

Kurze Darstellung der Experimente für den ganztägigen Besuch im Schülerlabor für Neurowissenschaften

1. Anatomie und Histologie des Nervensystems

Das Verständnis der Funktion des zentralen Nervensystems ist eng mit dem Verständnis seiner Struktur verbunden. Anatomie geht der Physiologie voraus! Wir bieten deshalb Übungen an, die in die makroskopische und mikroskopische Anatomie des Nervensystems einführen. Die makroskopische Neuroanatomie erarbeiten sich die Schüler mit einem ‚Prototyp‘ eines Säugerhirns, dem Lammhirn. Zusätzlich können krankheitsbedingte Änderungen in Hirnschnitten von Maus Mutanten untersucht werden, die als Modell für die Alzheimer Krankheit entwickelt wurden.



- Es steht ein präpariertes Lammhirn zur Verfügung, welches zunächst von außen untersucht wird und dann unter Anleitung geschnitten wird.
- Details können unter einem Mikroskop betrachtet werden und mit einer eingebauten Digitalkamera fotografiert werden.
- Es stehen vorgefertigte und gefärbte Hirnschnitte von verschiedenen Säugetieren für die Betrachtung mit dem Mikroskop zur Verfügung.
- Zentralnervöse Veränderungen stehen als Indikator für eine Krankheit (Alzheimer): Mäuse mit/ohne Amyloidablagerungen
- Beiträge des Kleinhirns: Vergleichende Verhaltens- und Anatomiebeobachtungen an Lurcher-Mäusen

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Bau einer Nervenzelle. Morphologisch-anatomische Betrachtung des Grundbauplans des Wirbeltier-ZNS

2. Elektrische Aktivitäten von Nerven- und Muskelzellen: Intrazelluläre Ableitungen (Schnecke)

Im ZNS erfolgt die Informationsweiterleitung und -verarbeitung durch elektrische Potenziale, die sich entlang der Neuronenmembranen der Dendriten und des Zellkörpers und dann - aufgrund der Anwesenheit von spannungsgesteuerten Ionenkanälen - entlang der Axone ausbreiten. Die Übertragung des Signals auf nachgeschaltete Neurone erfolgt in der Regel über chemische Synapsen, an denen ein Neurotransmitter ausgeschüttet wird, der wiederum das postsynaptische Neuron erregt. Diese alternierenden elektrischen und chemischen Prozesse werden an einem isolierten Ganglion der Weinbergschnecke untersucht.



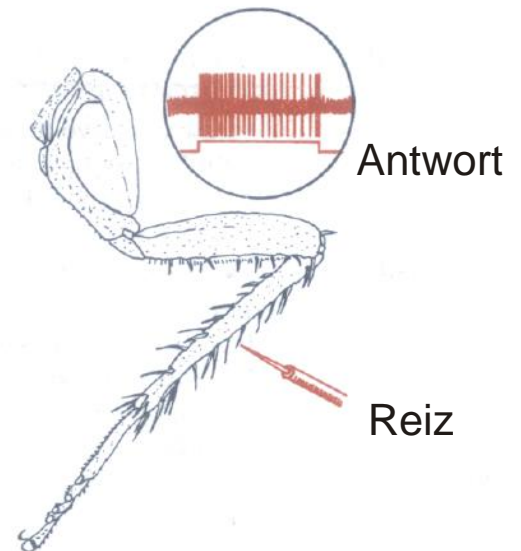
- Einführung in die Apparatur, Testmessungen mit einer künstlichen Zelle
- Präparation Buccalganglion einer Weinbergschnecke
- Herstellung von geeigneten Mikroelektroden
- Darstellung der vier Riesenneurone im Präparat
- Intrazelluläre Ableitungen: Ruhe- und Aktionspotenzial, ggf. spontane postsynaptische Potenziale,
- Membranpotenziale auf kurze Strominjektionen. Erstellen einer Strom-Spannungskennlinien
- post-synaptische Potenziale durch die elektrische Stimulation der Afferenzen in der Kommissur beider Buccalganglien.
- post-tetanische Potenzierung, Steigerung der Effizienz der synaptischen Übertragung (LTP), andere Manipulationen der Effizienz der synaptischen Übertragung

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Mechanismen der elektrischen und stofflichen Informationsübertragung und die daran beteiligten Membranvorgänge beschreiben

3. Elektrische Aktivitäten von Nerven- und Muskelzellen: Extrazelluläre Ableitungen (Schabe)

Im Nerv wird Information in Form von elektrischen Potenzialänderungen weitergeleitet. Dabei wird unterschieden zwischen afferenter Weiterleitung, bei der Information aus den sensorischen Systemen der Peripherie ins zentrale Nervensystem gelangt, und efferenter Weiterleitung, bei der zentral generierte Befehle in der Peripherie zu Muskelkontraktionen, und damit zu beobachtbarem Verhalten führen.

Die Präparation eines isolierten, aber intakten Schabenbeines ermöglicht die extrazelluläre Ableitung von Summenaktionspotenzialen, die durch die Stimulation mechanosensitiver Sinneshaare ausgelöst werden können.



- Einführung in den Aufbau einer einfachen elektrophysiologischen Messapparatur.
- Extrazelluläre Ableitung von Summenaktionspotenzialen.
- Darstellung und Auswertung des Antwortverhaltens einzelner Mechanorezeptoren.
- Auslösen von Muskelkontraktionen durch elektrische Stimulation.

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Mechanismen der elektrischen und stofflichen Informationsübertragung und die daran beteiligten Membranvorgänge beschreiben.

4. Elektrische Aktivitäten von Nerven- und Muskelzellen: Elektrische Fische

Schwach elektrische Fische im schmutzigen Süßwasser in Afrika und Südamerika benützen elektrische Felder zur Orientierung und Kommunikation. Das elektrische Feld wird durch ihr elektrisches Organ produziert. Dieses Organ besteht aus umgewandelten Muskelzellen (Elektroplax). Die kontraktile Elemente dieser Zellen sind verschwunden, es sind nur noch die neuromuskulären Endplatten auf einer Seite der Elektroplax vorhanden. Aufgrund dieser Asymmetrie bewirkt das post-synaptische Potenzial ein elektrisches Feld auf.



Parallelschaltung der Elektroplax führt zu einer hohen Stromstärke, Serienschaltung zu hohen Spannungen. Die Fische messen die Details der Feldstärke mit Elektrorezeptoren, die in der Haut der Fische verteilt sind. Es stehen zwei Arten zur Verfügung: Elefantenrüsselfisch (Gnathonemus) und Messerfisch (Eigenmannia). Die Fische können für die Untersuchungen aus dem Haltungsaquarium in ein kleines Untersuchungsbecken gebracht werden.

- Untersuchung der Entladungsmuster und –frequenzen (Einfluss der Wassertemperatur) in beiden Arten. Mit zwei Plattenelektroden wird das elektrische Feld der Fische gemessen. Gnathonemus benützt das elektrische Signal vor allem zur Orientierung, Eigenmannia vor allem zur Kommunikation.
- Wir bestimmen mit Hilfe einer Stabelektrode die Feldstärke an verschiedenen Punkten um den Fisch herum.

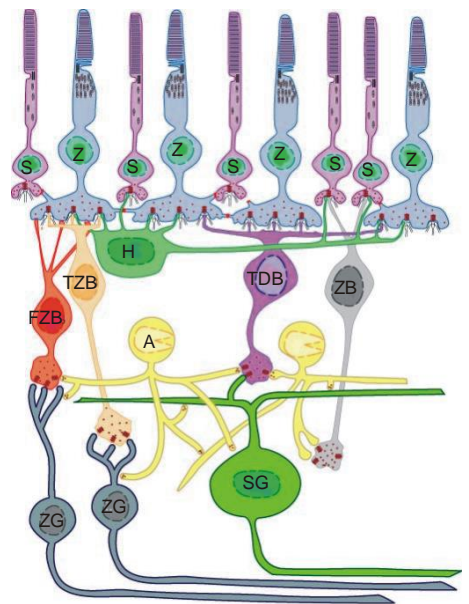
- c. Wir beobachten die Reaktion des Fisches auf Gegenstände (Leiter oder Isolatoren) in seiner Nähe. Wir können das elektrische Umfeld des Fisches kurzschließen oder mit den Feldern anderer Fische verbinden.
- d. Wir bestimmen das Geschlecht einer Eigenmannia anhand des elektrischen Signals.
- e. Wir untersuchen die Reaktion einer Eigenmannia auf ein künstliches elektrisches Feld erzeugt von einem Funktionsgenerator.

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Mechanismen der elektrischen und stofflichen Informationsübertragung und die daran beteiligten Membranvorgänge beschreiben

5. Neurobiologie der Sinnessysteme: Psychophysik Sehen

Im Schülerlabor werden Experimente durchgeführt, die ausgewählte Aspekte der Verarbeitung von Sinnesreizen durch das Gehirn veranschaulichen. Diese Experimente spannen einen weiten Bogen von der Bestimmung reiner Wahrnehmungsleistungen bis zur Beschreibung kognitiver Prozesse, die durch bestimmte Reize ausgelöst werden. Selbst ganz einfache Wahrnehmungsleistungen werden substantiell durch die gerichtete Aufmerksamkeit beeinflusst.

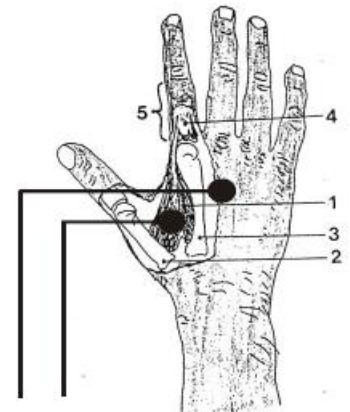
1. Beim Vergleich unseres Auges mit Digitalkamera fällt auf, dass erstens unser Auge weniger Pixel – es verlaufen nur eine Million Axone im Sehnerv - als eine Digitalkamera hat und zweitens unser **Auflösungsvermögen** nicht konstant über das ganze Gesichtsfeld ist.
 - a) In welchen Einheiten kann die Größe eines Objekts angegeben werden?
 - b) Wir bestimmen unser räumliches Auflösungsvermögen an verschiedenen Stellen des Gesichtsfeldes.
 - c) Wir bestimmen die Größe unseres Gesichtsfeldes (Perimetrie) und vergleichen es mit dem Gesichtsfeld einer Digitalkamera.
 - d) Wir untersuchen die Grenzen der visuellen Wahrnehmung am Beispiel der Hocharbeitung des Versatzes zweier Linien (Vernier Versatz).
2. **Bewegungssehen:** Wir sehen im Kino keine einzelnen Bilder, sondern nehmen eine kontinuierliche Bewegung wahr. Hier wollen wir Details zur Bewegungswahrnehmung untersuchen.
 - a) Wie groß ist unser zeitliches Auflösungsvermögen? Gibt es eine Abhängigkeit von der Helligkeit und vom Ort des Reizes?
 - b) Ist unsere Fähigkeit zur Einschätzung der Geschwindigkeit eines Objekts in jeder Situation gleich. Existieren vielleicht Geschwindigkeitsillusionen?
 - c) Können wir Bewegung ohne tatsächliche Bewegung wahrnehmen (induzierte Bewegung)?
 - d) Gibt es eine Nachwirkung bei längerer Betrachtung von Bewegung (Wasserfall Illusion)?
3. Primitive **Mathematik:** Wir teilen mit einigen Tierarten die Fähigkeit, Anzahlen nicht-sprachlich zu erfassen. Wir untersuchen, ob Anzahlen ähnlich wie andere Wahrnehmungsgrößen (Farbe, Helligkeit, etc) verarbeitet werden.
 - a) Anzahlen abschätzen und vergleichen
 - b) Lässt sich die Existenz eines mentalen Zahlenstrahls (links kleine Zahlen werden mit links assoziiert, große Zahlen große Zahlen mit rechts) nachweisen?
 - c) Treten beim Einschätzen von Mengen Illusionen auf (entsprechend der Wasserfall-Illusion)?



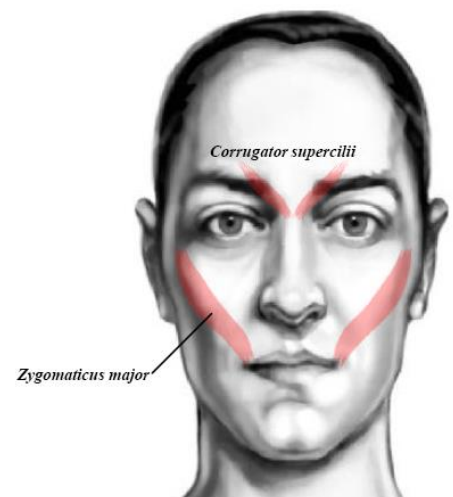
Copyright © 2002, Elsevier Science (USA). All rights reserved.

7. Neurobiologie des motorischen Systems: Elektromyographie

Die quergestreifte Muskulatur wird durch die Aktivität von Motoneuronen zur Kontraktion veranlasst. Eine motorische Einheit besteht aus einem Motoneuron und allen Muskelfasern, die von ihm kontaktiert werden. Die Kontraktion eines Muskels wird durch eine elektro-mechanische Kopplung ausgelöst. Ein Aktionspotenzial eines Motoneurons führt zur Freisetzung von Acetylcholin in die neuromuskuläre Endplatte, post-synaptische Potenziale lösen Muskelaktionspotenziale aus, die zu einer Freisetzung von Ca^{2+} Ionen aus dem sarkoplasmatischen Reticulum führen und letztlich das Ineinandergleiten der Aktin- und Myosinfilamente bewirken. Diese Potenziale der motorischen Einheiten können auf der Oberfläche eines Muskels gemessen werden. Haie können mit ihren empfindlichen Elektrozeporen (Lorenzische Ampullen) diese Potenziale von den Muskeln einer Beute erkennen.



- Wir beginnen mit der Messung des EMG eines Fingermuskels (*M. interosseus dorsalis I.*). Er bewegt den Zeigefinger zur Körpermitte. Man kann ihn besonders gut mit dem Zeigefinger der anderen Hand fühlen. Mit Hilfe von Hautelektroden können wir das EMG abgreifen.
- Mit einem Joystick können wir die Bewegung des Zeigefingers aufzeichnen, parallel zur Aufzeichnung des EMGs. Wir untersuchen eine isotonische Kontraktion bei verschiedenen Beschleunigungen des Fingers.
- Mit unterschiedlichen Gewichten können wir isometrische Kontraktionen messen
- Wir versuchen zunächst, im EMG die Aktivität einzelner motorischer Einheiten zu erkennen. Wir bestimmen den Rekrutierungspunkt einer Einheit und die Frequenz ihrer Entladung bei verschiedenen Kontraktionsstärken. Um das EMG quantitativ auswerten zu können, berechnen wir das Integral des gleichgerichteten EMG.
- Muskeln bestehen nicht nur aus kontraktile Muskelfasern, sie besitzen auch Längen- und Spannungssensoren (Muskelspindel und Sehnenorgane). Wird ein Muskel plötzlich gedehnt, so löst die Stimulation der Muskelspindel über die Ia-Afferenz eine Aktivierung der α -Motoneuron und damit einen monosynaptischen Reflex aus. Wir untersuchen einen monosynaptischen Reflex am Beispiel des Wadenmuskels (zweiköpfiger Wadenmuskel, *M. gastrocnemius*), der über den Ischiassnerv versorgt wird. Mit Hautelektroden kann wieder das EMG dieses Muskels gemessen werden. Seine Kontraktion führt zu einer Plantarflexion (Abknicken des Fußes nach unten) und einer Beugung des Knies. Unser Reflexhammer besitzt einen Schalter, mit dessen Hilfe wir durch einen leichten Schlag auf die Achillesferse unserer Versuchsperson die Messung starten können. Wir messen die Zeit zwischen Schlag auf die Achillesferse und den Beginn des EMGs. Zusätzlich vergleichen wir das EMG, welches durch einen sehr leichten Schlag ausgelöst wird mit dem EMG, welches durch einen kräftigen Schlag ausgelöst wird. Die Latenzzeit des Reflexes setzen wir in Beziehung mit der Latenz einer willkürlichen Fußbewegung. Schließlich erhöhen wir den Muskeltonus unserer Versuchsperson



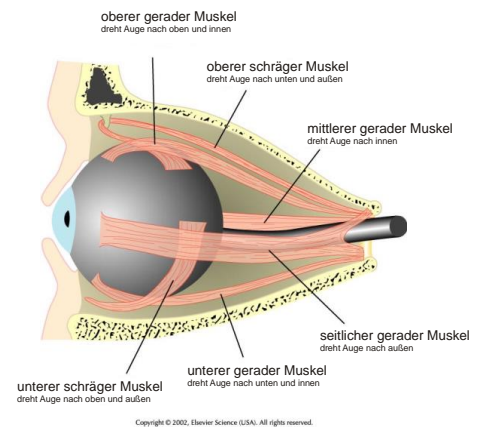
durch das Jendrassik Manöver und fragen, ob dieses Manöver eine Auswirkung auf dem Reflex hat.

- f) Für den Kniesehnenreflex können ähnlich Messungen wie für den Wadenmuskel durchgeführt werden.
- g) Wir zeichnen das Elektrokardiogramm (EKG) in Ruhe und nach Belastung auf.
- h) Wir messen das EMG von Muskeln, die unsere Mimik bestimmen

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Verrechnung erregender und hemmender Signale als Prinzip der Verarbeitung von Information in ZNS

8. Neurobiologie des motorischen Systems: Blickbewegungen

Blickbewegungen dienen zwei unterschiedlichen Funktionen. Einerseits vermeiden kompensatorische Augenbewegungen ein mögliches Verwackeln des Bildes auf der Retina. Andererseits sorgen die fovea-abhängigen Augenbewegungen dafür, dass unser Blick auf wichtige Details ausgerichtet wird. Unser Auge wird durch sechs Muskeln (äußere Augenmuskeln) in der Augenhöhle bewegt. Willkürlich können wir Drehungen des Auges um eine horizontale und eine vertikale Achse auslösen. Unwillkürlich kann sich unser Auge auch um die Sehachse (Torsion) drehen. Wir können diese Bewegung in unserem Spiegelbild beobachten, wenn wir den Kopf zur Seite neigen.



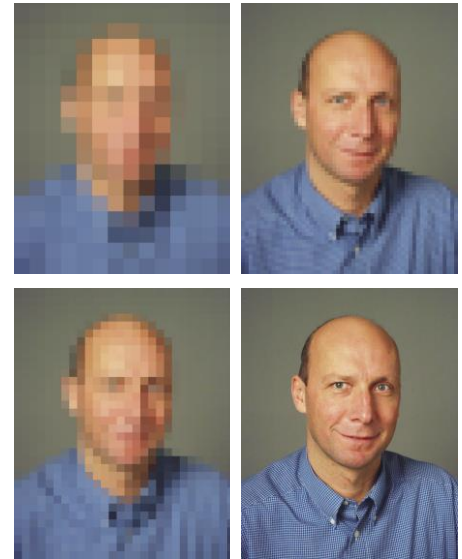
- a) Es stehen zwei Systeme zur Messung der Blickposition einer Versuchsperson zur Verfügung. Ein PC erzeugt visuelle Reize, die die Versuchsperson betrachten soll und nimmt gleichzeitig ihre aktuelle Blickposition auf. Wir beginnen mit einer Kalibrierung des Kamerasystems.
- b) Wie bewegt sich unser Blick beim Betrachten eines Bildes. Wird die Blickbewegung durch die jeweilige Aufgabe an die Versuchsperson (z.B. eine Suchaufgabe) beeinflusst? Wie sieht die Blickbewegung beim Betrachten eines Kunstwerks aus? Wie sehen unsere Blickbewegungen beim Lesen eines Textes aus?
- c) Wie sieht unsere Blickbewegung aus, wenn sich ein besonders interessantes Objekt vor uns bewegt (Details der Folgebewegungen)
- d) Wie sehen Blicksprünge zwischen zwei Fixationen aus? Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Details der Augenbewegungen mit dem täglichen Ausmaß von Computerspielen?
- e) Unsere Blicksprünge führen zu kräftigen Veränderungen des Bildes auf der Netzhaut. Überraschenderweise können wir diese Änderungen nicht wahrnehmen, Sehr deutlich wird dies, wenn wir in unserem Spiegelbild abwechselnd das linke und rechte Auge fixieren. Mit einem speziellen Computerprogramm können wir demonstrieren, dass wir nicht völlig blind während einer Augenbewegung sind. Wir können damit die Bewegungswahrnehmung während eines Blicksprunges untersuchen.

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Die übergeordnete Funktion des Gehirns erläutern

9. Theoretische Neurobiologie: Digitale Bildverarbeitung

Die digitale Bildverarbeitung profitiert stark von der Aufklärung der zentralnervösen Mechanismen der Bildverarbeitung. Wir demonstrieren einfache Beispiele der Bildverarbeitung durch den Computer.

- Es steht ein Computermodell der rezeptiven Felder von Nervenzellen in der Sehrinde zur Verfügung.
- Einführung in Matlab (Übungen)
- Zusammenstellung des Bildmaterials, ggf. auch verschiedene Videoformate
- Umwandlung der Bilder in Zahlenmatrizen
- Manipulationen der Matrizen
- Demonstration mit WebCam: Bewegungsdetektoren



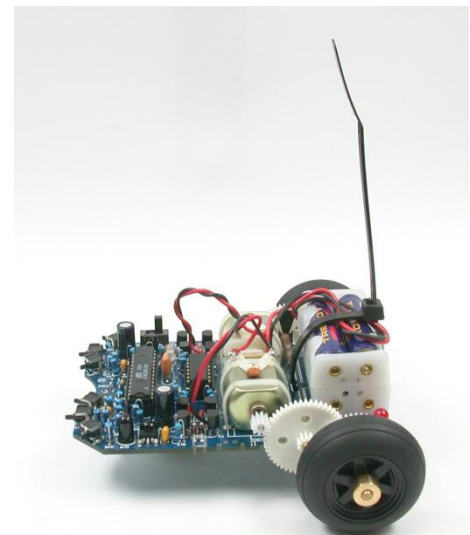
Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): dynamische und komplexe Modelle zur Erklärung verwenden, über verschiedene Komplexitätsebenen vernetzend denken und die Erkenntnisse und Betrachtungsweise anderer Naturwissenschaften zum Verständnis nutzen.

10: Theoretische Neurobiologie: Programmierung eines Roboters (Asuro)

Die theoretische Neurobiologie kann in verhaltensbiologischem Kontext dazu genutzt werden, einfaches tierisches Verhalten technisch zu simulieren. Dabei wird der biologische Organismus entsprechend verhaltensbiologischer Methoden beobachtet, beschrieben und analysiert. Mit Hilfe eines Programmcodes und eines autonomen Roboters (Asuro) kann dieses Verhalten simuliert werden. Diese Art der Vorgehensweise ist wichtig für die technische Umsetzung biologischer Prinzipien, die dann zu technologischen Errungenschaften im Bereich der Prothetik, Computer-Hirnschnittstelle oder Künstlichen Intelligenz führen können.

- Einführung in Programmiersprache C, Vorstellung des Roboters (Asuro)
- Asuro soll eine vorprogrammierte Fahrstrecke zurücklegen
- Exaktes Geradeaus Fahren mit Hilfe der Odometrie
- Verfolgen einer schwarzen Linie auf dem Boden
- Hinderniserkennung
- Hindernisvermeidung
- Simulation eines Pantoffeltiers

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): dynamische und komplexe Modelle zur Erklärung verwenden, über verschiedene Komplexitätsebenen vernetzend denken und die Erkenntnisse und Betrachtungsweise anderer Naturwissenschaften zum Verständnis nutzen.



11. Höhere Funktionen des Gehirns: Motorisches Lernen

Unter Lernen versteht man ganz allgemein die durch Erfahrung bedingte Veränderung einer Verhaltensweise. Man unterscheidet dabei zwischen dem expliziten und dem impliziten Lernen. Das explizite Lernen findet intentional (beabsichtigt) und bewusst statt. Beispiele hierfür sind das Lernen von Regeln, Vokabeln oder mathematischen Formeln. Dahingegen findet das implizite Lernen inzidentell (beiläufig) und zumeist unbewusst statt. Das Augenmerk unseres Versuchs liegt auf dem **motorischen Lernen** oder **Adaptation**, also einer Form des impliziten Lernens. Dabei soll geklärt werden, ob und wie wir eine zielgerichtete Zeigebewegung verändern und damit an eine neue, veränderte Umweltbedingung anpassen können.

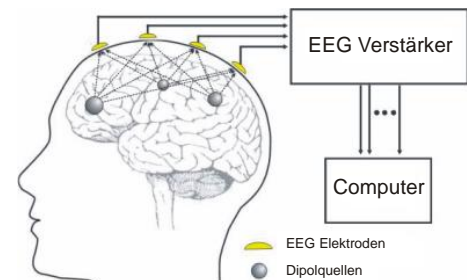
- Einfluss einer **Prismenbrille** auf zielgerichtetes Verhalten
- Einfluss von Störungen auf die Bedienung der **Computermaus**
- Schreiben in **Spiegelschrift**

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): Lernen als eine der übergeordneten Funktionen des Gehirns beschreiben und erklären.



12. Höhere Funktionen des Gehirns: Elektroenzephalographie

Begleitet werden die subjektiven Wahrnehmungsstudien von objektiven Aufzeichnungen der visuell evozierten Potenziale (**VEP**) im Elektroenzephalogramm (**EEG**). Das EEG stellt eine Summe der post-synaptischen Membranpotenziale aller Nervenzellen in einem bestimmten Bereich des Großhirns dar, wobei vor allem Strukturen beitragen, in denen die Nervenzellen senkrecht zur Schädeldecke angeordnet sind. Wir registrieren das VEP an einer Stelle auf der Kopfoberfläche. Da VEPs nur sehr kleine Potenziale (wenige Mikrovolt) darstellen, muss ein Reiz oft gezeigt werden, um in einer Mittelung aller Antworten ein erkennbares Signal zu erzeugen.



- Wir untersuchen unser spontanes EEG mit offenen und geschlossenen Augen. Wir lernen verschiedene Frequenzbänder im EEG kennen. Eine Anspannung der Kaumuskulatur führt zu deutlichen Artefakten im EEG.
- Wir untersuchen die Antworten im EEG, die das Erscheinen eines Schachbrettmusters auslöst. Schachbrettmuster mit verschiedenen Helligkeiten und Kontrasten werden eingesetzt. Wie oft muss ein Reiz gezeigt werden, dass seine Antwort erkennbar wird? Wie unterscheidet sich das EEG, wenn der Reiz an verschiedenen Stellen im Gesichtsfeld gezeigt wird?
- Gibt es eine Beziehung zwischen der spezifischen Antwort im EEG und dem Reiz, welcher der Versuchsperson gezeigt wurde? Gibt es z.B. eine spezifische Antwort für die Erkennung eines Gesichts? Oder für Bilder mit besonders hohem emotionalen Inhalt?
- Wir fragen, ob wir die **Änderungsblindheit (change blindness) im EEG nachweisen können**
- Wir bestimmen das **zeitliche Auflösungsvermögen im EEG**

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): elektrochemische Vorgänge bei der Reizaufnahme an einer Sinneszelle und der Transformation in elektrische Impulse an einem Beispiel (Sehen) erarbeiten

13. Höhere Funktionen des Gehirns: Aufmerksamkeit

Die Metapher des Scheinwerfelkegels für die gerichtete Aufmerksamkeit geht auf Sir William James zurück, der schon 1861 sehr eindrucksvoll schrieb, dass eigentlich jeder weiß, was Aufmerksamkeit bedeutet. Sie hilft uns, wichtige von unwichtiger Information zu trennen. Sie ist allerdings auch dafür verantwortlich, dass unsere Wahrnehmung der Umwelt alles andere als objektiv ist. Für unsere Experimente zu den Aufmerksamkeitsmechanismen ist die Bestimmung der Reaktionszeit ein wesentliches Werkzeug.



- a) Reaktionszeiten bei einfachen Detektionsaufgaben
- b) Lateralisierung im Gehirn
- c) Reaktion und Unterdrückung einer Reaktion
- d) Demonstration Aufmerksamkeitseffekte am Computer und im Alltag

Unterrichtsrelevanz Kursstufe (4-stündig): am konkreten Beispiel (Sehen und Hören) erläutern, dass die Leistungen des ZNS sich nicht unmittelbar aus den Merkmalen der einzelnen „Bausteine“ ergeben.

Datei: D:\Schuelerlabor\Versuchsanleitungen\Kurzfassung_Experimente.doc
gedruckt: 24.09.2019 11:16:00