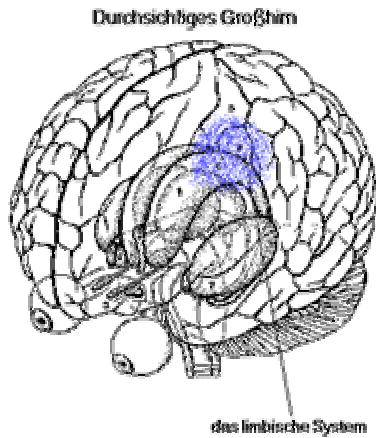
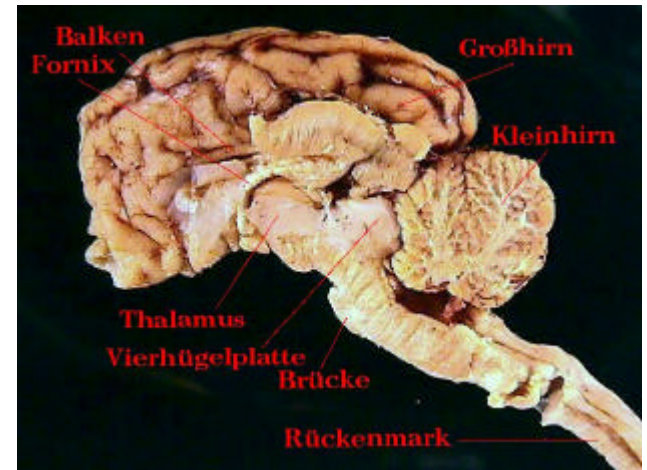




Neuronale Netze und Fuzzy Sets



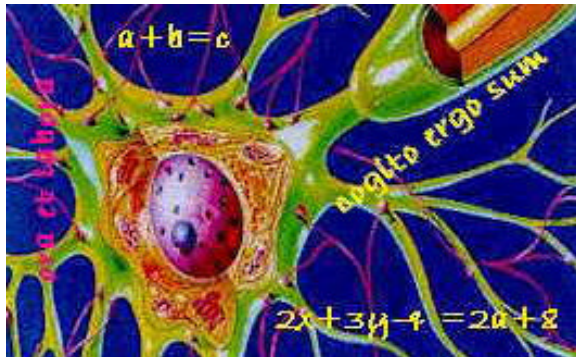
Das Gehirn eines Schweins



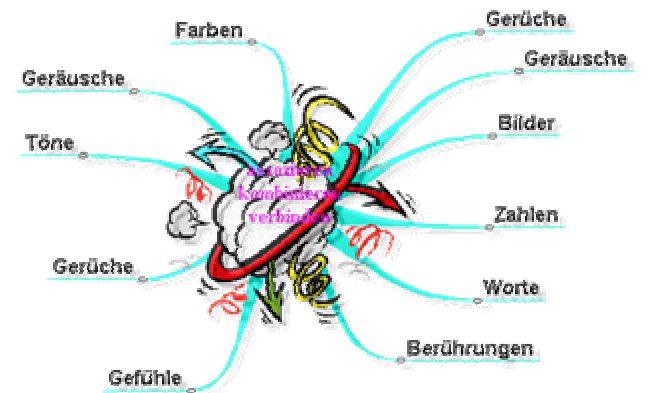
Nervenzelle (Neuron)

Das Gehirn besteht aus Nervenzellen, in denen die Informationen gespeichert werden.

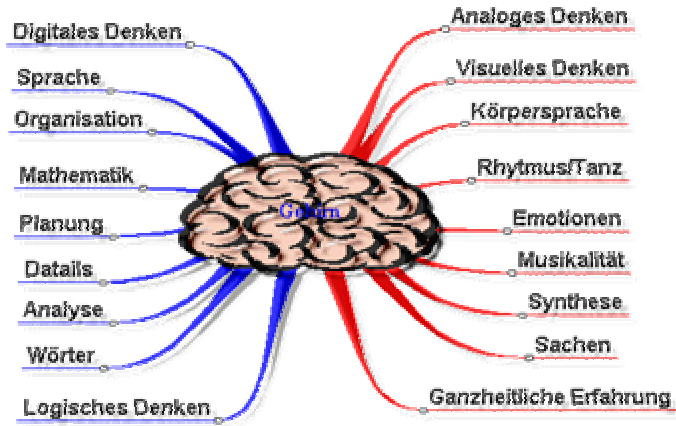
Wir verfügen etwa über 1 000 000 000 000 Gehirnzellen. Davon nutzen wir aber weniger als 5%.



Eindrücke im menschlichen Gehirn, die Verknüpfungen miteinander eingehen



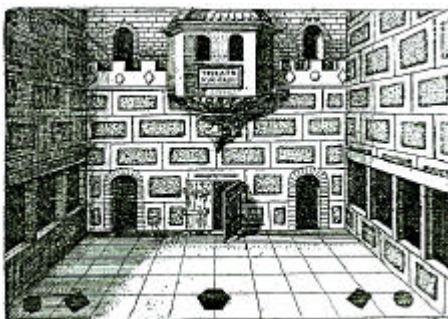
Die beiden Gehirnhälften und ihre Aufgaben



Das Gehirn von Carl Friedrich Gauß (1777-1855)

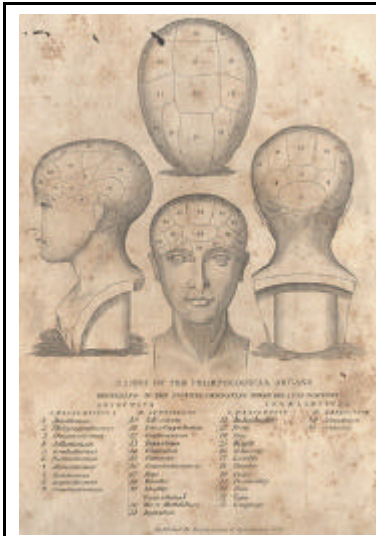


Robert Fludd (1574-1637)



Robert Fludd (1574-1637)



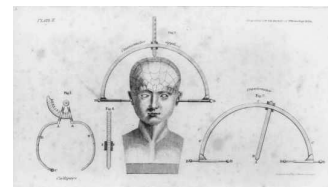


George Combe (1788-1858)

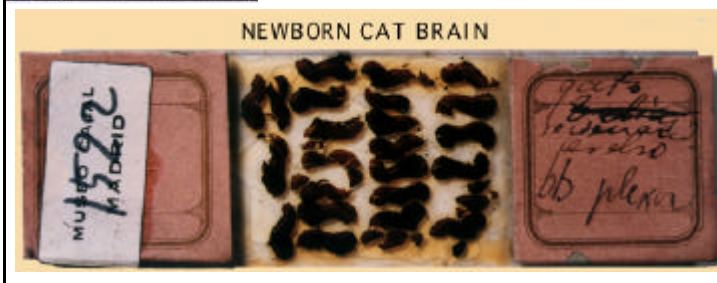


George Combe (1788-1858)

A System of Phrenology,
Boston: Marsh Capen
1831.



Santiago Ramón y Cajal (1852 -1934)



Santiago Ramón y Cajal (1852 -1934)



"First, second and third layers of the precentral gyrus of the cerebrum of a child of one month. A, B, C, small pyramidal cells; D, E, medium pyramidal cells; F, flattened cells; G, dendritic shaft making from a large fourth layer; pyramidal cell; H, I, three dendritic shafts of cells of the fifth and sixth layers; J, small flattened cells; K, Fan-form cell with a long axon. Modified from a photograph taken from the original (13.5x24 cm). Drawn on sheet/paper. P. 9. 1904. S.R. y Cajal Institute - CSIC - Madrid, Spain.

Diagram showing the dual motor pathway and direction of current flow.

A, motor region of the cerebral cortex; B, pons with associated collaterals; C, cerebellar Purkinje cells; D, crossed pyramidal tract; E, thalamic pathway; F, motor nuclei; G, posterior-lateral tract or middle cerebral peduncle.

Next slide shows a photograph taken from the original (172921cm). Drawn on photo paper, P.3, 1893. S.R. y Cajal Institute - CSIC - Madrid, Spain.

Santiago Ramón y Cajal (1852 -1934)

"Schematic of the afferent and efferent pathways of the optic centers". A, retina; B, optic nerve; C, fibers from the occipital nucleus; D, lateral geniculate nucleus; E, calliculus; F, optic fibers; G, visual cortex; H, central optic pathway; I, pathway of visual association fibers; L, motor pathway arising from the visual cortex; M, superior colliculus; N, oculomotor nucleus; O, collaterals of the cerebral motor pathways. Modified from a photograph taken from the original (24X28cm). Drawn on photo paper, P.3, 1901. S.R. y Cajal Institute - CSIC - Madrid, Spain.

Santiago Ramón y Cajal (1852 -1934)

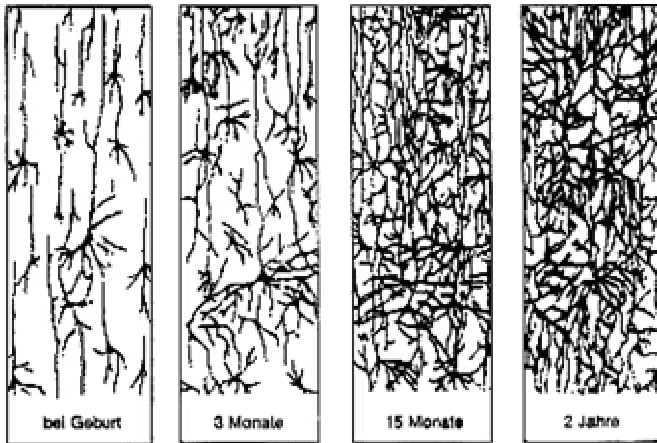
"Pigeon cerebellum. A, Purkinje cell, B, granule cell. Modified from a photograph taken from the original (14x15.5 cm). Drawn on sheet/paper. P.Y. 1899. S.R. y Cajal Institute - CSIC - Madrid, Spain.

"Schematic representation of mammalian cerebral cortex. Different grouping of cells and direction of 'arrows' from "A" (layer of radii and corpus, SC, to each cell body, layer) C, outer granular layer; D, granule cells; E, layer of granular cells; F, layer of granular cells; G, apical nerve fiber layer; L, corpus callosum. Modified from a photograph taken from the original (22x30 cm). Drawn on sheet/paper. P.Y. 1901. S.R. y Cajal Institute - CSIC - Madrid, Spain.

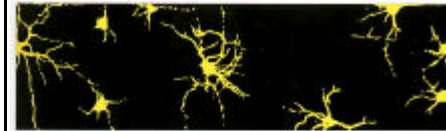
Neuron (Nervenzelle)

The diagram illustrates the structure of a neuron. At the top, the 'Zellkörper' (cell body) is shown with branching 'Dendriten' (dendrites). A long 'Axon' extends from the cell body, covered by 'Ranvier'scher Schnürring' (Ranvier's gap). The axon terminates in 'Ausgangsfasern' (output fibers). The diagram is labeled with 'Zellkörper', 'Dendriten', 'Axon', 'Ranvier'scher Schnürring', and 'Ausgangsfasern'.

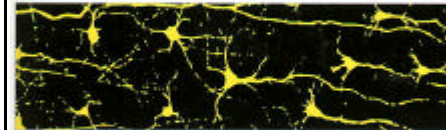
Neuronenwachstum



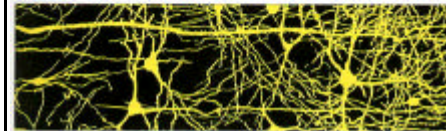
Neuronenwachstum



Synaptische Verbindungen bei einem Neugeborenen



Synaptische Verbindungen bei einem drei Monate alten Kind



Synaptische Verbindungen bei einem zwei Jahre alten Kind

Entwurf zu einer physiologischen
Erklärung der psychischen Erscheinungen,
Leipzig und Wien:1894

Siegmund Exner (1852 -1934)

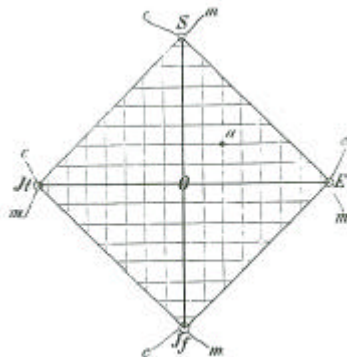
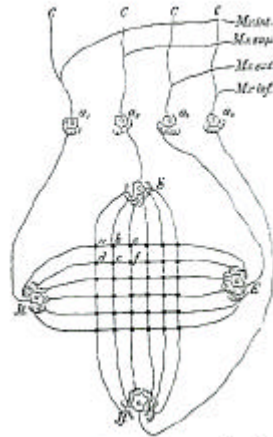


Abbildung 2: Formalisierte Darstellung eines neuronalen Netzes.
Aus: Exner (1894).



Natürliche Neuronale Netze



· **Eingänge** des Nervensystems: Einige Nervenzellen (z.B. Sinneszellen) können durch Umweltreize erregt werden.



· **Ausgänge** des Nervensystems: einige Ausgänge von Nervenzellen wirken (über Muskelzellen) auf die Umwelt ein.



· **Erregungsbedingung**: Eine Nervenzelle geht in den Erregungszustand über, wenn genügend viele ihrer Eingänge mit erregten Nervenzellen verbunden sind.



· **Unabhängigkeit** der Nervenzellen: Der Zustand einer Nervenzelle ist allein durch die Verhältnisse an ihren Eingängen bestimmt. Die einzelnen Zellen arbeiten also unabhängig voneinander.

Natürliche Neuronale Netze

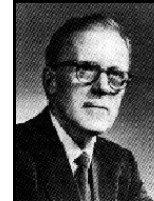
Aufbau einer Nervenzelle: Eine Nervenzelle besitzt viele Eingänge, nämlich die synaptischen Verbindungen, und einen Ausgang, nämlich das Axon.

Zustände einer Nervenzelle: Eine Nervenzelle kann zwei Zustände annehmen: den Ruhezustand und den Erregungszustand.

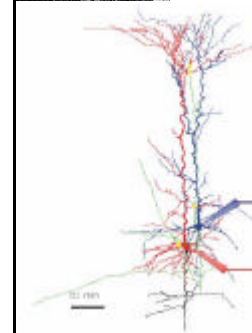
Verbindungen der Nervenzellen untereinander: der Ausgang einer Nervenzelle führt zu den Eingängen anderer Nervenzellen.



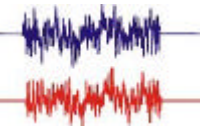
Donald Olding Hebb (1904-1985)



Unser Gedächtnis beruht wahrscheinlich darauf, dass synaptische Verbindungen zwischen gleichzeitig aktiven Nervenzellen gestärkt werden. Eine solche Veränderung der synaptischen Stärke wird als Hebb'sches Lernen bezeichnet.



Um das Prinzip des Hebb'schen Lernens experimentell zu testen, aktivieren wir gleichzeitig beide Zellen mit einem Eingangsstrom.



Donald Olding Hebb (1904-1985)

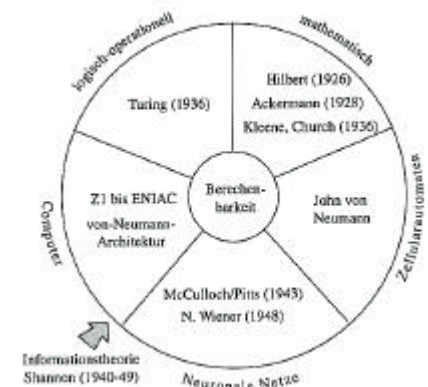
Tatsächlich kann nach wiederholter gleichzeitiger Stimulation eine Zunahme der synaptischen Verbindungsstärke festgestellt werden:



Nach dem Hebb'schen Modell entsteht in Gruppen von Nervenzellen, die untereinander durch positive Rückkopplung verbunden sind, kreisende Erregung. Diese Erregungszustände betrachtete Hebb als Grundlage von psychischen Komponenten wie Ideen und Vorstellungen. Gruppen von Nervenzellen, von Hebb als "Zellgesellschaften" bezeichnet, bilden sich durch Verstärkung von synaptischen Verbindungen zwischen gleichzeitig aktiven Nervenzellen. Hebb hat sein Modell vorgeschlagen, ohne über experimentelle Hinweise darauf zu verfügen. Mittlerweile hat man aber in verschiedenen Regionen des Gehirns Synapsen mit genau diesen Eigenschaften gefunden. Man bezeichnet sie heute als Hebb'sche Synapsen.






Wege zur Berechenbarkeit (nach Raúl Rochas)


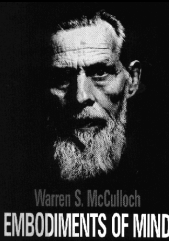
Raúl Rochas: *Theorie der neuronalen Netze*, Berlin [u. a.] Springer 1993.





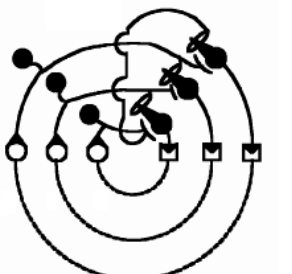

Warren McCulloch, Walter Pitts

-  Ein Neuron ist ein entweder aktives oder inaktives binäres Schaltelement.
-  Jedem Neuron ist ein fester Schwellenwert eigen.
-  Neuronen empfangen Eingaben (inputs) von erregenden Synapsen, die ihre Aktivierung mit gleichem Gewicht weitergeben.
-  Neuronen empfangen auch Eingaben (inputs) von hemmenden Synapsen, wodurch ihre Aktivierung gerade verhindert wird.
-  Innerhalb eines kleinen Zeitabschnittes werden die erregenden Eingaben im Neuron addiert; überschreitet diese Summe den Schwellenwert des Neurons, so wird es aktiv.

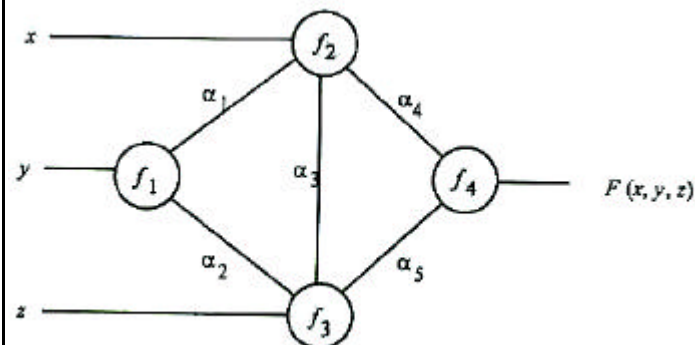
Warren McCulloch, Walter Pitts

Erste abstrakte Neuronenmodelle 1943:
A Calculus of the ideas immanent in nervous activity.
Bulletin of Mathematical Biophysics,
Vol. 5, S. 115-133.

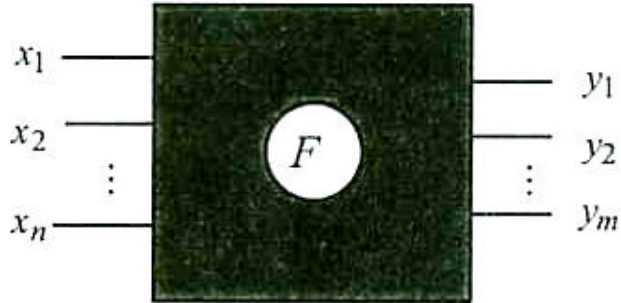
Struktur eines typischen künstlichen Neuronalen Netzes

Interpretation des neuronalen Netzes als Funktion



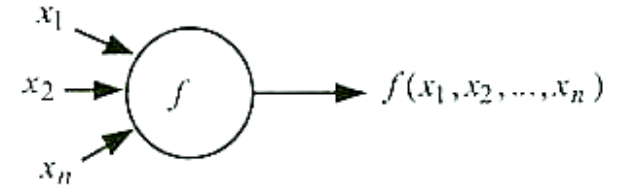
Struktur eines typischen künstlichen Neuronalen Netzes

Interpretation des neuronalen Netzes als Black Box



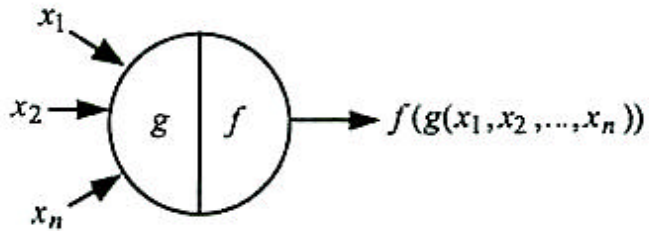
Struktur eines typischen künstlichen Neuronalen Netzes

Auswertung einer Funktion mit n Argumenten



Struktur eines typischen künstlichen Neuronalen Netzes

Generisches Neuron mit Integrationsteil und Ausgabeteil



Integrationsteil: g Zusammenfassung der Eingabe

Ausgabeteil: f Berechnung der Ausgabe