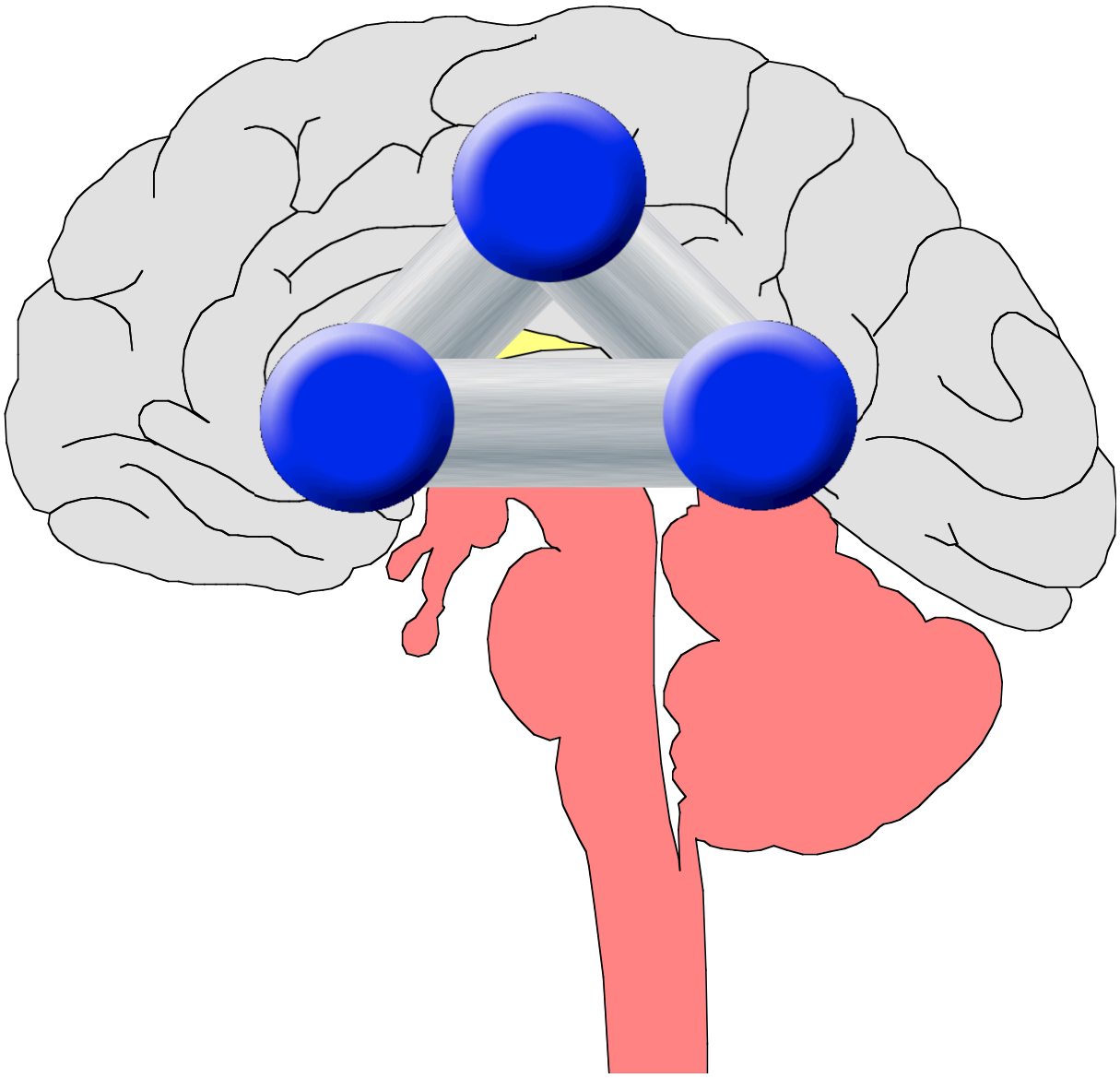
Probekapitel

Die Schule des Denkens

Martin Burkhardt

Heft 7: Simulation von Gerhirnfunktionen durch Module



Probekapitel

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Das Gehirn	4
Neuronen und ihre Verbindung	7
Neuronale Netzwerke	13
Das Gehirn als Input / Outputsystem	24
Das Gedächtnis	30
Gehirn und Emotionen	36
Kommunikation und Sprache	45
Simulation höherer geistiger Leistungen	49
Gott im Gehirn?	62
Quellenverzeichnis	71

Weitere Informationen unter: www.denken-glauben-leben-handeln.de

Probekapitel

Vorwort

Nach langen Recherchen zur Schule des Denkens Heft 8 „Veränderung des Denkens“ ergab sich die zwingende Notwendigkeit das vorliegende Heft „Gehirnmodelle - Simulationen des Gehirns durch die Module“ vorzuschalten.

Die Gehirnforschung ist derzeit durch neue bildgebende Verfahren[1] in voller Fahrt und es gibt eine Unzahl neuer Ergebnisse, auf die ich bereits in vorhergehenden Heften zurückgegriffen habe. Allerdings sind die Ergebnisse noch so unübersichtlich, dass es dem Laien schwerfällt, sich ein Bild davon zu machen. Einen anschaulichen Überblick bietet Carter, „Das Gehirn“, schon allein wegen der vielen farbigen Graphiken und Fotos. Ich empfehle dieses Buch quasi als Begleitlektüre, da ich aus Gründen des Copyright diese Graphiken nicht übernehmen kann. Eine interessante Einführung über die historischen und philosophischen Hintergründe bietet Precht, „Wer bin ich und wenn ja, wie viele?“

Was dieses Heft leistet, ist der Versuch, einfache Gehirnfunktionen durch Simulation verständlich zu machen unter Rückgriff auf die im ersten Heft dieser Serie beschriebenen Module.

Jedes Kapitel beginnt mit einer Einführung in die **hirnbiologischen Grundlagen** und schließt mit einer **möglichen Simulation** und einer Darstellung ihrer theoretischen und praktischen Auswirkungen ab.

Der Blick in die Funktionsweise des eigenen Gehirns ist der Schlüssel, um unser Denken und damit uns selbst zu verstehen.

Ich danke meiner Mutter Ruth Burkhardt für die Korrekturarbeiten und meiner Frau Ellen für ihre Geduld und Unterstützung.

Memmingen am 1. Advent 2011.

[1] Vgl. Carter, Das Gehirn, S.12 f.

Probekapitel

Das Gehirn

Eine Topographie

1. KAPITEL

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten Bezeichnungen in der Anatomie des Gehirns. Es dient dem Leser als Referenzkapitel bei der weiteren Lektüre.

Anatomische Gliederung

Das Hirn lässt sich anatomisch gliedern. Dabei unterscheidet man zunächst vier **große Bereiche**:[2]

	Deutscher Name	Lateinischer Name	Teilstrukturen
1.Hirnstamm	Verlängertes Rückenmark	Medulla oblongata	
		Pons	
	Kleinhirn	Cerebellum	
	Rautenhirn	Rhomenchephalon.	
	Mittelhirn	Mesenchephalon	Kerne (nuclei), z.B. Basalganglien
	limbisches System		verbindet Hirnstamm und Großhirn
Vorderhirn	2. Zwischenhirn	Dienchephalon	Thalamus, Hypothalamus
	3. Großhirn	Cerebrum	Rechte und linke Hemisphäre, Corpus Callosun, Hippocampus, Amygdala,

[2] Vgl. Carter , das Gehirn, S. 52 f.

Probekapitel

	Deutscher Name	Lateinischer Name	Teilstrukturen
	4. Großhirnrinde	Cortex Cerebri	Frontallappen, Parietallappen, Temporallappen, Okzipitallappen.

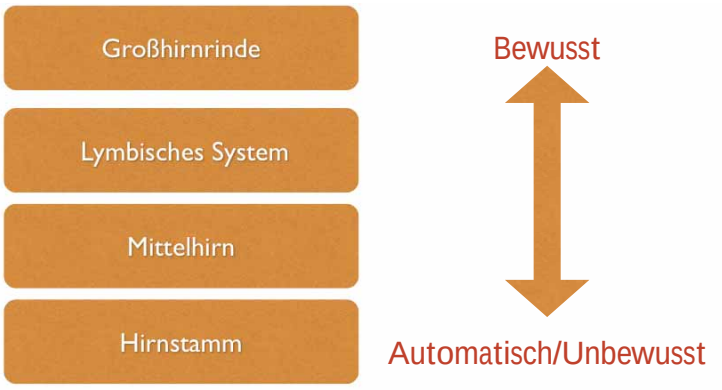
Die Großhirnrinde gliedert sich weiter in **Windungen** (Gyri), **flache Furchen** (Sulci) und **tiefe Furchen** (fissuare).[3] Auf Grund anatomischer Unterschiede hatte K. Brodmann erstmals die Benennung verschiedener Areale vereinheitlicht (sog. **Brodmann Areale**).[4]

Das Handmodell des Gehirns

Vereinfacht lässt sich das Gehirn mit einer Hand erklären.[5] „Wenn sie den Daumen mit in Ihre Handfläche legen und die anderen Finger darüber krümmen, haben Sie ein recht ‚handliches' Hirnmodell (...). Das Gesicht des Betreffenden befindet sich vorne vor den Fingerknöcheln, der Hinterkopf entspräche dem Handrücken. Das Handgelenk stellt das Rückenmark dar, das aus der Wirbelsäule aufsteigt und auf dem das Gehirn sitzt. Wenn Sie die Finger heben und den Daumen strecken, sehen Sie den inneren Hirnstamm in der Handfläche. Legen sie den Daumen wieder in die Handfläche, erkennen sie ungefähr, wo das limbische System sitzt. (...) Legen sie nun die Finger wieder darüber, und schon ist der Kortex an seinem Platz."

Funktionale Gliederung

Neben der rein anatomischen Gliederung gibt es jedoch auch den Versuch das Gehirn nach seiner Funktion zu kartographieren. Dabei zeichnet sich schon bei der Anatomie ein **funktionales Gefälle** ab. Dieses reicht vom Kortex,



[3] Vgl. Carter, Das Gehirn, S. 66.

[4] Vgl . Carter Das Gehirn, S. 67.

[5] Siehe Siegel, Alchemie der Gefühle, S. 42f.

Probekapitel

über das limbische System zum Mittelhirn bis hin zum Hirnstamm. Je höher eine Hirnregion liegt, desto mehr hat sie mit bewussten Prozessen zu tun. Je tiefer ein Region liegt, desto mehr befasst sie sich mit automatisch ablaufenden lebenserhaltenden Prozessen.[6]

Neben dieser groben funktionalen Gliederung können im zunehmenden Maße die Funktionen einzelner Gehirnregionen entschlüsselt werden. Dies gilt insbesondere für die Großhirnrinde, bei der man jeweils einem Feld eine Funktion zuweisen kann.[7] Diese funktionale Gliederung ist für die folgenden Kapitel wichtig. Ohne auf alle Details einzugehen, fasse ich hier die wichtigsten Areale und ihre Lage zusammen:

Funktion	Lage
Hören	Temporallappen
Körperempfinden	Parietallappen
Gefühle	Anteriorer cingulärer und orbitaler Kortex
Schmecken	Insula
Riechen	Medialer, temporaler Kortex
Gedächtnis	Medialer Temporallappen, posterorer cingulärer Kortex
Motorik	Frontallappen
Sehen	Okzipitaler und temporaler Kortex

Die wichtigsten medizinischen Lagebezeichnungen sind dabei:[8]

Bezeichnung	Bedeutung
Temporal od. lateral	Zur Schläfe hin gelegen (lat. tempus = Schläfe)
Medial	Zur Mitte hin gelegen
Parietal	Zur Wand eines Organs gelegen (lat. paries= Wand)
Okzipital	Zum Hinterkopf hin gelegen (lat. occiput=Hinerhaupt)
Posterior oder dorsal	Hinten liegend (lat. dorsum=Rücken)
Anterior oder ventral	Vorne liegend (lat. ventrum=Bauch)
Cingular	Gürtelförmig (lat. cingulum=Gürtel)

[6] Vgl. Carter, Das Gehirn, S. 57.

[7] Vgl. dazu die Karte bei Carter, Das Gehirn, S. 39 und S. 67

[8] Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Anatomische_Lage-_und_Richtungsbezeichnungen

Probekapitel

Neuronen und ihre Verbindung

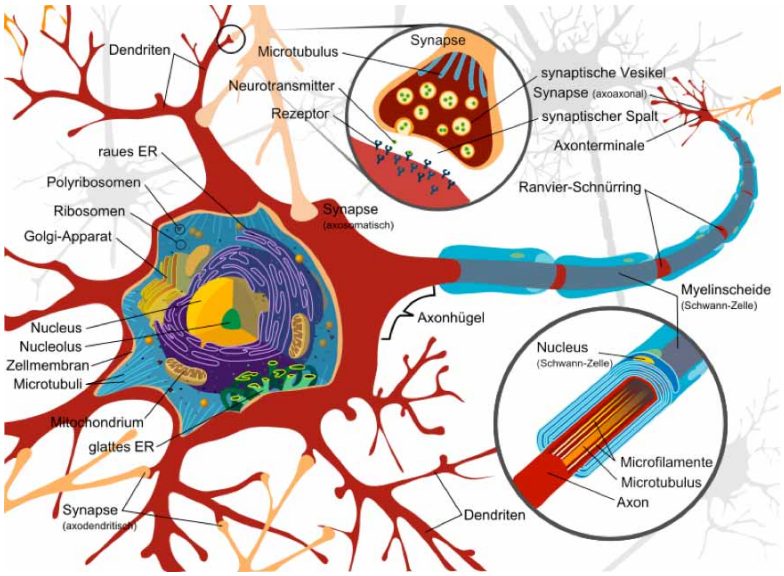
Grundbausteine unseres Gehirns

2. KAPITEL

In diesem Kapitel wird die Nervenzelle oder Neuron als Basiselement für die Simulation von Gedächtnisfunktionen untersucht.

Aufbau der Nervenzelle[9]

Unser Gehirn besteht aus ca. 200 Milliarden bis einer Billion Nervenzellen oder Neuronen. Sie bilden damit die **Grundelemente** für die Funkton unseres Gehirns.[10]



Jedes Neuron verfügt neben dem Zellkern über baumartige Zellfortsätze. Man unterscheidet zwischen **Dendriten** (von griechisch Baum) und **Axonen**, durch die das Neuron mit anderen Neuronen verbunden ist. Neuronen sind durchschnittlich mit 1000-10.000 anderen Neuronen verbunden, so dass die Neuronen zusammen ein großes Netzwerk bilden (neuronales Netz).

---

[9] Vgl. dazu Spitzer, Geist im Netzt, S. 19 ff; Carter, Gehirn, S. 68-73. - Die Graphik stammt von Ladyofhats auf Wikipedia und ist gemeinfrei: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Complete_neuron_cell_diagram_de.svg?uselang=de

[10] Neben den Neuronen gibt es noch die Gilgazellen, sie dienen der Statik und der Nährstoffversorgung.

Probekapitel

Das **Axon** oder die Nervenleitung. ist die **Outputleitung** des Neurons, durch die es Signale an andere Neuronen weitergibt. Auch das Axon kann sich wie die Dendriten verzweigen und an seinem Ende sitzen die **Synapsen**, durch die das Neuron mit den Dendriten anderer Neuronen oder direkt mit der Zellmembran eines Neurons verbunden ist. **Dendriten** kann man deshalb als die **Inputleitung** des Neurons bezeichnen.

Schematisch kann man den Aufbau einer Zelle also so formulieren:

Dateninput via Zellmembran oder Dendriten

Datentweiterleitung via Axon

Datenoutput über die Synapsen am Ende des Axons an andere Neuronen.

Reizweiterleitung[11]

Im Ruhezustand besteht vom Zellkern zur Zellmembran und vom Kern des Axons zu seiner Hülle eine Potentialdifferenz von rund -70 Milivolt . Dieses Potential entsteht dadurch, dass das Neuron positiv geladene Ionen (Kalium+, Natrium+) durch die Zellmembran nach außen pumpt.

Bei einem Impuls werden diese positiv geladenen Ionen angeregt in das Zellinnere zurückzukehren, so dass sich kurzfristig eine Potientalveränderung von 100 Milivolt einstellt (von -7o mV auf +30mV im Zellkern).

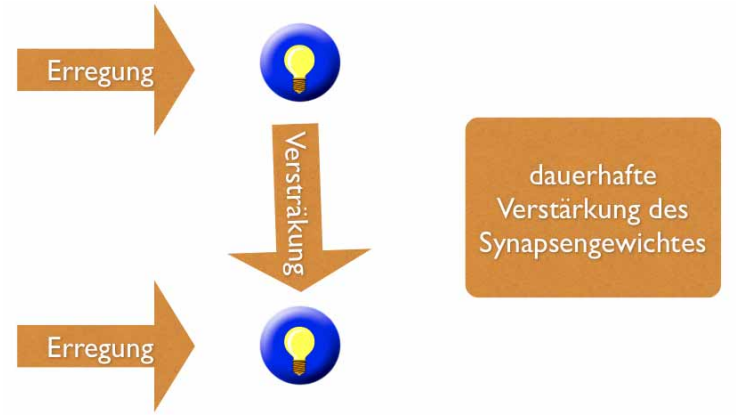
Die Synapsen

Die Synapsen sind die Verbindungstellen zwischen zwei Neuronen. Die Neuronen sind jedoch nicht direkt miteinander verbunden, sondern sind durch den **synaptischen Spalt** voneinander getrennt (Breite ca. 20 Nanometer). Der Nervenimpuls überwindet diesen Spalt durch den Einsatz von **Neurotransmittern**. Diese Moleküle können die chemische Weitergabe des Signals sowohl beschleunigen (exzitatorisch) als auch hemmen (inhibitorisch).

Die chemischen Prozesse an den Synapsen sind noch nicht vollständig erforscht. Es zeigt sich jedoch, dass es zwischen zwei Neuronen, die gleichzeitig angeregt sind, zu einer Verstärkung der Übertragungsfähigkeit an der sie verbindenden Synapse kommt. („What fires

[11] Vgl. Carter, Gehirn, S. 72-73.

Probekapitel



together, wires together"), die sogenannte **Hebbsche Lernrgegel**.[12] Diese Übertragungsfähigkeit ist das **chemische Gedächtnis des Gehirns**. Das Gehirn merkt sich dadurch, welche Neuronen schon einmal gemeinsam aktiviert waren. Wird in Zukunft ein Neuron aktiviert, so wird durch die verbesserte Übertragungsfähigkeit der Synapsen auch das andere Neuron mitaktiviert.[13]

Das Neuron als elektronischer Schalter

Damit lässt sich das Neuron als **elektronischer Schalter** verstehen. Es erhält eine Vielzahl von Eingangsimpulsen. Diese können entweder „0" sein, wenn sich das Axon des verbundenen Neurons im Ruhezustand befindet oder „1", wenn das Axon einen Nervenimpuls weiterleitet. Ist die Summe der Eingangssignale stark genug, wird das Neuron selbst angeregt und gibt über sein Axon den Impuls an andere Neuronen weiter.

Entscheidend ist dabei die **chemische Konfiguration der Synapsen**. Sie können den Impuls entweder **hemmen** oder **verstärken**. Schon einmal gleichzeitig aktivierte Neuronen weisen dabei eine stärkere Verbindung auf.

Die Veränderung der Signalweitergabe an den Synapsen wird dabei als **Synapsengewicht** bezeichnet. Man kann sie mit einem Wert von „-1" bis „1" angeben.[14]

Synapsengewicht	Wirkung
1	Impuls wird vollständig weitergegeben
0 bis 1	Impuls wird entsprechend abgeschwächt
0	Impuls wird neutralisiert
-1 bis 0	Impuls wirkt hemmend

[12] Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Hebbsche_Lernregel .

[13] Vgl. Spitzer, Geist im Netz, S. 48-52.

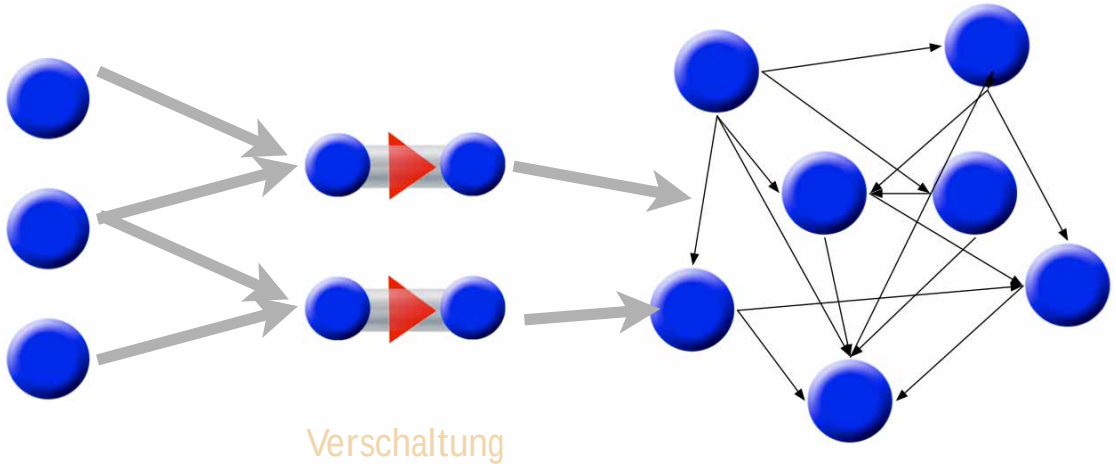
[14] Vgl. Spitzer, Geist im Netz, S. 21.

Probekapitel

Ein Neuron vergleicht also die Summe aller Eingangssignale. Wird dabei ein bestimmter Schwellwert überschritten, gibt das Neuron den Impuls weiter. Es „feuert“ wie man sagt. Wird der Schwellwert nicht überschritten verharrt es in seinem Ruhezustand.[15]

Die Beschreibung der Nervenzelle als **einfacher Schalter** ist jedoch eine Vereinfachung. Die Vorgänge innerhalb der Nervenzelle lassen sich nur unzureichend mit Modellen der klassischen deterministischen Mechanik beschreiben, vielmehr müssen Modelle der Quantenphysik[16] hinzugezogen werden, um eine adäquate Beschreibung zu liefern.[17] Für die Simulation einfacher Gehirnfunktionen reicht die Simulation der Nervenzelle durch das Modul „Schalter“ wohl aus, für kompliziertere Simulationen, etwa für die Simulation des menschlichen Bewusstseins, müssen wir aber mit der Unzulänglichkeit dieser Simulation rechnen.

Mit Hilfe der Annahme, dass das Neuron als Schalter funktioniert, lassen sich Gehirnfunktionen als **neuronale Netze** in Computerprogrammen simulieren, indem man ihre Funktionsweise nachbaut. Auf dieser Annahme beruhen die Ergebnisse der nächsten Kapitel.



Gehirnströme oder die Feuerfrequenz der Neuronen

Die Schaltfrequenz der Neuronen lassen sich als **Gehirnströme** messen. Sie geben darüber Auskunft, in welchem Zustand sich das Gehirn befindet.[18]

---

[15] Vgl. a. a. O., S. 23.

[16] Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Quantenphysik.

[17] Vgl. Görnitz, Bewusstsein, S. 54 f. Vgl. ebenso die grundlegende Darstellung zur Kausalität bei Mutschler, Weshalb die Welt nicht ganz dicht ist.

[18] Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Elektroenzephalografie

Probekapitel

Frequenz-band	Frequenz	Zustand
Delta	0,5-4 Hz	Tiefschlaf, Trance
Theta niedrig	4-6,5 Hz	Hypnagogisches Bewusstsein (Einschlafen) Hypnose, Wachträumen
Theta hoch	6,5-8 Hz	Tiefe Entspannung, Meditation, Wachträumen
Alpha	8-13 Hz	Leichte Entspannung, Super Learning, nach innen gerichtete Aufmerksamkeit
Beta niedrig	13-15 Hz	Entspannte nach außen gerichtete Aufmerksamkeit
Beta mittel	15-21 Hz	Hellwach, normale bis erhöhte nach außen gerichtete Konzentration
Beta hoch	21-38 Hz	Hektik, Stress, Angst oder Überaktivierung
Gamma	38-70 Hz	Anspruchsvolle Tätigkeit mit hohem Informationsfluss

Bei niedrigen Frequenzen befindet sich das Gehirn im **Schlaf oder Dämmerzustand**. Während es bei zunehmender Frequenz wacher wird.[19] Die Feuerfrequenz der Neuronen ist damit auch die **Grundlage für das eigene Bewusstsein**.[20] Bei niedriger Feuerfrequenz ist man sich seiner selbst nicht bewusst, man schläft oder befindet sich in einer Art Trance. Erst bei relativ hohen Feuerfrequenzen ist man hell wach und kann sich selbst wahrnehmen.

Es ist ist interessant, dass es im Bereich der **hohen Betafreqzenz** (21-38Hz) eine Zone der Überaktivierung gibt, die sich durch Hektik, Stress, Angst und sprunghafte Gedankenführung auszeichnet. Diesen Zustand gilt es zu vermeiden. Darüber gib es allerdings noch den Bereich der **Gammafrequenz** (38-70Hz), der sich bei anspruchsvollen geistigen Tätigkeiten und z.B. auch bei der Meditation einstellt.[21]

Durch meditative Techniken lässt sich also der Bewusstseinszustand verschieben entweder durch eine Deaktivierung oder **Verlangsamung (Entschleunigung)** der Gehirnströme, z.B. durch eine **Atemübung**. Hier sind es die **Alphafrequenz** (8-13Hz) und die **Theta -2-Frequenz** (6,5-8 Hz), die zu einer Entspannung und zu einer erhöhten Kreativität und Aufmerksamkeit führen.

Es ist aber genauso möglich durch Meditation in den hochfrequenten **Gammabereich** zu kommen, um eine Menge von Daten zu bewältigen und um Transformationen und neuronale

[19] Vgl. Carter, Das Gehirn, S. 179.

[20] Vgl. Carter, Das Gehirn, S. 182.

[21] Vgl. Carter, Das Gehirn, S. 183.

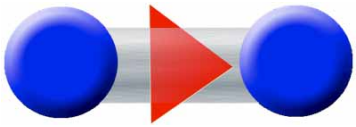
Probekapitel

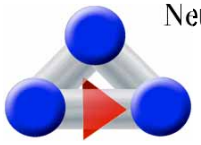
Neuorganisationen durchzuführen. Dies wäre also eine bewusste **Beschleunigung der Hirntätigkeit**.

Simulation von Neuronen und ihren Verbindungen

Das Neuron kann als **Basiselement** für eine Simulationen dienen. Dendriten und Axone sind dann die **Beziehungen** der Neuronen untereinander.

Die Beziehungen können als **kausale Beziehungen** definiert werden. Liegt ein gewisser Reiz als Ausgangssignal vor (Potential 1) dann gibt die Synapse einen vorher festgelegten Wert zwischen (-1) und 1 weiter.





Neuronen können damit auch als **Systeme** verstanden werden, die auf einen Input mit einem festgelegtem Output reagieren. In Verbindung mit anderen Systemen ist das System „Neuron“ **lernfähig**. Wird das Neuron gleichzeitig mit einem verbundenen anderen Neuron erregt, dann wird die kausale Verbindung zwischen ihnen verstärkt.

Interessant ist, dass das System „Neuron“ **kein geschlossenes System** ist, sondern nur in Verbindung mit anderen Systemen des gleichen Typs „lernfähig“ ist. Neuronen bilden also eine **Lerngemeinschaft**.[22]

Bedeutung dieser Simulation

Der menschliche Geist besteht also aus einer Vielzahl von einzelnen Elementen, die nur zusammen agieren können und zusammen so etwas, wie das Bewusstsein bilden. Es mag nicht überraschen, dass auch das christliche Gottesbild, Gott als Einen, aber doch in drei Personen existierenden dreieinigen Gott darstellt.[23]

Außer diesem zunächst nur philosophischen Nutzen ergeben sich noch keine praktischen Anwendungen. Diese zunächst noch elementare Simulation, dient als Ausgangspunkt für die nächsten Kapitel.

---

[22] Vgl. Schule des Lebens, Heft 3.

[23] Vgl. Krisis des Denken, Heft 3.