

Gehirn - Funktion und Verschaltungen

⇒ Dieser Artikel behandelt den Zusammenhang zwischen den grundlegenden Verschaltungen der funktionalen Bereiche mit dem ebenso grundlegenden Funktionieren des Gehirns als Ganzes. Es ist Schalteinheit zwischen Wahrnehmung und motorischer Reaktion auf Reize. Startpunkt ist das menschliche Gehirn. Die hierin gefundenen Prinzipien lassen sich systematisch auf primitivere Gehirne übertragen.

Lebensformen und ihre Eigenschaften entwickeln sich selbstorganisiert. Auffallend dabei ist, dass sich mit dem Evolutionsschritt zu bilateral-symmetrischen Körperformen vor rund 540 Millionen Jahren eine explosionsartige Weiterentwicklung vollzog. Grundlage dafür waren Symmetrie und Zentrales Nervensystem (siehe <https://www.kruegergold.de>). Lebewesen sind auf ihr Gehirn angewiesen, um überlebenstüchtig auf Reize ihrer Umwelt reagieren zu können.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einordnung
- 2 Aufbau des Gehirns mit zwei Hemisphären
- 3 Thalamus als Schaltstelle zur Großhirnrinde
- 4 Vom Rückenmark zum Nucleus VPL des Thalamus
- 5 Homunculus oder das Was-ist-wo des Körpers
- 6 Höherentwickelte Gehirne
- 7 Säugerhirn und limbisches System
- 8 Papez-Kreis bildet Optionen für Entscheidungsinstanz
- 9 Sprache der Entscheidungsinstanz
- 10 Grundlage für das Bewusstsein

Einordnung

Die medizinische Erforschung des Gehirns hat zu einer Fülle an Wissen geführt, welches es heute ermöglicht, funktionale Bereiche im Gehirn und ihre Verbindungen untereinander recht gut einzuordnen. Dabei hat es den Anschein, dass es mit jeder neuen Erkenntnis schwieriger wird, das Funktionieren des Gehirns im Zusammenhang zu verstehen. Evolutionär überlagert sich nach und nach eine Vielfalt an funktionalen Kniffen, die ein Lebewesen steuern und es reagieren lassen. Dieser Artikel konzentriert sich auf die Betrachtung von Nervenreizen und streift komplexere biochemische Wirkmechanismen höchstens am Rande. Dabei entsteht ein Gesamtbild und ein nachrichtentechnischer Zugang zum Schließen der Lücke zwischen physiologischen und psychologischen Wissensgebieten. ... ein erster Einblick, wie unser Denken an sich funktioniert.

Aufbau des Gehirns mit zwei Hemisphären

Das Gehirn bildet zusammen mit Rückenmark das zentrale Nervensystem. Es wird untergliedert in

1. Großhirn
neuster und größter Teil, Aufbau der Gehirnrinde zu 90% als Isocortex mit 6 Schichten
2. Zwischenhirn
Thalamus bildet hier den größten Teil, daneben gibt es den Hypothalamus
3. Mittelhirn
kleinster und entwicklungsgeschichtlich ältester Teil, verbindet mit dem Rückenmark
4. Kleinhirn
kontrolliert Muskeltonus als Voraussetzung für Motorik und Bewegungsabläufe

Unser Bild vom Gehirn wird vom Großhirn geprägt. Es erinnert mit seinen Faltungen an der Oberfläche an eine Walnuss.

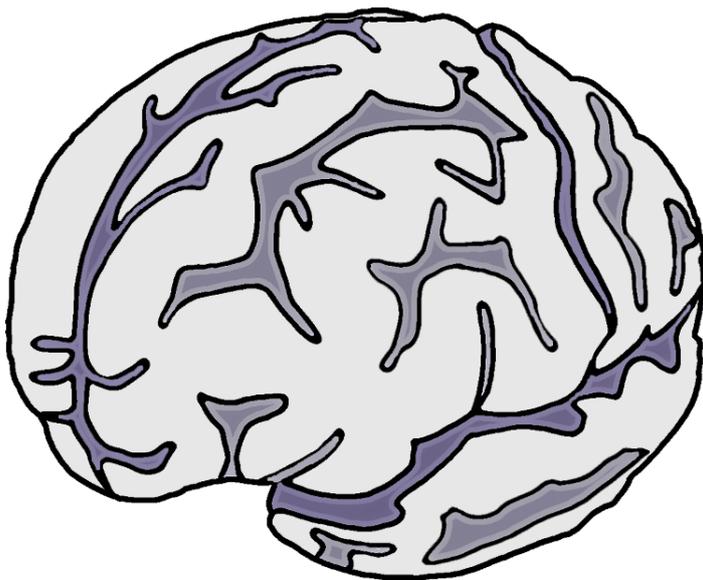


Bild: Gehirn-Skizze von vorne, seitlich mit erkennbarer Teilung in links und rechts

Das menschliche Gehirn verfügt über rund 100 Milliarden Gehirnzellen mit geschätzten 100 Billionen Verknüpfungen untereinander. Alles scheint mit allem zusammenzuhängen und es ist nicht einfach, die Grundprinzipien zu erkennen, die das Gehirn als Ganzes ausmachen.

Die symmetrische Aufteilung des Gehirns in eine linke und rechte Hemisphäre ist allerdings auffällig. Wir wissen, dass die linke Gehirnhälfte die somatosensorischen Sinnesreize der rechten Körperseite empfängt und umgekehrt. Und wir wissen, dass unser Gehirn ebenso körperseitenübergreifend unsere Muskeln anspricht. Nachfolgend wird sich zeigen, dass das kein Zufall, sondern eine Erklärung dafür ist, dass es überhaupt höherentwickelte Gehirne gibt.

Zum Verständnis der Zusammenhänge müssen wir uns die Stufen der Informationskette unter dem Großhirn ansehen.

Thalamus als Schaltstelle zur Großhirnrinde

Alle Signale aus Körper und Umwelt, die wir bewusst wahrnehmen, werden im Thalamus verschaltet. Durch ihn gelangen somatosensorische Reize und Signale der Sinnesorgane zum Großhirn sowie auch im Gehirn selbst über assoziative Bereiche rückgekoppelte Signale. So unmittelbar der Thalamus Eingangstor der Sensorik ist, so entkoppelt ist er von der Motorik. Alle bewusst angesprochenen Muskeln werden von einem ersten Motoneuron der Großhirnrinde und danach über das Rückenmark gesteuert. Allerdings bildet der Thalamus ein kommunikatives Bindeglied unserer bewussten Motorik, in dem er von Motorcortex und assoziativen Bereichen in dessen Nachbarschaft Signale empfängt und seinerseits Signale zurücksendet.

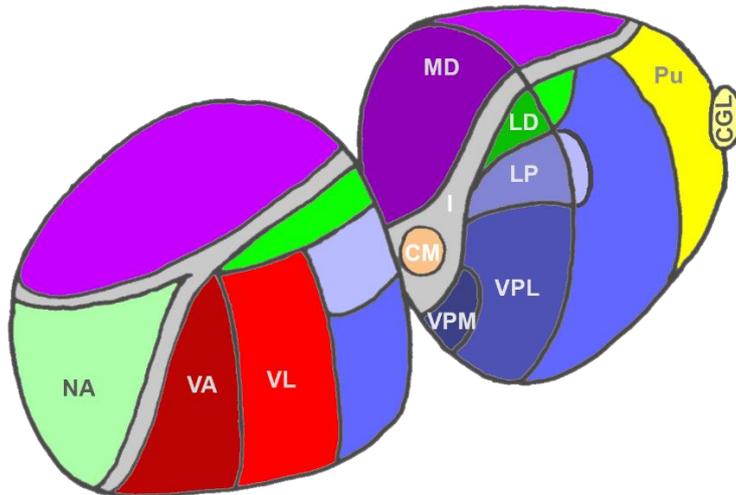


Bild: Thalamus der linken Gehirnhälfte, Skizze von vorne, seitlich mit Aufteilung in Kerngebiete

Wichtige Kerngebiete des Thalamus lassen sich wie folgt zuordnen. Die Namensgebung leitet sich meist aus der medizinischen Lage-Beschreibung im Körper ab, ist aber teils uneinheitlich.

Kerngebiete	Verschaltung, nicht vollständige Auswahl
NA Nuclei anteriores	von: Corpus Mamillare und Mittelhirndach, zu: Gyrus cinguli und Hippocampus
VA Nucleus ventralis anterolateralis	von und zu: okulomotorische Areale
VL Nucleus ventralis lateralis	von: Basalganglien, Kleinhirn zu: prämotorischer und motorischer Cortex
VPL Nucleus ventralis posterolateralis	von: Schmerz- und Tastsinn vom Rumpf zu: somatosensorischer Cortex
VPM Nucleus ventralis posteromedialis	von: Schmerz- und Tastsinn Gesicht, zu: wie VPL
LP Nucleus lateralis posterior	unspezifischer Thalamuskern
LD Nucleus lateralis dorsalis	von und zu: Nuclei anteriores/agieren gemeinsam
MD Nucleus mediodorsalis	von: Amygdala, Hypothalamus, Thalamus-intern zu, auch von: Frontallappen des Großhirns
CM Nucleus centromedianus	von: Zwischenhirn/Pallidum, zu: Basalganglien
Pu Pulvinar	von und zu: visuelle Felder in Okzipital- und Parietallappen, Kontrolle der Augenbewegung
CGL Corpus geniculatum laterale	von: Sehbahn, zu: Sehrinde
I Lamina medullaris medialis	interne Lamina, trennende Zwischenschicht

Bemerkenswert ist die räumliche Ausrichtung der Kerngebiete, jeweils recht gut passend in Richtung der Felder der Großhirnrinde, zu denen der Thalamus Signale projiziert.

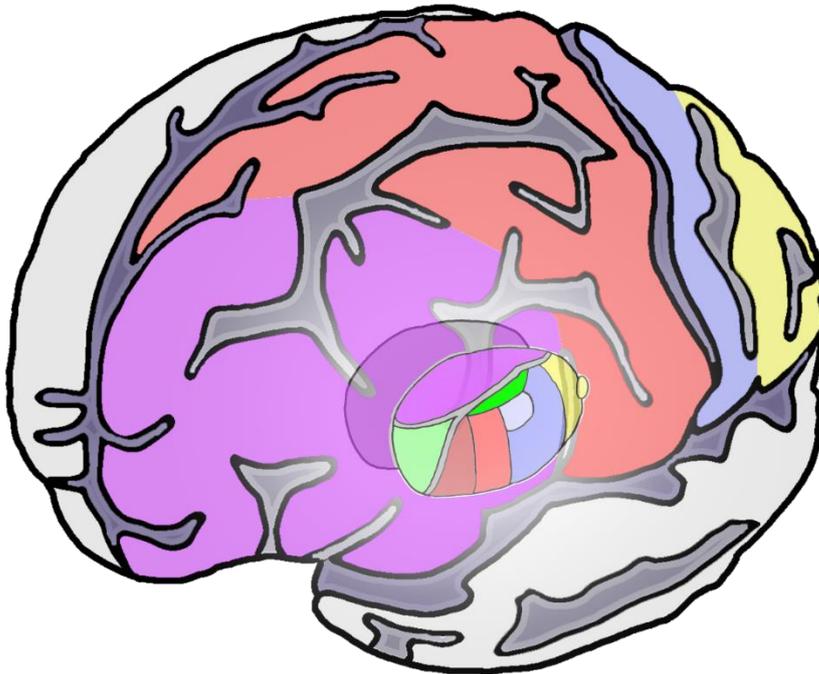


Bild: Räumliche Ausrichtung des Thalamus ist passend zu funktionalen Feldern der Hirnrinde

Auffällig erscheinen die im Bild grün dargestellten Kerngebiete des Thalamus, Nuclei anteriores und Nucleus lateralis dorsalis. Diese projizieren nicht zu den dargestellten Feldern der Großhirnrinde. Nachfolgend wird die Einbindung der Nuclei anteriores über das limbische System in den Papez-Kreis behandelt. Dieser ist ein geschlossener Kreislauf von hintereinander verschalteten Neuronen, von dem unser Bewusstsein ausgeht.

Vom Rückenmark zum Nucleus VPL des Thalamus

Die zum Rückenmark über das Spinalganglion gelangenden sensiblen Reize unseres Körpers transportieren zwei grundsätzlich differenzierte Informationsarten:

1. Protopathische Informationen signalisieren Schmerz, Hitze, Kälte, grobe Stellungsverschiebungen als Bedrohungen der Vitalsphäre;
2. Epikritische Informationen signalisieren Druck, Berührung und Stellungssinn und geben so ein differenzierteres Bild des Körpers.

Protopathische Signale gelangen über die Vorderseitenstrangbahn weiter zum Gehirn, epikritische über Hinterseitenstrang und lemniskales System. Eingangsstelle im Gehirn für alle sensiblen Signale aus dem Rumpf des Körpers ist der Nucleus VPL im Thalamus auf der gegenüberliegenden Körperseite. Jedes protopathische Signale erreicht hier jeweils genau ein Zwischenneuron mit direkter Verschaltung zum somatosensorischen Cortex (im Bild blau).

Muskeln werden paarweise als Agonisten und Antagonisten organisiert. Motoneurone für Agonisten liegen im dorsalen Feld des Vorderhorns im Rückenmark, Motoneurone für Antagonisten im ventralen Feld.

Siehe: <https://eref.thieme.de/cockpits/clAna0001/0/coAna00078/4-9836>.

Protopathische Signale lösen auf ihrer Körperseite einen Agonist-Reflex aus und wechseln auf Ebene des Rückenmarks zur anderen Seite. Da werden sie im ventralen Feld des Vorderhorns mit dem symmetrisch passenden Antagonisten verschaltet, von wo sie aus dem Rückenmark austreten.

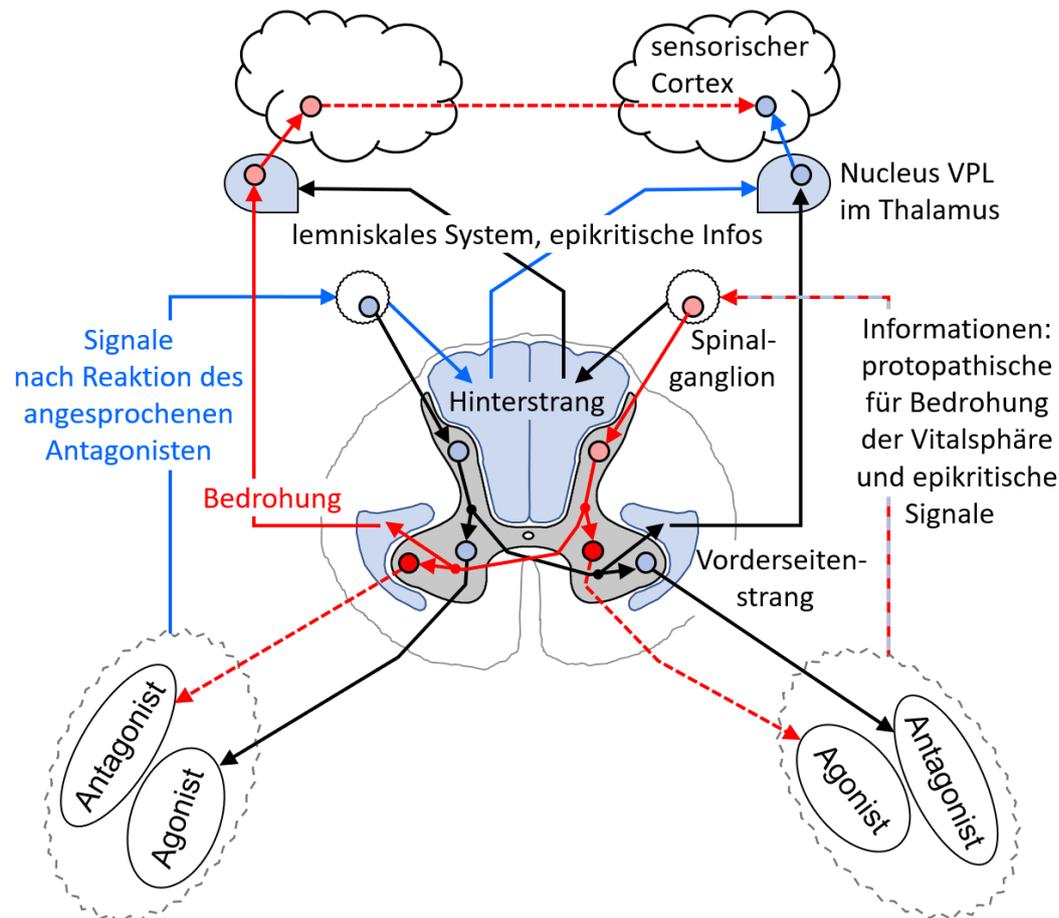


Bild: Verschaltung somatosensorischer Signale über das Rückenmark zum Gehirn

Der Signalweg vom Rückenmark zum Gehirn bedingt, dass die linke Gehirnhälfte die somatosensorischen Sinnesreize der rechten Körperseite empfängt und umgekehrt.

Die körperseitenübergreifende Vernetzung per Nervensystem ist ein Wesensmerkmal, welches sich seit Entstehung der Bilateria wie ein roter Faden durch die Evolution zieht. Es ist anzunehmen, dass die Signale der Sensorik über hinreichend viele Nervenknoten und Weiter-Verschaltungen geführt werden müssen, um eine Wahrnehmung als möglichst ganzheitlich zu interpretieren. Und um in der Konsequenz mit einer möglichst gut entkoppelten Motorik ebenso ganzheitlich auf Reize der Umwelt zu reagieren. Hierbei scheint es sich um ein Postulat der Evolution zu handeln, welches an der Schnittstelle zwischen dem Körper des Lebewesens und seinem Gehirn eine maximale Entkopplung gegenseitiger Einflüsse fordert. Als Folge dieses Postulats wäre die kreuzende und körperseiten-übergreifende Organisation von Sensorik und Motorik nichts weiter als eine optimale Anpassung an das Ziel der Entkopplung.

Homunculus oder das Was-ist-wo des Körpers

Am Anfang des Lernprozesses im Gehirn steht das Erlernen des eigenen Körpers, des Was-ist-wo. Grundlage dafür sind Bereiche im Gehirn mit somatotopischer Anordnung, in der also die Lage einzelner Neurone der relativen Lage der Körperteile entspricht, die sie bei der Informationsverarbeitung repräsentieren. Bei den Säugetieren und Menschen besitzen der sensorische und der motorische Cortex beider Gehirnhälften eine jeweils somatotopische Anordnung – man spricht auch vom sensorischen und motorischen Homunculus oder Menschlein. Ein weiterer somatotopischer Bereich liegt im Nucleus VPL des Thalamus, in den die sensorischen Signale des Körpers eintreten.

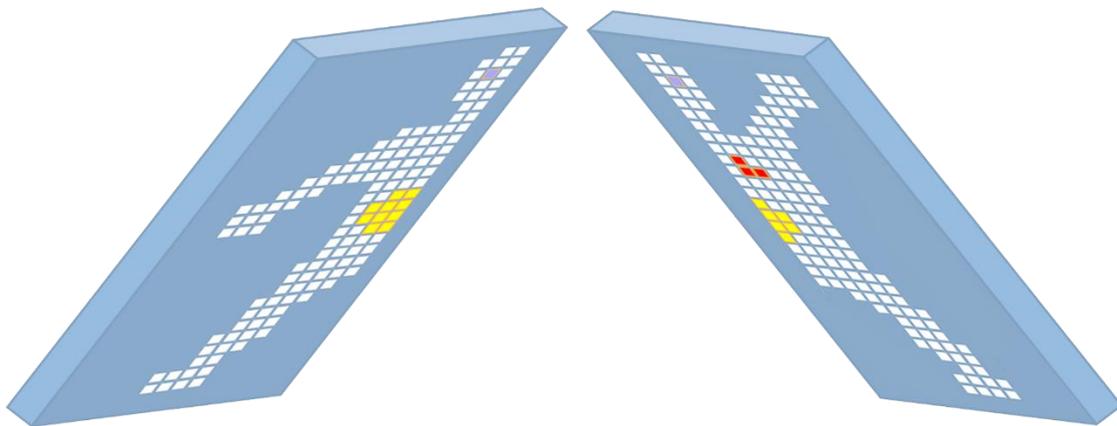


Bild: Gehirnhälften bilden Reize auf somatotopisch angeordnete Neurone ab

Wiederkehrende Aktivitäten führen zu Brückenbildungen und Signalschleifen zwischen aktiven Neuronen. Ein Lernprozess setzt ein. Bei Reizen, die die Bedrohung eines Körperteils signalisieren, erfolgt eine eindringliche Aktivierung von Neuronen der Sensorik in Thalamus und Cortex. Weitere Neurone, die wegen des reflexartig bewegten Körperteils aktiv sind, werden in Signalschleifen einbezogen. In der frühen Lernphase bewirken Agonist-Reflexe Wechselwirkungen mit dem jeweils entsprechenden Antagonisten auf der gegenüberliegenden Körperseite. Das führt zu Muskel-Bewegungen und damit auf beiden Seiten zu epikritischen Signalen ans Gehirn. Im linken und zugleich im rechten sensorischen Cortex und Thalamus kommt es in der Folge zur Aktivierung zueinander passender Neurone, die auf beiden Seiten das spiegelbildlich vorhandene Körperteil repräsentieren.

Der springende Punkt ist, dass sich Signalschleifen zwischen den Gehirnhälften ausprägen, die bei eindringlichen Bedrohungen wirken und eine Empfindlichkeit der nicht-bedrohten Körperseite für differenziertere Reize steuern. Das führt zur Fokussierung der Aufmerksamkeit und ermöglicht das Erlernen des Körpers.

In Verbindung mit dem Postulat einer maximalen Entkopplung an der Schnittstelle zwischen Körper und Gehirn ergibt die in der Natur konsequent umgesetzte zweiseitige Symmetrie einen fundamentalen Sinn. Denn die Lebensformen und ihre Eigenschaften entwickeln sich per Evolution selbstorganisiert. Da kann ein Gehirn sich noch so anstrengen, das Was-ist-wo seines Körpers zu erlernen. Wenn es nicht zumindest einen Anhaltspunkt hat, wird das nicht funktionieren. Der auf geniale Weise wirksame Trick der Natur besteht darin, dass der nötige Anhaltspunkt die jeweils gegenüberliegende Körperseite ist. ... und dass auch beide Hemisphären des Gehirns gleich aussehen und gleich ticken.

Höherentwickelte Gehirne

Der Thalamus als Schaltstelle zur Großhirnrinde zeigt bereits eine modernere Struktur. Er ist Teil des Zwischenhirns und neuer als das Mittelhirn, das entwicklungsgeschichtlich aus dem Reptiliengehirn hervorgegangen ist. Der Thalamus organisiert eine bestmögliche Entkopplung an der Schnittstelle zwischen Körper und Gehirn, wie es auf anschauliche Weise dem weiter oben genannten Postulat entspricht. Ältere Gehirne wie das Reptiliengehirn müssten dem Postulat genauso folgen, nur zeigt es sich dort nicht in dieser aufgeräumten Weise. Ein kontinuierlicher Übergang zu höherentwickelten Gehirnen verbessert die Trennung der Signalverarbeitung von den Signalquellen.

Tausendmal mehr Verbindungen zwischen den Gehirnzellen als es Gehirnzellen selbst gibt, immerhin 100.000.000.000 Zellen ... das führt zu einer enormen Verästelung von Reizen und zu einer Vermischung, die erst einmal kontraproduktiv erscheinen muss. Dieses wird durch organisierten Aufbau des Gehirns wettgemacht. Strukturelemente sind kleine Zellknoten, sogenannte Ganglien, bis hin zu ganzen Gehirnarealen mit Kerngebieten und Unterstrukturen. Passend dazu müssen die Verbindungen zwischen den Elementen angeordnet sein. Die Bausteine dafür sind morphologisch und funktional unterschiedliche Zelltypen, die mit ihren Nervenfasern etwa auf kurze Distanzen spezialisiert sind oder auf lange, wie die sogenannten Pyramidenzellen. Je strukturierter das Ganze, desto höherentwickelt ist das Gehirn.

Die Grundstruktur mit zwei Hemisphären ist bei allen Lebewesen der Bilateria gleich, auch die strikte Trennung von Sensorik und Motorik. Am menschlichen Cortex an der sogenannten Zentralfurche, die das Gehirn in einen vorderen und hinteren Bereich gliedert, zu erkennen. Alles Übrige ist für die Brücke zwischen Sensorik und Motorik zuständig. Wie werden äußere Reize wahrgenommen und wie kommt es in der Folge zu einer Reaktion des Lebewesens auf seine Umwelt.

Beim urzeitlichen Trilobiten dürften das Erkennen von Schatten als Gefahr oder Nahrung sowie das Entscheiden einer Richtung mit einfachen Bewegungsabläufe Schwerpunkte der Signalverarbeitung gewesen sein. Höher entwickelte Gehirne schaffen mehr und mehr Raum für assoziative Gehirnbereiche für mehr Komplexität beim Erkennen und Handeln. Dazwischen zeichnet sich ein weiteres Postulat der Evolution ab, welches an der Signalverarbeitungsschnittstelle zwischen Erkennen und Handeln eine Entscheidungsinstanz fordert. Die Entscheidungsinstanz muss unabhängig und im Interesse des Lebewesens agieren.

Für die Umsetzung schnellen Handelns gibt es Instrumente auf Basis von Hormonen wie Adrenalin, die große Bereiche oder den ganzen Körper erfassen. Es gibt aber auch Instrumente, die den Schwerpunkt der Signalverarbeitung im Gehirn beeinflussen. So gibt es bei Säugetieren die Amygdala, die als Zentrum für die Verarbeitung von Gefahr gesehen wird und mit Emotionen der Furcht in Verbindung gebracht wird. Die räumliche Lage der Amygdala in der Nähe des Thalamus und unmittelbar vor dem Hippocampus erlaubt einen schnellen Zugriff auf die wichtigsten Schaltstellen. Interessant ist auch der Nucleus accumbens ebenso in der Nähe des Thalamus und vor dem Mamillarkörper. Er richtet seine Signale an Strukturen des limbischen Systems und wird mit der Verarbeitung von positiven Reizen und Glücksgefühlen in Verbindung gebracht.

Amygdala und Nucleus accumbens zeigen ebenso wie der Thalamus eine modernere Struktur. Sie könnten einen Beitrag für eine Schlüsselaufgabe der Organisation des Gehirns leisten. Die Elemente zeigen anschaulich, wie das Postulat einer geforderten Entscheidungsinstanz an der Signalverarbeitungsschnittstelle zwischen Erkennen und Handeln umsetzbar wäre.

Säugerhirn und limbisches System

Mit Entstehung des limbischen Systems in der Phase der Entwicklung der Säugetiere verbesserte sich das Gehirn deutlich. Das Verhalten der Säugetiere unterscheidet sich besonders durch seine soziale Natur mit zu beobachtenden Empfindungen wie Sorge um den Nachwuchs, Angst, Liebe, Lust und Spieltrieb. Darüber hinaus hat sich auf dem Weg der Entwicklung zum Menschen die Leistungsfähigkeit des Gehirns weiter erhöht.

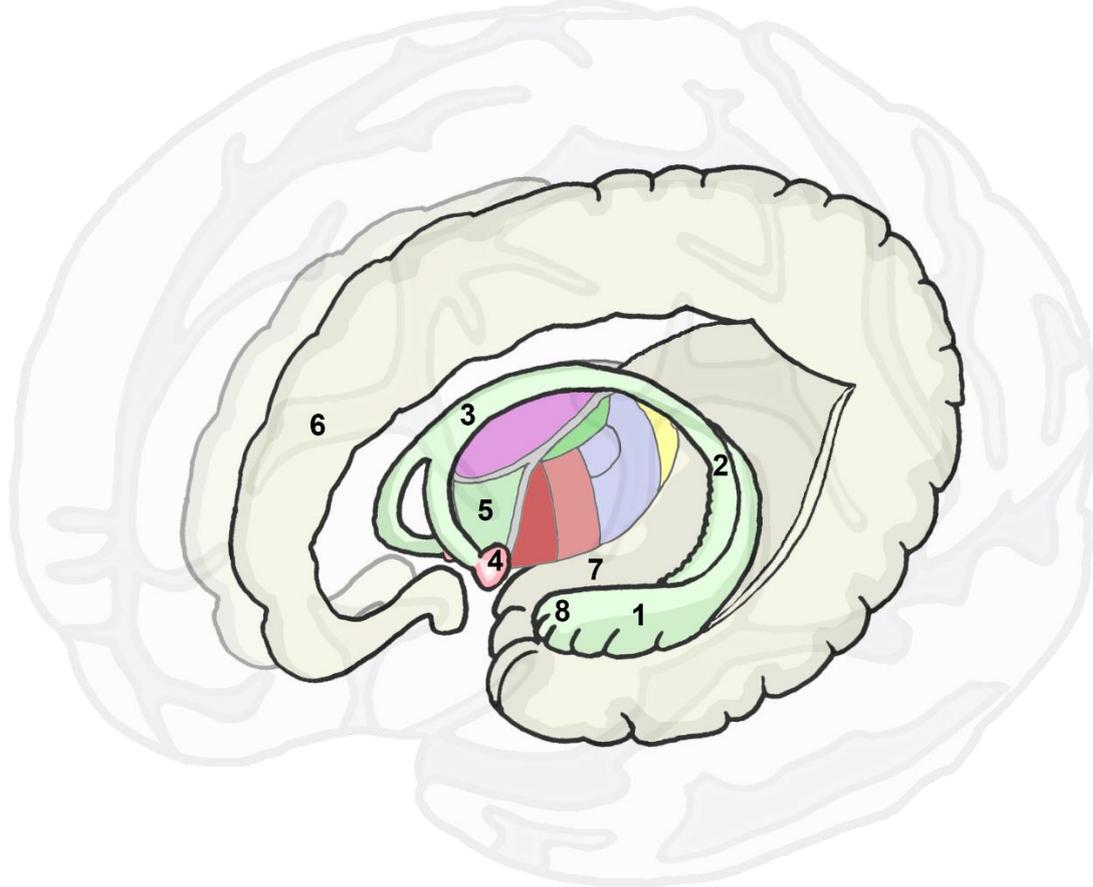


Bild: Gehirn mit limbischem System

Die Struktur des limbischen Systems auf beiden Seiten des Gehirns ist um den jeweiligen Thalamus herum angeordnet. Die neue Qualität an Empfindungen bei Säugetieren lässt sich gut mit der Amygdala und dem Nucleus accumbens in Verbindung bringen, die beide zum limbischen System gehören. Die Darstellung oben zeigt das limbische System mit folgenden seiner Strukturen:

- (1) Hippocampus
- (2) Fornix, Bündel mit rund einer Million Nervenfasern
- (3) Commissura fornicis, Kreuzungsbereich, an dem Fasern die Hemisphäre wechseln
- (4) Mamillarkörper
- (5) Nucleus anterior des Thalamus
- (6) Gyrus cinguli, an der Grenzebene der Kopfmittle verdeckt liegendes Großhirn-Areal
- (7) Entorhinaler Cortex, Übergangszone zwischen sechsschichtigem Isocortex und dreischichtigem Archicortex, liegt im Bereich des Gyrus parahippocampalis
- (8) Amygdala

Nicht dargestellt sind neben dem Nucleus accumbens auch die Epiphysenstiele, die per Nervenfaserbündel beide Thalami mit der Zirbeldrüse verbinden. Der Zirbeldrüse wird der Tag-Nacht-Rhythmus vermittelt, die ihrerseits das Schlaf-Hormon Melatonin produziert und an der Blut-Hirn-Schranke ausschüttet. Weiterhin nicht differenziert dargestellt: Gyrus parahippocampalis, der eine wichtige Rolle beim Erkennen und Erinnern spielt.

Papez-Kreis bildet Optionen für Entscheidungsinstanz

Das limbische System bringt nicht nur Emotionen ins Spiel, die Entscheidungen am „gefühlten“ Wohl des Lebewesens ausrichten. Es leistet einen überaus raffinierten Beitrag zur Abbildung von Optionen, die einer Entscheidungsinstanz zur Wahl stehen. Funktionale Grundlage dazu ist der Papez-Kreis, der auf James W. Papez und dessen Theorie aus dem Jahr 1937 zurückgeht. Der Papez-Kreis bildet einen geschlossenen Signal-Kreislauf über viele parallele Ketten an nacheinander verschalteten Gehirnzellen. Dieser Signal-Kreislauf durchzieht die im Bild des limbischen Systems oben dargestellten Stationen in der Folge Hippocampus → Fornix → Mamillarkörper → Nucleus anterior des Thalamus → Gyrus cinguli → Entorhinaler Cortex und wieder zurück → Hippocampus.

Die Papez-Kreisläufe beider Hemisphären sind über die Commissura fornicis miteinander verwoben. Bei Schädigungen in diesem Kreuzungsbereich kommt es zu Störungen beim Sprechen und Schreiben, also im Grunde bei den Tätigkeiten, die ein unmittelbares Zusammenwirken beider Gehirnhälften erfordern. Generell führen Schädigungen des Fornix zu einem Verlust an räumlicher Orientierung und zu Störungen des Langzeitgedächtnisses mit einer Herabsetzung der Merkfähigkeit für neue Bewusstseinsinhalte. Ein wichtige Station in der Signalkette ist der Hippocampus. Nach dem Entfernen des Hippocampus durch Dr. William Scoville an einem Patienten im Jahr 1953 wurde erkannt, dass dadurch neue Erinnerungen kaum noch oder gar nicht mehr im Gedächtnis gespeichert werden können. Dabei bleibt das Langzeitgedächtnis erhalten. Der Verlust des Hippocampus beendet nicht automatisch auch den Papez-Kreis, da es zwischen Gyrus cinguli und Fornix vor dessen Commissura fornicis Signalwege und damit die Möglichkeit für eine Abkürzung gibt. Schaltstationen für diese Abkürzung sind die Basalganglien unterhalb der Großhirnrinde, die einen langgestreckten Streifenkörper bilden, von dem Eingangspfade zum Fornix abzweigen. Das sogenannte Corpus striatum verläuft von der Amygdala über einen Bogen unterhalb des Gyrus cinguli bis zum Nucleus accumbens im vorne liegenden Bereich des limbischen Systems.

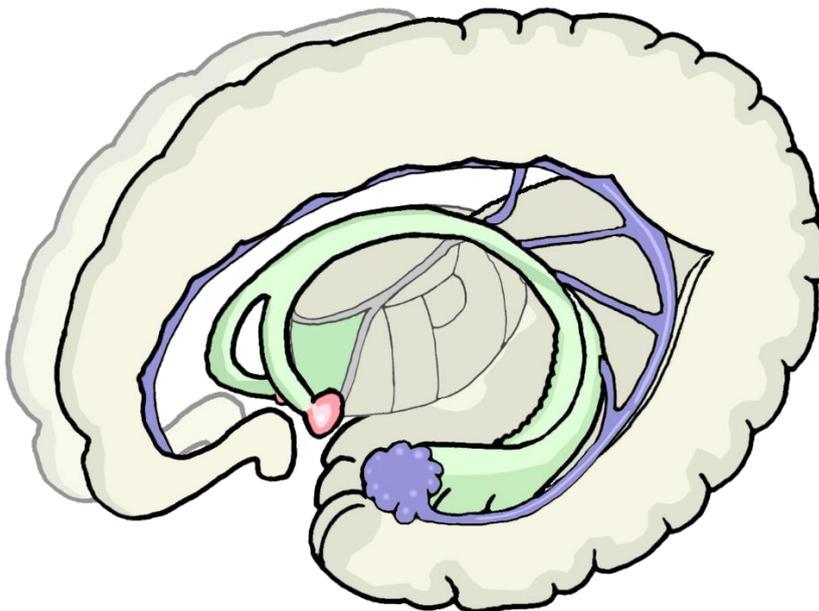


Bild: Abkürzungen im Papez-Kreis über Eingangspfade aus den Basalganglien (im Bild blau)

Eine Besonderheit ist, dass im Hippocampus bis ins hohe Alter neue Nervenzellen entstehen, was ihn vom Rest des Gehirns unterscheidet. Fortgesetzt neue Gehirnzellen und die Fähigkeit zu schnellem Umbau von Verbindungsstrukturen ist das Merkmal hoher neuronaler Plastizität. Erforscht sind zudem die bemerkenswerten internen Signalkreisläufe innerhalb des Hippocampus. So erreichen die Signale des Entorhinalen cortex aus dem Papez-Kreis den Gyrus Dentatus im Hippocampus durch einen Verbindungsbereich, das sogenannte Subiculum, hindurch. Durch dasselbe Subiculum verlassen die Signale den Hippocampus in Richtung des

Fornix. Unabhängig davon gibt es durch den Gyrus dentatus noch einen weiteren Eingangspfad für Signale aus dem Großhirn. Das Besondere des Hippocampus ist der zusätzlich noch einmal interne Signalkreislauf zwischen dessen Teilbereichen in der Folge Subiculum → Cornu ammonis 3 und 4 → Cornu ammonis 1 → Subiculum. Für den weiten Nervenfaserverlauf über das Fornix verfügt das Cornu ammonis 1 über die dafür speziell geeigneten Pyramidenzellen. Damit wird der Papez-Kreis auf charakteristische Weise beeinflusst. Insbesondere können durchsetzungsstarke Signalzustände über eine längere Zeitdauer hinweg in ihrer Wirkung erhalten bleiben. Der nochmal interne Kreislauf macht das möglich.

Das mit Papez-Kreis erworbene Wesensmerkmal des limbischen Systems ist ein per geschlossenem Signalkreislauf semi-stabiles Abbilden eines Entscheidungszustands. Die Trägheit des Kreislaufs selbst und auch die der weiteren Kreisläufe im Hippocampus wirken stabilisierend. Semi-stabil ist das System mit einer begrenzten Anzahl an definierten Pfaden, über welche Signale von außen hineingelangen und sich mit dem Signalkreislauf verkoppeln.

Optionen, die den Bereich der überhaupt möglichen Entscheidungs- und Bewusstseinszustände auf eine zählbare, zugleich aber enorm große Menge festlegen, bilden sich in den ermöglichten Mustern an Erregungszuständen in den Nervenbündeln hinter der Commissura fornicis ab. Ein Teil der Fasern ist aktiv, ein anderer nicht. Ihre spezielle Verkopplung mit Ein- und Ausgängen macht den Unterschied und definiert Interpretation von Wahrnehmung und Handlungsabsicht des Lebewesens. Fast nebensächlich erscheint dann noch, dass die Verkopplung des Papez-Kreis mit dem gesamten Gehirn Erinnerungen einbrennt und so Tor zum Gedächtnis wird. Die Entscheidungsinstanz selbst ist demnach die Summe aller Eingangspfade. Das schließt Amygdala und Nucleus accumbens mit ein, die bereits weiter oben in die Überlegung zum Postulat einer geforderten Entscheidungsinstanz herangezogen wurden.

Sprache der Entscheidungsinstanz

Das Neue mit dem limbischen System der Säugetiere besteht darin, dass erstmals Reizleitungsmuster, die über das ganze Gehirn verteilt sind, in eine kompakte Darstellungsebene transformiert werden. Mit seiner Schlüsselstelle am Thalamus als zentrale Schaltstelle und über weitere Pfade zum Gehirn realisiert das System eine systemische Lösung für das Postulat der Entscheidungsinstanz zwischen Erkennen und Handeln.

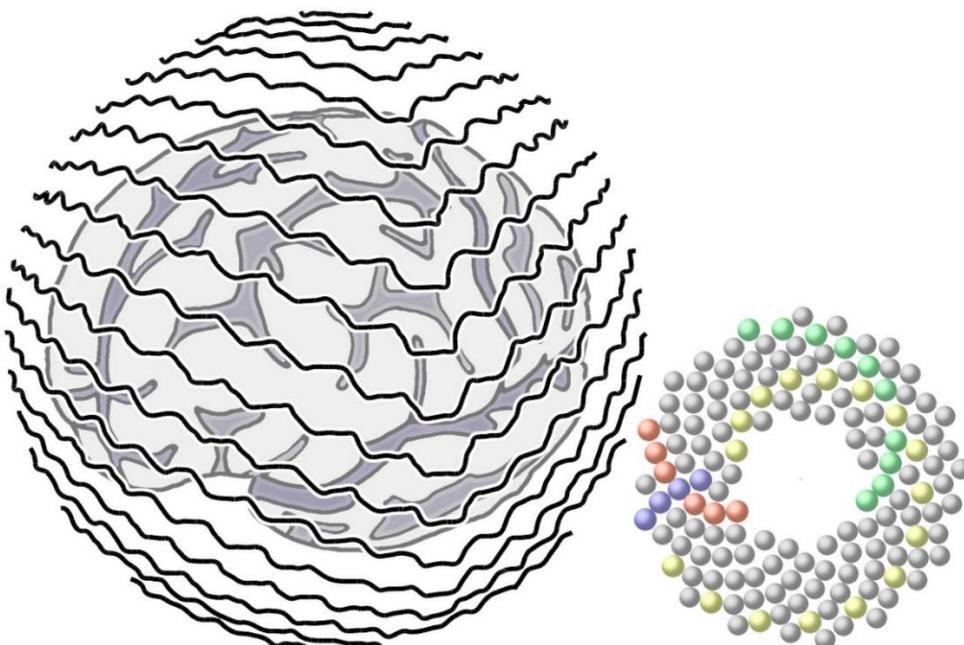


Bild: Reizleitungsmuster, das über ganzes Gehirn verteilt ist, wird auf Faserbündel abgebildet

Lebewesen sind auf ihr Gehirn angewiesen, um überlebenstüchtig auf Reize ihrer Umwelt reagieren zu können. Es nützt ihnen dabei nichts, wenn zwei Entscheidungsinstanzen, eine auf der rechten und eine auf der linken Seite des Gehirns, nicht dieselbe Sprache sprechen.

Nun sind alle wichtigen Gehirnareale körperseitenüberbrückend miteinander über sogenannte Kommissuren verbunden. So können sich beidseitig etwa Amygdala, Nucleus accumbens und viele andere Bereiche untereinander verständigen. Schon vor den Säugetieren müssen diese Querverbindungen für eine eindeutige Entscheidungsfindung ausreichend gewesen sein.

In diesem Artikel wird die Theorie aufgestellt, dass sich das limbische System nur entfalten kann, wenn sich die aus der Commissura fornicis herausführenden Faserbündel auf beiden Seiten des Gehirns einer Symmetrie annähern. Das gilt für die Nervenfasern an sich wie auch für das dynamische Informationsgeschehen, welches über sie abgewickelt wird. Die Gewichtung von Eingangspfaden des Papez-Kreis soll sich bei beiden Faserbündel links und rechts angleichen. Das Annähern an eine Symmetrie heißt allerdings nicht exaktes Übereinstimmen. So bleiben Unterschiede zur Spezialisierung der Körperseiten möglich und sinnvoll.

Im behaupteten Fall, dass sich die Symmetrie zwischen den Gehirnhälften auf die separaten Faserbündel des Fornix auf beiden Seiten des Gehirns überträgt, entsteht eine gemeinsame Sprache – als Voraussetzung für eine trotz Zweiseitigkeit ganzheitliche Entscheidungsinstanz.

Grundlage für das Bewusstsein

Dieser Artikel führt grundlegende Postulate für primitive und höherentwickelte Gehirne ein:

1. maximale Entkopplung an der Schnittstelle zwischen Körper und Gehirn
2. Entscheidungsinstanz an der Schnittstelle zwischen Erkennen und Handeln

In vereinfachter Modellvorstellung wäre das Gehirn als Ganzes mit der geforderten Entscheidungsinstanz gleichzusetzen. Es wäre eine Art Schaltnetz zwischen Sensorik und Motorik, das sich per Evolution für ein Handeln im Sinne des Lebewesens anpasst. Der vorliegende Artikel analysiert zentrale Bereiche des Gehirns, ihre Funktionen und ihre Verschaltungen. Im Ergebnis wird ein ganzheitliches Zusammenwirken erkannt, welches nachrichtentechnische Grundlagen schafft. Die Betrachtung entwirft damit ein Bild von einem gewissermaßen nachrichtentechnischen System Gehirn.

Anwender des Systems und damit Schlusspunkt dieses Artikels ist die mit Lebewesen aller Art belebte Natur. Darüber hinaus könnte man sich mit dem Begriff des Bewusstseins auf die Suche nach einem eigenständigen Anwender im Lebewesen selbst machen. Hierzu fehlen zwar die wissenschaftlichen Ansätze. Es wäre aber ein weiteres Postulat beizusteuern:

3. auf ein Minimum reduzierte Entscheidungsoptionen, die fließend abzuwickeln sind

Ein fließender Ablauf an Bewusstsein und der sich ergebenden Erinnerungen ist uns geläufig. Der technische Kniff zur Reduzierung von Entscheidungsoptionen zu einem Zeitpunkt könnte an einem Hin- und Her-Priorisieren zwischen linker und rechter Gehirnhälfte ansetzen. Dinge im Fokus der Aufmerksamkeit würden von der augenblicklichen Stellung des Hin-und-her dominiert. Dabei kämen stärker diejenigen Eingangssignale zum Zug, welche die just verfügbare Kompetenz einer der beiden Gehirnhälften abbildet. Fortlaufend gibt es zwei Alternativen.