

## Lernen und Gedächtnis

– Grundlagen für gehirngerechten Unterricht –

STEFAN, MOSER

[STEFAN.MOSER@SBG.AC.AT](mailto:STEFAN.MOSER@SBG.AC.AT)

### Zusammenfassung

Im menschlichen Gehirn hängen die grundlegenden Funktionen sowie die gesamte Informationsverarbeitung von zellulären (Neuronen und Synapsen) und molekularen (Neurotransmitter) Mechanismen ab. Diese Prozesse bilden die Voraussetzung für Gedächtnisbildung, Neuroplastizität und die Langzeitpotenzierung, welche wiederum die Grundlage für das Lernen bilden (Roth, 2009). Lernen ist in unserem Gehirn nichts anderes als die Verstärkung neuronaler Verbindungen, das heißt, die Wahrscheinlichkeit erhöhen dass eine bestimmte Information im neuronalen Netzwerk übertragen wird. Dieser Lernprozess kann von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden. Nach Spitzer (2009) zählen die subjektive Aufmerksamkeit, die eigene Motivation und das emotionale Befinden zu den Hauptfaktoren. Für den konkreten Unterricht lassen sich folgende Empfehlungen aus der Literatur ableiten. Die Basis für erfolgreiches Lernen bildet die Schaffung eines angst- und stressfreien Umfeldes, das strukturieren und verknüpfen von Inhalten und das zirkuläre Wiederholen von bereits Gelerntem. Für den Physikunterricht bilden lehrer- und schülerzentrierte Experimente weitere wichtige Aspekte für gehirngerechtes Lernen, da diese meist handlungsorientiert aufgebaut sind und Lernende mit unterschiedlichen sensorischen Reizen im Lernprozess unterstützen.

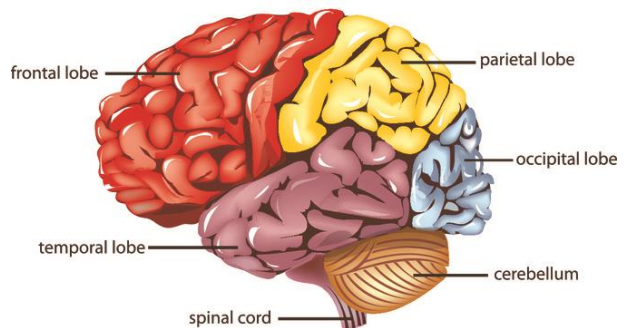
### 1 Das menschliche Gehirn

Die Veränderung des Gehirns erhielt vor etwa 7-5 Millionen Jahren mit dem Übergang zum aufrechten, zweibeinigen Gang einen evolutionären Entwicklungsschub. Diese Bewegungsart auf zwei Beinen ist im Gegensatz zur Fortbewegung auf allen Vieren energetisch effizienter. Diese Effektivität ermöglichte es, Energie zu sparen und für die Entwicklung eines leistungsfähigeren Gehirns zu verwenden (Medina, 2009). Einhergehend mit der daraus resultierenden Vergrößerung des Gehirns ist die Bildung höherer kognitiver Fähigkeiten, welche man nach Medina (2009) am Aufbau des menschlichen Gehirns evolutionsgeschichtlich ablesen kann. Ausgehend vom Reptiliengehirn entwickelte sich bei Säugetieren das limbische System und „abschließend“ beim Homo sapiens der Neocortex.

Das menschliche Gehirn macht etwa zwei Prozent des Körpergewichts aus und verbraucht dabei mehr als 20% der Körperenergie. Die Hauptbestandteile des Gehirns sind Wasser mit 85%, 10-15% Fett, etwas Eiweiß und wenige Gramm Salz (Roth, 2009). Daraus entstehen 100 Milliarden Neuronen und mehr als zehnfache an Faserverbindungen (Gliazellen) zwischen den Neuronen. Die Verbindungen zwischen den Neuronen werden als Synapsen und Dendriten bezeichnet, ihre Anzahl beträgt je 100 Billionen.

### 2 Aufbau des Gehirns

Der Aufbau des menschlichen Gehirns wird, wie bei allen anderen Wirbeltieren, in fünf Hirnbecken unterteilt (Roth, 2009).



**Abbildung 1:** Das menschliche Gehirn ("Bild: Parts of the human brain," 2014)

#### Hirnstamm

Der Hirnstamm als ältester Teil des Gehirns ist im hinteren und tiefsten Gehirnabschnitt lokalisiert. Er besteht aus dem verlängerten Mark, der Brücke und dem Mittelhirn. Das verlängerte Mark ist die Fortsetzung des Rückenmarks und bildet somit die Signalverbindung zwischen der Peripherie und dem Gehirn. Die Brücke enthält Kerne aus den limbischen und motorischen Bereichen (Roth, 2009). Der Hirnstamm und der im Zwischenhirn lokalisierte Hypothalamus bilden die Grundlage unserer biologischen Existenz.

### Kleinhirn (Cerebellum)

Das Kleinhirn ist nach dem Großhirn der - vom Volumen her betrachtet - zweigrößte Teil des Gehirns und besitzt die höchste Neuronendichte. Es ist zuständig für die Steuerung der Motorik, also für die Koordination und Feinabstimmung von Bewegungsabläufen, und die zeitliche Abstimmung von Sprachlauten und Gedankenketten. Zudem wird ihm eine Rolle in zahlreichen höheren kognitiven Prozessen zugeschrieben (Roth, 2009).

### Zwischenhirn (Diencephalon)

Das Zwischenhirn ist bei der Schlaf-Wach-Steuerung sowie beim Schmerzempfinden beteiligt. Es besteht aus dem Epithalamus, dem dorsalen und ventralen Thalamus, dem Hypothalamus und dem Subthalamus (Roth, 2009).

### Großhirnrinde (Cortex)

Etwa die Hälfte des gesamten menschlichen Hirnvolumens bzw. Hirngewichts ist der Großhirnrinde (Cortex) vorbehalten. Dieser Teil des Gehirns ist etwa 130 Millionen Jahre alt. Die evolutionäre Entwicklung wurde mit der kompletten Ausbildung des Neocortex, dieser macht etwa 96% des Cortex aus, vor rund 100.000 Jahren abgeschlossen (Aamodt & Wang, 2010). Der Neocortex kann wie ein 2-5 mm dickes Tuch gesehen werden welches sich über den oberen Teil des Gehirns legt. Er besteht aus etwa 15 Millionen Neuronen, welche durch ihr pyramidenähnliches Aussehen, auch als Pyramidenzellen bezeichnet werden. Jede einzelne Pyramidenzelle kann bis zu 10.000 Signale von anderen Neuronen empfangen und ebenso viele Signale übermitteln. Die Gesamtheit aller synaptischer Verbindungen wird im Neocortex auf eine halbe Trillion geschätzt (Aamodt & Wang, 2010; Roth, 2009, 2011). Der Neocortex kann in vier große Areale, sogenannte Lappen, eingeteilt werden: präfrontaler Cortex, dorsaler Thalamus, Amygdala und Hippocampus.

Der **präfrontale Cortex** befindet sich auf der Stirnseite des Gehirns und ist eng mit dem sensorischen Assoziationsgebieten im Cortex und dem limbischen System verbunden. Dem präfrontalen Cortex wird ein hoher korrelativer Zusammenhang mit der Handlungsplanung und der Emotionskontrolle zugesprochen und er gilt als Sitz der allgemeinen Intelligenz und des Arbeitsgedächtnis (Kubesch, 2008; Kubesch, Emrich, & Beck, 2011; Kubesch & Walk, 2009). Die Fähigkeit sein eigenes Denken, Handeln und seine Aufmerksamkeit sowie seine Emotionen zu kontrollieren und steuern zu können, werden im präfrontalen Cortex gesteuert und bildet

daher eine wichtige Grundlage sich in unserer Gesellschaft einzugliedern.

Der **Parietallappen** ist für die symbolisch-analytische Informationsverarbeitung zuständig und spielt daher eine wichtige Rolle in der Verarbeitung von Sprache, Symbole und in der Anwendung der Mathematik. Ebenso fügt er einzelne Sinnesinformationen zusammen, bewertet diese, und lenkt die Aufmerksamkeit (Roth, 2011).

Der **Temporallappen** beinhaltet den auditorischen Cortex, das Sprachzentrum und den Hippocampus. Er spielt bedeutende Rollen bei Lernprozessen, emotionalen Reaktionen, das Erkennen von Gesichtern und deren Interpretation auf emotionalen Ausdrucks, er ist zuständig für komplexes Hören und das Verstehen einfacher Sätze (Roth, 2011).

Der **Okzipitallappen** ist der Sitz unseres Sehens und ist zuständig für einfaches Sehen und komplexes visuelles Erkennen.

Das menschliche Gehirn hat wichtige Funktionen zu erfüllen und kann in fünf Bereiche eingeteilt werden (Roth, 2009):

- Sensorische Bereich für Wahrnehmung
  - Motorischer Bereich für die Steuerung des Bewegungsapparats
  - Vegetative Funktionen
  - Kognitiv-assoziativer Bereich für Denken, Erinnern und Vorstellen
  - Bereich für das limbische System, welches uns die emotionale Bewertung der Folgen unseres Handelns ermöglicht.
- Dem limbischen System werden intellektuelle Leistungen zugesprochen und es hat einen entscheidenden Einfluss auf den Lernprozess (Roth, 2009; Spitzer, 2009). Das System besteht aus drei Bausteinen dem dorsalen Thalamus, der Amygdala und dem Hippocampus.

### Dorsaler Thalamus

Der dorsale Thalamus wird als Tor zum Bewusstsein bezeichnet und ist über afferente (zuführende) und efferente (ausgehende) Fasern mit dem Cortex verbunden. Weiter synchronisiert er die ankommenden sensorischen Reize für die Weiterverarbeitung im Cortex. Als Tor zum Bewusstsein fungiert der dorsale Thalamus hier als Filter welcher Wesentliches von Unwesentlichen trennt und nur Informationen weiterleitet, welche für den zeitlichen Kontext relevant sind.

### Amygdala

Die Amygdala hat die Form eines Mandelkerns und sitzt im Temporallappen. Sie ist wesentlich

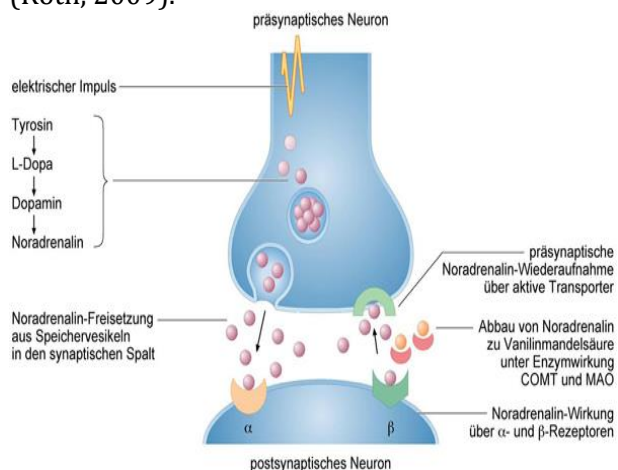
beteiligt an der Entstehung von Angst, emotionaler Bewertung, Wiedererkennung von Situationen und der Analyse möglicher Gefahren. Ebenso ist sie für das emotionale Lernen das Erkennen von Gestik und Mimik sowie für Stressreaktionen zuständig. Die Informationsverarbeitung in der Amygdala erfolgt nach einem einfachen Muster: Freund oder Feind bzw. Angriff oder Flucht.

### Hippocampus

Der Hippocampus befindet sich im Temporallappen und zählt zu den ältesten kortikalen Strukturen im Gehirn. In ihm fließen Informationen verschiedener sensorischer Informationen zusammen, werden verarbeitet und wiederum zum Cortex gesandt. Dadurch ist der Hippocampus enorm wichtig für die Überführung von Gedächtnisinhalte aus dem Arbeits- (Kurzzeit-) in das Langzeitgedächtnis, dieser Vorgang wird Gedächtniskonsolidierung genannt. Menschen bei denen der Hippocampus entfernt oder zerstört wurde, können keine neuen Informationen im Langzeitgedächtnis mehr speichern und abrufen (anterograde Amnesie) (Kubesch, 2005). Nach Spitzer (2009) ist der Hippocampus besonders an Neuigkeiten interessiert und speichert dies schnell ab. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich beim Vokabellernen neue Strukturen im Hippocampus bilden (Spitzer, 2009).

### 3 Informationsverarbeitung im Gehirn

Die Grundlagen der Funktionen und Informationsverarbeitung im Gehirn hängen von zellulären (Neuronen und Synapsen) und molekularen (Neurotransmitter) Mechanismen ab. Diese Prozesse bilden die Voraussetzung für Gedächtnisbildung, Neuroplastizität und die Langzeitpotenzierung, summa summarum das Lernen (Roth, 2009).



**Abbildung 2:** Schematischer Aufbau einer Synapse ("Bild: Schematische Darstellung einer Synapse," 2014)

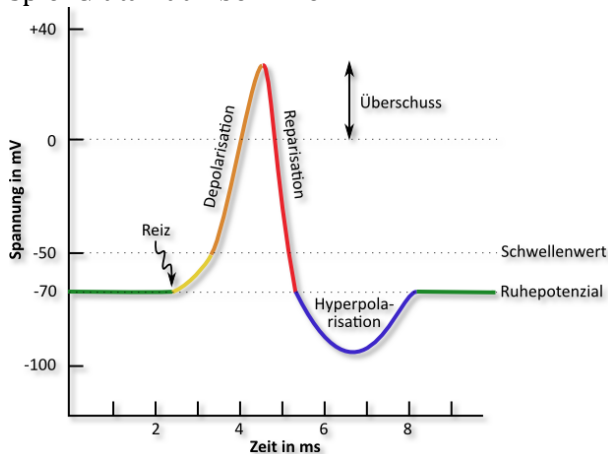
### Neuronen und Synapsen

Eine Nervenzelle oder ein Neuron ist eine Zelle welche auf die Übertragung von elektrischen Erregungen spezialisiert ist. Sie ist die kleinste Funktionseinheit im Gehirn und ist auf die Speicherung sowie Verarbeitung von Informationen ausgelegt. Sie besteht aus dem Zellkern, den Axonen und den Dendriten. Die Dendriten besitzen sogenannte Spines welche Botenstoffe (Neurotransmitter) anderer Neuronen empfangen. Als Ausgangsstation für Signalübertragung zu anderen Neuronen dienen die Axone. Das Axon kann bis zu einem Meter lang werden und wird, sofern oft verwendet, mit einer Myelinhülle (fettige isolierende Schicht) umzogen um die Weiterleitung elektrischer Signale auf bis zu 12 m/s zu beschleunigen (Bonhoeffer & Gruss, 2011).

Die Kontaktstelle zwischen den Neuronen wird als Synapse bezeichnet (**Abbildung 2**). Zu den zahlreichsten und in unserem Fall wichtigsten Synapsen zählen die chemischen Synapsen. Diese heißen so, weil das Signal welches als elektrisches Aktionspotential an der Synapse ankommt, als chemisches Signal übertragen wird (über die beiden Zellmembranen und den dazwischenliegenden synaptischen Spalt). Dabei schüttet die sendende Zelle Botenstoffe aus, die auf der anderen Seite des Spaltes (postsynaptisch) an Rezeptoren binden. Durch diesen Mechanismus ist die Übertragungsrichtung des Signals vorgegeben, wichtig für eine geordnete Informationsverarbeitung in neuronalen Netzen. Parallel dazu gibt es langsam wirkende Beeinflussungen in beide Richtungen. Insbesondere bestimmt das sendende Neuron, ob der in seinem Zellkörper gebildete und verpackte Neurotransmitter an den mitunter zahlreichen Zielzellen erregende (exzitatorische) oder hemmende (inhibitorische) Wirkung entfaltet, indem es die Ausstattung der postsynaptischen Membran beeinflusst. Nicht nur die Synapsen, sondern auch die Neuronen selbst werden daher in exzitatorisch und inhibitorisch unterschieden, je nachdem ob sie nur erregende oder nur hemmende Synapsen an ihren Zielzellen ausbilden. Dagegen ist es üblich, dass eine Zielzelle von verschiedenen signalgebenden Zellen gegensätzliche Signale erhält und diese miteinander verrechnet (Birklbauer, 2013; Bonhoeffer & Gruss, 2011; Roth, 2009; Spitzer, 2009).

#### 4 Was genau geschieht nun bei der Signalübertragung?

Im Ruhezustand herrscht in der Nervenzelle ein stetes Ruhepotential von -45 bis -90 Millivolt (mV). Dieses wird durch Diffusionskräfte, elektrostatische Kräfte und die Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-Pumpe unter Aufbringung von ATP (Adenosin Triphosphat) aufrechterhalten. Erreicht nun ein Aktionspotential den synaptischen Spalt an der vorgeschalteten Zelle, kommt es zu einer Auslenkung des Ruhepotentials von -70mV auf -55mV (**Abbildung 3**). Dadurch öffnen sich spannungsgesteuerte Natriumionenkanäle und Na<sup>+</sup> fließt in die Zelle ein, was zu einer kurzfristigen sogenannten Depolarisation über +40mV führt. Dies bewirkt eine Öffnung der spannungsgesteuerten Kaliumionenkanäle, welche eine Repolarisation über den Ausgangszustand von -70mV hinaus bewirkt (Hyperpolarisation). Wie bereits angeführt haben Aktionspotentiale immer dieselbe Stärke. Aufgrund der Refraktärzeit, welche durch den Inter- und Extrazellulären Ionenaustausch festgelegt wird, können sie sich auch nicht aufsummieren indem mehrere Aktionspotentiale kurz hintereinander „feuern“. Mit der durch das Aktionspotential ausgelösten Polarisation öffnen sich auch zusätzlich spannungsgesteuerte Kalziumionenkanäle. Das einströmende Kalzium (Ca<sup>2+</sup>) bewirkt seinerseits wiederum die Ausschüttung von sogenannten SNAIRS, welche ihrerseits wieder die Ausschüttung von Neurotransmittern – in unserem Beispiel Glutamat – bewirken.



**Abbildung 3:** Aktionspotential einer Zelle ("Bild: Aktionspotential," 2013)

Das ausgeschüttete Glutamat dockt an die Iontropen (lassen Ionen durch) transmittergesteuerten AMPA-Rezeptoren der nachgeschalteten Zelle des synaptischen Spaltes an. Dadurch werden diese Rezeptoren aktiviert und lassen ihrerseits Natriumionen (Na<sup>+</sup>) in die Zelle. Dies führt zu einer Änderung des Ruhepotentials in

der nachgeschalteten Zelle von +0,1 bis +10mV. Die Stärke der Potentialänderung ist abhängig von der funktionalen und morphologischen Beschaffenheit der Zellen. Im Detail von der Menge der ausgeschütteten Neurotransmitter, der Qualität der Rezeptoren, der Menge der aktiven Rezeptoren (funktional) und der Größe und der Anzahl der synaptischen Verbindungen (morphologisch). Die Art der Signalübertragung kann in Abhängigkeit vom ausgeschütteten Neurotransmitter erregend (exzitatorisch) oder hemmend (inhibitorisch) sein. Glutamat ist ein klassischer exzitatorischer Neurotransmitter, GABA wäre inhibitorisch. Im Gegensatz zum Aktionspotential der vorgeschalteten Zelle, kann das postsynaptische Potential durch Summation mehrerer Signale verstärkt werden, da hier der Ionenaustausch nur passiv stattfindet. Eine bedeutende Rolle kommt hierbei der zeitlichen Komponente der Aktivierung einzelner ausgelöster Potentiale in der nachgeschalteten Zelle zu. Auf den Punkt bringt dies der folgende Merksatz: „Neurons that fire together wire together. Neurons that fire out of sync lose their link“ (Birklbauer, 2013; Bonhoeffer & Gruss, 2011; Roth, 2009; Spitzer, 2009).

Wie funktioniert Lernen im neurobiologischen Sinn nun konkret?

Da Lernen nichts anderes ist, als die Verstärkung neuronaler Verbindungen, und diese sich verstärken indem sie aktiviert werden muss man lediglich die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass in einem bestimmten neuronalen Netzwerk Informationsübertragung stattfindet. Diese Wahrscheinlichkeit erhöht man, indem man die Übertragungsrates von Aktionspotentialen an den synaptischen Verbindungen verändert, so dass diese besser oder schlechter funktioniert. Informationsübertragung ist demnach nichts anderes, als die nachgeschalteten Zellen dazu zu bringen, in Antwort auf eintreffende Aktionspotentiale der vorgeschalteten Zelle, ihrerseits zu „feuern“ = postsynaptisches Potential. Je stärker die postsynaptische Antwort auf ein vorangegangenes Aktionspotential ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Information „durchgeht“ (Birklbauer, 2013; Bonhoeffer & Gruss, 2011; Roth, 2009; Spitzer, 2009).

#### Das menschliche Gedächtnis

Aus neuropsychologischer Sicht versteht man unter Gedächtnis die Fähigkeit des Nervensystems, aufgenommenen Information zu behalten, sie zu ordnen und wieder abzurufen. Heutzutage unterscheidet man in der allgemein verwendeten Literatur zwischen drei Gedächtnissystemen: dem sensorischen Gedächtnis, dem Ar-

beits- und Langzeitgedächtnis (Gwiggner, 2004; Kubesch, 2005; Roth, 2009; Spitzer, 2009). Das sensorische Gedächtnis oder Ultrakurzzeitgedächtnis dient nur für wenige Hundert Millisekunden als kurzzeitiger Speicher aller aufgenommenen Informationen aus den Sinnesorganen (auditive, visuelle, taktile, gustatorisch und olfaktorisch) und wirkt als Schnittstelle zwischen Wahrnehmung und Gedächtnis. Das Langzeitgedächtnis stellt hingegen ein dauerhaftes Speichersystem dar und kann wiederum in das deklarative und nondeklarative Gedächtnis unterteilt werden. Das deklarative Gedächtnis enthält episodisches und semantisches Wissen. Zum nondeklarativen Gedächtnis zählt man das perzeptuelles und prozentuales Wissen (Kubesch, 2005).

Im Zentrum der bewussten Informationsverarbeitung steht das Arbeitsgedächtnis. Das System Arbeitsgedächtnis dient als gleichzeitiger Bereitsteller und Manipulator von Informationen, welches bei der Ausführung komplexer Aufgaben wie Lernen, schlussfolgerndes Denken und Sprachverstehen benötigt wird (Baddeley, 1986). Das Arbeitsgedächtnis dient zum einen als kurzzeitiger Speicher von Informationen, die für weitere Operationen aufrechterhalten und nach Abschluss dieser nicht mehr weiter zur Verfügung stehen müssen. Zum anderen wird das Arbeitsgedächtnis dazu eingesetzt, Informationen in das Langzeitgedächtnis zu überführen und gleichzeitig Informationen aus dem Langzeitgedächtnis „zurückzuholen“. Smith und Jonides (2000, zitiert nach Kubesch 2008) unterteilen das Arbeitsgedächtnis wegen seiner unterschiedlichen Funktionen in zwei Bereiche: In einen Kurzzeitspeicher, dieser spielt eine wichtige Rolle in diversen höheren geistigen Leistungen und bildet die Grundlage für verschiedene exekutive Funktionen, sowie in verschiedene exekutive Prozesse. Trotz der geringen Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses von etwa 5-7 Elementen wie Worte, Objekte oder Ziffern über einen Zeitraum von nur wenigen Sekunden, ist in der Lage, diese gespeicherten Informationen derart zu verwenden, dass dadurch komplexe kognitive Funktionen wie Schlussfolgerungen, Lernen, Sprache entstehen können (Kubesch, 2005). Ein funktionierendes Arbeitsgedächtnis bildet die Basis für ein zielgerichtetes Verhalten.

Laut Baddeley (1986) besteht das Arbeitsgedächtnis oder Working Memory aus vier Komponenten:

- Die zentrale Exekutive, welche die wichtigste aber auch bisher die am wenigsten erforschte Komponente darstellt.
- Die phonologische Schleife, welche die Informationen in einer sprachlichen Form festhält.
- Der visuell-räumliche Notizblock, welcher auf räumliches und visuelles Kodieren spezialisiert ist.
- Der episodische Puffer, welcher einen zeitlichen Speicher darstellt. Dieser kann Informationen von der phonologischen Schleife, dem visuell-räumlichen Notizblock und dem Langzeitgedächtnis integrieren kann.

Diese Komponenten werden von der zentralen Exekutive kontrolliert.

In der Working Memory werden also die hereinkommenden neuen Informationen organisiert, mit Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis in Verbindung gebracht, Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen hergestellt und den Reizen eine semantische Bedeutung zugeordnet. Durch wiederholen einzelner Inhalte kann man diese länger im Arbeitsgedächtnis halten und so zu einem späteren Zeitpunkt wieder nutzen. Ebenso ist es mittels „Chunking“, hier werden Elemente zu größeren Einheiten zusammengefasst, möglich den Umfang des Arbeitsgedächtnisses zu erweitern. Nach Imhof (2012) beansprucht das Bilden von Chunks, das Verarbeiten von Informationen, das Wiederholen und das Verknüpfen von neuem Wissen mit Vorwissen Energie. Neue Informationen müssen deshalb so präsentiert werden, dass eine aktive Verarbeitung möglich ist. Informationen die in dieser Phase nicht aktiv verarbeitet werden, werden vergessen.

## 5 Lernen und Gedächtnis

Vorweg: Das Gehirn macht keinen Unterschied, was wir lernen, ob ein Instrument, eine Sprache, oder eine Bewegung; ob kognitives, emotionales, affektives oder soziales Lernen, die zugrundeliegenden neurobiologischen Prozesse sind immer dieselben. Lernen ist immer die Verstärkung – funktional oder morphologisch – bereits bestehender synaptischer Verbindungen bzw. das Entstehen neuer neuronaler Verbindungen. Unser Hirn lernt indem es generalisiert: Es extrahiert aus Erfahrungen Regeln, Beziehungen und Gemeinsamkeiten. Der vielleicht wichtigste Merksatz zum Thema Lernen (Birklbauer, 2013; Roth, 2009; Spitzer, 2009):

„In den Synapsen ist die Statistik ihres Gebrauchs kodiert“

Neuronale Verbindungen werden stärker, je öfter sie aktiviert werden. Werden nun ähnliche Erfahrungen gemacht, verstärken sich in einem neuronalen Netzwerk jene Verbindungen am stärksten, welche allen, oder vielen, der gemachten Erfahrungen gemein waren, da diese Verbindungen am häufigsten aktiviert wurden. Diese Gemeinsamkeit der einzelnen Erfahrungen ist eine Regel. Wurde aus verschiedenen Erfahrungen eine gemeinsame Regel extrahiert, ist es möglich diese auch auf andere, neue Situationen anzuwenden. Kurzum:

**Das Gehirn ist ein Erfahrungs-  
Generalisierungs-System – eine Regel-  
Extraktions-Maschine!**

## 6 Faktoren die das Lernen beeinflussen

Im Folgenden Abschnitt werden drei, für das Lernen wichtige Faktoren näher beschrieben: Aufmerksamkeit, Motivation und Emotionen. Manfred Spitzer schreibt in diesem Zusammenhang *„Wer beim Lernen aufmerksam, motiviert und emotional dabei ist, der wird mehr behalten“* (Spitzer, 2009, p. 139).

### Aufmerksamkeit

Aus neurologischer Sicht wird die Aufmerksamkeit in zwei voneinander unabhängigen Prozessen unterteilt. Die eine wird als allgemeine Wachheit (Vigilanz) und die andere als selektive Aufmerksamkeit bezeichnet (Medina, 2009). Vigilanz beschreibt einen zeitlichen Prozess und beschreibt die allgemeine Aktivierung des Organismus, dieser Zustand kann von hellwach bis komatös reichen (Spitzer, 2009).

Die selektive Aufmerksamkeit bezeichnet einen räumlichen Prozess welcher durch die Aktivierung von Gehirnarealen fokussierte Informationen verarbeitet. Wie anfangs beschrieben ist der dorsale Thalamus, welcher als Filter Wesentliches von Unwesentlichen trennt, eine der wichtigsten Komponenten für die Steuerung dieser Art des Aufmerksamkeitsprozesses. Der dorsale Thalamus lenkt hierbei die Aufmerksamkeit wie einen „Scheinwerfer“ auf relevant erscheinende einströmende Informationen und filtert diese heraus. Nur durch dieses Herausfiltern der Informationen werden diese erst wahrgenommen. Dieser Prozess des Filterns ist von großer Bedeutung, da die Quantität der Informationsverarbeitung im Cortex begrenzt ist und nicht alle Informationen gespeichert werden können. Nach Spitzer (2009) ermöglicht nur die Kombination von Input und Aufmerksamkeit die Bildung neuer oder die Verstärkung bereits bestehender Karten. Die selektive Aufmerksamkeit ist der Faktor welcher für die Lerninhalte

entsprechenden Areale aktiviert. Ein reines überschütten mit Lernstoff nach der Methode des Nürnberger Trichters ohne die Aufmerksamkeit dahin zu lenken, würde zu keiner Veränderung der synaptischen Verbindungen führen demzufolge findet kein Lernen statt (Roth, 2011; Spitzer, 2009).

### Motivation

Motivation bezeichnet die innere „Triebkraft“ welche unser Streben nach Zielen und Wünschen steuert. Hinter jedem Lernziel verbirgt sich das Motiv, also der zugrundeliegende Grund das Ziel zu erreichen, daher ist es auch wichtig das Lernziele zu wissen und zu verstehen. Unser Motivationssystem wird durch die Belohnungserwartung angetrieben, welche auf der Annahme beruht, dass sich durch Wiederholung einer bestimmten Handlung erneut eine Belohnung einstellt (Roth, 2011). Des Weiteren werden Motive in intrinsische und extrinsische unterteilt (Kubesch, 2005). Handelt es sich um eine selbstbelohnende Tätigkeit, so liegt ein intrinsisches Motiv vor. Diese eigenbestimmten Motive stehen auch in einem engen Zusammenhang mit der positiven Entwicklung der Selbstwirksamkeit (Roth, 2011). Der Begriff Selbstwirksamkeit sagt aus, dass das Produkt einer fertigen Handlung auf sein eigenes Tun und seine Fähigkeiten zurückzuführen ist. Selbstwirksame Menschen zeigen nach Roth (2011) eine erhöhte Hartnäckigkeit bei der Verfolgung von Zielen. Im Gegensatz dazu stehen die extrinsischen Ziele, welche kurz zusammengefasst als materielle Motive, wie auch das Streben nach Macht oder Anerkennung (Roth, 2011). Je nachdem welches der beiden Motive dem angestrebten Ziel zugrunde liegt beeinflusst es unser Verhalten in der jeweiligen Handlung. Lernende mit intrinsischen Motiven sehen der Zielsetzungen neugierig und optimistisch gegenüber. Lernen bereitet ihnen Freude und das Lösen von Aufgaben stellt für sie eine positive Herausforderung dar, welche es zu bewältigen gilt. Extrinsisch motivierte Lernende verhalten sich im Lernen eher passiv und leisten bei Veränderungen ihre Denkgewohnheiten Widerstand.

Im Zusammenhang mit Motivation spielt der Neurotransmitter Dopamin eine wichtige Rolle. Das Dopamin aktiviert das Belohnungssystem in unserem Gehirn und veranlasst uns das Verhalten welches die Belohnung verursacht hat, zu wiederholen (Spitzer, 2009). Dopaminfreisetzung im Cortex führt zu einer Steigerung des Denkvermögens sowie einem subjektiven Wohlgefühl (Spitzer, 2009).

### Emotion

Der Begriff „Emotionen“ benennt ein Gefühl oder eine aus dem affektive Gemütsbewegung des Menschen. Emotionen haben einen großen Einfluss auf das Lernen. So können positive Emotionen förderlich und negative Emotionen hinderlich sein (Kubesch, 2005; Spitzer, 2009). Durch emotionale Erregung wird Adrenalin ausgeschüttet welches das sympathische Nervensystem anregt. Der Sympatikus leitet Informationen an die Amygdala und den Hippocampus weiter, welche maßgeblich an der Gedächtnisbildung beteiligt sind. Ereignisse, die in einem emotionalen Kontext stehen, werden so besser behalten (Spitzer, 2009). Untersuchungen zeigen, dass ein positiver emotionaler Kontext die Merkfähigkeit besser fördert als ein negativer oder neutraler (Spitzer, 2009). Wird die emotionale Erregung medikamentös verringert, bewirkt dies einen Nachlass des Erinnerungsvermögens. Weiter konnten Beziehungen zwischen emotionalen Kontext und bestimmten Hirnregionen gezeigt werden (Spitzer, 2009):

- Bei positiv-emotionalem Kontext wird der Hippocampus aktiviert.
- Bei negativ-emotionalem Kontext wird die Amygdala aktiviert.
- Bei neutral-emotionalem Kontext wird der frontale Cortex aktiviert

### Angst und Stress

Wer sich als Kind auf der heißen Herdplatte die Hand verbrannt hat, wird dies nie vergessen. Die spezielle Hormonausschüttung und Aktivierung bestimmter Gehirnareale, insbesondere der Amygdala, ermöglichen dies. Lässt dies nun den Schluss zu, dass das Auftreten von Angst und eine stressigen Umgebung förderlich für das Lernen ist. Natürlich wäre dieser Schluss nicht ratsam (Spitzer, 2009). Das Gehirn steht bei Angst- oder Stresssituationen unter dem besonderen Einfluss der Amygdala. Die Amygdala sorgt einerseits, dass eine unangenehme Erfahrung in Zukunft vermieden wird. Andererseits blockt sie das freie Denken und sucht den einfachsten Lösungsweg. Diese Mechanismen führen dazu, dass Erfahrungen in diesen emotionalen Kontexten keine Anbindung an bereits bestehende neuronale Strukturen schaffen und somit für einen ganzheitlichen Lernansatz hinderlich wären.

### 7 Kriterienkatalog für gehirngerechtes Lernen

Im Folgenden und letzten Kapitel werden die oben gewonnenen Ergebnisse in konkrete Kriterien für gehirngerechtes Lernen abgeleitet

und Hilfestellungen für das Unterrichten angegeben.

### Wiederholung

„Synapsen sind in ihrer Statistik des Gebrauchs codiert“ oder auch „Übung macht den Meister“. Informationen welche häufig ein ähnliches Aktivierungsmuster ansprechen, werden vergrößert und bilden eine stabile neuronale Struktur (Roth, 2011; Spitzer, 2009).

- Wiederholen zu Beginn und am Ende der Stunde
- Zwischendurch kurze Stundeninhalte von Studierenden zusammenfassen lassen
- Längerfristige Denkweisen entwickeln – Wiederholung von zurückliegenden Themen einplanen

### Verknüpftes Lernen

Eine gute Technik neuen Lernstoff längerfristig in seinem Gedächtnis zu speichern, ist das Assoziationslernen. Hierbei wird der Lernstoff mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft und somit die „Tiefe“ des Lernens gefördert (Spitzer, 2009). Bildliche Vorstellungen, Reime, Eselbrücken und Ähnlichkeiten zu andere Themen sind nur wenige Beispiele für verknüpftes Lernen.

### Strukturierter Input

Um den Einordnungsprozess für bereits Gelerntes (Verknüpftes Lernen) zu erleichtern, ist ein strukturierter Inhalt von größter Bedeutung. Das Trennen von Wichtigem und Unwichtigem, die Verringerung der Informationsmenge und das Einordnen in Kategorien begünstigen ein optimales Lernen.

### Mehr Kanäle ansprechen

Wir wissen nun bereits, dass Synapsen in ihrer Statistik des Gebrauchs codiert sind. Diesen Prozess kann man im Unterricht und beim Lernen fördern wenn mehrere Sinne gleichzeitig stimuliert werden. Das multisensorische Präsentieren von Informationen kann beispielsweise die Durchführung eines Experiments im Unterricht sein, welches nicht nur einen visuellen Reiz darstellt sondern mit der Verbindung der Berührung oder des selbstständigen Aufbaus verstärkt wird (Medina, 2009).

- Multisensorisches Präsentieren von Informationen
- Prinzip der zeitlichen und räumlichen Nähe: Wörter und Bilder gleichzeitig und räumlich dicht zusammen
- Kohärenzprinzip: keine unwesentlichen Inhalte zeigen

- Modalitätsprinzip: Animation und mündliche Erzählung vor Animation und geschriebenen Text

### Selbst tun

Lernende prägen sich selbst gemachte Erfahrungen besser ein als reine theoretische Vorträge. Das Lernen an konkreten Erfahrungen, wie z.B. das Experiment, eignet sich perfekt für einen handlungsorientierten Unterricht. Diese Art des Unterrichts fordert von den Lernenden ein hohes Maß an Selbstorganisation und bildet eine hervorragende Grundlage für die Entwicklung eigener Denkstrukturen (Roth, 2011).

### Zuerst das große Ganze

Das Gehirn ist ein Regelextraktionsmaschine und kann schnell aus den Informationen den Kern der Sache, die Regel dahinter, herausfiltern (Birklbauer, 2013; Medina, 2009). Es bevorzugt das Wesentliche vor dem Detail. Unterricht sollte demzufolge zuerst das große Ganze vermitteln und erst in einem weiteren Schritt Details zufügen. Diese Vorgangsweise ermöglicht es dem Gehirn weitere Inhalte besser zu Verknüpfen.

## 8 Literatur

- Aamodt, S., & Wang, S. (2010). *Welcome to your brain : ein respektloser Führer durch die Welt des Gehirns*. München.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon.
- Bild: Aktionspotential. (2013). from <http://www.jagemann-net.de/biologie/bio13/neurobiologie/aktionspotenzial/aktionspotenzial.php>
- Bild: Parts of the human brain. (2014, 17.12.2012). Retrieved 01.02.2015, 2015, from <http://theconversation.com/explainer-the-brain-11196>
- Bild: Schematische Darstellung einer Synapse. (2014). Retrieved 29.12.2014, 2014, from [http://www.medizininfo.de/kopfundseele/alzheimer/synaptische\\_uebertragung.shtml](http://www.medizininfo.de/kopfundseele/alzheimer/synaptische_uebertragung.shtml)
- Birklbauer, J. (2013). *Skriptum: Intermuskuläres Koordinationstraining*.
- Bonhoeffer, T., & Gruss, P. (2011). *Zukunft Gehirn: Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen*. Berlin: C. H. Beck.
- Gwiggner, N. (2004). *Die exekutiven Funktionen im Jugendalter*. Dissertation. Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München.
- Imhof, M. (2012). *Psychologie für Lehramtstudierende*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Kubesch, S. (2005). *Das bewegte Gehirn. Exekutive Funktionen und körperliche Aktivität*. Medizinische Fakultät der Universität Ulm
- Kubesch, S. (2008). *Körperliche Aktivität und exekutive Funktionen*. Schorndorf : Hofmann.
- Kubesch, S., Emrich, A., & Beck, F. (2011). Exekutive Funktionen im Sportunterricht fördern. *Sportunterricht*, 60(10), 312-316.
- Kubesch, S., & Walk, L. (2009). Körperliches und kognitives Training exekutiver Funktionen in Kindergarten und Schule. *Sportwissenschaft*, 39(4), 309-317. doi: 10.1007/s12662-009-0079-2
- Medina, J. (2009). *Gehirn und Erfolg: 12 Regeln für Schule, Beruf und Alltag*. Heidelberg.
- Roth, G. (2009). *Aus Sicht des Gehirns*. Frankfurt.
- Roth, G. (2011). *Bildung braucht Persönlichkeit: Wie Lernen gelingt*. Stuttgart.
- Spitzer, M. (2009). *Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens*. Heidelberg.