

Online-Lernangebot Neurobiologie

Vorstellung eines Online-Selbstlernangebotes zum Thema Neurobiologie und neurologische Erkrankungen

Philipp Eckert, Maren Panhorst, Norbert Grotjohann

[Schüler*innenlabor teutolab-biotechnologie](#), Center for Biotechnology (CeBiTec), Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld, philipp.eckert@uni-bielefeld.de

Während der Covid-19-Pandemie wurde das Lernen in Distanz für Schüler*innen immer relevanter. Das *teutolab-biotechnologie* hat deshalb eine Webseite entwickelt, auf denen viele interaktive Online-Selbstlernangebote verfügbar sind – teutolabbiotechnologie-online.de. Dieser Artikel beschreibt das Angebot, mit dem Schüler*innen der Oberstufe Inhalte zum Thema „Neurobiologie“ selbstständig erarbeiten können.

Stichwörter: Neurobiologie, Online-Lernangebot, neuronale Erkrankungen, H5P

1 Einleitung

Während der Covid-19-Pandemie war der typische Präsenzunterricht aufgrund von Lockdown-Einschränkungen über weite Strecken nicht möglich. Vielfach wurde Distanzunterricht durchgeführt. Jedoch zeigte sich schon in der Pandemie, dass viele Schüler*innen schulische Defizite aufwiesen und zeitgleich die Bildungsungleichheit zunahm (Helm, Huber & Postlbauer, 2021, S. 67ff). Um diesen Defiziten zu begegnen, hat das Schüler*innenlabor *teutolab-biotechnologie* der Universität Bielefeld Online-Selbstlernangebote entwickelt und auf der eigenen Homepage veröffentlicht. Diese befassen sich mit verschiedenen Themengebieten für die unterschiedlichen Jahrgangsstufen wie beispielsweise „Ernährung und Verdauung“ für die Erprobungsstufe, „Bakterien & Viren“ für die Mittelstufe oder „Evolution von Coronaviren“ für die Oberstufe.

Auf diese Weise konnten Lehrkräfte und Schüler*innen beim Lehren und Lernen biologischer Inhalte während der Zeit des Distanzunterrichts unterstützt werden. Außerdem kann E-Learning Lernende durch Multimedialität und Interaktivität motivieren (Balzert, 2016) sowie aufgrund des Potentials für Autonomie- und Selbstwirksamkeitserfahrungen motivationsfördernd sein (Arnold, Kilian, Thillosen & Zimmer, 2018). Zudem hat bereits 2012 die Kultusministerkonferenz (KMK) zu einem verstärkten Einsatz digitaler Medien im Unterricht aufgerufen (KMK, 2012) und betont auch weiterhin das Potential digitaler Inhalte (KMK, 2016; Medienkompetenzrahmen NRW, 2019). Somit

kann das Angebot selbstverständlich auch in Zeiten nach der Pandemie gewinnbringend genutzt werden.

In diesem Artikel wird das Lernangebot „Neurobiologie“ für die gymnasiale Oberstufe vorgestellt.

Das Selbstlernangebot wird auf einer Homepage angeboten, welche diverse über die Software H5P entwickelt Lerninteraktionen beinhaltet. Diese Software des norwegischen Herstellers Joubel ist ein Open Source Projekt und bietet die Möglichkeit, interaktive Inhalte aus über 40 verschiedenen Inhaltstypen zu nutzen (siehe h5p.org). Zum Beispiel können Multiple-Choice-Aufgaben oder Lückentexte den Lernenden zur Verfügung gestellt. Auch visuell kann über Memory-Aufgaben gelernt werden. Diese interaktiven Lernprogramme werden auch Web Based Trainings genannt und ermöglichen den Aufbau und die Festigung von Wissen. Zudem wirken sie unterstützend bei der Strukturierung des Kurses und bieten durch Informationen über den individuellen Lernprozess und Entwicklungsstand die erforderliche Orientierung im selbstständigen Wissenserwerb (Erpenbeck, Sauter & Sauter, 2015).

Die relevanten Fachinhalte werden im Rahmen einer Sachanalyse geklärt (Abschnitt 2) gefolgt von der Einordnung in den Kernlehrplan (Abschnitt 3) und einer detaillierteren Vorstellung des Lernangebots mit didaktischem Kommentar (Abschnitt 4). Abschließend werden ein Fazit und ein Ausblick formuliert (Abschnitt 5).

2 Sachanalyse

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Informationen zur Neurobiologie vorgestellt, welche auch Teil des in diesem Artikel vorgestellten Selbstlernangebotes sind.

2.1 Die Nervenzelle

Die Nervenzellen des Menschen bestehen aus einem Zellkörper, dem Soma, in welchem alle wichtigen Zellorganellen zu finden sind und davon ausgehenden Fortsätzen, die sich in Dendriten und Axone unterteilen lassen (siehe auch Abbildung 4 in Abschnitt 4). Das Soma ist somit der zentrale Ort der Proteinbiosynthese und der Energiebereitstellung der Nervenzelle (Eilers, 2019, S. 61). Die Dendriten befinden sich als verzweigte Strukturen rund um das Soma und dienen dem Kontakt zu anderen Nervenzellen. Das Axon wiederum ist ein langer Fortsatz der Nervenzelle, über den Nervensignale (Aktionspotentiale) an andere Nervenzellen weitergeleitet werden können (Reece et al., 2016, S. 1401). Am Ende des Axons befinden sich Synapsen, welche für den Kontakt zu den Dendriten anderer Nervenzellen zuständig sind. Aus der Synapse können chemische Botenstoffe (Neurotransmitter) ausgeschüttet werden, die an den anschließenden Dendriten

elektrische beziehungsweise biochemische Signale auslösen (Eilers, S. 61). Der Punkt, an dem das Axon aus dem Soma austritt, hat ebenfalls eine wichtige Bedeutung. Er wird als Axonhügel bezeichnet und reguliert die Entstehung von neuen Aktionspotentialen.

2.2 Elektrische Informationsübertragung: Membranpotential, Aktionspotential und Ruhepotential

Die Erregungsweiterleitung über das Axon erfolgt durch eine Veränderung der Ionenkonzentration innerhalb und außerhalb des Axons. Im Ruhezustand befinden sich im Zellinneren mehr negativ geladene Teilchen, zum Beispiel negativ geladene Ionen oder Proteine, sodass das Cytoplasma eine negative Ladung aufweist (siehe Abb. 1). Gleichzeitig ist die extrazelluläre Flüssigkeit um das Axon positiv geladen, da sich hier eine hohe Konzentration an Natriumionen befindet (Reichert, 2000, S. 22). In die Zellmembran des Axons sind Kanalproteine integriert, die es verschiedenen Ionen ermöglichen, die Zellmembran zu passieren. Von besonderer Relevanz sind hier die Kaliumkanäle, die permanent für Kaliumionen geöffnet sind. Die Kaliumionen liegen in einer hohen Konzentration im Cytoplasma vor und diffundieren aufgrund des Konzentrationsunterschiedes zur extrazellulären Flüssigkeit aus dem Axon heraus. Gleichzeitig gelangen die positiv geladenen Kaliumionen aufgrund der negativen Ladung des Cytoplasmas in die Zelle hinein. Gleiches gilt für die positiv geladenen Natriumionen außerhalb der Zelle, allerdings befinden sich keine offenen Natriumkanäle in der Zellmembran des Axons. Dennoch kommt es vor, dass einige Natriumionen in die Zelle diffundieren.

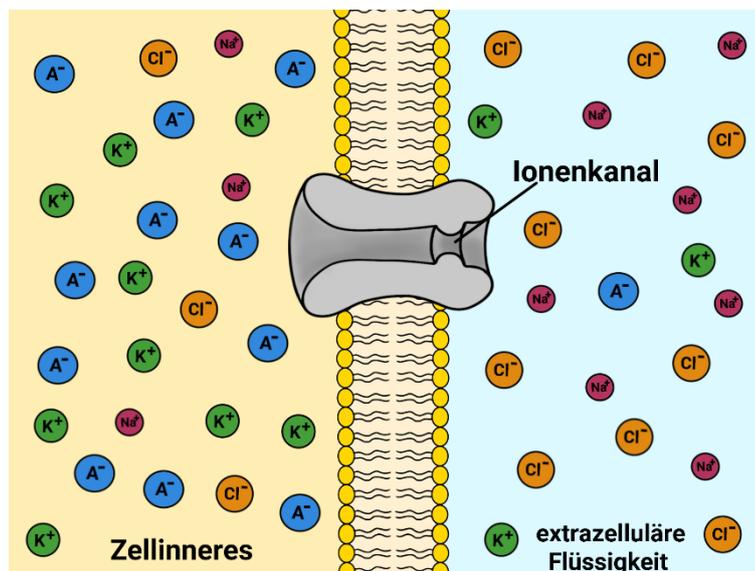


Abb. 1: Ionenverteilung an der Membran einer Nervenzelle. [Quelle: *teutolab*-biotechnologie]

Aufgrund des Gegenspiels von Konzentrationsgefälle und Ladungsunterschied, das auf die Kaliumionen einwirkt, entsteht eine elektrische Spannung an der Zellmembran des Axons. Die Spannung entspricht ungefähr dem Diffusionspotential für Kaliumionen (Fakler & Eilers, 2019, S. 68).

Trifft nun ein Impuls in der Nervenzelle ein, beginnt sich die Zellmembran leicht zu depolarisieren. In der Zellmembran der Neuronen befinden sich neben den permanent geöffneten Kaliumionen auch spannungsabhängige Natriumionenkanäle, die sich mit einsetzender Depolarisation vereinzelt zu öffnen beginnen. Einige Natriumionen strömen nun aufgrund des Ladungs- und Konzentrationsgefälles in das Axon ein und verstärken die Depolarisation. Man spricht von Membranpotential. Erreicht das Membranpotential einen bestimmten Schwellenwert, öffnen sich schlagartig alle spannungsabhängigen Natriumkanäle und viele Natriumionen strömen in die Zelle ein. Dadurch wird das Membranpotential kurzzeitig ins Positive umgekehrt (Reece et al., S. 1406f). Man spricht von einem Aktionspotential. Nach etwa einer Millisekunde schließen die Natriumkanäle wieder und sind für eine kurze Zeit nicht erneut erregbar (Bear, Connors & Paradiso, 2018, S. 99). Gleichzeitig öffnen sich spannungsabhängige Kaliumkanäle, und Kaliumionen strömen aufgrund des Konzentrationsgefälles aus dem Axon aus, wodurch das Membranpotential für kurze Zeit das Ruhepotential unterschreitet. Im Anschluss schließen sich die spannungsabhängigen Kaliumkanäle wieder, und das Ruhepotential wird aufgrund der offenen Kaliumkanäle und der Natrium-Kalium-Pumpe, welche unter ATP-Verbrauch Kaliumionen in und Natriumionen aus der Zelle transportiert, wiederhergestellt.

2.3 Chemische Informationsübertragung: Erregungsweiterleitung an Synapsen

Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von Erregungsweiterleitung. Bei der kontinuierlichen Erregungsweiterleitung befinden sich am gesamten Axon geöffnete und spannungsabhängige Ionenkanäle. Wird ein bestimmter Bereich der Membran erregt, bildet sich ein längs gerichteter Stromfluss zu den benachbarten unerregten Membranarealen (Jonas, 2019, S. 78). Da erregte spannungsgesteuerte Kanäle kurzzeitig refraktär sind, kann sich ein Aktionspotential nur in eine Richtung ausbreiten. Allerdings ist die kontinuierliche Erregungsweiterleitung begrenzt in ihrer Reichweite. Man findet sie vor allem bei kleinen Invertebraten. eine Weiterleitung über große Distanzen ist möglich, wenn die Axone entweder elektrisch isoliert oder besonders dick sind. Letzteres sieht man zum Beispiel bei Tintenfischen, wo die Axone mit einem Millimeter fast 1000-mal dicker sind als bei Säugetieren. Hier kommt der Umstand zum Tragen, dass die Leitungsgeschwindigkeit der kontinuierlichen Erregungsweiterleitung proportional zur Wurzel des Nervenfaserradius ist (Jonas, S. 79). Bei Säugetieren befindet sich um die Axone eine Schicht aus Myelin, die als elektrische Isolation fungiert. Die Aktionspotentiale werden lediglich an den

Bereichen zwischen den Myelinscheiden, den Ranvier-Schnürringen, ausgelöst und durch das Myelin bis zum nächsten Schnürring weitergeleitet (Reece et al., S. 1409). Dadurch können Aktionspotentiale schnell über große Reichweiten weitergeleitet werden, ohne dass der Durchmesser des Axons massiv erhöht ist.

Erreicht ein Aktionspotential die Synapsen am Ende des Axons, wird der elektrische Impuls in einen chemischen Impuls umgewandelt (siehe Abb. 2). Durch das eintreffende Aktionspotential wird die Membran der Synapse depolarisiert, wodurch auch spannungsgesteuerte Calciumkanäle geöffnet werden. Die positiv geladenen Calciumionen strömen daraufhin in die Synapse ein (Hallermann & Schmidt, 2019, S. 96).

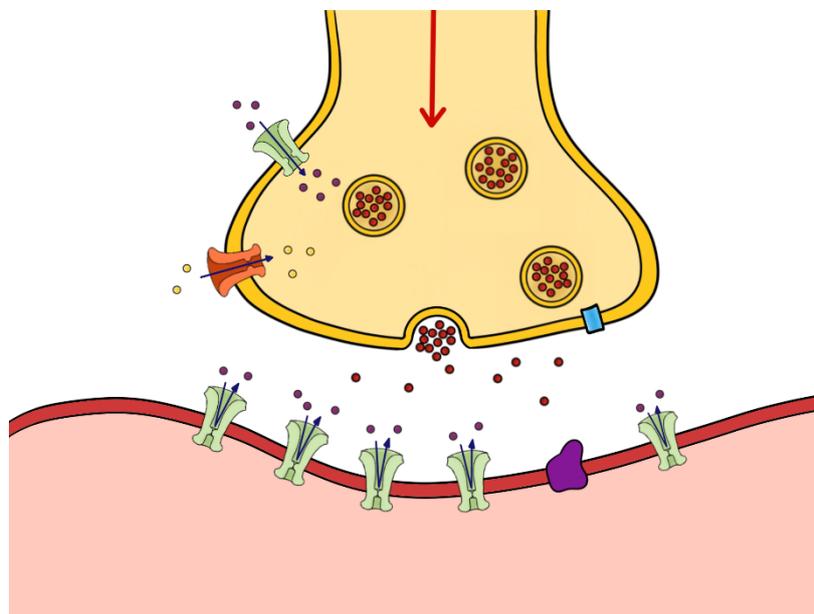


Abb. 2: Synapse und postsynaptischer Spalt. Ablauf: Das Erreichen Aktionspotentials (roter Pfeil) wandelt den elektrischen Impuls in einen chemischen Impuls um. Nach Einströmen von Natriumionen (lila) und Calciumionen (gelb) verschmelzen die Vesikel mit dem Neurotransmitter Acetylcholin (rot) mit der Membran, sodass der Neurotransmitter in den postsynaptischen Spalt tritt. [Quelle: *teutolab-biotechnologie*]

Im Inneren der Synapse befinden sich Vesikel, die Neurotransmitter enthalten. Durch die einströmenden Calciumionen werden die Vesikel veranlasst, mit der Zellmembran zu verschmelzen. Die Neurotransmitter verlassen die Zelle und gelangen in den Bereich zwischen Synapse und angrenzender Nervenzelle, welcher als synaptischer Spalt bezeichnet wird. Auf der Membran der benachbarten Nervenzelle befinden sich ligandengesteuerte Ionenkanäle, die sich bei einer Bindung mit dem Neurotransmitter öffnen (Hallermann & Schmidt, S. 100). Je nachdem welcher Neurotransmitter von der Synapse ausgeschüttet wird, werden verschiedene Ionenkanäle in der postsynaptischen Membran geöffnet. Während erregende Neurotransmitter an

Natriumkanäle binden, öffnen hemmende Neurotransmitter Chlorid- oder Kaliumkanäle, die das Membranpotential weiter ins Negative verschieben (Garzorz-Stark, 2018, S. 6). In letzterem Fall spricht man von einem inhibitorischen postsynaptischen Potential (IPSP); eine Depolarisation durch Natriumionen wird als erregendes postsynaptisches Potential bezeichnet (EPSP). Im Soma der Nervenzelle werden die eingehenden Signale miteinander verrechnet. Sowohl das räumliche Eintreffen von IPSPs und EPSPs, als auch das zeitliche Eintreffen der Signale ist hierbei relevant. Bei einer Reihe von aufeinander folgenden EPSPs wird die Zellmembran genug depolarisiert, sodass am Axonhügel ein neues Aktionspotential ausgebildet und an eine nächste Nervenzelle weitergeleitet wird (Reece et al., S. 1411f).

2.4 Gestörte Erregungsweiterleitung durch Drogen oder degenerative Erkrankungen

Durch bestimmte Substanzen kann das menschliche Nervensystem beeinflusst oder gestört werden. Beispielsweise formt Alpha-Latroxin, das Gift der Schwarzen Witwe (*Latrodectus tredecimguttatus*), einer Spinne, an der präsynaptischen Membran Ionenkanäle für divalente und monovalente Kationen (Henkel & Sankaranarayanan, 1999, S. 230). Dadurch kommt es zu einem übermäßigen Einstrom von Calciumionen und zur Ausschüttung von Vesikeln mit erregenden Neurotransmittern; starke Muskelkrämpfe sind die Folge. Bestimmte Drogen können weniger starke Auswirkungen auf das Nervensystem haben. Tetrahydrocannabinol (THC), ein Wirkstoff der Cannabis-Pflanze, kann an die körpereigenen Cannabinoid-Rezeptoren binden. Diese befinden sich vermehrt an den Axonen und Nervenenden des frontalen cerebralen Cortex und des Hippocampus (Iversen, 2003, S. 1254). In Studien konnte gezeigt werden, dass THC die Ausschüttung von Acetylcholin behindert (Iversen, 2003, S. 1255). Dies kann sich durch einen Entspannungszustand und Heiterkeit zeigen, allerdings auch zu Halluzinationen und psychischen Funktionsstörungen führen. Als weiteres Beispiel kann die Substanz Benzoyllecgoninmethylester genannt werden, welche umgangssprachlich als Kokain bekannt ist. Kokain bindet an den Rückgewinnungsenzymen in der präsynaptischen Membran und verhindert dadurch die Wiederaufnahme von Norepinephrin, Serotonin und Dopamin. Gleichzeitig wird die Freigabe von Norepinephrin und Dopamin erleichtert (Haasen et al., 2002, S. 3) (siehe Abb. 3). Der Neurotransmitterspiegel im synaptischen Spalt ist dadurch erhöht, was bei Konsumenten von Kokain zu einem Hochgefühl führt.

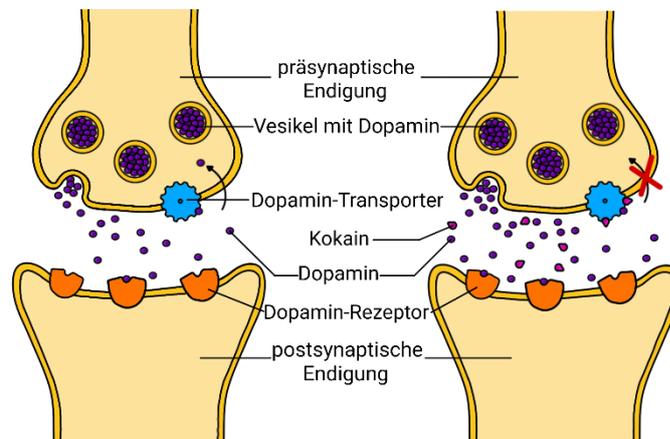


Abb. 3: Einfluss von Kokain auf die Erregungsweiterleitung. [Quelle: *teutolab-biotechnologie*]

Auch wenn Komponenten des Nervensystems fehlerhaft sind oder zerstört werden, kann dies gravierende Auswirkungen auf die Reizweiterleitung haben. Bei der Krankheit Multiple Sklerose (MS) werden die Myelinscheiden der Neuronen durch entzündliche Herde (MS-Plaques) zurückgebildet (Zipp, Dörr & Uphaus, 2018, S. 215). Der Grund für diese Rückbildung ist bisher nicht eindeutig geklärt. Einiges deutet darauf hin, dass das eigene Immunsystem die Myelinscheiden angreift, da MS mit bestimmten Antigen-kodierenden Genen (MHC-Komplex) in Verbindung gebracht werden kann und außerdem auf immunmodulatorische Therapien anspricht (Zipp et al., 2018, S. 216). Bei MS-Patient*innen ist die Erregungsweiterleitung gestört, was zu Taubheitsgefühlen bis hin zu Schmerzen und Sehstörungen führen kann. Eine Heilung von MS ist gegenwärtig noch nicht möglich.

Auch bei einer Störung der Neurotransmitterausschüttung kann es zu Erkrankungen kommen. Werden beispielsweise durch Proteinablagerungen Dendriten und Synapsen geschädigt, kann es zu einer Rückbildung neurologischen Materials und einer reduzierten Ausschüttung des Neurotransmitters Acetylcholin kommen (Schmidtke, 2018, S. 333). Das Ergebnis ist unter anderem ein verschlechtertes Erinnerungsvermögen. In einem solchen Fall spricht man auch von der Alzheimer-Demenz. Bei der Parkinson-Krankheit hingegen bilden sich dopaminerge Neurone in der *Substantia nigra* im Mittelhirn zurück (Hilker-Roggendorf & Benecke, 2018, S. 265). Die Folge ist der Verlust von motorischen Funktionen aufgrund von Dopamin-Mangels, was sich durch Bewegungsstörungen, Muskelstarre oder Zittern äußert.

3 Einbindung in den Kernlehrplan

Das Selbstlernangebot des *teutolab*-biotechnologie wurde 2021 für den zu dieser Zeit gültigen Kernlehrplan (KLP) für die Sekundarstufe II in Nordrhein-Westfalen für das Fach Biologie erstellt. Zielgruppe des Online-Selbstlernangebotes sind Schüler*innen der gymnasialen Oberstufe im Inhaltsfeld Neurobiologie. Dieses Inhaltsfeld beinhaltet für den Grundkurs die Schwerpunkte „Aufbau und Funktion von Neuronen“, „Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung“ sowie „Plastizität des Lernens“ (Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2014, S. 32). Als Kontexte schlägt der KLP „Nervengifte“ sowie „Gedächtnis und Wahrnehmung“ vor. Für den Leistungskurs werden die o.g. Schwerpunkte ergänzt durch „Leistungen der Netzhaut“ und „Methoden der Neurobiologie“ (Ministerium, S. 41). Für das Selbstlernangebot wurden vor allem „Aufbau und Funktion von Neuronen“ und „Neuronale Informationsverarbeitung“ als Schwerpunkte ausgewählt. Beide Schwerpunkte sind sowohl für den Grund- als auch den Leistungskurs relevant (auch nach Kernlehrplanänderung für das Fach Biologie in NRW im Jahr 2022). Außerdem wird der Kontext „Nervengifte“ im Selbstlernangebot thematisiert, welcher ebenfalls für beide Kurse von Bedeutung ist. Zum Schwerpunkt „Methoden der Neurobiologie“ besteht ein Zusatzangebot auf der Homepage zum Thema bildgebende Diagnoseverfahren (hier nicht näher erläutert).

4 Beschreibung des Selbstlernangebotes und didaktischer Kommentar

Der generelle Aufbau des Lernangebotes ist so gestaltet, dass die Schüler*innen zwischen insgesamt sechs Seiten selbstständig wechseln können. Jede Seite beschäftigt sich mit einem bestimmten Aspekt der Neurobiologie, wobei die Inhalte ausgehend von einem groben Überblick zunehmend spezifischer werden. Auf jeder Seite befinden sich Informationen in Form einer Kombination aus Text und Bild/Video, zu denen anschließend Aufgaben zu beantworten sind.

Bei der Auswahl der Aufgabentypen wurde darauf geachtet, ein möglichst abwechslungsreiches Angebot für die Schüler*innen zu wählen, um die Aufmerksamkeit der Lernenden zu erhöhen. Es wurden auch Freitextaufgaben in das Lernangebot integriert, um Transferaufgaben aus dem Kompetenzbereich „Bewertung“ zu ermöglichen. Allerdings stellt die Erstellung von Freitextaufgaben eine gewisse Herausforderung dar, da es schwierig ist, die Antworten der Schüler*innen zu antizipieren und geeignete Lösungsvorschläge zu erstellen.

4.1 Seite 1 des Online-Selbstlernangebotes: Die Nervenzelle

Begonnen wird das Lernangebot mit einer Lückentextaufgabe zum Aufbau der Nervenzelle. In der H5P-Anwendung wird das Feature als „*Fill in the blanks*“ bezeichnet. Die Schüler*innen sollen hierbei die passenden Begriffe für Bestandteile der Nervenzelle nennen und in den Text einfügen. Die Informationen für diese Aufgabe besitzen die Schüler*innen entweder aus ihrem Vorwissen, oder sie eignen sie sich anhand einer interaktiven Abbildung an (Abb. 4): Die Abbildung besitzt „*Image-Hotspots*“, welche durch Anklicken weitere Informationen zu dem entsprechenden Zellbestandteil anbieten. Eine solche Lerninteraktion ist häufiger Bestandteil des Lernangebotes, da Bilder den Prozess der Informationsaufnahme beschleunigen (Balzert, 2016, S. 201). Die Einstiegsseite ist so konzipiert, dass sowohl Schüler*innen mit einem basalen Vorwissen zur Neurobiologie als auch Schüler*innen ohne jegliches Vorwissen die Aufgaben bearbeiten können.

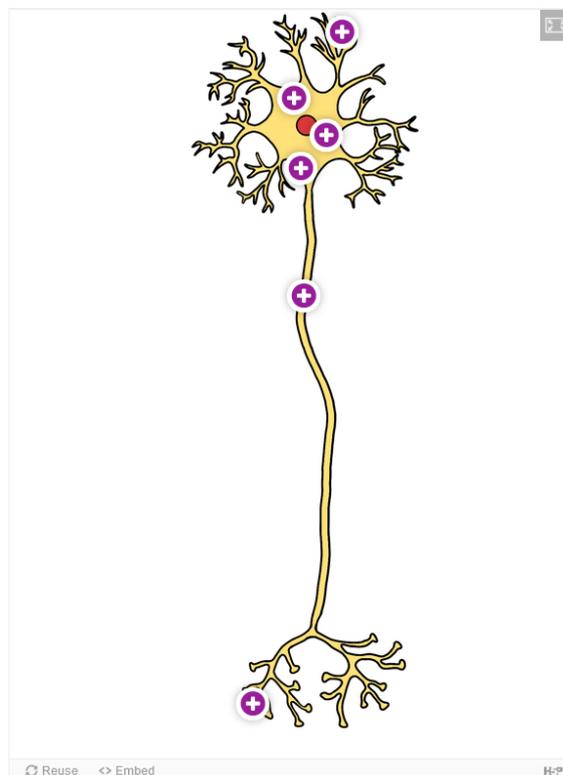


Abb. 4: *Image Hotspots* für die Nervenzelle. Die lila Punkte (Hotspots) können durch Anklicken geöffnet werden und liefern Kontextinformationen zu den einzelnen Bestandteilen des Neurons. Mit dem Button rechts oben kann die Abbildung bei Bedarf vergrößert werden. [Quelle: *teutolab-biotechnologie*]

4.2 Seite 2 des Online-Selbstlernangebotes: Membran- und Ruhepotential

Anschließend werden die Begriffe Membran- und Ruhepotential sowie deren Entstehung s geklärt. Auch hier wird auf eine visuelle Vermittlung gesetzt, indem ein Bild mit der Ionenverteilung innerhalb und außerhalb der Nervenzelle sowie eine Videoanimation („Interactive Video“) zur Entstehung des Ruhepotentials verwendet werden (Abb. 5). Animationen bieten sich in der Lehre an, um den Lehrstoff durch einen Bewegungsablauf zu vermitteln (Balzert, 2016, S. 367). Ein anschließend zu beantwortendes „Question-Set“ sichert das erworbene Wissen der Schüler*innen. Das „Question-Set“ ist eine H5P-Anwendung, die es erlaubt, verschiedene Fragen zu bündeln und auch eine Überprüfungsfunktion einzufügen. Durch diese Art von interaktivem Inhalt wird Abwechslung geboten und gleichzeitig Lernerfolg erzielt, da durch das „Question-Set“ nicht nur Wissen überprüft, sondern zusätzlich auch vermittelt wird (Balzert, 2016). Außerdem ist die Rückmeldung sinnvoll, da regelmäßiges Feedback für den selbstgesteuerten Lernerfolg maßgebend ist (Erpenbeck, Sauter & Sauter, 2015).

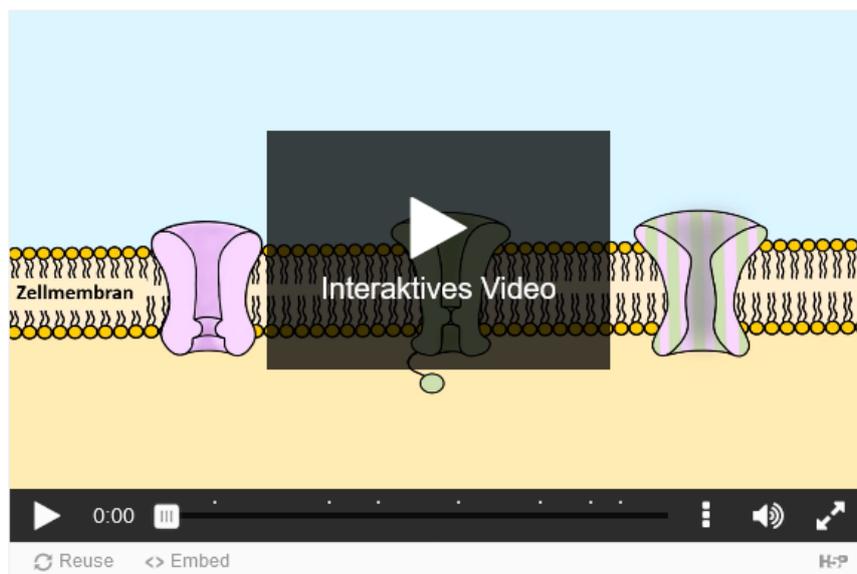


Abb. 5: Interaktives Video zum Membranpotential. In dem Video werden die einzelnen Abläufe, die zum Entstehen des Membranpotentials führen, durch Textfelder erklärt. Die Textfelder sind in der Zeitleiste unten durch die weißen Punkte markiert. Das Video pausiert automatisch, wenn ein Textfeld erreicht wird. [Quelle: *teutolab*-biotechnologie]

4.3 Seite 3 des Online-Selbstlernangebotes: Aktionspotential und Erregungsweiterleitung

Auf der nächsten Seite werden nun das Aktionspotential und die verschiedenen Formen der Erregungsweiterleitung behandelt. Auch hierzu finden die Schüler*innen zunächst ein „*Image Hotspot*“, auf dem die verschiedenen Phasen des Aktionspotentials erläutert werden. Anschließend werden in einem Text und einem weiteren „*Image Hotspot*“ die unterschiedlichen Typen der Erregungsweiterleitung dargestellt. Auf dem unteren Teil der Seite befinden sich wieder Überprüfungsaufgaben, mit denen die Schüler*innen ihr Verständnis der behandelten Thematik überprüfen können. Zum einen befindet sich dort ein „*Question Set*“, zum anderen müssen die einzelnen Schritte des Aktionspotentials in die richtige Reihenfolge gebracht werden (siehe Abb. 6).

Bringe die Schritte bei der Entstehung eines Aktionspotentials in die richtige Reihenfolge.

✓ Fortschritt: 0/5

Erreicht die Depolarisation den Schwellenwert, kommt es zu einer schnellen Öffnung vieler Natriumkanäle. Das Membranpotential wird positiv >> Aktionspotential.

Die Zelle befindet sich im Ruhepotential bei einer Spannung von ungefähr -70 Millivolt, welches von der Natrium-Kalium-Pumpe aufrecht erhalten wird.

Das Ruhepotential stellt sich wieder ein. Die Membran kann erneut depolarisiert werden.

Einige spannungsabhängige Natriumkanäle öffnen sich wodurch Natriumionen in die Zelle einströmen können. Es kommt zu einer Depolarisation der Nervenzelle.

Die Natriumkanäle sind nur kurz offen. Durch die Depolarisation öffnen sich spannungsabhängige Kaliumkanäle. Kalium strömt aus. Das Membranpotential sinkt und wird kurzzeitig sogar negativer als im Ruhezustand.

Reuse Embed H-P

Abb. 6: Aufgabe zum Aktionspotential. Die Schüler*innen können die einzelnen Aussagen auswählen und die Schritte beim Ablauf des Aktionspotentials in die richtige Reihenfolge bringen. [Quelle: *teutolab*-biotechnologie]

4.4 Seite 4 des Online-Selbstlernangebots: Erregungsweiterleitung durch Synapsen

Im nächsten Schritt wird die Erregungsweiterleitung an den Synapsen thematisiert. Erneut wird mit einem „Image Hotspot“ begonnen, der die verschiedenen Abläufe an der präsynaptischen Membran darstellt. Die verschiedenen Formen der postsynaptischen Potentiale werden wiederum durch einen Text und zwei weitere „Image Hotspots“ erläutert. Das „Question Set“ zum Abschluss der Seite beinhaltet erneut Multiple-Choice und True-False-Fragen, bei denen nur „richtig“ und „falsch“ geantwortet werden kann, aber auch eine Freitextaufgabe, bei der die Schüler*innen den Neurotransmitter aus dem ersten „Image Hotspot“ nennen sollen. Am Ende der Seite wird mit der Anwendung „Dialog Cards“ eine Frage als Überleitung gestellt (siehe Abb. 7). Die Schüler*innen sollen Vermutungen äußern, wodurch die Erregungsweiterleitung (beim Menschen) gestört werden kann: Die Schüler*innen sollen hier auf Basis ihres Vorwissens und des zuvor behandelten Stoffs überlegen, inwiefern Einschränkungen des Nervensystems eintreten können. Hiermit soll den Schüler*innen die Möglichkeit gegeben werden, mit ihrem Wissen eine Transferleistung zu erbringen. Auch ist möglich, die Frage zu überspringen oder durch das Klicken auf den Antwortbutton die korrekte Antwort anzeigen zu lassen.



Abb. 7: „Dialog Cards“ zur Erarbeitung der gestörten Erregungsweiterleitung. Dargestellt sind die Vorder- (links) und Rückseite (rechts) der „Dialog Card“. Durch das Anklicken des Buttons „Umdrehen“ kann die Karte gedreht werden. [Quelle: teutolab-biotechnologie]

4.5 Seite 5 des Online-Selbstlernangebots: Gestörte Weiterleitung: Neurotoxine und Drogen

Der nächste Abschnitt thematisiert Drogen und Neurotoxine und ihre Auswirkung auf das Nervensystem. Hier werden den Schüler*innen zunächst zwei Nervengifte vorgestellt. Mit Hilfe des zuvor erworbenen Wissens über die Erregungsweiterleitung an den Synapsen sollen die Schüler*innen Vermutungen ableiten, wie das jeweilige Nervengift an der Synapse wirkt. Für das Alpha-Latroxin müssen die Schüler*innen hierfür eine Multiple-Choice-Frage beantworten. Bei dem anderen Neurotoxin, dem α -Bungarotoxin der Königskobra, sollen die Schüler*innen selbst Vorschläge machen an welcher Stelle der Wirkstoff die Synapse beeinträchtigt. Hierfür wird die H5P-Anwendung „Find Hotspots“ verwendet (siehe Abb. 8). Auch hier wird den Schüler*innen eine Abbildung präsentiert, allerdings sind die Hotspots unsichtbar. Nur durch das richtige Anklicken des Bildes erscheinen die Hotspots. Anschließend werden weitere Neurotoxine sowie ihr Vorkommen und ihre Wirkungsweise in einer Tabelle dargestellt. Von hier erfolgt in einem Text eine Überleitung zu Neurotoxinen, die vom Menschen für medizinische oder sinneserweiternde Zwecke genutzt werden. Als Beispiele werden Atropin, welches in der Medizin verwendet wird, und Tetrahydrocannabinol (THC) und Benzoyllecgoninmethylester, welche in Form von Cannabis und Kokain als Drogen konsumiert werden, verwendet. Die Wirkungsweise der beiden Drogen wird im Text beschrieben und im Fall von Kokain durch eine Abbildung ergänzt.

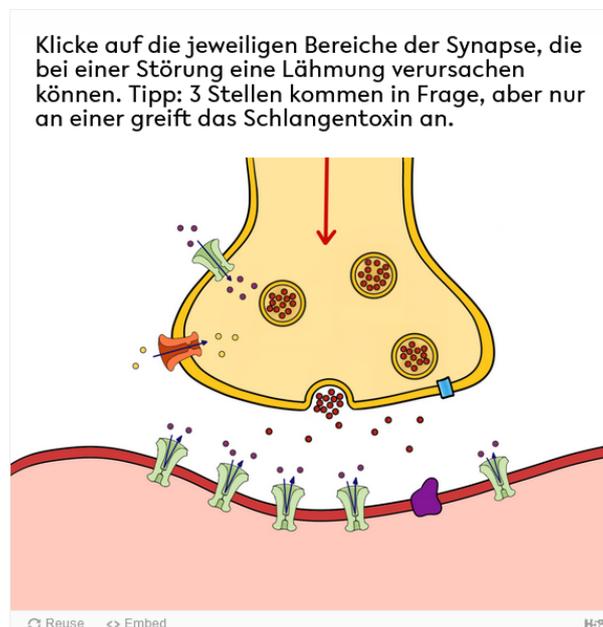


Abb. 8: Anwendung „Find the Hotspots“. Die Schüler*innen sollen die obenstehende Frage beantworten. Klicken die Schüler*innen auf die richtige Stelle der Abbildung, öffnet sich ein Textfeld mit der Erläuterung der jeweiligen Störung. Außerdem wird aufgelöst, ob es sich dabei um die Anknüpfstelle des Toxins handelt. [Quelle: *teutolab-biotechnologie*]

4.6 Seite 6 des Online-Selbstlernangebots: Gestörte Erregungsweiterleitung: Neurologische Erkrankungen

Die letzte Seite des Lernangebot thematisiert neurodegenerative Erkrankungen. Begonnen wird hierbei wieder mit „*Dialog Cards*“. Über diese Anwendung werden den Schüler*innen Herleitungsfragen zur Multiplen Sklerose gestellt. Die Schüler*innen können dabei die gestellte Frage stets durch Anklicken des „Umdrehen“-Buttons beantworten lassen. Zu Multipler Sklerose gibt es drei „*Dialog Cards*“. Das Verfahren ist an ein Unterrichtsgespräch angelehnt, bei dem die Lehrperson die Schüler*innen durch Impulse zu einer Erkenntnis leitet. Neben den „*Dialog Cards*“ gibt es eine „*Course Presentation*“ (eine interaktive Präsentation) zur Multiplen Sklerose. Diese H5P-Anwendung ähnelt einer PowerPoint-Präsentation und besteht hier aus 11 Folien, die die Entstehung, den Verlauf und die Behandlung von Multipler Sklerose beschreiben (siehe Abb. 9). Eingebettete Videos dienen der Veranschaulichung. Ein Link zu einer virtuellen MS-Klinik liefert besonders interessierten Jugendlichen weitere Informationen (siehe <https://www.amsel.de/virtuelle-ms-klinik/>).



Abb. 9: Anwendung „*Course Presentation*“. Die Schüler*innen erfahren auf 11 Folien Näheres über die Krankheit Multiple Sklerose (Ursache, Entstehung, Folge, Therapie, Diagnostik). [Quelle: *teutolab-biotechnologie*]

Im Anschluss werden die Alzheimer- und die Parkinson-Krankheit mittels „*Dialog-Cards*“ und weitere neurologische Erkrankungen wie Schlaganfall, Hirnhautentzündung oder Epilepsie kurz in Textform vorgestellt.

Als Zusatzangebot für besonders interessierte Jugendliche wird eine weitere Internetseite mit Informationen zu bildgebender Diagnostik bei neurodegenerativen Erkrankungen angeboten. Hierfür wurde für die drei Verfahren Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie

(MRT) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) je ein interaktives Video erstellt, in welchen die Verfahren erläutert werden.

5 Fazit und Ausblick

Mit dem dargestellten Online-Selbstlernangebot ist es gelungen, die Inhalte der Neurobiologie für die gymnasiale Oberstufe in einer interaktiven Anwendung zu bündeln. Es ist so konzipiert, dass es von Lernenden ohne Anleitung durchgeführt werden kann. Dabei richtet sich das Lernangebot sowohl an Schüler*innen, die kein Vorwissen besitzen, als auch an Lernende, die ihre Kenntnisse aus dem Unterricht auffrischen wollen.

Den Schüler*innen wurde während und auch nach der Covid-19-Pandemie somit die Möglichkeit gegeben, etwaige Lernrückstände selbstständig nachzuarbeiten. Das Lernangebot kann weiterhin individuell zu Hause genutzt oder auch im Unterricht, beispielsweise als didaktische Reserve eingesetzt werden.

Leider kann die Anzahl an Nutzungen des Selbstlernangebots durch Schüler*innen über die Homepage nicht erfasst werden, da aus Datenschutzgründen nur technisch notwendige Cookies gesetzt sind. Für die Zukunft könnte es interessant sein, zu erfassen, inwieweit die Nutzung des Online-Selbstlernangebotes Einfluss auf den Wissenserwerb hat. Auch wären allgemeine Evaluationen des Angebotes zu Qualität, Akzeptanz oder Einfluss auf Interesse oder Motivation möglicherweise interessant.

Kontakt

[Dr. Maren Panhorst](mailto:mpanhors@cebitec.uni-bielefeld.de) | Schüler*innenlabor *teutolab*-biotechnologie | Universität Bielefeld | mpanhors@cebitec.uni-bielefeld.de

Literaturverzeichnis

Arnold, P., Kilian, L., Thillosen, A. M., Zimmer, G. M. (2015) Handbuch E-Learning. (4. erweiterte Auflage). Bielefeld: wbv.

Balzert, H. (2016). Wie schreibt man... erfolgreiche Lehrbücher und E-Learning-Kurse? (1. Auflage). Dortmund: W3L-Verlag.

- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2018). Neurowissenschaften. Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie (4. Auflage). Berlin: Springer Verlag.
- Eilers, J. (2019). Nervenzellen. In: Brandes, R.; Lang, F. & Schmidt, R. F.: Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie. Berlin: Springer, S. 57-64.
- Erpenbeck, J., Sauter, S. & Sauter W. (2015). E-Learning und Blended Learning. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Fakler, B. & Eilers, J. (2019). Ruhemembranpotential und Aktionspotential. In: Brandes, R.; Lang, F. & Schmidt, R. F.: Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie. Berlin: Springer, S. 65-71.
- Garzorz-Stark, N. (2018). BASICS Neuroanatomie (2. Auflage). München: Elsevier.
- Haasen, C., Prinzleve, M., Zurhold, H., Schmolke, R. & Ilse, J. (2002). Körperliche und psychische Folgen des Kokain- und Crackkonsums. Suchttherapie 3(1): S. 2-7.
- Hallermann, S. & Schmidt, R. F. (2019). Arbeitsweise von Synapsen. In: Brandes, R.; Lang, F. & Schmidt, R. F.: Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie. Berlin: Springer, S. 95-104.
- Helm, C., Huber, S. G. & Postlbauer, A. (2021). Lerneinbußen und Bildungsbenachteiligung durch Schulschließungen während der Covid-19-Pandemie im Frühjahr 2020. Eine Übersicht zur aktuellen Befundlage. DDS-Die Deutsche Schule, Beiheft 18: S. 59-81.
- Henkel, A. W. & Sankaranarayanan, S. (1999). Mechanisms of α -latrotoxin action. Cell and Tissue Research 296: S. 229-233.
- Hilker-Roggendorf, R. & Benecke, R. (2018). Bewegungsstörungen. In: Sitzer, M. & Steinmetz, H.: Neurologie hoch 2. München: Elsevier, S. 263-296.
- Iversen, L. (2003). Cannabis and the brain. Brain. A journal of neurology 126(6): S. 1252-1270.
- Jonas, P. (2019). Aktionspotential: Fortleitung im Axon. In: Brandes, R.; Lang, F. & Schmidt, R. F.: Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie. Berlin: Springer, S. 72-82.
- KMK (2012). Medienbildung in der Schule. Zugriff am 25.03.2023. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf. (letzter Zugriff: 11.10.2023)
- KMK (2016). Bildung in der digitalen Welt. Zugriff am 25.03.2023. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf. (letzter Zugriff: 11.10.2023)
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hg.) (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Biologie. Verfügbar unter

https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/325/gost_klp_bi_2022_06_07.pdf
(letzter Zugriff: 11.10.2023)

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Biologie. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/bi/KLP_GOSt_Biologie.pdf (letzter Zugriff: 11.10.2023)

Reece, J.B., Urry, L.A., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V. & Jackson, R.B. (2016). Campbell Biologie. (10., aktualisierte Auflage). Hallbergmoos: Pearson.

Reichert, H. (2000). Neurobiologie. (2., neubearbeitete und erweiterte Auflage). Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.

Schmidtke, K. (2018). Demenz. In: Sitzer, M. & Steinmetz, H.: Neurologie hoch 2. München: Elsevier, S. 325-341.

Zipp, F., Dörr, J. & Uphaus, T. (2018). Immunvermittelte Erkrankungen des Zentralnervensystems. In: Sitzer, M. & Steinmetz, H.: Neurologie hoch 2. München: Elsevier, S. 205-243.