

# So lernt das Gehirn

## Kleines „ABC“ der Neuronen

### Neuronen und Synapsen

Wer das Gehirn und Lernen verstehen möchte, kommt ohne einen Blick auf dessen Grundbausteine, die Nervenzellen (Neuronen) nicht aus.

Zellkörper, Dendrit, Axon, Synapse und Neurotransmitter - diese fünf Begriffe sind alles, was man im Zusammenhang mit den Neuronen wirklich wissen muss, um das Lernen zu verstehen.

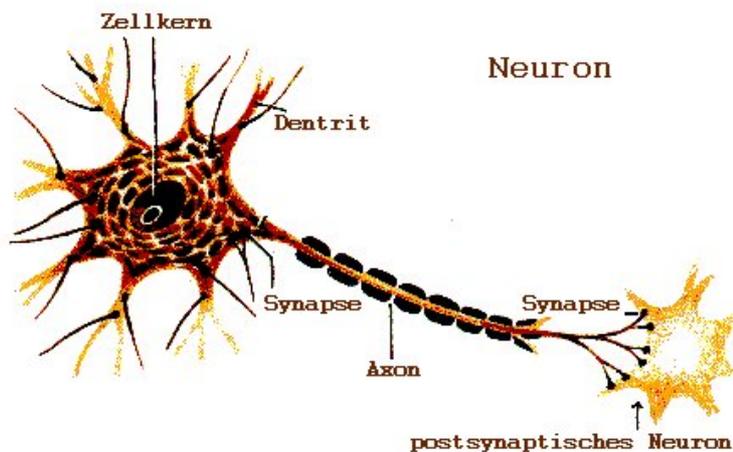
Wie ist die Nervenzelle beschaffen? Sie besteht aus drei Grundelementen.

Das erste - der Zellkörper. Er enthält im Wesentlichen dieselben Dinge, die sich auch in den Zellen anderer Organe finden.

An diesem Zellkörper befinden sich zwei Arten von Fortsätzen. Die Dendriten und die Axone. Eine Nervenzelle besitzt viele Dendriten, aber nur ein einziges Axon.

Diese drei Grundelemente machen die typische Struktur einer Gehirnzelle aus.

### Bau einer Nervenzelle



**Zellkörper** - Informationsverarbeitung

**Dendriten** - Informationsaufnahme

**Axon** - Informationsweiterleitung

**Synapse** – Informationsübertragung

Das Gehirn besteht etwa aus 100 Milliarden Nervenzellen.  
Wichtig für die Funktion des Gehirns sind aber vor allem die Verbindungen zwischen den Nervenzellen (Axone, Dendriten usw.)

Neuronen sind darauf spezialisiert, Signale zu leiten und zu verarbeiten.  
„Eingangskabel“, die so genannten Dendriten, übertragen Eingangssignale auf den Zellkörper.  
Der erzeugt daraufhin Ausgangssignale, welche über ein oft weit verzweigtes „Ausgangskabel“, das so genannte Axon, weitergeleitet werden.

Die Anzahl der Verbindungen beträgt bei einem Neugeborenen etwa 50 Billionen.  
All das, was mit Lernen oder Gehirnentwicklung zu tun hat, beruht auf dem Wachstum bzw. den Veränderungen dieser Verbindungen zwischen den Nervenzellen.

### **Wie Neuronen funktionieren**

Die Arbeitsweise ist erstaunlich einfach:  
Immer wenn die Summe der Eingangssignale einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, sendet die Zelle ein Ausgangssignal.  
Bleibt die Eingangserregung unter der Grenze, reagiert die Zelle nicht.  
Am Ende der axonalen Verzweigungen stellt eine besondere Struktur, die Synapse, den Kontakt zu anderen Neuronen her.

Die meisten Synapsen funktionieren so:  
Je stärker die Erregung im Axon, desto mehr Moleküle einer Überträgersubstanz schüttet die Synapse aus. Der Überträgerstoff (Neurotransmitter) wandert zur Zielzelle.  
Manche Neurotransmitter erhöhen die elektrische Erregung der "angefunkten" Zelle, andere hemmen sie.

### **Die Netzwerke der Erinnerung**

Das Netzwerk der Neuronen in der Großhirnrinde (wegen ihrer Form auch „Pyramidenzellen“) ist im Gegensatz zu einem Computer nicht nach einem detaillierten Plan geknüpft, sondern weitgehend zufällig organisiert.  
Sind miteinander verbundene Zellen gemeinsam aktiv, verstärken sich die Synapsen.

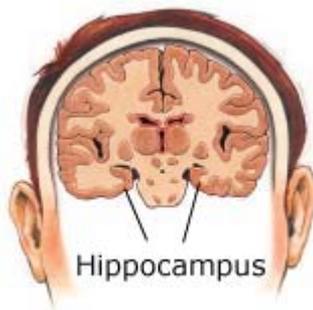
Demnach aktiviert das Lernen immer wieder eine Anzahl miteinander verknüpfter Pyramidenzellen. Deren Verbindung verstärkt sich nach und nach, „neuronalen Netzwerke“ entstehen.  
Je öfter sich der synaptische Lernprozess wiederholt, desto leichter lässt sich dieses „Netzwerk“ aktivieren.

Was bedeutet das für das Lernen?

„Synaptisches Lernen“ in der Großhirnrinde ist langsam und lebt von der Wiederholung.  
Dabei kommt es nicht auf die absolute Zeitdauer an.  
"Häufiger, aber kürzer üben" lautet der Rat, der sich mit etwas Vorsicht ableiten lässt.

Das bedeutet jedoch keineswegs, immer wieder die gleichen Inhalte zu wiederholen.  
Im Gegenteil - Stumpfsinn scheint der Hauptfeind des Lernens zu sein.  
Mehr Erfolg verspricht, das Gehirn auf stets etwas andere Weise anzuregen, ihm durch variierte Aufgaben und andere Herangehensweisen immer wieder neuen Anlass zur Auseinandersetzung mit dem Thema zu geben, je reicher und vielfältiger, desto besser.

## Wo geht's hier zum Hippocampus?



### Der Hippocampus ist ein Teil des limbischen Systems

Das "Limbische System" ist eine Sammelbezeichnung für eine Funktionseinheit aus Teilen des Großhirns sowie Teilen des Zwischenhirns.  
Zum limbischen System gehören u.a. Hippocampus und Amygdala (Mandelkern).

Es spielt die entscheidende Rolle bei der Übertragung von Informationen ins Langzeitgedächtnis.  
- liefert die emotionale Bewertung aufgenommener Informationen und bewertet diese für die Übertragung ins Langzeitgedächtnis.

Es bewertet alles nach "gut" und "schlecht" und steuert damit unser Verhalten.  
Durch die emotionale Bewertung spielt es eine entscheidende Rolle bei Lernvorgängen und beim Abrufen von neuen (Lern-) Informationen aus der Hirnrinde.

### Die Schlüsselstelle für das Lernen - der Hippocampus

Stellen sie sich den Hippocampus wie einen Pförtner vor.  
Er lässt Informationen durch - oder auch nicht. Je nachdem, ob er Lust dazu hat.  
Das ist nämlich nicht garantiert, denn der Hippocampus langweilt sich sehr schnell.

Wenn da ständig dieselbe trockene Information kommt, hat er keinen Spaß und schließt die Tür.  
Welche Tricks halten den Hippocampus bei Laune? Abwechslung und Spaß.

Wenn ich z.B. den Satz „Der grüne Hut liegt auf dem großen Tisch“  
ins Englische übersetze und fünfmal wiederhole, um mir die einzelnen Vokabeln einzuprägen -  
dann schaltet der Hippocampus einfach ab. (Bei Männern übrigens früher als bei Frauen).

Wenn ich den Satz aber verändere, funktioniert der Hippocampus wieder.  
Zum Beispiel: „Auf dem großen Tisch liegt der grüne Hut.“ -  
oder: „Der große Hut liegt auf dem grünen Tisch“ usw. - dann überliste ich das Gehirn.  
Es hilft übrigens auch, wenn man die Stimmlage verändert:  
Mal den Satz im Tenor, dann im Sopran sprechen - und schon hat der Hippocampus wieder Spaß am Lernen.

Die Großhirnrinde und der Hippocampus scheinen während des Schlafs  
rege miteinander zu kommunizieren.

Die Frage, wie das Gehirn Erinnerungen speichert oder verwirft,  
ist nach wie vor nur in Ansätzen geklärt.

Viele Hirnforscher halten die Konsolidierungstheorie für den bislang besten Erklärungsansatz. Diese besagt, dass frische Eindrücke zuerst im Hippocampus abgelegt werden. Sie sollen dann innerhalb von Stunden oder Tagen - vornehmlich während des Tiefschlafs - in die Großhirnrinde und dort ins Langzeitgedächtnis übergehen.

## **Amygdala - und die Angst lernt mit**

Sie ist etwa so groß wie eine Mandel und ebenso geformt. Daher trägt sie den gelehrten griechischen Namen: Amygdala - Mandelkern. Die Amygdala liegt etwa in der Mitte unseres Kopfes - und ist mit zwei Exemplaren vertreten.

Alles, was unsere Augen, Ohren und die anderen Sinne aufnehmen wird an die Wahrnehmungsareale des Gehirns weitergeleitet. Von diesen Arealen geht alles zur Amygdala und wird von ihr streng geprüft. Nähert sich Unheil oder eine Gefahr, wird sofort die Abwehr mobilisiert.

So ist die Amygdala eine sehr empfindlichen „Alarmanlage“. Bei Gefahr geraten wir in Erregung, springen zurück oder schlagen blitzschnell zu.

Angst ist ein normaler und notwendiger Teil unseres Lebens. Viele Situationen, in denen wir Angst verspüren, werden im Laufe unseres Lebens erlernt. . . . . aber Angst kann auch von Nachteil sein.

Heute wissen wir aus der Hirnforschung, dass Angst Kreativität ausschließt. Und beim Lernen „unter Angst“ lernen wir die Angst gleich mit.

Neueste Untersuchungen zeigen, dass unbewusste Erinnerungen auch direkt in der Amygdala gespeichert werden können. Werden also unbewusste Erinnerungen wachgerufen so stellt die Amygdala den Körperzustand wieder her wie er beim Speichern des ursprünglichen Erlebnisses geherrscht hat. (Herzklopfen, schwitzende Hände, schneller Atem usw.)

## **Was bedeutet das nun für das Lernen?**

Beim Lernen muss eines stimmen: die emotionale Atmosphäre. Denn negative Emotionen aktivieren den Mandelkern und blockieren den Lernprozess.

Wir wissen damit nicht nur, dass Lernen in guter Stimmung und mit Freude am besten funktioniert - wir wissen jetzt auch, warum Lernen in dieser Atmosphäre erfolgen soll. Nur so kann nämlich das Gelernte auch später überhaupt zum Problemlösen verwendet werden.

Angst hat beim Lernen also nichts zu suchen - schon gar nicht in der Schule.

## **Dopamin – was uns Freude macht**

Ob wir Freude haben - glücklich oder unglücklich sind, hängt von vier Botenstoffen ab. Vor allem Dopamin spielt bei Freude und beim Glücksgefühl eine zentrale Rolle.

Dopamin wird im Gehirn in einem Bereich des Mittelhirns gebildet. Wenn diese Region besonders angesprochen wird, schütten die Nervenzellen dort den Botenstoff aus.

Ohne Dopamin (und andere Botenstoffe) kann unser Gehirn keine Informationen verarbeiten. Es macht die Zellen besonders sensibel für das Empfangen neuer Informationen.

Dopamin führt auch dazu, dass Informationen besonders fest im Gedächtnis verankert werden und auch besonders gut wieder abgerufen werden können.

Hirnforscher nennen Dopamin deshalb auch einen „Modulator“ für das Lernen. Denn er wirkt beim Lernen wie ein Verstärker.

Auf einen bisher unbekanntem und interessanten Zusammenhang des Dopamins sind Forscher in Magdeburg und London gestoßen. Sie haben Versuchspersonen beim Lernen von Vokabeln Bilder von unbekanntem Städten und Landschaften gezeigt.

Nachdem diese Versuchspersonen die Bilder angesehen hatten, waren sie aufmerksamer und lernten besser. Die Erklärung der Forscher: In neutralen Bildern sucht das Gehirn nach Belohnung und ist offener für Neues. Die unbekanntem Bilder aktivieren das „Belohnungssystem“ - Dopamin wird ausgeschüttet.

Was bedeutet das nun für das Lernen?  
Die beste Lernsituation ist also die, in der man interessante Entdeckungen macht, klare Ziele erreichen kann - und Leistungen erzielt, auf die man stolz sein kann. Ist also eine Aufgabe richtig gelöst, belohnt uns unser Gehirn mit Dopamin. Dopamin wird also bei Erfolg ausgeschüttet. So macht richtiges Lernen nicht nur schlau, sondern auch glücklich.

## **„Karten“ im Kopf**

Das Lernen hinterlässt im menschlichen Gehirn messbare Spuren. Dabei spricht man von „Karten“ (kortikale Karten) im Gehirn.

Die Großhirnrinde (der Cortex) ist der wesentliche Ort dieser Repräsentationen. Aufgrund der Art, wie Neuronen im Cortex miteinander verschaltet sind, sind die dort eingehenden Signale nach Häufigkeit und Ähnlichkeit repräsentiert. Dies wird dann als kortikale Karte bezeichnet.

Die Bereiche der Körperoberfläche sind im Gehirn auf der kortikalen Karte sinnvoll angeordnet. Wichtige Bereiche der Körperoberfläche nehmen auf der Karte mehr Platz ein. Da z.B. Hände, Lippen und Zunge für das Tasten sehr wichtig sind, nehmen sie auch sehr viel Platz auf dieser Karte ein.

Was heißt das nun für das Lernen?  
Lernt jemand nun z.B. Geige spielen, so vergrößert sich dadurch, dass er mit der linken Hand immer wieder die Saite der Geige greift, jenes Areal in der Großhirnrinde, das für die Finger seiner linken Hand zuständig ist.

Weiter wurde nachgewiesen, dass bei Musikern insgesamt die akustische Landkarte im Cortex etwa ein Viertel größer ist als bei Nichtmusikern - immer vorausgesetzt, das Musizieren beginnt in der Kindheit und es wird viel geübt.

## Die entzauberte Nacht – Lernen im Schlaf

Wer sein Englisch-Buch unter den Kopfpolster legt, hat zwar hart geschlafen, aber nicht mehr gelernt. Doch neu Gelerntes überschlafen, kann durchaus sinnvoll sein. Denn wir brauchen den Schlaf, um Erlerntes dauerhaft im Gedächtnis zu speichern.

Die Frage, wie das Gehirn Erinnerungen speichert, ist nach wie vor nur in Ansätzen geklärt. Viele Hirnforscher halten die Konsolidierungstheorie für den bislang besten Erklärungsansatz. Diese Theorie besagt, dass frische Eindrücke zuerst im Hippocampus als Kurzzeitgedächtnis abgelegt werden.

Der Hippocampus ist jedenfalls dabei unentbehrlich. Im Hippocampus werden sämtliche am Tag gesammelten Eindrücke, Erlebnisse, Informationen - z.B. Lerninhalte - erst einmal „zwischengespeichert“.

Da der Hippocampus aber nur eine begrenzte Kapazität besitzt, müssen diese Informationen in die Großhirnrinde (den Sitz des Langzeitgedächtnisses) überspielt werden.

Dort werden sie mit bereits vorhandenen Inhalten verknüpft und dauerhaft „gespeichert“. Dieser Prozess der Gedächtniskonsolidierung findet vor allem im Schlaf statt.

Schlaf ist aber nicht gleich Schlaf

Schlaf ist kein gleichförmiger Vorgang. Wir durchlaufen abwechselnd unterschiedliche Phasen. Wichtig sind die Tiefschlafphase und die Traumphase (REM-Phase)

Man geht heute davon aus, dass im Tiefschlaf in unseren Gehirnen die „Verschiebearbeit“ vom Hippocampus in die Großhirnrinde stattfindet. Das Ordnen, Sortieren und Strukturieren erfolgt dann in der REM-Phase.

Auch Tageserlebnisse werden jetzt bewertet und unbewusst unseren Erfahrungen zugeordnet. In der REM-Phase werden nicht nur neu aufgenommene Eindrücke verarbeitet, sondern auch die, die schon länger zurückliegen. Wenn neue Inhalte hinzukommen, werden bestehende Strukturen im Gehirn verändert oder umorganisiert.

Was bedeutet das nun für das Lernen?

Wenn wir uns z.B. für eine Prüfung vorbereiten, ist es nicht ratsam die ganze Nacht vorher noch angestrengt zu lernen.

Warum? Das hindert unser Gehirn daran, das Gelernte in der Nacht zu konsolidieren.

Auch wer nun am Abend - nach dem Lernen - z.B. Computerspiele spielt, die ihn in den Bann ziehen, bei dem könnte viel von dem verdrängt werden, was er zuvor gelernt hat.

Denn wir lernen erwiesenermaßen im Schlaf.

Aber möglicherweise das Falsche, wenn wir die aufregenden Computerspiele

- vor dem Einschlafen nicht vermeiden.
- Dieser Prozess der Gedächtniskonsolidierung findet vor allem im Schlaf statt.
- Im Tiefschlaf findet die „Verschiebearbeit“ vom Hippocampus in die Großhirnrinde statt.
- Das Ordnen, Sortieren und Strukturieren erfolgt in der REM-Phase.