, 0-100 °C
- Bunsenbrenner
- Stativmaterial
- Eiswürfel
- Tiegelzange
- Trockentuch
- Filzstift

Durchführung

Das Experiment wird in Zweiergruppen durchgeführt. Einem Schüler werden die Augen verbunden. Der andere Schüler setzt die Tastborste mit geringem Druck auf den Handrücken der Versuchsperson. Diese gibt an, ob sie eine Druckempfindung wahrnimmt. Die Stellen, an denen die Versuchsperson etwas wahrnimmt, werden mit einem feinen Filzstift markiert.

Ein Becherglas wird mit Wasser gefüllt, welches auf ca. 75°C erhitzt wird. Die Temperatur wird von Zeit zu Zeit überprüft. Das Wasser wird erneut erhitzt, wenn seine Temperatur auf 70°C abgefallen ist.

Im zweiten Becherglas wird Wasser durch Zugabe von Eiswürfeln auf eine Temperatur von 4°C gebracht, die weitgehend konstant gehalten wird. Jeweils zwei Nägel werden in das kalte, die beiden anderen in das heiße Wasser gelegt.

Der Versuchsperson werden die Augen wieder verbunden.

Einer der erwärmten Nägel wird aus dem Wasser genommen und abgetrocknet. Durch vorsichtiges Abtasten der vorher markierten Punkte mit der Nagelspitze werden die Tastpunkte auf Wärmeempfindlichkeit untersucht. Der Nagel muss dabei mit mässigem Druck und etwas schräg auf die Haut gesetzt wer-

den. Der Nagel muss wegen der Abkühlung nach ca. einer halben Minute gegen den anderen ausgetauscht werden.

Entsprechend wird die Haut mit den kalten Nägeln auf Kälteempfindlichkeit geprüft.

Aufgabe

Protokollieren und interpretieren der Versuchsergebnisse.

Wärme- und Kältepunkte der Haut Pohl / Dorn 1998, S. 80

Quelle: Pohl, E., Dorn, A.: *Unterrichtspraxis Biologie; Strukturierung, Materialien, Informationen, Band 9: Sinnesorgane des Menschen*, Aulis Verlag Deubner & Co, Köln 1998.