

Biologische Psychologie

Modul 11-Psy-11001

Einleitung.....	2
Bausteine des Nervensystems.....	3
Zelluläre Informationsverarbeitung	5
Informationsübertragung.....	8
Neurotransmitter	11
Neuronale Plastizität	17
Nervensystem.....	19
Methoden der Biologischen Psychologie	29
Einführung in die Sinnesphysiologie.....	37
Sinnesphysiologie: Somatosensorik	39
Sinnesphysiologie: Chemische Sinne.....	41
Sinnesphysiologie: Visuelles System	44
Sinnesphysiologie: Auditives System	48
Motorisches System (Bewegung)	50
Steuerung vegetativer Funktionen, Hormonsystem	54
Stress und Krankheitsabwehr (Psychoneuroimmunologie).....	58
Sucht und Drogen.....	61
Schmerzverarbeitung (Nozizeption).....	65
Schlaf und Traum.....	69
Sprache und Lateralisierung.....	73
Musik und Emotion	75
Gene und Verhalten	78
Geschlechtsspezifisches Verhalten	80
Evolutionäre Psychologie	84

Einleitung

Definition

Die **Biologische Psychologie** ist ein **Teilgebiet** der Psychologie, welches zur Erklärung **menschlichen Erlebens und Verhaltens** einen **biologischen Zugang** wählt.

Neurobiologische Prozesse sind dabei von zentraler Bedeutung.

Untersuchungsansätze

1. **Somatische Intervention**

Bei einer somatischen Intervention wird auf den **Körper eingewirkt** (z.B. Hormongabe, elektrische Impulse, etc.). Anschließend wird die **körperliche Reaktion** beobachtet.

2. **Verhaltensintervention**

Bei einer Verhaltensintervention wird eine bestimmte (psychische) **Situation konstruiert** (z.B. präsentieren eines Weibchens, visuelle Reize, etc.). Anschließend werden die **körperlichen Reaktionen** gemessen (z.B. Hormonspiegel, Gehirnaktivität, etc.).

3. **Korrelationsstudien**

Bei einer Korrelationsstudie wird überprüft, ob ein **messbarer körperlicher Wert** im Zusammenhang mit einem **Verhaltensvorgang** steht (z.B. Zusammenhang Hormonspiegel & Paarungsverhalten).

Disziplinen

Biopsychologie ist ein Teilgebiet der **kognitiven Neurowissenschaften**. Die Neurowissenschaften beschäftigen sich mit der Gesamtheit der Vorgänge, welche mit **neuronalen Strukturen und Prozessen** zusammenhängen, bzw. mit der Fragestellung wie **menschliche Informationsverarbeitung** im **Nervensystem bzw. im Gehirn** implementiert ist.

Andere Teilgebiete der Neurowissenschaften sind unter anderem Philosophie, Informatik (KI), Linguistik, Anthropologie.

Untergebiete der Biopsychologie

1. **Physiologische Psychologie (Neuropsychologie)**

In der Neuropsychologie geht es um den Zusammenhang zwischen **menschlichem Verhalten** und **Gehirnprozessen** (somatische Intervention).

2. **Psychophysiologie**

In der Psychophysiologie geht es um die Abbildung **psychischer Vorgänge** auf **physiologischer und biochemischer Ebene** (Verhaltensintervention).

3. **Psychopharmakologie**

In der Psychopharmakologie wird die Bedeutung und Wirkung von **pharmazeutischen und natürlichen Substanzen** aufgeklärt.

4. **Psychoneuroendokrinologie**

In der Psychoneuroendokrinologie geht es um die Wechselwirkung zwischen **Psyche** und **Hormonsystem**.

5. Psychoneuroimmunologie

In der Psychoneuroimmunologie geht es um die Wechselwirkung zwischen **Psyche** und **Immunsystem**.

6. Weitere

Vergleichende Psychologie, Evolutionäre Psychologie, etc.

Begriffe

Biologische Psychologie, Somatische Intervention, Verhaltensintervention, Korrelationsstudie, Physiologische Psychologie (Neuropsychologie), Psychophysiologie, Psychopharmakologie, Psychoneuroendokrinologie, Psychoneuroimmunologie

Bausteine des Nervensystems

Die beiden Bausteine des Nervensystems sind **Neurone** und **Gliazellen**. Während Neurone auf die **Erregungsleitung** spezialisiert sind und im Verbund **Nervenimpulse weiterleiten und verarbeiten**, sind Gliazellen ein Sammelbegriff für alle Zellen, die die Nervenzellen in ihrer **Funktion stützen**. Sowohl **strukturell**, als auch **funktional**.

Aufbau und Struktur eines Neurons

▪ Soma

Das Soma oder auch **Zellkörper** der Zelle beinhaltet den Zellkern, den größten Teil der Organellen welche sich in der Zellflüssigkeit (Zytosol) im Soma befinden.

▪ Zellkern

Im Zellkern befindet sich die genetische Information der Zelle, welche zur Proteinsynthese verwendet wird.

▪ Dendriten

Über die Dendriten gelangen die Informationen zur Zelle. Sie sind also für die Informationsaufnahme verantwortlich.

▪ Axon

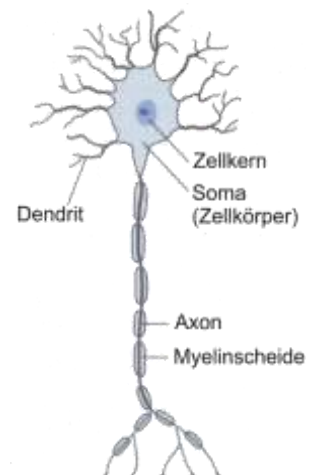
Über das Axon werden die Information an die nächste Zelle (z.B. Dendriten von weiteren Neuronen oder Muskelzellen) weitergegeben.

▪ Myelinscheide

Umwicklung eines oder mehrerer Axone durch fetthaltige Zellen (**Oligodendrozyten** oder **Schwann-Zellen**), welche die Leitungsgeschwindigkeit erhöhen. Die Lücken zwischen den Myelinscheiden am Axon werden als **Ranvier-Schnürringe** bezeichnet.

▪ Phosphorlipid-Doppelmembran

Die Membran der Zelle schützt die Organellen im Inneren. Sie ist außerdem an vielen Funktionen



beteiligt: Nährstoffaufnahme, Filterfunktion, Elektrisches Potenzial (Aufrechterhaltung), Impulsweiterleitung, Sensibilisierung, etc.

Klassifikation von Neuronen

Es gibt einige **Klassifikationsmöglichkeiten**, nach verschiedenen Aspekten. Die wichtigsten Klassifikationsaspekte sind:

Neurotransmitter

Eine Unterteilungsmöglichkeit ist die nach Neuronen, welche bestimmte Neurotransmitter verwenden. Beispiele:

Cholinerge Neuronen: Acetylcholin

Glutamerge Neuronen: Glutamat

Funktion

Bei dieser Klassifikation geht es um die Verbindungsrichtung. Bei der Funktions-Klassifizierung gibt es drei feste Unterteilungen:

Sensorische Neuronen: Vom Körper zum Gehirn (Empfang) (auch **afferente Neuronen**)

Motoneuronen: Vom Gehirn zum Körper (Senden) (auch **efferente Neuronen**)

Interneuronen: Neuronen welche Informationen von Neuron zu Neuron weitergeben

Fortsätze

Bei der Klassifikation nach Fortsätzen wird nach Anzahl der Fortsätze unterteilt.

Unipolare Neuronen: Ein Fortsatz

Bipolare Neuronen: Zwei Fortsätze

Pseudo-unipolare Neuronen: Gegabelter Fortsatz

Multipolare Neuronen: Mehrere Fortsätze

Form

Bei der Unterteilung nach Form gibt es eine Vielzahl möglicher Unterteilungen. Die wichtigsten sind:

Pyramidenzelle, Sternzelle, Purkinjezelle, Mitralzelle, etc.

Gliazellen

Gliazellen sind nicht an der direkten Reizweiterleitung beteiligt. Außerdem behalten sie (im Gegensatz zu den Neuronen) die Fähigkeit sich nach Ausbildung des Nervensystems weiterhin zu teilen. Im Allgemeinen haben sie die Funktion zu **stützen**, zu **puffern** und **Zelldefekte** auszufüllen (Vernarbung). Viele Funktionen sind jedoch noch **nicht bekannt!**

- **Oligodendrozyten**

Die Oligodendrozyten dienen der Myelinisierung im **zentralen Nervensystem** (v.a. Gehirn). Sie umwickeln meist mehrere Axone.

- **Schwann-Zellen**

Die Schwann-Zellen dienen ebenfalls der Myelinisierung jedoch im **peripheren Nervensystem**. Sie umwickeln immer ein Axon.

- **Astrozyten**

Astrozyten verbinden mehrere Neuronen miteinander, wirken jedoch nicht an der Reizweiterleitung mit (bzw. nach aktuellem Stand zumindest die Meisten). Sie haben mehrere Funktionen: **Stabilisierung, Sauerstoff- & Nährstofftransport**. Im Gehirn bilden sie die **Blut-Hirn-Schranke**.

- **Mikroglia**

Die Mikroglia sind Zellen, welche sowohl **Immun- und Abwehrfunktionen**, als auch eine **Entsorgungsfunktion** übernehmen.

- **Radialglia**

Die Radialglia-Zellen sind ausschließlich während der **Aufbauphase** des Nervensystems vorzufinden. Sie bilden lange ausgedehnte **Röhrchen**, welche die wachsenden Neuronen einerseits **Stützen** und andererseits eine **Wachstumsrichtung** vorgeben.

Seminar: Multiple Sklerose

Die **Multiple Sklerose** ist eine Krankheit welche durch **demyelinisierung**, durch eine fälschliche körpereigene Abwehr. Die **T-Zellen** (Fresszellen) können fälschlicherweise die **Blut-Hirn-Schranke** durchbrechen und dort die Oligodendrozyten angreifen.

Symptome sind u.a. Lähmung, Sehstörung, Missempfindlichkeit (Taubheit), später auch Demenz

Die Multiple Sklerose hat verschiedene Verlaufsformen:

- **Schubförmig** Der gesamte Krankheitsverlauf ist Schubförmig
- **Primär Progressiv** Der gesamte Verlauf verschlechtert sich stetig
- **Sekundär Progressiv** Zunächst Schubförmig, anschließend stetige Verschlechterung

Begriffe

Neuron, Gliazelle, Soma, Zellkern (Nucleus), Dendrit, Axon, Myelinscheide, Ranvier-Schnürring, Phosphorlipid-Doppelmembran, Klassifikation (Neurotransmitter, Funktion, Fortsätze, Form), Gliazellen (Oligodendrozyt, Schwann-Zelle, Astrozyt, Mikroglia, Radialglia), Multiple Sklerose, demyelinisierung, T-Zellen, Blut-Hirn-Schranke, Verlauf (Schubförmig, Primär Progressiv, Sekundär Progressiv)

Zelluläre Informationsverarbeitung

Ruhemembranpotenzial

Das **Ruhepotenzial** an der Membran beträgt **ca. -70mV** (Masse ist extrazellulär).

Die Spannung entsteht durch **elektrische Kräfte** (Ionenladungen) und den **osmotischen Druck** (Konzentrationsgefälle). Das Verhältnis der Ionen ist wie folgt:

Außen: Überwiegend Na^+ und Cl^- , wenige K^+

Innen: Überwiegend K^+ und A^- , wenige Cl^- und Na^+

Die **Permeabilität** der Membran ist für jeden Ionentyp unterschiedlich (hoch für K^+ und Cl^- , gering für Na^+ , undurchlässig für A^-).

Ionenstransport durch die Membran

Es gibt zwei Ionenstransportarten durch die Membran. Einmal den **passiven Ionenstransport**, welcher ohne Energieaufwand funktioniert und den **aktiven Ionenstransport**, welcher ATP als Energieträger benötigt. Generell bestehen die **Ionenkanäle** aus Proteinen, welche in der Membran mit einer Öffnung nach außen und nach innen liegen.

Passiver Transport

Die Ionenkanäle für den passiven Transport sind abhängig von den **Umgebungsbedingungen** und können schnell auf äußere Änderungen reagieren (öffnen/schließen). Sie sind Ionenspezifisch, d.h. ein Kanaltyp pro Ionentyp.

Aktiver Transport

Beim aktiven Transport geschieht der Ionenstransport entgegen den elektrochemischen Kräften. Zur Energiegewinnung wird **ATP (Adenosintri-phosphat)** in **ADP (Adenosindiphosphat)** und einen **Phosphatrest** gespalten. Die dabei frei werdende Energie kann die **Natrium-Kalium-Pumpe** verwenden um K^+ in das Innere und Na^+ in das Äußere der Zelle zu pumpen. Dieser Ionenkanal (Enzym) nennt sich auch **Natrium-Kalium-ATPase**.

Ohne Na/K-Pumpe: Sollte die Natrium-Kalium-ATPase ihre Funktion einstellen, dann würde das Ruhepotenzial sich langsam auflösen. Durch den ständigen Na^+ -Einstrom und K^+ -Ausstrom würde nun auch Cl^- in die Zelle gelangen und das innere würde immer positiver werden. Im inneren würde sich eine NaCl -Lösung bilden, welche das Wasser vom extrazellulären Raum in die Zelle ziehen würde (osmotischer Druck). Die Zelle würde anquillen und vermutlich zerstört werden.

Beispiel:

Pfeilgift (Wirkstoff **g-Strophantin**) hemmt bei **hoher Konzentration** die Na^+/K^+ -ATPase, was zu Benommenheit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Halluzinationen, Krämpfe, Herzstillstand, etc. führt. Bei **geringer Konzentration** wirkt es stimulierend und wird als wichtiges Herzmedikament eingesetzt.

Transport elektrischer Signale

Wenn ein elektrisches Ungleichgewicht von außen die Zelle erreicht, so wird dieses Ungleichgewicht an der Zellmembran weiter gegeben. Dies kann als ein **passiver Transport** oder als ein **aktiver Transport (Aktionspotenzial)** geschehen.

Passiver Transport

Kommt eine elektrische Schwankung an die Zelle, dann ändert sich kurzfristig der elektrische Zustand an der Zelle. Dieser Zustand wandert die Zelle entlang. Er verliert jedoch sehr schnell an Wirkung (**verlustreich**), da die Na^+/K^+ -ATPase ständig entgegenwirkt und zusätzlich K^+ -Ionen nach außen diffundieren (**Leckstrom**). Sie ist dafür aber sehr **schnell**. Diese Art der Impulsweiterleitung ist daher eher für **kurze Distanzen** geeignet und vorwiegend an **Dendriten** zu finden.

Aktiver Transport: Aktionspotenzial

Ab einer bestimmten elektrischen Schwankung an der Zellmembran auf ca. **-40mV** schießt die Spannung an der Zelle auf **+30mV bis +40mV (Aktionspotenzial)**, unabhängig davon wie hoch die Spannung genau ist. Wichtig ist nur, dass sie die -40mV übersteigt. Wird das nicht geschafft findet nur ein verlustreicher und kurzer passiver Transport statt (s. oben), wird es geschafft, dann setzt sich das Aktionspotenzial über **die gesamte Membran** der Zelle fort (→ **Alles-oder-Nichts-Prinzip**). Die **Amplitude** bleibt dabei immer gleich hoch!

Funktion:

Sobald der Schwellwert überschritten wird öffnen sich Na^+ -Kanäle (durch Formveränderung der Kanalproteine → elektrisches Feld), welche lawinenartig Na^+ -Ionen einströmen lassen (**Depolarisation** → **Aktionspotenzial**). Langsam entsteht dann eine **Repolarisation** durch sich öffnende K^+ -Kanäle, welche K^+ -Ionen ausströmen lassen. Da dies Na^+ -Kanäle recht schnell wieder geschlossen sind und die K^+ -Kanäle etwas langsamer sind entsteht sogar eine **Hyperpolarisation (Nachpotenzial)** auf ca. **-90mV**. Anschließend wird das **Ruhepotenzial** durch die Na^+/K^+ -ATPase wieder hergestellt.

In der ersten Phase der **Depolarisation und der frühen Repolarisation** (während des Na^+ -Einstroms) kann die Membran nicht erneut auf ein Aktionspotenzial reagieren (**absolute Refraktärphase**). In der **späten Repolarisation und der Hyperpolarisation** kann die Membran zwar erneut reagieren, braucht jedoch ein deutlich stärkeres Aktionspotenzial um direkt erneut reagieren zu können (**relative Refraktärphase**). Erst wenn das Ruhepotenzial wieder hergestellt ist und die Ionenverhältnisse somit wieder ausgeglichen sind, kann die Membran „normal“ reagieren.

Beispiel:

- Das Gift des Kugelfisches **Tetrodotoxin (TTX)** blockiert den Na^+ -Kanal, was zu Muskellähmung und letztlich Atemstillstand führt.
- Auch **Lokalanästhetika** (z.B. **Prokain**) wirken auf die spannungsabhängigen Na^+ -Kanäle. Sie blockieren lokal die Na^+ -Kanäle und verhindern damit an den bestimmten Stellen eine Weiterleitung. Bei geringer Dosierung setzt zunächst nur der Schmerz und die Empfindung aus, je höher die Dosierung, desto mehr fällt auch die Motorik aus.

Kodierung und Fortleitung

Kodierung

Die Intensität eines Reizes ist nicht in der Amplitude (Aktionspotenzial ist immer gleich hoch), sondern in der **Frequenz** kodiert. Je stärker ein Reiz, desto häufiger löst er ein Aktionspotenzial aus.

Fortleitung

Die Fortleitung findet entweder in **marklosem (nicht-myelinisierten)** oder in **markhaltigen (myelinisierten)** Nervenfasern statt.

Der Stromfluss findet nur in eine Richtung (**orthodrome Ausbreitung**) statt, da sich der hinter dem Aktionspotenzial liegende Teil gerade in der **Refraktärphase** befindet und somit in der Kürze der Fortbewegung nicht erneut erregbar ist.

Die **Leitungsgeschwindigkeit** bewegt sich (je nach Fall) zwischen 0,5m/s und 120m/s.

Marklose Nervenfasern:

Der Strom breitet sich aus den depolarisierten Bereichen in die polarisierten Bereiche aus. Die

Geschwindigkeit ist langsamer, als die der markhaltigen Nervenfasern. Außerdem ist der Energieverbrauch höher. Marklose Nervenfasern sind meistens zur Innervierung innerer Organe.

Markhaltige Nervenfasern:

Das **Meylin** (Isolator) bewirkt eine **saltatorische Erregungsleitung (sprunghaft)** von **Ranvier-Schnürring** zu Ranvier-Schnürring. Zwischen den **Nodien** (= Ranvier-Schnürring) befinden sich durch die Myelin-Schicht kaum Ionen und dem entsprechend kaum Kanäle. Dafür sind die Ionenkanäle an den Membranen der Nodien deutlich konzentrierter. Bei markhaltigen Nervenfasern ist die Geschwindigkeit höher und der Energieverbrauch niedriger. Sie kommen meist in der weißen Substanz im Gehirn und im Rückenmark vor.

Begriffe

Ruhepotenzial (elektrische Kräfte, osmotischer Druck), Permeabilität, passiver Ionentransport, aktiver Ionentransport (ATP, ADP, Natrium-Kalium-Pumpe, Natrium-Kalium-ATPase), Pfeilgift (g-Strophantin), Aktionspotenzial, Leckstrom, Alles-oder-Nichts-Prinzip, Depolarisation, Repolarisation, Hyperpolarisation, absolute Refraktärphase, relative Refraktärphase, Kugelfischgift (Tetrodotoxin), Lokalanästhetika, Frequenzkodierung, saltatorische Erregungsleitung, Ranvier-Schnürring (Nodien)

Informationsübertragung

Ein elektrischer Impuls kommt an einer Nervenzelle entweder **spontan** (seltener) oder durch ein **vorgeschaltetes Neuron** vor, welches seine Spannung auf die folgende Zelle überträgt.

Aufbau & Funktion der Synapse

Eine Synapse bildet die Verbindung zwischen zwei Nervenzellen, welche die Informationen weitergibt und verarbeitet. Es gibt die **elektrische Synapse (gap junction)** und die **chemische Synapse**. Zwischen der **präsynaptischen Endigung** und der **postsynaptischen Membran** befindet sich der **synaptische Spalt** (20-50nm).

Die elektrische Synapse

Die elektrische Synapse dient meist nur der Synchronschaltung mehrerer Neurone. Der synaptische Spalt ist nur ca. 2nm breit und eine Informationsübertragung ist theoretisch in **beide Richtungen** möglich. Als Verbindung dienen röhrenartige direkte Verbindungen durch Porenmoleküle in der Membran. Hier gibt es **keine Zeitverzögerung** (direkt).

Die chemische Synapse

Funktion an der präsynaptischen Endigung:

1. An der präsynaptischen Endigung kommt ein Aktionspotenzial.
2. Am Endknöpfchen öffnen sich spannungsabhängige **Calcium-Kanäle**.
3. **Calciumionen** strömen vom extrazellulären Raum in die Zelle.
4. Die **Vesikel**, welche die **Neurotransmitter** enthalten verschmelzen mit der Membran.
5. Die Transmitter werden im synaptischen Spalt freigesetzt.

6. Ein Aktionspotenzial an der postsynaptischen Membran entsteht u.U. neu.
7. Die Transmitter werden wieder in die präsynaptische Endigung aufgenommen.

Funktion an der postsynaptischen Membran:

An der postsynaptischen Membran gibt es zwei Möglichkeiten der Reaktion auf die Neurotransmitter. Für die zwei Möglichkeiten gibt es die **ionotropen Rezeptoren** und die **metabotropen Rezeptoren**. Beide Rezeptortypen haben eine Andockstelle für **Liganden (Neurotransmitter)**, welche nach dem **Schlüssel-Schloss-Prinzip** andocken können.

▪ **Ionotrope Rezeptoren**

Diese Art der Rezeptoren wirken **direkt**. Sobald der Ligand an das Kanalprotein dockt öffnet sich der Kanal und die Ionen können sich austauschen.

▪ **Metabotrope Rezeptoren**

Diese Art der Rezeptoren wirken **indirekt**. Sobald ein Ligand andockt gibt der Rezeptor einen Botenstoff (G-Protein) in die Zelle, welcher wiederum an einen Proteinkanal andocken kann um diesen zu öffnen (**second-messenger-Prinzip**). Es kann auch vorkommen, dass ein weiterer Zwischenschritt über ein **Effektprotein** erfolgt.

Autorezeptoren

Um eine Kontrolle über die Transmittermenge zu erlangen kann die präsynaptische Endigung mit Hilfe von **Autorezeptoren** die **Konzentration der Neurotransmitter** im synaptischen Spalt „messen“ und daraufhin die Transmittermenge regulieren.

Loewi

Ein Nachweis der Synapse erbrachte **Loewi (1921)** in einem Experiment mit zwei Herzen. Zunächst ließ er das eine Herz in einer Flüssigkeit und stimulierte den **Vagus Nerv**, was zu einer Abnahme der Herzfrequenz führte. Anschließend holte er es heraus und legte ein zweites in die Flüssigkeit. Das zweite Herz begann (ohne andere Einwirkung) ebenfalls langsamer zu schlagen.

Damit war der Nachweis gegeben, dass eine **chemische Substanz** für die Übertragung verantwortlich sein muss.

Postsynaptische Potenziale (PSP)

Für das postsynaptische Potenzial gibt es zwei Varianten. Das **exzitatorische postsynaptische Potenzial (EPSP)**, welches das Membranpotenzial positiv verschiebt (Depolarisation) und das **inhibitorische postsynaptische Potenzial (IPSP)**, welches das Membranpotenzial negativ verschiebt (Hyperpolarisation).

▪ **Exzitatorisches postsynaptisches Potenzial (EPSP)**

Kanäle, welche eine Depolarisation begünstigen öffnen sich. Dazu gehören vor allem ligandengesteuerte Natriumionen-Kanäle., aber auch die indirekte Öffnung von präsynaptischen Calciumionen-Kanälen.

Erregende Neurotransmitter: Acetylcholin, Glutamat

▪ **Inhibitorisches postsynaptisches Potenzial (IPSP)**

Kanäle, welche eine Hyperpolarisation begünstigen öffnen sich. Dazu gehören vor allem

ligandengesteuerte Chlorionen-Kanäle, aber auch durch Öffnung von Kaliumionen-Kanälen.
Hemmende Neurotransmitter: Gammaaminobuttersäure (GABA)

Integration neuronaler Ereignisse

Ein Aktionspotenzial in der nachfolgenden Zelle kann sich nur dann ausbilden, wenn die Schwelle für ein Aktionspotenzial am **Axonhügel** überschritten wird.

Die **synaptische Depression** ist (ähnlich der Refraktärphase) ein Zeitabschnitt, in dem die Neurotransmitter noch nicht vollständig in die präsynaptische Endigung rückgeführt sind. Ein erneutes Aktionspotenzial hat in der Phase eine schwächere Auswirkung.

Konvergenz und Divergenz

- **Konvergenz**

Eine Konvergenz herrscht dann, wenn mehrere Fasern auf ein Zielneuron zusammenfließen. Die Konvergenz ist die Voraussetzung für **räumliche Summation**.

- **Divergenz**

Eine Divergenz herrscht dann, wenn ein Startneuron sich auf mehrere andere Zielneurone verzweigt.

Räumliche- & zeitliche Summation

- **Räumliche Summation**

Bei der räumlichen Summation treffen an mehreren Synapsen an einer Nervenzelle annähernd gleichzeitig exzitatorische postsynaptische Potenziale (EPSP) ein. Die Potenziale verstärken sich gegenseitig. **Räumliche Bahnung** liegt dann vor, wenn die summierten Potenziale den Schwellwert zum Aktionspotenzial überschreiten.

- **Zeitliche Summation**

Bei der zeitlichen Summation folgen an der präsynaptischen Endigung mehrere Aktionspotenziale schnell hintereinander.

Dabei nimmt die Transmitterkonzentration im synaptischen Spalt allmählich zu, da die **präsynaptische Endigung** immer wieder und allmählich mehr Transmitter ausschüttet.

Eine zweite Möglichkeit wäre, dass die Transmitterkonzentration nicht zunimmt, sich das Potenzial an der **postsynaptischen Membran** noch nicht erholt hat. In diesem Fall würde eine erneute (evtl. erneut schwache) Transmitterausschüttung der postsynaptischen Endigung eine Erhöhung des postsynaptischen Potenzials bewirken. Kommen die Ausschüttungen (wenn auch schwach) schnell genug hintereinander, dann kann sich das Potenzial bis zum Aktionspotenzial hoch schaukeln.

Eine **tetanische Reizung** ist eine schnell aufeinanderfolgende Reizung von neuronalem Gewebe. Die **tetanische Potenzierung** entspricht der **zeitlichen Bahnung**.

Hemmung

- **Präsynaptische Hemmung**

Präsynaptische Hemmung liegt vor, wenn direkt vor einer Synapse eine weitere die Erste beeinflusst. Ist die zweite hemmende Synapse aktiv, dann hemmt sie das Signal der eigentlichen ersten exzitatorischen Synapse.

- **Laterale Hemmung**

Laterale Hemmung liegt vor, wenn sich mehrere Neuronen in einer Ebene befinden und sie sich seitlich gegenseitig hemmen. Kommt ein Signal bei einer Zelle an, so gibt sie es normal an die Zelle der nächsten Ebene weiter. Die Zellen, welche recht und link von ihr liegen, werden jedoch in der gleichen Intensität des Ursprungssignals gehemmt.

Begriffe

Elektrische Synapse, Chemische Synapse (+Ablauf), Vesikel, Neurotransmitter, ionotrope Rezeptoren, metabotrope Rezeptoren (second-messenger-Prinzip), Liganden, Schlüssel-Schloss-Prinzip, Autorezeptoren, Loewi (Vagus-Nerv), exzitatorisches postsynaptisches Potential (EPSP), inhibitorisches postsynaptisches Potential (IPSP), synaptische Depression, Konvergenz, Divergenz, Räumliche Summation (Räumliche Bahnung), Zeitliche Summation (Zeitlich Bahnung), tetanische Potenzierung, Präsynaptische Hemmung, Laterale Hemmung

Neurotransmitter**Neurotransmitter Allgemein**

Ein **Neurotransmitter** ist ein chemischer Botenstoff / Überträgerstoff, welcher bei Freisetzung benachbarte Neuronen stimulieren kann. Sowohl die Substanz (in Vesikeln), als auch die zur **Synthese benötigten Enzyme** kommen in der präsynaptischen Endigung vor.

Transmitter können grob in eher **hemmende** oder eher **erregende** Transmitter eingeteilt werden. Wichtig ist aber, dass die letztliche Entscheidung über hemmend oder erregend beim Rezeptor und nicht beim Transmitter liegt.

Die wichtigsten Neurotransmitter

- **bestimmte Aminosäuren**

- Glutamat
- Aspartat
- Glycin, GABA)

- **Monoamine**

- Adrenalin
- Noradrenalin
- Dopamin)

- **Acetylcholin**

- **Neuropeptide**

- Endorphin
- Substanz P
- Oxytocin
- ...

Wirkstoffe an den Rezeptoren

Neben den **Neurotransmittern** kommen auch **Agonisten** (wirken wie der Neurotransmitter) und **Antagonisten** (verhindern die Wirkung des Neurotransmitters) vor, welche sich ebenfalls an die Rezeptoren binden können. Die **Antagonisten** werden unterteilt in **kompetitive Antagonisten** (Antagonist **verdrängt Neurotransmitter** und löst die Wirkung vollständig auf) und **nicht-kompetitive Antagonisten** (können **zusätzlich zum Neurotransmitter** am Rezeptor andocken und behindern die Wirkung). Agonisten und Antagonisten können weitere Eigenschaften haben:

- **Agonist**
 - Erhöhung der Neurotransmitter-Synthese
 - Blockade des Neurotransmitter-Abbaus / Blockade der Wiederaufnahme
 - Antagonistische Blockade der Autorezeptoren
- **Antagonist**
 - Hemmung der Neurotransmitter-Synthese
 - Agonistische Blockade der Autorezeptoren

Acetylcholin

Das **Acetylcholin** war der erste gefundene Neurotransmitter (Vagusstoff, Loewi 1921). Systeme (Synapsen), die mit Acetylcholin arbeiten werden als **cholinerges System (cholinerge Synapse)** bezeichnet.

Acetylcholin überträgt Impulse an die **Muskulatur des Bewegungsapparates**, hat eine **parasympathische Wirkung** auf das vegetative Nervensystem und beeinflusst die **Gedächtnisleistung im Gehirn**.

Abbau von Acetylcholin

Ist die Wirkung von Acetylcholin beendet, dann wird es nicht direkt in die präsynaptische Endigung aufgenommen, sondern vorher durch **Acetylcholinesterase** abgebaut.

Es gibt **Acetylcholinesterase-Hemmer**, welche den Acetylcholin-Abbau verhindern und die Wirkung verlängern. Peripher führt dies zur **Verstärkung des Parasympathikus**, zentral kann es bei der Behandlung von **Myasthenia Gravis** und evtl. auch **Demenz** und **Alzheimer** helfen.

Acetylcholin Rezeptortypen

- **Nikotinerger Rezeptor**
 - Ionotrope: Erregende Wirkung
 - Vorkommen: Zentralnervensystem & Bewegungsapparat
 - Agonist: Nikotin, Antagonist: Curare (Pfeilgift)
- **Muskarinerger Rezeptor**
 - Metabotrop: Teils erregend, teils hemmend
 - Vorkommen: Vagusnerv, Auge, etc.
 - Agonist: Muskarin (Fliegenpilz), Antagonist: Atropin

Fehlfunktionsarten

- **Acetylcholinesterase-Hemmer:** s. oben
- **Agonisten und Antagonisten:** s. oben

- **Botulinumtoxin:** Störung der Ach-Ausschüttung an der präsynaptischen Endigung
- **Strukturelle Veränderung:** Verminderte Anzahl an Ach-Rezeptoren (Myasthenia Gravis)

Exkurs: Antropin

Antropin wird aus der **Tollkirsche** gewonnen und blockiert den **muskarinergen Rezeptor**. Früherer Einsatz gegen Magenstörung und zur Verschönerung (Pupillenerweiterung). Antropin hat u.a. eine negative Auswirkung auf das Gedächtnis.

Exkurse zu Acetylcholin

Myasthenia Gravis

Bei **Myasthenia Gravis** handelt es sich um eine **schwerwiegende Muskelschwäche**, die in 1 von 50.000 Fällen vorkommt. Es setzt eine schnelle Ermüdung in der **Kopf- und Rumpfmuskulatur** ein (schlafe Augenlider; Kauen, Schlucken, Sprache erschwert; Gangstörungen; Atemlähmung etc.). Die Symptome setzten **nach Belastung** rasch ein. Meist kann **normales Lebensalter** erreicht werden.

Die Krankheit entsteht durch eine **Autoimmun-Reaktion**, bei der Antikörper gegen die **nikotineren Rezeptoren** gebildet werden und diese sich rückbilden. Es können für eine direkt Hilfe **Cholinesterase-Hemmer** oder allgemein **Immunsuppressiva** eingesetzt werden. Außerdem kann ein **Plasma-Tausch** vorgenommen werden.

Botulinumtoxin

Botulinumtoxin verhindert die ACh-Ausschüttung an der präsynaptischen Endigung, indem es die Exozytose der Vesikel verhindert und somit eine Neurotransmitter-Ausschüttung unmöglich macht. Das Gegenmittel **Botulinumantitoxin** kann Botulinumtoxin nicht lösen, es kann nur seine weitere Ausbreitung verhindern.

Das Gift kommt in **verdorbenem Essen** vor, ist **geruchs- und geschmackslos** und beginnt seine Wirkung 12-36 Stunden nach der Aufnahme mit **Gliederschmerzen, Erbrechen und Lähmung**. Es kann zum Tod durch **Atemlähmung** kommen. Botulinumtoxin ist das stärkste bekannte Gift und ist als Lebensmittelvergiftung anzeigepflichtig. Es kann zu bleibenden Schäden am neuromuskulären System kommen (Extremfall: Intensivpflege).

Botulinumtoxin wird in der Schönheitschirurgie als Falten glätter („**Botox**“) eingesetzt. Dabei werden Muskelpartien lokal gelähmt. Es kommt zum Verlust von Mimik, außerdem besteht die Gefahr, dass es in die Blutbahn gelangt.

Medizinische Anwendung findet es bei der Behandlung von **Schielen** und bestimmten **motorischen Krämpfen/Dystonien**, aber u.a. auch gegen **Schmerzen und Verspannung**. Bei der Injektion in den Muskel beginnt es nach 2-3 Tagen zu wirken, erreicht sein Maximum nach 2 Wochen und klingt bis 2,5 Monate danach langsam ab. Bei einer Injektion in die Schweißdrüsen verlängert sich die Wirkung.

Seminar: Morbus Alzheimer

Die Hauptursache über **Morbus Alzheimer** ist ein **Acetylcholin-Mangel**. Die Problematik äußert sich in **Vergesslichkeit, Sprachverarmung, Fehleinschätzung, Orientierungsproblemen**, etc.

Theorien

- **Plaquebildung**
Plaques (= Eiweiße) setzen sich zwischen den Zellen und verhindern die Kommunikation im Gehirn mit der Zeit immer stärker.
- **Neofibrillenbildung**
Es bilden sich Neofibrillen aus Tau (= Eiweiße), welche die Zellen verstopfen.
- **Entzündung**
Eine Entzündung im Gehirn liegt als Ursache vor.
- **Hyperploide Chromosomen**
Zellen mit hyperploiden Chromosomensätzen sterben früher ab. Menschen, bei denen sich also viele hyperploide Zellen entwickeln, verlieren viele ihrer Zellen früher → Alzheimer

Katecholamine

Die Gruppe der Katecholamine beinhaltet eine Reihe von Neurotransmittern (Dopamin, Noradrenalin, Adrenalin). Sie bestehen aus einem Katecholring und einer Aminogruppe. Ihr Ausgangspunkt ist Tyrosin. Die Synthesekette geht nach folgender Reihenfolge:

Tyrosin → Dopa → Dopamin → Noradrenalin → Adrenalin

Adrenalin

Das **Adrenalin** ist das **Hauptthormon** des Nebennierenmarks, arbeitet im Hirnstamm jedoch auch als **Neurotransmitter** (Blutdruckregulation).

Die **Adrenorezeptoren** sind metabotrope Rezeptoren für **Adrenalin** und **Noradrenalin**. Es gibt 5 Rezeptortypen (Alpha 1/2, Beta 1/2/3). **Betablocker** verhindern z.B. eine erregende Wirkung auf Blutdruck und Herzschlag.

Engl.: Epinephrine

Noradrenalin

Das **Noradrenalin** ist vor allem im **Gehirn** und im **sympathischen Nervensystem**, wirkt grundsätzlich **erregend** (sympathisch), hat jedoch einige **spezifische Eigenschaften**, u.a. Orientierung und Lenkung der Aufmerksamkeit, Langzeitpotenzierung, evtl. im Zusammenhang mit ADHS.

Engl.: Norepinephrine

Exkurs: ADHS

Das **Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Syndrom (ADHS)** bzw. **Hyperkinetisches Syndrom (HKS)** äußert sich in Aufmerksamkeitsschwäche, Ablenkbarkeit, Hyperaktivität und Impulsivität. Die Ursache dieser Krankheit ist unklar, es gibt 2 widersprüchliche Erklärungen:

- **Overousal-Theorie**
Aus ständiger Überregung und Reizüberflutung folgt ein Filterdefizit und damit eine hohe Ablenkbarkeit.

▪ Underousal-Theorie

Aus ständiger Unterregung folgt eine Selbstablenkung, um Stimulationsbedürfnis zu stillen.

Behandelt wird ADHS mit **Ritalin (Methylphenidat)**, was die Wiederaufnahme von Dopamin und Noradrenalin hemmt (Argument für Underousal-Theorie). Ritalin alleine hilft jedoch nicht, Therapie ist trotzdem nötig.

Ritalin ist rezeptpflichtig und **wirkt lernsteigernd** (mit Nebenwirkung).

Dopamin

Das **Dopamin** reguliert im **vegetativen Nervensystem** die Durchblutung der inneren Organe. Auch im Gehirn hat Dopamin viele wichtige psychische und psychomotorische Aufgaben (z.B. Willkürmotorik), obwohl die Anzahl der dopaminergen Neurone mit 200.000 sehr gering ist.

Es gibt mindestens 5 Subtypen der **Dopaminrezeptoren** (D1 bis D5). Sie sind **metabotrop**. D2-D4 wirken hemmend, D1 und D5 erregend. Um Nebenwirkungen zu vermeiden wird versucht bei Medikamenten nur bestimmte Subtypen anzusprechen.

Es gibt drei **Dopaminsysteme**:

- **Tuberoinfundibuläres System** mit lokaler Verschaltung im **Hypothalamus**
- **Nigrostriatales System** für motorische Funktionen (Beeinträchtigung: **Morbus Parkinson**)
- **Mesolimbisches/Mesocorticales System** für Belohnungssystem (Beeinträchtigung: **Schizophrenie**)

Exkurs: Schizophrenie

Schizophrenie ist die **Spaltung von Fühlen, Denken und Handeln** (keine Persönlichkeitsspaltung) und kommt in 1 von 10.000 Fällen meist im jungen Erwachsenenalter vor. Die Ursachen liegen in einer Mischung aus **genetischen Komponenten** und **Umweltfaktoren**.

Symptome sind Störungen im **Denken** (Wahnvorstellungen, Verfolgung), in der **Wahrnehmung** (Halluzinationen, Stimmen), des **Affekts** (inadäquat), des **Selbstgefühls** (keine Ich-Grenze), der **Kontaktfähigkeit** (sozialer Rückzug, ungewöhnliches Verhalten), der **Psychomotorik** (Katatonie, Stereotypen), des **Willens** (verminderter Antrieb, Interesse)..

Eine erhöhte Aktivität der **D2-Rezeptoren** löst schizophrene Symptome aus. Zur Therapie werden Neuroleptika verwendet, welche sich an die D2-Rezeptoren binden (antipsychotisch) und atypische Neuroleptika, welche sich an D1- und D4-Rezeptoren, sowie im Serotonin-System binden. Zusätzlich immer Psychotherapie. Der Verlauf ist in Schüben oder Chronisch.

Weitere NeurotransmitterSerotonin

Das **Serotonin** wirkt wie Adrenalin sowohl als **Hormon**, als auch als **Neurotransmitter** und ist auch ein Bestandteil der Blutplättchen. Serotonin wird im Hirnstamm (Raphe-Kern) synthetisiert und ist im Gehirn und im Rückenmark zu finden. Die höchste Konzentration ist in der Epiphyse. Es gibt mehrere Serotonin-Rezeptor-Subtypen. Sie sind **teilweise ligandengesteuert** und sind **mehrheitlich metabotrop**. Die Rezeptoren sind hemmend oder erregend. **Serotonin-Wiederaufnahmehemmer (SSRI)** können bei Depression, Angststörung und Essstörung helfen.

Serotonin hat einige wichtige **Funktionen**:

- Regulation des **Schlaf-Wach-Rhythmus** (Vorstufe von Melatonin)
- Regulation der **emotionalen Befindlichkeit** (evtl. im Zusammenhang mit Depressionen)
- **Schmerzwahrnehmung** (absteigend)
- **Hunger und Durst**
- Aspekte des **Sexualverhaltens** (verringert sexuelle Aktivität)

Exkurs: Affektive Störung

Eine **affektive Störung** kann sowohl **unipolar (Depression)**, als auch **bipolar (Depression und Manie)** sein. Ursache ist eine Störung im **Transmitterhaushalt**. Auch hier spielen **Prädispositionen** und **Umweltfaktoren** eine Rolle. 6% der Menschen haben im Laufe des Lebens eine unipolare affektive Störung und 1% eine bipolare affektive Störung.

Die **Monoamintheorie** geht von einer **Depression serotonerger und noradrenerger Synapsen** aus. Antidepressiva hemmen nach dieser Theorie die Serotonin-Wiederaufnahme.

Glutamat

Das **Glutamat** ist ein Anion der **Glutaminsäure** und gehört zu den **Aminosäuretransmittern**, welche deutlich häufiger vorkommen, als die **Monoamine**. Es gibt sowohl **ionotrope**, als auch **metabotrope** Rezeptoren, während jedoch der **NMDA-Rezeptor** eine wichtige Rolle für Lernvorgänge spielt. Allgemein wirkt Glutamat als **erregender Neurotransmitter** im Gehirn und in **Sinneszellen** (z.B. Netzhaut). Es ist für die Signalübertragung in **sensorischen Nerven**, für die Verarbeitung **sensorischer Informationen** und für die **synaptische Modulation** (LTP, LTD für Lernprozesse) zuständig. **Asparat** (ein Anion der **Asparaginsäure**) ist ähnlich aufgebaut und ersetzt Glutamat an einigen Synapsen.

GABA & Glycin

Gammaaminobuttersäure (GABA) ist ein **hemmender** Neurotransmitter im **Gehirn** und z.T. im **Rückenmark**. Da alle GABA-Rezeptoren hemmende Wirkung haben liegt hier ein Ansatzpunkt für Psychopharmaka (**Benzodiazepine, Barbiturate**).

Glycin ist ein **hemmender** Neurotransmitter im **Rückenmark** und im **Hirnstamm**. Der Glycin-Rezeptor kann durch das Gift **Strychnin** blockiert werden, was zu einer überschießenden Muskelerrregung und Krämpfen führt und tödliche Folgen haben kann, wenn die Atemmuskulatur betroffen ist.

Beide Neurotransmitter sind an der **visuellen Signalverarbeitung** auf der Netzhaut, bei **Interneuronen im Rückenmark** und bei der **Modulation synaptischer Übertragungen** im zentralen Nervensystem beteiligt.

Tetanustoxin kann die GABA- und Glycin Freisetzung blockieren (Tetanusvergiftung, Wundstarrkrampf). Außerdem können nicht richtig funktionierende GABAerge Neronen evtl. u.a. für **Chorea Huntington, Epilepsie** und **Angststörungen** verantwortlich sein.

Begriffe

Neurotransmitter (+Beispiele), Agonist, Antagonist (kompetitiv, nicht-kompetitiv), Acetylcholin, cholinerge Synapsen, Acetylcholinesterase, Nikotinerger Rezeptor, Muskarinerger Rezeptor,

Tollkirsche (Antropin), Myasthenia Gravis, Botulinumtoxin, Morbus Alzheimer (Plaques, Neurofibrillen, Entzündung, Hyperploide Chromosomen), Katecholamine, Adrenalin, Noradrenalin, Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitätssyndrom (ADHS), Overousal-Theorie, Underousal-Theorie, Dopamin, Schizophrenie, Serotonin, Serotonin-Wiederaufnahmehemmer, affektive Störung (unipolar, bipolar), Monoamintheorie, Glutamat, NMDA-Rezeptor, Aspartat, Gammaaminobuttersäure (GABA), Glycin

Neuronale Plastizität

Als **neuronale Plastizität** wird der **Anpassungsprozess des Nervensystems** aufgrund sich verändernder Umweltbedingungen bezeichnet. Als **Lernen** wird die **Induktion neuronaler Veränderungen**, welche durch Erfahrungen eintreten, bezeichnet. Das **Gedächtnis** wiederum dient der Aufrechterhaltung des Gelernten. Es wird unterschieden zwischen der **synaptischen Plastizität** und der **kortikalen Plastizität**.

Lernformen

Als **implizites Lernen** wird ein **unbewusstes** (ohne willentliche Anstrengung) Lernen bezeichnet. **Explizites Lernen** wiederum findet **bewusst** (mit willentlicher Anstrengung) statt.

Eine weitere Einteilung kann zwischen **nichtassoziativem Lernen** und **assoziativem Lernen** getroffen werden. Während Ersteres sich nur auf einzelne Ereignisse bzw. Reize bezieht (**wiederholte Darbietung**), bezieht sich Letzteres auf den Bezug zwischen Ereignissen bzw. Reizen (**zeitliche Paarung** ⇒ **Kontiguität**).

▪ Nichtassoziatives Lernen

- Habituation (Abnahme der Reizreaktion)
- Sensitivierung (Zunahme der Reizreaktion ⇒ Über den Ursprungswert)
- Dishabituation (Zunahme der Reizreaktion ⇒ Unter den Ursprungswert)

▪ Assoziatives Lernen

- Klassische Konditionierung
- Operante / Instrumentelle Konditionierung
- Motorisches, Wahrnehmungs- und Imitationslernen

Synaptische Plastizität

Die **synaptische Plastizität** ist abhängig davon, wie oft die Synapse erregt wird. Außerdem kommt es darauf an ob eine Synapse betrachtet wird (**homosynaptische Plastizität**) oder mehrere (**heterosynaptische Plastizität**). Nimmt die Aktivität zu ergibt sich eine **synaptische Potenzierung**, nimmt die Aktivität ab ergibt sich eine **synaptische Depression**.

Nichtassoziatives Lernen – Habituation

Durch eine **Habituation** ändert sich nicht die Reizschwelle, sondern lediglich die Ausprägung der Reaktion. Bei einer häufigen Reizung werden präsynaptische **Ca²⁺-Kanäle** inaktiviert. Die **Glutamatausschüttung** wird reduziert und das PSP (postsynaptische Potenzial) wird vermindert. Es handelt sich um eine **synaptische Depression**.

Über einen längeren Zeitraum (**Langzeit-Habituation**) entstehen **morphologische Umbauprozesse**. Bestehende Synapsen werden mit der Zeit abgebaut.

Nichtassoziatives Lernen – Sensitivierung

Durch eine **Sensitivierung** ändert sich ebenfalls nur die Ausprägung der Reaktion. Bei einer häufigen Reizung werden durch eine starke **Serotoninausschüttung** die **K⁺-Kanäle** blockiert, wodurch die Aktionspotenziale verlängert werden. Die folgenden **Ca²⁺-Kanäle** bleiben nun auch länger geöffnet und es werden mehr Neurotransmitter ausgeschüttet. Es handelt sich um eine **synaptische Potenzierung**.

Über einen längeren Zeitraum (**Langzeit-Sensitivierung**) werden Proteine gebildet, welche ein Wachstum der Zelle fördern. Es werden neue Synapsen gebildet.

Assoziatives Lernen – Klassische Konditionierung

Bei der **klassischen Konditionierung** sind zwei Reize von Bedeutung. Der **unkonditionierte Reiz (US/UCS)**, welcher die eigentliche Reaktion auslöst und der **konditionierte Reiz (CS)**, welcher nach der Konditionierung die gleiche Reaktion hervorruft, wie der US bzw. die US-Reaktion verstärkt.

Die Synapse für den CS liegt an der Synapse des US und verstärkt diesen, sobald beim CS ein Reiz etwa zur selben Zeit eintrifft wie auch beim US. Die beiden Reize müssen also zeitlich relativ nahe aneinander liegen. Die Synapsentätigkeit verstärkt sich, wenn beide Reize öfter gleichzeitig eintreten.

Assoziatives Lernen – Operante Konditionierung

Bei der **operanten Konditionierung** wird ein zufälliges oder spontanes Verhalten belohnt und damit **verstärkt**. Auch hier darf die Zeitdifferenz nicht zu groß sein (nahe **gleichzeitig**). Eine Verstärkung kann **positiv** (z.B. Futter) oder **negativ** (z.B. Schmerz) sein. Wenn die Verstärkung (Belohnung, Bestrafung) eingestellt wird, dann wird auch die Reaktion aufhören (**Extinktion**). An der Belohnung im Gehirn ist hauptsächlich **Dopamin** beteiligt.

Der Hippocampus

Der Hippocampus ist vor allem für das **explizite Lernen** bzw. für das **explizite Gedächtnis** von großer Bedeutung. Er unterstützt damit das willentliche bewusste Lernen. Beteiligt sind vor allem **Subiculum, Cornu ammonis** und **Gyrus dentatus**.

Eine **Langzeitpotenzierung (LTP, long-term potentiation)** entspricht dem Lernen und dem Gedächtnis, während die **Langzeitdepression (LTD, long-term depression)** dem Vergessen und sogar der Extinktion entspricht. Dieser Prozess folgt der **Hebb-Regel**, welche besagt, dass dauernde Aktionspotenziale in Zelle A auf Zelle B zu einem Ausbau der Verbindung führt. Eine plastische Synapse wird als **Hebb-Synapse** bezeichnet.

„What fires together, wires together!“ (D.O. Hebb)

Neuronale Karten

Die **neuronale Karte** im Gehirn, welche die Fähigkeiten des Körpers abbildet ist **aktivitätsabhängig modifizierbar**. Durch Training können sich Bereiche vergrößern (auf Kosten anderer).

Als **Phantomschmerz** bezeichnet man das Spüren eines **amputierten Körperteils**. Da der Hirnbereich des amputierten Körperteils frei wird, nehmen die umliegenden Funktionen diesen Platz zusätzlich ein (z.B. das Gesicht). Kommt es jetzt zu einem Reiz an dem Körperteil, welches die alte Stelle eingenommen hat, dann kann zusätzlich das alte Körperteil gespürt werden (Bewegung im Gesicht kann z.B. in der Phantomhand gespürt werden).

Kortikale Plastizität

Auch die **graue Substanz** (Neurone) können bedingt (z.B. im **Hippocampus**) neu gebildet werden. Auch hier ändert sich (wächst) der Bereich mit einer starken Aktivität dieses Bereiches. Das Training führt also zu einem physikalischen Ausbau, welcher eine **schnellere und effizientere Verarbeitung** und u.U. auch eine erhöhte Interaktion zwischen den Hemisphären fördert.

Die neuronale Plastizität tritt jedoch nicht nur bei jungen Lebewesen auf, sondern auch bei **Älteren**. Die Lernfähigkeit des Gehirns erhält sich. Der kognitive Abbau kann durch **kognitive Tätigkeiten** verhindert werden, was letztlich auch dazu führt, dass die Wahrscheinlichkeit an **Demenz** zu erkranken sinkt.

Exkurs: Der Fall H.M.

Dem Patienten H.M. wurden aufgrund einer starken Epilepsie beide medialen Temporallappen rausoperiert. Sein Gedächtnis ist quasi auf dem Tag der Operation stehen geblieben. Seine Intelligenz, sowie seine sensorischen und sprachlichen Leistungen blieben normal. Auch das Kurzzeitgedächtnis funktionierte weiterhin. Aufgrund des Entfernens des **Hippocampus**, war das Langzeitgedächtnis jedoch nicht mehr existent (**anterograde Amnesie**).

Begriffe

implizites Lernen, explizites Lernen, nichtassoziatives Lernen (Habituation, Sensitivierung, Dishabituation), assoziatives Lernen (klassische Konditionierung, operante Konditionierung), synaptische Plastizität, synaptische Potenzierung, synaptische Depression, Hippocampus (Langzeitpotenzierung, Langzeitdepression), Hebb-Regel, neuronale Karte, Phantomschmerz, Der Fall H.M.

Nervensystem

Lagebezeichnungen & Schnittebenen

Lagebezeichnungen

lateral: zur Seite
medial: zur Mitte
proximal: zum Zentrum
distal: vom Zentrum weg
rostral: zur Kopfvorderseite
caudal: zum Schwanz

dorsal: am Rücken
ventral: am Bauch

Schnittebenen

Frontal-Ebene: Vertikal von rechts nach links (Parallel zur Stirn)
Sagittal-Ebene: Vertikal von vorne nach hinten
Horizontal-Ebene: Horizontal

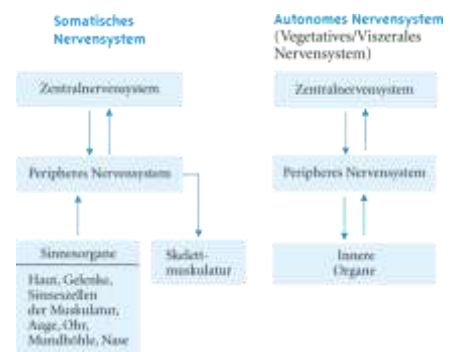
Gliederung Nervensystem

Zentrales Nervensystem: Gehirn, Rückenmark
Peripheres Nervensystem: Körnernerven, Spinalnerven, Hirnnerven
Afferente Nerven: Vom PNS zum ZNS
Efferente Nerven: Vom ZNS zum PNS

Bahnen: Faserbündel im ZNS
Nerven: Faserbündel im PNS
Kerne, Kerngebiete: Nervenzellkörperansammlung im ZNS
Ganglien: Nervenzellkörperansammlung im PNS

Im ZNS gibt es jedoch **Basalganglien**, die von der Bezeichnung her somit eine Ausnahme bilden.

Somatisches Nervensystem: Sinnesorgane, Skelettmuskulatur
Autonomes Nervensystem: Innere Organe



Rückenmark

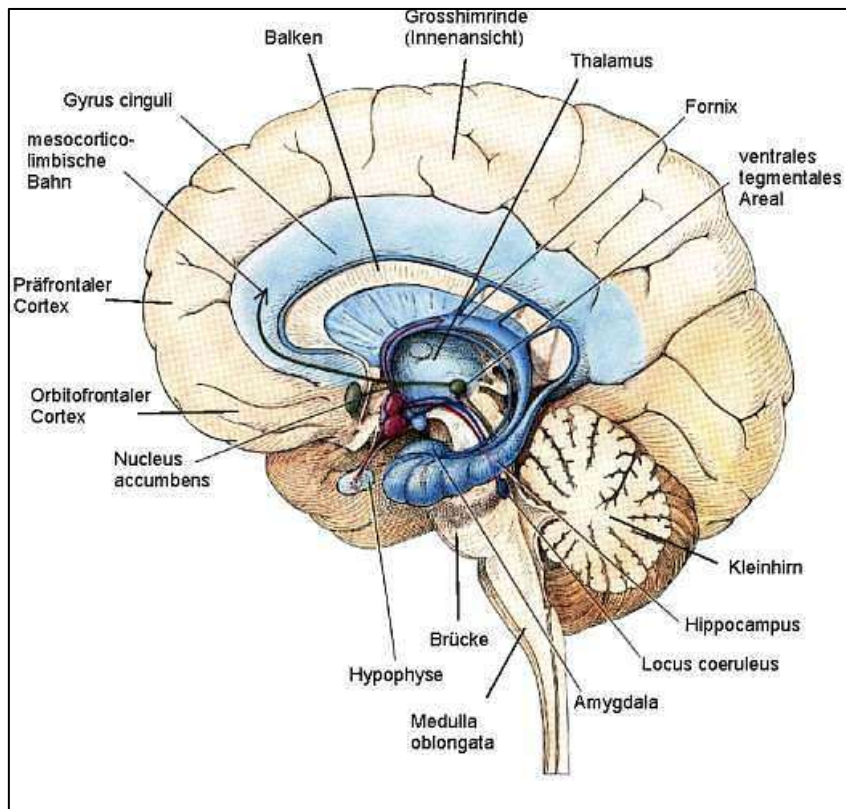
Das **Rückenmark (Medulla spinalis)** befindet sich im **Wirbelsäulenkanal**. Die **Spinalnerven** treten je aus den Wirbeln aus. Jeder Spinalnerv ist einer bestimmten Körperoberflächen zugeordnet (**Dermatom**). Die Hauptaufgaben des Rückenmarks bestehen aus der **Informationsweiterleitung zwischen Gehirn und Peripherie** und eine **einfache Informationsverarbeitung (Reflexe)**. Die Reflexe unterscheiden sich zwischen **Eigenreflex** (Reizenstehungsorgan = Reflexorgan) und **Fremdreflex** (Reizenstehungsorgan ≠ Reflexorgan).

Spinalganglienzellen: Empfangen sensorische Informationen und leiten sie an das Hinterhirn.
Interneuronen: Verrechnen die Informationen.
Motorneuronen: Leiten Informationen an Muskeln weiter.

Exkurs: Gürtelrose

Der Virusinfekt **Gürtelrose** befällt die **Spinalnerven** und führt zu einer **Bläschenbildung** im zugeordneten **Dermatom**. Diese Bläschenbildung führt letztlich zu einer **gürtelförmigen Rötung**.

Aufbau des Gehirns



http://1.bp.blogspot.com/_GNqTs7HpEpw/S8bsfHF0Nul/AAAAAAAAAJ0/r7rnLq_mox0/s1600/gehirn.jpg (19.01.2011 11:30)

Medulla Oblongata

- Herz-Kreislauf
- Atmung
- Darmtätigkeit
- Niesen
- Husten
- Erbrechen

Cerebellum

- Koordination der Motorik & Kombination von Einzelbewegungen zu komplexen Bewegungen
- Regulierung des Tonus der Skelettmuskulatur und des Gleichgewichts
- Konditionierung

Mesencephalon (Mittelhirn)

- **Vierhügelplatte**
 - Colliculi superiores:** Visuelle Informationsverarbeitung (+ multisensorische Integration)
 - Colliculi inferiores:** Akustische Informationsverarbeitung
- **Nuclei rubi:** Motorik
- **Substantia nigra:** Motorik
- **Periaquäduales Gran:** Schmerzverarbeitung

Formatio Reticularis

Markhaltige Fasern und **diffus verteilte Ganglienzellen**, welche von der **Medulla Oblongata** bis ins **Diencephalon** reichen.

- Reflexkoordination
- Aufsteigendes retikuläres Aktivierungssystem (ARAS)
- Aktivitätsregulierung tieferer Strukturen (Rückenmark)
- Steuerung vegetativer Funktionen

Diencephalon (Zwischenhirn)

Zum Diencephalon gehören:

- Thalamus
 - Hypothalamus
 - Hypophyse
 - Epiphyse
 - Colliculi superiores
 - Colliculi inferiores
- Der **Thalamus** („Tor zum Bewusstsein“) **filtert Informationen** aus den Sinnesorganen. Weitere Aufgaben:
 - Motorische Koordination
 - Schmerzwahrnehmung
 - Allg. höhere psychische Funktionen
 - Die **Mamillarkörper** gehören zum Hypothalamus und verknüpfen Hippocampus mit Thalamus. Sie sind für **Gedächtnis** und **Lernvorgänge**, sowie **affektives Verhalten** wichtig.
 - Der **Hypothalamus** reguliert das **innere Milieu** (wichtige Grundfunktionen wie Stoffwechsel, Sexualverhalten, Körpertemperatur, etc.) und befindet sich **unterhalb des Thalamus**. Seine konkreten Aufgaben sind die Regulierung von:
 - Schlaf
 - Wasserhaushalt
 - Körpertemperatur
 - Sexualfunktionen
 - Nahrungsaufnahme
 - Stoffwechsel
 - Herz-Kreislauf-Geschehen
 - Die **Hypophyse** (pituitary gland, Hirnanhangdrüse) ist das „Tor zum hormonellen System“, sie gibt Hormone in das Blut. Sie befindet sich am **Hypothalamus** und lässt sich in zwei Teile untergliedern. Die **Adenohypophyse** (Hypophysenvorderlappen), welche über **Hormone gesteuert** wird und die **Neurohypophyse** (Hypophysenhinterlappen), welche über **Neurone** gesteuert wird.
- **Adenohypophyse**
In **neuroendokrinen** (hormonproduzierenden) Zellen werden **Releasing- und Inhibitinghormone** im Hypothalamus produziert, welche über ein eigenes kleines Blutkreislaufsystem (**Pfortadersystem**) in die Adenohypophyse transportiert werden. Diese Releasing- und

Inhibitinghormone bilden anschließend in der Adenohypophyse die eigentlichen Hormone, welche in den normalen Blutkreislauf gelangen.

- **Neurohypophyse**

Die endgültigen Hormone (ADH, Oxytocin) werden im Hypothalamus produziert und über die Mikrotubuli der Nervenzellen in die Neurohypophyse transportiert. Dort werden sie bei einem einlaufenden Aktionspotenzial freigegeben.

Die **direkte Wirkung** der Hypophysenhormone ist z.B. Wachstum (**Somatotropin**), während die **indirekte Wirkung** u.a. für Sexualverhalten (**Östrogen, Testosteron**) wichtig ist.

- Die **Epiphyse (pineal gland, Zirbeldrüse)** ist eine kleine Struktur im Zwischenhirn, welche am **Schlaf-Wach-Rhythmus** beteiligt ist und zum **Epithalamus** gehört.

Exkurs: Korsakow-Syndrom

Ursache meist chronischer Alkoholismus. Durch eine Schädigung des vorderen (ventralen) **Thalamusbereiches** und der **Mamillarkörper** kommt es zu **retrograder** (vergessen eines Geschehnisses) und **anterograde** (reduzierte Merkfähigkeit) Amnesie, sowie **Konfabulation** (Produktion objektiv falscher Aussagen).

Endhirn - Subkortikal

Das **Endhirn (Großhirn, Telencephalon)** ist der größte Bereich des Gehirns. Der **Cortex (Cotex cerebri)** bildet die **Großhirnrinde**. Zwischen den beiden **Hemisphären (Endhirnhälften)** befindet sich eine **Verbindung (Kommissur)**, welche als **Corpus callosum (Balken)** bezeichnet wird. Außerdem befinden sich **Basalganglien** (Kerne) im subkortikalen Bereich im Großhirnmark.

- Die Großhirnrinde (**Cortex**) besteht aus einer 2-5cm dicken Schicht, welche viele Nervenzellen beinhaltet (**graue Substanz**). Der Cortex wird nach verschiedenen Kriterien unterschieden z.B. **Isokortex** und **Allokortex** (histologisch), weitere Unterteilungen sind im Punkt „Gliederungen des Cotex“.

- **Isokortex**

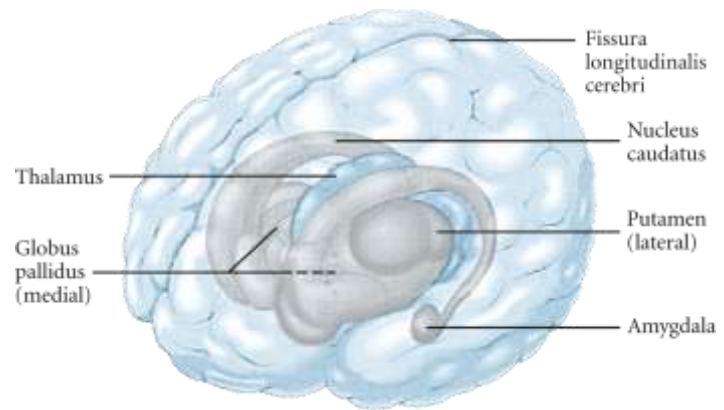
Dieser Bereich ist der entwicklungsgeschichtlich Jüngste und entspricht in weitesten Teilen dem **Neocortex**. Er macht 90% der Gehirnoberfläche aus und entspricht 6 Schichten des Cortex.

- **Allokortex**

Dieser Bereich ist der ältere Teil des Gehirns. Zu ihm zählen das **Riechhirn (Rhiencephalon)** und der **Hippocampus**. Er besteht aus weiteren 3-5 Schichten.

- Als **Gyri** werden die **Windungen** des Cortex bezeichnet. **Sulci** wiederum bezeichnet die **Furchen**.
- Das **Großhirnmark** liegt im tieferen Bereich unterhalb des Cortex, in dem sich viele Nervenfasern befinden (**weiße Substanz**)

- **Basalganglien** befinden sich (als graue Substanz) im Großhirnmark. Die Kerne gehören funktionell zusammen und sind grundsätzlich an der **Steuerung von Bewegung** beteiligt. Zu den Basalganglien gehören das **Putamen** (Schale) und der **Nucleus caudatus** (Schweif), welche als **Striatum** (Corpus striatum) zusammengefasst werden. Außerdem gehört das **Pallidum** (Globus pallidus) zu den Basalganglien, welches sich im Gegensatz zum Putamen, **medial** des Großhirnmarks befindet. Das Putamen befindet sich **lateral**. Putamen und Pallidum bilden eine **Kernform**, an welcher der gebogene **Schwanz** Nucleus Caudatus hängt. Die Bewegungssteuerung verläuft über eine komplexe Verschaltung **hemmender** (GABA) und **erregender** (Glutamat) Anteile.



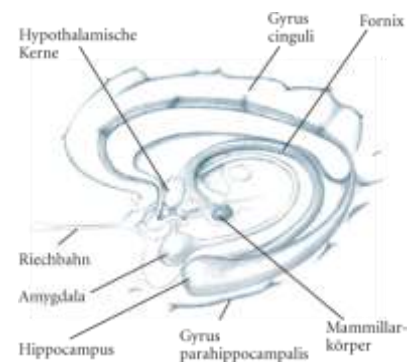
Exkurs: (Hemi)ballismus

Hemiballismus zeichnet sich durch unwillkürliche heftige Schleuderbewegungen der Gliedmaßen aus. Ein einseitiges Auftreten der Krankheit wird als Hemiballismus bezeichnet, beidseitig Ballismus. Die Krankheit geht auf Schädigungen des Nucleus subthalamicus zurück, welcher das Pallidum hemmt (Globus pallidus).

Endhirn - Kortikal

- Das **limbische System** befindet sich um den **Thalamus** und die **Basalganglien**. Zum limbischen System gehören u.a.: **Hippocampus, Amygdala, Mamillarkörper, Fornix** und **Gyrus cinguli**. Die Funktionen liegen im Bereich des **emotionalen Erlebens und Verhaltens**, sowie im Bereich des **Gedächtnisses**.

- Der **Hippocampus** besteht aus drei Schichten:
Gyrus dendatus: Eingangsstation
Subikulum: Ausgangsstation
entorhinaler Cortex: sendet Informationen zum Gyrus dendatus



Die zentrale Aufgabe des Hippocampus ist die der **räumlichen Orientierung** (kognitive Landkarte). Im Hippocampus kommen verschiedene **sensorische Informationen** an, welche in **verarbeiteter Form** von dort zum Cortex gesendet werden. Eine wichtige Aufgabe hierbei ist die **Gedächtniskonsolidierung** (Kurzzeit- zu Langzeitgedächtnis). Eine Schädigung kann **anterograde Amnesie** (Beeinträchtigung des Langzeitgedächtnisses) hervorrufen.

- Der **Gyrus cinguli** liegt um das **limbische System** und stellt dadurch eine Verbindung zum **Neokortex** her (Verbindung zwischen **Allokortex** und **Isokortex**). Er ist für **vegetative** und **psychomotorische** Funktionen, sowie für **Aufmerksamkeit** und **Emotion** wichtig. Eine Trennung des Gyrus cinguli hemmt die **Aggressivität**.

- Die beiden **Amygdalae (Mandelkern)** liegen weit im Zentrum und sind mit **Hypothalamus, Thalamus** und **Hippocampus** verbunden. Die Amygdala besteht aus **mehreren Kernen** mit unterschiedlichen Funktionen. Eine Stimulation bewirkt:

- Speichelfluss, Lecken, Kauen
- Aktivität im Verdauungstrakt
- Hemmung der Willkürmotorik
- Erhöhte Aufmerksamkeit (Umherschauen, Pupillenerweiterung)
- Angstgefühle
- Halluzinationen
- Déjà-vu-Erlebnisse

Eine Läsion der Amygdala hat „**Seelenblindheit**“ zur Folge. Sie äußert sich in **verminderter Angst und Aggression, erhöhtem Oralverhalten und Sexualverhalten**. Die Amygdala hat insofern vor allem eine wichtige Bedeutung für **emotionale Verarbeitung**. Im fMRT lassen sich Aktivitäten bei ärgerlichen und glücklichen Gesichtsausdrücken in der linken Amygdala beobachten. Die Funktion der Amygdala wird auch als **emotionales Prozessieren**. Dieses „Quick and Dirty“ Verfahren des Gehirns ist zwar sehr fehleranfällig, erlaubt aber eine schnelle Reaktion (z.B. Flucht).

- Im **Neokortex** (entspricht quasi dem Isokortex) finden die **kognitiven Funktionen** statt („Sitz der Person“). Der Neokortex besteht aus 6 Schichten, welche sich in den Neuronentypen und ihren Verbindungen unterscheiden. 80% des Neokortex sind **Pyramidenzellen** neben anderen wie z.B. Sternzellen. Der Größte Teil der Verbindungen sind **intrahemisphärische Assoziationsfasern** oder **interhemisphärische Kommissurenfasern**. Außerdem gibt es efferente und afferente Fasern in andere Teile, vor allem auch dem **Thalamus**.

Seminar: Chorea Huntington

Ursache ist ein krankmachendes **Allel** (genetische Ausprägung). Ursache der Symptome scheint letztlich ein Defekt im **Striatum** (Corpus striatum), speziell im **Nucleus caudatus** zu sein. Die **GABAnergen Neurone** im **Striatum** sterben ab und die Hemmung des **Pallidum** (Globus pallidus), des **Thalamus** und der **Hirnrinde** fällt weg. Dieser Gendefekt kann mit einer **Fruchtwasseruntersuchung** (Amniozentese) nachgewiesen werden.

Die Krankheit bricht meistens zwischen dem **30. und 50. Lebensjahr** aus, da der **hohe Stoffwechsel** in jüngerem Alter die **Defekte ausgleichen** kann. Es kommt zu **Unruhe, unwillkürlichen Bewegungen** und **Grimassieren**. Im Frühstadium kommt es zu leicht **beeinträchtigten Gedächtnisfunktionen**, während im Spätstadium meist **Demenz** eintritt.

Seminar: Morbus Parkinson

Bei Parkinson sterben Nervenzellen in der **Substantia nigra** (Basalganglien). Die eigentliche Aufgabe ist hier die **dopamingesteuerte Hemmung** und die Weiterleitung der Hemmung ins **Putamen**. Hier kann es jetzt schnell zu einer Überreaktion kommen, da die hemmende Kontrolle wegfällt (da weniger Dopamin). Erste Anzeichen zeigen jedoch erst nach dem Absterben von **ca. 70%** der Zellen.

Leitsymptome

- **Akinese** Verlangsamte Bewegung
- **Rigor** Muskelspannung
- **Tremor** Zittern

Gliederungen des Cortex

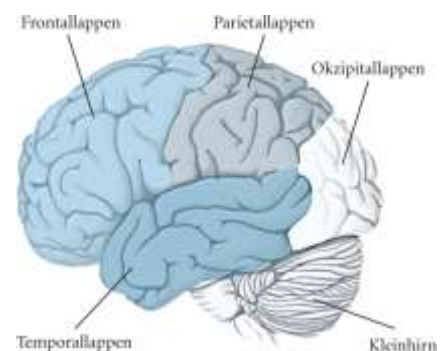
Neben der histologischen Einteilung nach Isokortex mit 6 Schichten und dem 3-5 Schichtigen Allokortex, gibt es noch weitere Unterteilungsarten nach sichtbaren Trennungen, Entwicklungsalter und sensorischer Informationsverarbeitung.

Die vier Lappen

Die Einteilung der Großhirnrinde (Cortex) in vier Lappen erklärt sich anhand der 4 Schädelknochen. Die Gliederung ist anhand von Furchen deutlich sichtbar.

Funktionen und Eigenschaften der Lappen:

- **Frontallappen**
 - Größter Rindenbezirk
 - Motorik
 - Kontrolliert Großteil der übrigen Gehirnaktivität
 - Verbindungen zum limbischen System
 - Planung, Entscheidung, zielgesteuerte Handlung
- **Temporallappen**
 - Hören
 - komplexe Wahrnehmungsvorgänge
 - Gedächtnis
- **Okzipitalappen**
 - Sehen
- **Parietallappen**
 - Körper-Sensorik (= Somatosensorik)
 - Verknüpfung von Wahrnehmungsinhalten

Entwicklungsgeschichtliches Alter

Auch eine Unterteilung nach dem **entwicklungsgeschichtlichen Alter** der Gehirnbereiche ist möglich. Hier wird unterschieden zwischen **Neokortex**, Archikortex und Palaeokortex.

Verarbeitung sensorischer Informationen

Bei der Verarbeitung von sensorischen Informationen wird zwischen drei Rindengebieten unterschieden.

- **Primäres sensorisches Rindengebiet**
Interpretationsfreie Repräsentation der Informationen.

- **Sekundäres Rindengebiet**

Erster Schritt der komplexen Verarbeitung. Hier findet eine Zuordnung statt (Woher kommt der Reiz? Was ist die Bedeutung?)

- **Tertiäres oder Assoziationsgebiet**

Viele Verbindungen aus und in viele Bereiche. Produktion von Kreativität, Pläne, Strategien, Zielverfolgung, etc.

Brodman-Areale (BA)

Eine weitere Unterteilung unternahm **Korbinian Brodmann** (1868-1918), der das Gehirn aufgrund seiner **Zytoarchitektur** nummerierte. Damit entstand eine Landkarte des Gehirns.

Funktionen des Cortex

Frontallappen

Im Frontallappen sind zwei wichtige Regionen. Der **motorische Cortex (Willkürbewegung)** und der **präfrontale Cortex (exekutive Funktion / Persönlichkeit)**.

- Der **motorische Cortex** ist unterteilt in den **primären motorischen Cortex**, den **supplementären motorischen Cortex** und den **prämotorischen Cortex**. Der Motorkortex dient allgemein **komplexen und feinen Willkürbewegungen** (Klavierspielen, sprechen, etc.).

Der prämotorische und supplementäre Cortex liegen beide vor dem primären motorischen Cortex. An ihnen grenzt noch weiter vorne (ventral) das **Broca-Areal**.

Der **prämotorische Cortex** plant (mit Basalganglien und Kleinhirn) die **Bewegung und steuert die Ausführung**. Im prämotorischen Areal werden außerdem Neurone aktiv, wenn andere Artgenossen bei Bewegung nur beobachtet werden (**Spiegelneurone**; sie kommen auch in anderen Hirnbereichen vor → Empathie, Imitation).

Der **supplementär-motorische Cortex** bereitet die Bewegungsmuster vor. Er initiiert die Bewegung auf der Basis bisheriger Erfahrung und reproduziert gelernte motorische Fähigkeiten. (Lutz Jäncke konnte eine Veränderung dieses Bereiches bei Balletttänzerinnen feststellen → Neuroplastizität).

- Der **präfrontale Cortex** nimmt ca. 30% des Cortex-Volumens ein. Er lässt sich in zwei Bereiche einteilen. Den **lateralen frontalen Cortex (Planung von Handlung, Prioritätensetzung)** und den **orbitalen frontalen Cortex (Emotion und Motivation)**, welcher Verbindungen zum limbischen System hat. Bei Schädigung kommt es zu ungeplantem Handeln, emotionaler und motivationaler Verflachung und Affekt-Inkontinenz (fehlende Gefühlskontrolle).

Parietallappen

Der **anteriore** (bzw. ventrale) Teil des Parietallappens (Gyrus postcentralis) übernimmt die **taktile (passive) Wahrnehmung**, also die Somatosensorik. Der **posteriore** (bzw. dorsale) hat **raumbezogene Funktionen**. Im **somatosensorischen Cortex** (den größten Teil bildet die Gyrus postcentralis) befinden sich auch Fasern für Temperatur, Vibration und Schmerz. **Efferente Bahnen** verlaufen zu sekundären somatosensiblen Assoziationsfeldern, zum Kleinhirn, zu den Basalganglien und zum Rückenmark.

Somatotope Verschaltung (Allgemein)

Eine **somatotope Verschaltung** meint, dass die Abbildung der Körperteile im Gehirn in einem anderen Verhältnis steht. Im **motorischen Cortex**, bzw. auch im **primären somatosensorischen Cortex** sind die Bereiche je nach nötigem Feingefühl größer oder kleiner (z.B. Finger deutlich größer als Rücken).

Okzipitallappen

In der **primären visuellen Sehrinde** werden **Orientierung, Raumfrequenzen** und **Farbe** verarbeitet. Im **sekundären Sehzentrum** folgen weitere Schritte, vor allem die **Assoziation** mit gespeicherten Inhalten.

Der ventrale bzw. **infero-temporale Pfad** dient ausschließlich der **Objekterkennung** („Was“-Pfad), während der dorsale bzw. **postero-parietale Pfad** die **räumlichen Beziehungen und Bewegungen** („Wo“/„Wie“-Pfad) in einen Zusammenhang bringt (Wichtig z.B. für Greifbewegung).

Fällt die primäre visuelle Rinde aus kommt es zu Gesichtsfeldausfällen, fällt die sekundäre visuelle Rinde aus, so kommt es zu Agnosie (Beeinträchtigung des Erkennens und Einordnens).

Temporallappen

Im Temporallappen befindet sich der **primäre auditive Cortex** und **sekundäre auditive Cortex** und das **Wernicke-Areal**. Das Wernicke-Areal gehört zum **Planum temporale**. Auf der linken Hemisphäre entspricht es dem Wernicke-Areal, auf der Rechten ist es für die Verarbeitung von Musik wichtig. Eine Läsion führt je nach Hemisphäre entsprechend zur **Amusie** (Keine Musikwahrnehmung möglich) oder zur **Wernicke-Aphasie** (Sprachstörung).

Der **Gyrus angularis** vernetzt Hör- und Sehzentren mit höheren sensorischen und motorischen Arealen. Eine Verletzung führt zu Aphasie, Alexie, Agraphie oder Akalkulie.

Der **Gyrus fusiformis** dient der Wiedererkennung von Gesichtern (oder anderen hochtrainierten Objekten, wie z.B. besondere Autos, Tiere, etc.).

Hirnentwicklung: Enzephalisation

Das Vorderhirn entwickelt sich beim Menschen im Gegensatz zu anderen Wirbeltieren am stärksten und vergrößert sich beständig. Mit der Zeit hat es sich **über das Mittelhirn** geschoben. Bei allen höher entwickelten Lebewesen (Affe, Hund, Mensch) beginnt das Vorderhirn immer stärkere **Faltungen** zu entwickeln (Platzersparnis). Die Entwicklung des Gehirns ist auf die sich **ändernden Lebensbedingungen** zurückzuführen.

Seminar: Phrenologie

Als **klassische Phrenologie** wird die Annahme bezeichnet, dass **Persönlichkeits- und Charaktermerkmale** sich auf **Schädelstrukturen** zurückführen lassen. Über die **Betastung** des Kopfes wurden Rückschlüsse auf die entsprechende Person gezogen.

Begriffe

Lagebezeichnungen (lateral, medial, dorsal, ventral, distal, caudal, etc.), Schnittebenen (frontal, horizontal, sagittal), Zentrales Nervensystem, Peripheres Nervensystem, Somatisches Nervensystem, Autonomes Nervensystem, Afferente Nerven, Efferente Nerven, Bahnen, Nerven, Kerne, Ganglien, Basalganglien, Rückenmark (Medulla spinalis), Spinalnerv, Dermatome, Spinalganglion, Interneuron, Motoneurone, Gürtelrose, Medulla Oblongata, Cerebellum, Mesencephalon, Formatio Reticularis, Diencephalon, Thalamus, Mamillarkörper, Kosakow-Syndrom, Hypothalamus, Hypophyse (Adenohypophyse, Neurohypophyse), Epiphyse, Endhirn, Cortex, Hemisphäre, Gyri, Sulci, Großhirnmark, Basalganglien, Putamen, Nucleus Caudatus, Striatum, Pallidum, Hemiballismus, limbisches System, Hippocampus, Gyrus cinguli, Amygdala, Chorea Huntington (GABA), Morbus Parkinson (Dopamin), Akinese, Tremor, Rigor, vier Lappen (Frontallappen, Temporallappen, Parietallappen, Okzipitallappen), histologisch (Isocortex, Allocortex), Entwicklung (Neocortex, etc.), Verarbeitung (Primäres sensorisches Rindengebiet, Sekundäres Rindengebiet, Tertiäres Rindengebiet / Assoziationsgebiet), Brodmann Areale (BA), motorischer Cortex, präfrontaler Cortex, primärer motorischer Cortex, supplementär motorischer Cortex, prämotorischer Cortex, lateraler frontaler Cortex, orbitaler frontaler Cortex, somatotope Verschaltung, primäre visuelle Sehrinde, sekundäres Sehzentrum, primärer auditiver Cortex, sekundärer auditiver Cortex, Wernicke-Areal, Enzephalisation, Phrenologie

Methoden der Biologischen Psychologie

Die Verfahren zur Untersuchung des Gehirns lassen sich grob einteilen nach zwei Klassifikationsmerkmalen. **Mikroskopisch / Makroskopisch** und **statisch (Strukturaufklärung) / dynamisch (Prozessaufklärung)**. Die Untersuchungsbandbreite reicht also von einzelnen Zellen oder Synapsen bis hin zum Nervensystem an sich. Und auf der anderen Seite von der bloßen Betrachtung des Aufbaus, bis hin zur Beobachtung aktueller Prozesse im Körper.

Die Methoden können eingeteilt werden in **somatische Intervention** und **Intervention auf Verhaltensebene**.

- **Somatische Intervention**
Körperliche Prozesse werden verändert und **psychische Vorgänge** gemessen (z.B. Gabe von Psychopharmaka, Elektroimpulse)
- **Intervention auf Verhaltensebene**
Psychische Vorgänge werden manipuliert, während **körperliche Prozesse** gemessen werden (z.B. bildgebende Verfahren)

Wichtige Gesichtspunkte für eine **Klassifikation und Bewertung** von biopsychologischen Methoden sind auch:

- Kosten, Zeit und apparativer Aufwand
- Invasivität
- Bewegungsfreiheit des Probanden
- Räumliche Auflösung

- Zeitliche Auflösung
- Direkte / Indirekte Messung

Gewebs-/ Hirnschnitte

Die Untersuchung des Gewebes durch **Schnitte** wird meist nach dem Tod gemacht (**post mortem**), was vor allem ethische Probleme nach sich zieht. Die Schnitte gehören zu den **strukturell mikroskopischen** Untersuchungen. Als **in vivo** bezeichnet man die Untersuchung im lebenden Organismus, während **in vitro** eine Untersuchung organischer Vorgänge außerhalb eines lebenden Organismus bezeichnet.

Mikroskopie

Die Mikroskopie gehört ebenfalls zu den **strukturellen mikroskopischen** Verfahren.

- **Lichtmikroskopie**
Hier wird eine Lichtquelle benötigt. Die Mikroskopie funktioniert über ein **optisches Linsensystem**.
- **Elektronenmikroskopie**
Hier wird eine **Elektronenquelle** benötigt. Das Gewebe gibt einen Widerstand und nur an den freien Stellen kommen die Elektronen durch, welche hinter dem Gewebe gemessen werden können.
- **Fluoreszenzmikroskopie**
Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung eines Lichtmikroskops, während das Gewebe jedoch mit **Farben** oder **fluoreszierenden Mitteln** markiert wird. Das Verfahren basiert auf chemischen Reaktionen und lässt sich je nach Mittel auf verschiedene Dinge anwenden (Zellkörper, Myelin, Membran, etc.)

Molekularbiologie

Mit **molekularbiologischen Methoden** ist es möglich die Konzentrationen von ganz bestimmten Substanzen zu messen. Dieses Verfahren ist teilweise in vivo möglich. Oft ist es jedoch nur möglich indirekte Messungen zu machen (Abbauprodukte).

- **Mikrodialyse**
Ein Stoff (z.B. ein Neurotransmitter) wird **in vivo** über eine **Kanüle** entnommen. Dieses Verfahren wird jedoch nur bei Tieren angewendet.
- **Antikörper-Antigen-Reaktion**
Spezielle Extraktion aus der Probe (z.B. Cortisol).

Computertomographie (CT)

Die **Computertomographie** gehört zu den **bildgebenden Verfahren**. Die CT basiert auf **Röntgenstrahlen**, welche gefächert um den Kopf rotiert und hier „Bildschnitte erzeugt“. Je nach Gewebe wird die Strahlung abgeschwächt. Die Intensität der übrigen Strahlung wird auf der gegenüberliegenden Seite gemessen. Das Bild entsteht in 2D, wird durch die vielen Schnitte jedoch zu einem 3D-Bild. Die CT bietet eine etwas bessere Auflösung als die normale Röntgenstrahlung und gehört zu den **strukturellen makroskopischen** Verfahren.

Vorteile / Nachteile

Vorteile

Die CT ist relativ günstig (**überschaubare Apparaturgröße**) und wird daher auch in klinischen Praxen angewendet. Auch für die Neurochirurgie wird die CT eingesetzt.

Nachteile

Es können jedoch **nur Zustände** (keine Prozesse) dargestellt werden. Die **räumliche Auflösung** ist oft nicht ausreichend und die Röntgenstrahlen sind **gesundheitlich** nicht unbedenklich.

Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

Auch die **Positronen-Emissions-Tomographie** gehört zu den **bildgebenden Verfahren**. Bei der PET wird eine schwach **radioaktive Substanz** gegeben, welche in bestimmten Hirnbereichen eine Funktion übernimmt. Mit der PET wird dann die **Emission** der zerfallenden radioaktiven Stoffe gemessen. Die frei werdenden **Positronen** treffen auf Elektronen und erzeugen eine **Gammastrahlung**, welche sich in einem bestimmten Winkel (180°) nach außen bewegen. Mit der PET kann diese Gammastrahlung auf zwei Seiten gemessen und damit auf den Ursprungort der Strahlung geschlossen werden. Die PET ist sowohl ein **strukturell makroskopisch**, als auch ein **prozessual makroskopisches** Verfahren.

Radiopharmaka

Die biologischen Prozesse werden durch die Gabe radioaktiv markierter Substanzen nicht beeinträchtigt. Die Substanzen werden **injiziert oder inhaliert**. Die Halbwertszeit liegt meist im Bereich von Sekunden oder Minuten, daher muss die **Messung schnell** erfolgen oder die Gabe der **Substanzen muss kontinuierlich** stattfinden.

Verwendete Radiopharmaka sind u.a.: Flour-2-Desoxy-Glukose (**Darstellung von Glukosetransport**), radioaktiv markiertes H₂O (**Darstellung der Durchblutung**), radioaktiv markiertes O₂ (**Darstellung von Sauerstoffaufnahme**), etc.

Vorteile / Nachteile

▪ **Vorteile**

- **Hohe räumliche Auflösung** (4-8mm) des **Stoffwechsels** und der **Durchblutung** im Gehirn.
- Analyse der **Verteilung und Dichte** der **Rezeptoren** bzw. der Transmitter.

▪ **Nachteile**

- Gabe von **radioaktiven Substanzen** ist nötig
- Technisch sehr aufwändig
- In der unmittelbaren Nähe wird ein **Zyklotron** (Teilchenbeschleuniger) benötigt

Magnetresonanztomographie (MRT)

Die **Magnetresonanztomographie** oder **Kernspintomographie** dient der **makroskopisch strukturellen** Aufklärung. Zur Untersuchung werden gezielte **magnetische Impulse** ausgelöst, welche die Protonen der Atome im Körper ausrichten. Die Ausrichtung kann gemessen werden und darauf wieder ein Rückschluss auf das vorliegende Gewebe gewonnen werden. Durch eine gezielte Impulsfrequenz ergeben sich 3D Bilder.

Die Werte der räumlichen Auflösung und der Aufnahmegeschwindigkeit sind gegenläufig

proportional. Wird die räumliche Auflösung erhöht, so können weniger oft aufnahmen gemacht werden (und umgekehrt).

Funktionelle MRT (fMRT)

Das fMRT nutzt die **neurovaskuläre Kopplung** (aktivere Hirnbereiche werden stärker durchblutet). Mit Hilfe des fMRT können die starkdurchbluteten Gebiete dargestellt und somit die **aktiven Bereiche** verbildlicht werden.

Vorteile / Nachteile

- **Vorteile**
 - Keine Strahlenbelastung, keine Substanzgabe
 - Schnittebenen können frei gewählt werden
 - Hohe Auflösung (ähnlich post-mortem Lichtmikroskopie)
 - Kurze Messdauer
- **Nachteile**
 - Geräusentwicklung
 - Kaum Bewegung möglich
 - Zeitliche Auflösung (Blutfluss wird verzögert dargestellt)

Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI)

Mit Hilfe der **Diffusions-Tensor-Bildgebung** können neuronale Netzwerke sichtbar gemacht werden. Die DTI kann **makroskopische Strukturen** und **makroskopische Prozesse** darstellen. Dabei können sowohl die Nervenfasern an sich, als auch deren Kommunikation verbildlicht werden. Für die DTI wird ein MRT verwendet, welches die Diffusion (Verteilung) von Wassermolekülen darstellt.

Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

Die **Nahinfrarotspektroskopie** kann **makroskopische Strukturen** und **makroskopische Prozesse** darstellen. Mit der NIRS werden **Lichtreflexionen** des Gehirns gemessen. Genauer wird die **Färbung des Hämoglobin** gemessen, welche vom Sauerstoffgehalt abhängig ist. Das Infrarotlicht kann die Haut und den Schädelknochen durchdringen und reflektiert entsprechend auch wieder heraus. Die Reflexion kann gemessen und die aktivierten Gebiete können **dreidimensional** dargestellt werden.

Vorteile / Nachteile

- **Vorteile**
 - Nichtinvasiv
 - Günstig anzuwenden
 - Freie Bewegung der Probanden möglich
- **Nachteile**
 - Schlechte räumliche Auflösung
 - Nur oberflächliche Gehirnbereiche erreichbar (keine subkortikalen Strukturen)

Transkranielle Magnetstimulation (TMS)

Die **Transkranielle Magnetstimulation** (transkraniell = durch den Schädel) gehört zu den Techniken der **somatischen Intervention**, während **makroskopische Strukturen** und **makroskopische Prozesse**

untersucht werden können. Ein **wenige millisekunden langer starker Magnetfeldimpuls** wird außerhalb des Schädels in den Schädel abgegeben und wirkt dort auf wenigen Quadratmillimetern. Durch die Beeinflussung der Ionenwanderungsprozesse ändert sich die **Neuronenaktivität**. Es können **hemmende** und **erregende** Impulse ausgelöst werden. Das Verfahren ist nicht-invasiv.

Verwandte Verfahren

- **Repetitive Transkranielle Magnetstimulation (rTMS)**

Die Reizung findet bei der rTMS mehrere Sekunden bis Minuten statt (15-20Hz). Die Erregung des darunter liegenden Hirngewebes findet damit anhaltend statt.

- **Transkranielle Gleichstromreizung (tDCS)**

Ein schwacher Gleichstrom wird für einige Sekunden zwischen zwei Elektroden durch das Gehirn geführt. Die Richtung des Stroms entscheidet über Erregung und Hemmung.

Weitere somatische Interventionen

- Elektrische Reizung bestimmter Hirnareale
- Läsionen
- Stammzellentherapie, Hirnschrittmacher
- Biofeedback

Elektroenzephalographie (EEG)

Invasiv können Potenziale im Nervensystem über **Mikroelektroden** gemessen werden. Nicht-Invasiv geht das nur über die Potenziale, welche bis zur Schädeldecke reichen. Dafür müssen jedoch **103 bis 106 Neuronen** relativ gleichzeitig in einem bestimmten Bereich feuern. Abhängig ist die Empfangsmöglichkeit jedoch auch von der **Lage der Neurone** (bzw. deren Dipole). So können trotz geringem Messergebnis durchaus viele Neurone aktiv sein, einfach weil sie sich in der Summe gegenseitig beeinflussen und quasi kein Potenzialunterschied messbar ist (vor allem in Windungen). Auch der **Widerstand des Schädels** und anderer Zellen und Flüssigkeiten verhindert eine korrekte Messung.

Die Potentiale, welche an der Schädeloberfläche entstehen werden mit dem **Elektroenzephalogramm (EEG)** gemessen.

Geschichte

Erstmals wurde das Elektroenzephalogramm **1929** von **Hans Berger** (1873-1941) verwendet.

Messverfahren

Gemessen wird der Spannungsverlauf in Bezug zur Zeit. Dabei sind zwei Werte von Bedeutung: Die **Frequenz** und die **Amplitude**. Die Elektroden werden nach einem bestimmten standardisierten System (z.B. 10-20-System) angebracht. Dabei können die Elektroden einzeln angebracht oder in einer Kappe integriert sein. Es existieren Kappen mit bis zu 256 Elektroden. Bezugspunkt für die Kappe sind **Nasion** und **Inion**, sowie die beiden **präaurikulären Punkte** (an den Ohren). Als neutraler Punkt (Masse) wird ein Punkt auf dem Körper verwendet, welche von den Hirnströmen unbeeinflusst ist (z.B. Nase).

Die Signale können zwei verschiedenen Typen angehören: **Spontanaktivität** und **evozierte Aktivität**.

- **Spontanaktivität**

Die Spontanaktivität ist die Spannungslinie, welche im Normalzustand des Gehirns aufgezeichnet wird. Der Spontanaktivität untersteht kein spezielles Ereignis (Gehirn im „Leerlauf“). Diese Aktivität ist mehr oder weniger rhythmisch.

- **Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP)**

Das ereigniskorrelierte Potential (**evozierte Aktivität**) bezieht sich auf ein vorangegangenes Ereignis und stehen somit in Korrelation mit der aktuellen Ereignisverarbeitung. Die Evozierte Aktivität entsteht zusätzlich zur Spontanaktivität. Möchte man ausschließlich die evozierte Aktivität erhalten, so muss die Spontanaktivität herausgerechnet werden.

Wellen der Spontanaktivität

- **Alpha-Wellen**

Sie liegen zwischen **8 und 13 Hz** und kommen vor allem im **entspannten Wachzustand** vor (z.B. geschlossene Augen, reizarme Umgebung, reduzierte Aufmerksamkeit). Bei der Verarbeitung von unerwarteten Reizen (z.B. Öffnen der Augen), kommt zunächst eine Alphablockade und für wenige Sekunden tritt Beta-Wellen-Aktivität auf.

- **Beta-Wellen**

Sie liegen zwischen **14 und 30 Hz** und kommen vor allem im **erregten Wachzustand** vor (z.B. mentale Aktivität, körperliche Aktivität, psychische Belastung).

- **Theta-Wellen**

Sie liegen zwischen **5 und 7 Hz** und kommen vor allem im **dösenden Wachzustand** vor (z.B. in tiefer Entspannung, Meditation, hohe Konzentration). Bei Kindern sind Theta-Wellen Normalzustand.

- **Delta-Wellen**

Sie liegen zwischen **0,5 und 4 Hz** und kommen vor allem im **Tiefschlaf** vor. Bei gesunden Erwachsenen kommen die Delta-Wellen nicht im Wachzustand vor.

Überlagerung der Spontanaktivität durch EKP

Wenn ereigniskorrelierte Potenziale auftauchen, dann mischen sich diese mit der Spontanaktivität. In diesem Zusammenhang wird die Spontanaktivität auch als **Rauschen** und die EKP als **Signal** verstanden. Um diese beiden vermischten Signale zu trennen wird eine Mittelungstechnik (**Averaging**) eingesetzt. Dabei werden mehrere Messungen genommen, von denen die stetigen Werte in diskrete Werte transformiert werden. Jede Zeiteinheit hat nun bei jeder Messung einen Wert, welcher gemittelt werden kann. Bei dieser Mittelung sollte die Spontanaktivität (da zufällig) auf null sinken.

Bei der Auswertung der EKP-Werte wird einmal die **Topographie** beachtet (wo befindet sich der Messwert) und zum anderen werden **Latenzzeiten** und **Amplituden** (Zeitpunkt, Richtung, Größe) ausgewertet. Rückschlüsse lassen sich machen auf:

- Zeitverlauf der Verarbeitung
- Ort der Aktivierung (nur bedingt!)
- Funktionale Bedeutung psychischer Prozesse

Komponenten des EKP

Die Amplituden werden mit **P (positiver Amplitudenwert)** und **N (negativer Amplitudenwert)** gekennzeichnet. Außerdem bekommen die P und N Werte eine Nummer entsprechend der Reihenfolge (P1, P2, etc.) oder entsprechend dem Zeitpunkt (P100, P150, etc.).

Die **Komponenten** (Verarbeitungsabschnitte) werden in 4 unterteilt.

- **Frühe Komponente**

Innerhalb der ersten 200ms (von Aufmerksamkeit abhängig) findet man die **sensorische Phase**. In dieser Phase findet kein aktiver Denkprozess statt. Informationen werden lediglich erst einmal über die Sinne aufgenommen.

- **Späte Komponente**

Die späte Komponente ist von psychischen Denkprozessen geprägt. In dieser Phase findet die mehr oder weniger bewusste Verarbeitung der Reize statt.

- **Prä-Stimulus-Komponente**

Diese Komponente tritt in Erwartung eines Reizes auf. Das Potenzial verschiebt sich für den Erwartungsmoment in den negativen Bereich: CNV (contingent negative variation).

- **Motorische Komponente**

Die motorische Komponente wird vor einer Aktivität sichtbar (Bereitschaft). Sie ist über dem kontralateral zur Muskelgruppe gelegenen Kortexareal aktiv.

Anwendung des Elektroenzephalogramms

- **Klinische Anwendung**

- Schlafdiagnostik
- Hördiagnostik
- Neurologische Diagnostik (z.B. Epilepsie, Sprachstörungen, etc.)

- **Neurowissenschaftliche Anwendung**

- Zerebrale Aktivierungsvorgänge (sensorische Verarbeitung, kognitive Prozesse, Bewusstseinszustände)

Magnetenzephalographie (MEG)

Das **Magnetenzephalogramm** misst die **magnetischen Felder** im Kopf. Dadurch wird eine **höhere räumliche Auflösung** erreicht, als beim EEG. Auch beim MEG spielt die Lage der Neurone (als Dipole) eine Rolle. Da das Magnetfeld senkrecht zum elektrischen Feld verläuft, sind auch die Auswirkungen (durch z.B. die Windungen im Gehirn) um 90° gedreht. Bei der Messung wird die Schädeldecke nicht berührt.

Da die Magnetfelder im Gehirn sehr schwach sind, werden **hochempfindliche Detektoren** (supraleitende Spulen) verwendet und ein großer **abschirmaufwand** nach Außen betrieben.

Analog zum **EKP (ereigniskorreliertes Potenzial)** gibt es beim MEG das **ereigniskorrelierte magnetische Feld**. Die **Mismatch-Negativity** Komponente (MMN) wird hier dann z.B. als MMNm bezeichnet (MMN ist eine weitere Komponente, welche bei einem zu erwartenden, aber ausbleibenden Signal eintritt).

Vorteile / Nachteile von EEG und MEG

▪ Vorteile

- Gute zeitliche Auflösung (ms-Genau)
- Freie Bewegung der Probanden möglich
- Nicht-invasiv
- Kostengünstig, kaum apparativer Aufwand (nur im Fall von EEG)

▪ Nachteile

- Schlechte räumliche Auflösung (v.a. EEG)
- Rauschen (für Mittelung viele Durchgänge nötig)
- Kostenintensiv, großer apparativer Aufwand (nur im Fall von MEG)

Störfaktoren können in beiden Fällen allgemein **externe und interne Gründe** haben. Externe Gründe können durch **Abschirmung** gelöst werden. Interne Gründe können wiederum auf das Rauschen (Lösung: **Mittelung**), aber auch auf andere Faktoren wie Muskelbewegung zurückzuführen sein. Letzterer Fall kann durch gute **Instruktionen und über Korrekturberechnungen** gelöst werden.

Physiologische Messmethoden

Elektromyographie (EMG)

Das **Elektromyogramm** misst die **elektrischen Signale** der **Muskelaktivität** (oder die denen die Aktivität vorausgeht). Die Elektroden werden an den entsprechenden Muskelgruppen angebracht.

Anwendung findet das EMG in der **Diagnostik** (z.B. Muskelverspannungen), der **Forschung** und der **Emotionserkennung** (z.B. unterdrückte Mimik).

Elektrookulographie (EOG)

Das **Elektrookulogramm** misst die Augenbewegung über eine **Spannungsveränderung**. Das Auge bildet vom Augapfel (positiv) zur Netzhaut (negativ) einen **Dipol**. Bewegen sich die Augen, dann verändert sich das **elektrische Feld**, welches gemessen werden kann.

Eyetracking

Das **Eyetracking** basiert auf der **Lichtreflexion von Infrarotlicht** auf dem Auge. Bei neueren Geräten gibt es u.U. zusätzlich zu einem mobilen oder fest-installierten System eine Kontaktlinse.

Elektrodermale Aktivität (EDA)

Als **Elektrodermale Aktivität** (früher: Psychogalvanische Hautreaktion) wird die **elektrischen Eigenschaften der Haut** bezeichnet (Leitfähigkeit, Widerstand, Potenzialveränderung). Die Eigenschaften werden hauptsächlich durch die **Schweißdrüsenaktivität** beeinflusst. Gemessen wird meist an den Handinnenflächen oder den Fingern.

Die **Kennwerte** der EDA sind: **Grundniveau**, **Spontanfluktuation** (Schwankungen), **phasische Reaktionen**. Die EDA gibt somit ein Maß für die **empfundene Reizintensität** bzw. die **emotionale Belastung**.

Begriffe

mikroskopisch, makroskopisch, statisch (Strukturaufklärung), dynamisch (Prozessaufklärung), somatische Intervention, Intervention auf Verhaltensebene, Klassifikation und Bewertung, Hirn-/Gewebschnitte, post mortem, in vivo, in vitro, Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Fluoreszenzmikroskopie, molekularbiologische Methoden, Mikrodialyse, Antikörper-Antigen-Reaktion, Computertomographie (CT), Positronen-Emissions-Tomographie (PET), Zyklotron, Magnetresonanztomographie / Kernspintomographie (MRT), neurovaskuläre Kopplung, Diffusions-Tensor-Bildgebung (DTI), Nahinfrarotspektroskopie (NIRS), Hämoglobin, Transkranielle Magnetstimulation (TMS), Elektroenzephalographie (EEG), Hans Berger, Nasion, Inion, präaurikulären Punkte, Spontanaktivität, evozierte Aktivität, Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP), Alpha-Wellen, Beta-Welle, Theta-Welle, Delta-Welle, Rauschen, Signal, Averaging, Topographie, Latenzzeit, Frühe Komponente, Späte Komponente, Prä-Stimulus-Komponente, Motorische Komponente, Magnetenzephalographie (MEG), ereigniskorreliertes magnetisches Feld, Mismatch-Negativity, Abschirmung, Elektromyographie (EMG), Elektrookulographie (EOG), Dipol, Eyetracking, Infrarotreflexion, Elektrodermale Aktivität (EDA)

Einführung in die Sinnesphysiologie

Die **menschlichen Sinne** geben Ausschnitte der **physikalischen Phänomene** auf der Welt. Der **Sinneseindruck** ist dabei ein **einzelnes Element** der Sinneserfahrung, die **Empfindung** bildet deren **Summe** und die **Wahrnehmung** bildet die **Verknüpfung und Deutung** der Sinne mit bereits Gelernten und Erfahrenem.

Sinnesmodalitäten

Das Sinneserleben läuft über verschiedene **Modalitäten**. Jede Sinnesmodalität wird durch eine neuronale Sinnesbahn repräsentiert.

- Sehen (**visuelles System**)
- Hören (**auditives System**)
- Riechen (**olfaktorisches System**)
- Schmecken (**gustatorisches System**)
- Gleichgewichtsempfindung (**vestibuläres System**)
- Tasten (**taktilen System**)
- Temperaturempfinden
- Schmerzempfinden (**nozizeptives System**)
- Bewegungsempfinden (**propriozeptives System**)

Somatosensorisches System = Tasten, Temperatur, Schmerz und Bewegungsempfindung

Sinneszellen

Reize für welche die Rezeptoren der Sinneszelle die **größte Empfindlichkeit** besitzen werden als **adäquate Reize** bezeichnet, während Reize, welche die Rezeptoren der Sinneszelle **nicht erregen** (oder nur sehr schwer) werden als **inadäquate Reize** bezeichnet.

Die Umwandlung der Reizenergie in das **Generatorpotenzial (Sensorpotenzial)** wird als **Transduktion** bezeichnet. Die **Transformation** bezeichnet die Umwandlung des **Generatorpotenzials** in eine **Aktionspotenzialabfolge**.

- **Primäre Sinneszelle**

Die primäre Sinneszelle übernimmt alle Aufgaben. Dazu zählen die Erzeugung des Generatorpotenzials (**Transduktion**) und die Codierung in das Aktionspotenzial (**Transformation**). Primäre Sinneszellen befinden sich im **somatosensorischen** und im **olfaktorischen** System.

- **Sekundäre Sinneszelle**

Die primäre Sinneszelle erzeugt lediglich das Generatorpotenzial (**Transduktion**) und gibt das Potenzial über **Neurotransmitter** an eine **folgende Nervenzelle**, welche dann die Codierung in das Aktionspotenzial übernimmt. Sekundäre Sinneszellen befinden sich im **visuellen, auditiven, gustatorischen** und **vestibulären** System.

Transformation (Frequenzkodierung)

Damit eine Transformation in eine Aktionspotenzialfrequenz ausgelöst werden kann, muss der **physikalische Schwellwert** zunächst überschritten werden. Der Zusammenhang zwischen der Reizstärke und der ausgelösten Frequenz der Aktionspotenziale ist meist **kurvilinear** und nicht linear. Die Frequenz der Aktionspotenziale ist jedoch durch die **Refraktärphase begrenzt** (max. 500-1000 AP/sec). Dieser Begrenzung wird als **Sättigungseffekt** bezeichnet.

Die Reizintensität wird also unpräzise Abgebildet (subjektive Empfindungsstärke).

Unterschwellige Wahrnehmung

Auch eine **unterschwellige Wahrnehmung** ist möglich. Dabei reicht die Reizstärke zwar zum Auslösen eines Aktionspotenzials. Die Aktionspotenziale werden jedoch **direkt verarbeitet** (z.B. Rückenmark, Hirnstamm) und gelangen **nicht ins Bewusstsein**.

Adaption

Mit der **Adaption** wird eine **Anpassung des Systems** an lang **andauernde** und oft **wiederkehrende** Reize bezeichnet. Der Rückgang zum Ruhepotenzial (vom Generatorpotenzial) wird je nach Fall **schneller** oder **langsamer**.

Rezeptive Felder

Die Rezeptorzellen geben die Signale an weitere **Neuronenschichten** weiter. Dabei entsteht durch **Divergenz** (ein Neuron wird auf mehrere verschaltet) und **Konvergenz** (mehrere Neuronen werden auf eines verschaltet) **laterale Hemmung**. Die Grenzen werden deutlicher hervorgehoben.

Die Rezeptorzellen werden außerdem zu **rezeptiven Feldern** zusammengefasst. In einem rezeptiven Feld werden alle **Rezeptorzellen zusammengefasst**, welche bei einer **Reizung stimuliert** werden.

Begriffe

Sinneseindruck, Empfindung, Wahrnehmung, Sinnesmodalitäten (visuell, auditiv, olfaktorisch, gustatorisch, vestibulär, somatosensorisch), adäquater Reiz, inadäquater Reiz, Generatorpotenzial, Sensorpotenzial, Transduktion, Transformation, primäre Sinneszelle, sekundäre Sinneszelle,

physikalischer Schwellwert, kurvilinearer Zusammenhang, Sättigungseffekt, unerschwellige Wahrnehmung, Adaption, Divergenz, Konvergenz, laterale Hemmung, rezeptive Hemmung

Sinnesphysiologie: Somatosensorik

Tastsinn / taktile Sensorik (Ekterozeption)

Allgemein

Der **Tastsinn** gibt zunächst Informationen über die **Beschaffenheit von Objekten**. Zu den **taktilen Empfindungen** gehören: **Kitzel, Berührung, Vibration, Druck und Spannung**.

Die **Haut** hat eine **Oberfläche** von 2m², wiegt 10kg und ist damit das **schwerste Organ**. Neben der Aufgabe als **Sinnesorgan** bietet es zusätzlich **Schutz** und dient der **Thermoregulation** (z.B. Schweiß). Die Haut wird unterteilt in **behaarte** und **unbehaarte** Haut.

Messverfahren (Transkutane Mikroneurographie)

Mit Hilfe der **transkutanen Mikroneurographie** wird das Antwort-Reiz-Verhalten der Sensoren gemessen und somit u.a. **adäquate Reize, Antwortschwellen, rezeptive Felder, Adaption**, etc.

Sensorrezeptoren

- **Merkel-Tastzelle** Empfindliche Druck-/Intensitätsdetektoren
- **Ruffini-Körperchen** Intensitätsdetektoren, Dehnungssensoren
- **Meissner-Körperchen** Geschwindigkeitsdetektoren
- **Freie Nervenendungen** Geschwindigkeitsdetektoren, Thermo-/Schmerzdetektoren
- **Pacini-Lamellenkörperchen** Beschleunigungs-/Vibrationsdetektoren

Die rezeptiven Felder von **Merkel-Zelle** und **Meissner-Körperchen** sind eher **punktuell**, während die von **Pacini-Körperchen** und **Ruffini-Körperchen** eher **größere Bereiche** abdecken.

Temperatursinn

Der **Temperatursinn** entsteht durch **freie Nervenendigungen**. Die **Kältesensoren** sind **sehr dicht** und befinden sich unter der Epidermis. Die **Wärmesensoren** befinden sich in oberen bis mittleren Hautschichten und **weniger dicht**. Die meisten Rezeptoren (höchste Dichte bzw. höchste Empfindlichkeit) ist im **Gesicht**.

Die Kälterezeptoren arbeiten etwa von 15° bis fast 40°. Die Wärmerezeptoren beginnen ab diesem Übergang und gehen bis knapp 50°. Unter 15° und über 50° werden **Schmerzrezeptoren** erregt.

Manche Stoffe wirken auf die gleichen Neurone wie die Rezeptoren. So wirkt **Menthol** z.B. kühlend, während **Schärfe** (Capsaicin) ein Hitzegefühl auslöst.

Tiefensensibilität (Propriozeption)

Unter der **Tiefensensibilität** wird die Wahrnehmung der **Muskeln, Sehnen und Gelenke** bezeichnet. Dazu gehört deren **Stellung** (Stellungssinn), **Bewegung** (Bewegungssinn) und **Kraftaufwand** (Kraftsinn). Es gibt sowohl **Gelenksensoren**, als auch **Muskelsensoren**.

Exkurs: Patient I.W.

Bei diesem Patient waren sowohl der **Berührungssinn**, als auch die **Tiefensensibilität** ausgefallen. Zunächst war jegliche Bewegung quasi unmöglich. Erst durch **langes und intensives Training** war es ihm wieder möglich eine Bewegung zu vollführen. Er konnte sich jedoch unter **hoher Konzentration, bewusster Willenskraft** und mit ständiger **visueller Rückmeldung** bewegen.

Sensorik der inneren Organe (Viszerozeption)

Die **Viszerozeption** verläuft überwiegend **unbewusst**. Es geht hierbei vor allem darum das **Gleichgewicht der Körperprozesse** zu halten (**Homöostase**). Durch **Biofeedback** ist es jedoch möglich viszerale Informationen bewusst wahrzunehmen und **Einfluss** darauf zu üben.

Kardiovaskuläres System

Dieses System kontrolliert das **Herz** und dort sowohl den **Blutdruck** (Druck- und Dehnungssensoren), als auch die **Herzfrequenz** (Mechanosensoren). Eine fehlende Wahrnehmung der kardiovaskulären Wahrnehmung ist **lebensbedrohlich**.

Pulmonales System

Dieses System kontrolliert die **Lunge** und dort die **rhythmische Lungenaktivität** (Mechanosensoren). **Chemosensoren** messen außerdem die Kohlendioxid- und Sauerstoffanteile im Blut. Im Alltag funktioniert der Atemprozess **unbewusst**. Der Atem kann jedoch durch Aufmerksamkeit **willentlich gesteuert** werden.

Leitungssysteme▪ **Hinterstrangsystem (lemnisciales System)**

Dieses System wird aus einer **dick myelinisierten afferenten Bahn** gebildet, welche überwiegend Impulse von **Mechanosensoren** der Haut und vom **propriozeptiven Apparat** (Bewegungsapparat) enthält. Das Hinterstrangsystem dient vor allem einer **detaillierten Unterscheidung von Reizeigenschaften und Einwirkungsort**.

▪ **Vorderstrangsystem (extralemniscales System)**

Dieses System wird aus einer **dünn oder schwach myelinisierten afferenten Bahn** gebildet, welche überwiegend **Schmerz- und Temperaturreize** überträgt. Das Vorderstrangsystem leitet vor allem solche Signale, welche **unspezifische Reaktionen** auslösen.

Exkurs: Morbus Farby

Ein 22 Jahre alter Mann hatte zunehmend brennende Schmerzen in den Beinen. Eine neurologische Untersuchung ergab normale Reflex, Gangbild und Mechanorezeption. Ein sensorischer Test ergab jedoch ein vermindertes Wärme- und Kälteempfinden. Durch einen angeborenen Enzymmangel ergab sich eine Mangeldurchblutung, welche vor allem zunächst auf die dünnen Nervenfasern einen Einfluss hat. Mit einer Substitutionsbehandlung (mit dem fehlenden Enzym) kann die Lebenserwartung gesteigert werden.

Begriffe

Tastsinn, taktile Sensorik, taktile Empfindung (Kitzel, Berührung, Vibration, Druck, Spannung), behaarte Haut, unbehaarte Haut, transkutane Mikroneurographie, Sensorrezeptoren (Merkel-Zelle, Ruffini-Körperchen, Meissner-Körperchen, Pacini-Körperchen, Freie Nervenendigungen), Temperatursinn, Kältesensoren, Wärmesensoren, Schmerzrezeptoren, Tiefensensibilität (Stellung, Bewegung, Kraft), Patient I.W., Viszeroseption, Homöostase, Biofeedback, Kardiovaskuläres System (Blutdruck, Herzfrequenz), Pulmonales System (Rhythmus), Hinterstrangsystem (Iemniscales System), Vorderstrangsystem (extralemniscales System), Morbus Farby

Sinnesphysiologie: Chemische Sinne

Zu den **chemischen Sinnen** gehören u.a. der **olfaktorische Sinn (Geruchssinn)** und der **gustatorische Sinn (Geschmackssinn)**. Außer den beiden Sinnen gibt es jedoch noch andere chemische Rezeptoren.

Der olfaktorische Sinn

Die Lebewesen lassen sich grob in **zwei Arten** unterscheiden. Für **Mikrosmaten** (z.B. Mensch) ist der Geruchssinn **nicht sehr ausgeprägt** entwickelt, während **Makrosmaten** (z.B. Hund) einen **sehr ausgeprägten** olfaktorischen Sinn haben.

Der Geruchssinn dient vor allem dem **Prüfen der Umgebung** (Nahrung & Gefahren). Außerdem kann er zur **Steigerung der Lebensqualität** beitragen (Genuss), da Riechen eng mit Gedächtnis und Emotion verbunden ist. Es dient zusätzlich der **sozialen Kommunikation (Pheromone)** und beeinflusst das **allgemeine Erregungsniveau**. Der Geruch kann auch unterbewusst Entscheidungen beeinflussen.

Funktion des olfaktorischen Sinns

Der **olfaktorische Reiz** besteht aus **Geruchsmolekülen**, welche **flüchtig**, also in der Luft enthalten sind. Es gibt **keine Elementargerüche**, die spezifischen Geruchsstoffe setzen sich aus mehreren Molekülen zusammen (Kaffee z.B. 500).

Olfaktorische Zellen sind **primäre Sinneszellen (bipolare)**, welche im **Epithel** (Deckgewebe) eingebettet sind. An den Zellen befinden sich **Zilien** (Riehhärchen) auf denen sich die Rezeptoren befinden. Insgesamt gibt es etwa **350 unterschiedliche Rezeptortypen** mit denen ca. **10.000 verschiedene Gerüche** wahrgenommen werden können (**Kombinatorischer Geruchscodes**).

Die Zellen erneuern sich alle **1 bis 2 Monate**. In der Nase befinden sich etwa **30 Millionen Riehzellen** und 2,5% des Genmaterials des Menschen wird alleine für die Codierung des Geruchssinns (bzw. den Aufbau der Sinneszellen) verwendet.

Riechbahn

Die **olfaktorischen Zellen** durchdringen mit ihren Axonen die **Siebplatte** (Knochen) und gelangen in den **Bulbus Olfactoris**. Dort werden die Signale an die **nächsten Neuronen** (sog. **Mitralzellen**) weitergegeben. In diesem Bereich kommt es durch **Körnerzellen** (Interneurone) zu **lateralen Hemmung**, um die Gerüche besser voneinander **abzugrenzen**.

Vom **Bulbus Olfactoris** ziehen dann Bahnen in das **Riechhirn** und von dort in die **Amygdalae** und den **Hippocampus**, in den **Neokortex** und in den **Thalamus**.

Geruchsstörungen

- **Anosmie** Partieller oder vollständiger Ausfall des Geruchssinns
- **Hyposmie** Schwächere Geruchsempfindlichkeit
- **Hyperosmie** Überempfindlichkeit der Geruchswahrnehmung
- **Parosmie** Fehlewarnehmung des Geruchssinns
- **Phantosmie** Geruchswahrnehmung ohne Reizung

Pheromone

Pheromone sind **biochemische Botenstoffe**, welche zur **Kommunikation** eingesetzt werden. Diese Botenstoffe werden jedoch **unbewusst** wahrgenommen. Für Pheromone existiert ein **zweites Geruchsorgan (vomeronasales Organ, VNO)**. Dieses Organ ist bei vielen Lebewesen nachgewiesen, beim Menschen jedoch noch nicht sicher und wenn dann in keiner starken Ausprägung.

Der gustatorische Sinn

Bedingung für eine Geschmackswahrnehmung ist die **Lösbarkeit der Substanz im Wasser** (Speichel). Es gibt 5 verschiedene **Elementargeschmäcker**. Dazu zählen: **Sauer, Salzig, Bitter, Süß** und **Umami**.

Der Geschmack ist eine Komponente des **Aromas**. Neben dem **Geschmack** sind auch der **Geruch**, die **Temperatur**, die **Oberflächenstruktur** und die **Konsistenz** für das Aroma entscheidend.

Der Geschmackssinn dient vor allem der **Überwachung der Nahrungsaufnahme** (Schutz vor Vergiftung, Nährstoffgehalt). Außerdem ist er an der **Steuerung der Verdauungsdrüsen** beteiligt und für einige **psychische Funktionen** von Bedeutung.

Funktion des gustatorischen Sinns

Der **gustatorische Sinn** besteht aus **sekundären Sinneszellen**, welche zu **Geschmacksknospen** zusammengefasst sind (10-50 Sinneszellen). Mehrere Sinneszellen innervieren eine geringere Anzahl folgender Nervenzellen (**starke Konvergenz**). Die Sinneszellen regenerieren sich innerhalb von ca. 10 Tagen. Im Kindesalter besitzt der Mensch noch etwa 10.000 Geschmacksknospen, die sich im Laufe des Lebens auf unter 2.000 reduzieren.

• Die **Transduktion** (Erzeugung des **Generatorpotenzials**) funktioniert je nach Elementargeschmack unterschiedlich:

- **Sauer** Saure Stoffe blockieren den K^+ -Kanal der Zellmembran
- **Salzig** Die extrazelluläre Na^+ -Konzentration wird gesteigert
- **Bitter** G-Protein second-messenger Prozess (Metabotrop) → Intrazellulärer Ca^{2+} -Anstieg
- **Süß** G-Protein second-messenger Prozess (Metabotrop) → Blockierung der K^+ -Kanäle
Außerdem: Öffnung von Na^+ -Kanälen

• Die **Transformation** (Kodierung in **Aktionspotenziale**) erfolgt in den primären sensorischen Neuronen. Diese Neurone sind direkt mit den sekundären Sinneszellen verknüpft. Die Kodierung der Geschmacksunterschiede geschieht über:

- **Einzelneuronencodierung**
Entladung spezifischer Neurone signalisieren die **Grundqualität**
- **Neuronenensemblecodierung**
Muster der Entladung von Neuronenverbänden signalisieren **feine Nuancen**.

Papillen

Auf der Zunge gibt es verschiedene Bereiche, welche sich **optisch bzw. von deren Form unterscheiden (Papillen)**. Die Dichte der Geschmacksknospen variiert zwischen den verschiedenen Papillen.

- **Pilzpapille** 1-2 Geschmacksknospen
- **Wallpapille** Ca. 100 Geschmacksknospen
- **Blätterpapille** Ca. 50 Geschmacksknospen
- **Fadenpapille** Keine Geschmacksknospe, Mechanosensiv

Auf der Zunge befinden sich die **Rezeptoren** für die **Elementargeschmäcker** nicht in **abgegrenzten Bereichen**, sondern in verschieden hoher Dichte auf der **ganzen Zunge** verteilt.

Geschmacksbahn

Die **Zungenbasis**, die **Zungenspitze** und der **Schlundbereich** verlaufen getrennt über **drei verschiedene Bahnen**. Grundsätzlich verlaufen sie aber alle über den **Nucleus tractus solitarii** (Kerngebiet der **Medulla oblongata**) im **Hirnstamm**. Hier findet eine grobe Verarbeitung statt (**Speichelfluss, Magensaftsekretion, etc.**). Von dort aus geht es in zwei verschiedene Bereiche.

- In den **Pons** und dann in den **Hypothalamus** und in das **Limbische System**. Dort finden **vegetative** und **affektive Begleitprozesse** statt.
- In den **Thalamus** und dann u.a. in die **primäre Geschmacksrinde** (Gyrus postcentralis)

Geschmacksstörungen

- **Ageusie** Partiieller oder vollständiger Ausfall des Geschmackssinns
- **Hypogeusie** Geringere Geschmacksempfindlichkeit
- **Hypergeusie** Überempfindlichkeit des Geschmackssinns
- **Parageusie** Fehlwahrnehmung von Geschmacksreizen
- **Phantogeusie** Geschmackswahrnehmung ohne Reizung

Geruchs- & Geschmacksaversionslernen

Der Geruchs- und Geschmackssinn hat eine Sonderrolle beim Lernen, da die Sinne **anatomisch sehr eng** mit **limbischem System** und **Hypothalamus** verbunden sind. Eine **konditionierte Assoziation** ist sehr stabil und hält **oft lebenslang**.

In der **Strahlentherapie** kann das u.U. Schwierigkeiten machen, da die Strahlung Geschmackszuszeptoren reizt und eine Ekelkonditionierung gegen solche Therapien entstehen kann.

Der allgemeine chemische Sinn

Der **allgemeine chemische Sinn** wird bei **speziellen Reizstoffen** (Gase, Gewürze, etc.) angesprochen und wird vor allem durch **freie Nervenendigungen** des **Nervus trigeminus** in **Schleimhäuten** (Augen, Mund, Nase, Rachen, etc.) verarbeitet. Der Nervus trigeminus innerviert den **gesamten Gesichtsbereich** und kann verschiedene Stimuli detektieren (chemisch, mechanisch, thermisch, etc.).

Der allgemein chemische Sinn dient der **Abwehr potentiell schädlicher Stoffe**. Entsprechende Reize lösen meist **Schmerzen** (Brennen, Stechen, etc.) aus, welche **unwillkürliche Reaktionen und Reflexe** auslösen (Speichel, Tränen, Husten, etc.). Der chemische Sinn trägt jedoch auch zur **Geschmacks- und Geruchsverarbeitung** bei.

Seminar: Geruch, Geschmack und Gedächtnis

Gerüche lassen sich mit bestimmten Situationen und Erlebnissen verknüpfen. Dabei ist jedoch vor allem die erste Geruchserfahrung von Bedeutung. Wird eine Situation präsentiert, die mit einem Geruch verknüpft ist, so ist vor allem der Hippocampus aktiv. Am Stärkstem jedoch, wenn die erste Geruchserfahrung abgerufen wird.

Begriffe

Olfaktorisches System, Mikrosmaten, Makrosmaten, Pheromone, flüchtige Geruchsmoleküle, bipolare olfaktorische Zelle, Zilien, kombinatorischer Geruchscode, Siebplatte, Bulbus Olfactoris, Mitralzellen, Körnerzellen, Riechhirn, Anosmie, Hyposmie, Hyperosmie, Parosmie, Phantosmie, vomeronasales Organ, gustatorischer Sinn, Aroma, Elementargeschmäcker (Salzig, Süß, Bitter, Sauer, Umami), Geschmacksknospe, starke Konvergenz, Transduktion (Sauer, Salzig, Bitter, Süß), Transformation (Einzelneuronencodierung, Neuronenensembelcodierung), Papillen (Pilzpapille, Wallpapille, Blätterpapille, Fadenpapille), Zungenbasis, Zungenspitze, Zungenschlund, Nucleus tractus solitarii, Hypothalamus, limbisches System, primäre Geschmacksrinde, Ageusie, Hypogeusie, Hypergeusie, Parageusie, Phantogeusie, Geruchs- und Geschmacksaversionslernen, chemischer Sinn, freie Nervenendigung, Nervus trigeminus

Sinnesphysiologie: Visuelles System

Das Auge ist aus der **Retina** (der **Netzhaut**), welche aus **Zapfen** (überwiegend Farbwahrnehmung) und **Stäbchen** (u.a. hell/dunkel Wahrnehmung) besteht aufgebaut. Die Stäbchen und Zapfen sind wiederum auf **Ganglienzellen** verschaltet, welche über die rezeptiven Felder die Informationen auswerten. Die **Fovea** bildet den Punkt auf der Netzhaut, auf welchem die Lichtrezeptoren am dichtesten liegen und die Wahrnehmung am schärfsten ist.

Der visuelle Sinneskanal

Der **visuelle Sinneskanal** verläuft von der **Retina** über den **Nervus opticus** zum **Chiasma opticum** und von dort über den **Tractus Opticus** in verschiedene Bereiche des Gehirns.

Nervus opticus

Der **Sehnerv (Nervus opticus)** verläuft von der Retina des Auges bis zum **Chiasma Opticum**.

In der Retina nehmen **Stäbchen** und **Zäpfchen** Licht aus der Umwelt auf. Durch den Lichteinfall werden unterschiedliche **Photopigmente** freigesetzt, welche das Membranpotential verändern. Die

Aktionspotenziale werden an den **Ganglienzellen** verrechnet („retinale Vorverarbeitung“) und über den **Nervus opticus** bis zum **Chiasma Opticum** weitergeleitet.

Chiasma Opticum

Am **Chiasma Opticum** findet eine **Kreuzung des Sehnervs** statt. Während die **nasalen Bahnen** in die **andere Hemisphäre wechseln**, verlaufen die **temporalen Bahnen direkt weiter**.

In der **linken Hemisphäre** befinden sich also die visuellen Informationen der **rechten Gesichtshälfte**, während in der **rechten Hemisphäre** die Informationen aus der **linken Gesichtshälfte** ankommen.

Tractus Opticus

Der **Tractus Opticus** leitet die visuellen Informationen zu **zwei Drittel** in den **Corpus geniculatum laterale (CGL)** und zu einem Drittel in andere Bereiche des Gehirns. Die anderen Bereiche sind:

- Hypothalamus Tag-Nacht-Rhythmus (Melatonin)
- Colliculi superioris Augenbewegung
- Mittelhirn Pupillenreflex, Augenreflex

Corpus geniculatum laterale

Der **Corpus geniculatum laterale** (Kniehöcker) ist ein **Teil des Thalamus** und bildet die **Umschaltstelle** für die Informationen zwischen den **Ganglienzellen** aus der Retina und dem **visuellen Kortex**. Der CGL bekommt **weitere Informationen** (z.B. aus der Formatio Reticularis) und leitet alle Informationen als **Sehrstrahlung (Radiatio optica)** an den **visuellen Kortex** weiter.

Im CGL wird das Abbild der Retina **nicht identisch wiedergegeben**, da die **Fovea** verstärkt abgebildet wird (gilt auch für den primären visuellen Kortex).

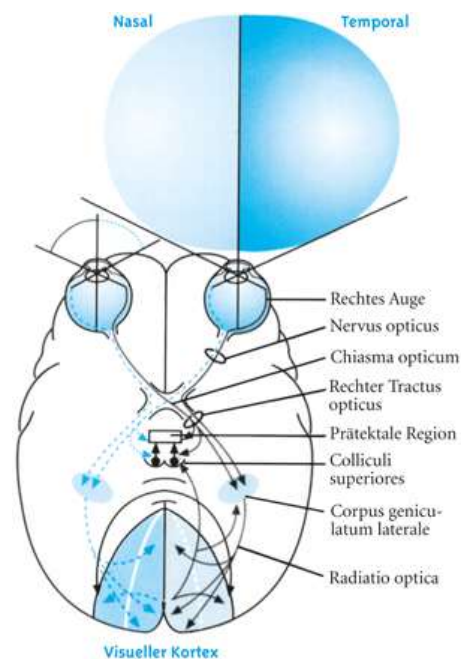
Primärer visueller Kortex (V1)

Der **primäre visuelle Kortex** bzw. **striäre Kortex** ist die erste kortikale visuelle Verarbeitung. Die weiteren Verarbeitungsstufen werden entsprechend als **extrastriär** bezeichnet. Das V1 befindet sich im **Brodman-Areal 17** und ist 1,5-3mm dick. Im **vorderen Bereich** wird das **fovale Sehen** und im **hinteren Bereich** das **periphere Sehen** verarbeitet.

Die **anderen Kortexareale** (V1, V2, V3, etc.) sind jeweils auf **einzelne Aufgaben** spezialisiert.

Visueller Kortex

Die **anderen Bereiche des visuellen Kortex** lassen sich grob in einen **Was-Pfad** und einen **Wo- bzw. Wie-Pfad** einteilen. Dazu werden **spezifische Muster** ausgewertet (z.B. Zellen für Handerkennung und Gesichtserkennung, etc.).



Cerebrale Sehstörungen

Verlust von Sehvermögen

Ursachen des Verlustes des Sehvermögens (**Sehstörung**) liegen in einer **Verletzung** der **Leitungsbahnen** (Nervus opticus, Traktus opticus, Radiatio optica) oder des **primären visuellen Kortex**. Der Verlust kann **vollständig, einseitig** (Hemianopsie) oder nur **in Teilen** auftreten (**Skotome**). Die blinden Flecke (also die Skotome) können jedoch meist durch das Gehirn **ausgeglichen** werden und fallen daher oft nicht auf.

Blindsehen (Blindsight)

Patienten welche unbewusst sehen können (**Blindsehen**) haben eine **Schädigung** des **visuellen Kortex** oder der **Sehstrahlung** (Radiatio optica). Sie können **unbewusst nach Gegenständen greifen** oder auf diese zeigen, ohne dass sie die Gegenstände bewusst sehen oder wahrnehmen können. Der Corpus geniculatum laterale muss dabei jedoch erhalten bleiben. Er leitet die Informationen an die zum Blindsehen nötigen Informationen an die entsprechenden Areale weiter.

Spezifische Sehstörungen

Zu den **spezifischen Störungen** gehören z.B. Störungen der **Farbwahrnehmung** oder der **Bewegungswahrnehmung**. Ein Beispiel ist die **Rot-Grün-Blindheit**, welche ihre Ursache bereits auf Rezeptorebene in der Retina hat.

Höhere Störungen

Einige Störungen haben ihre Ursache in der Verarbeitung der **höheren kortikalen Areale** (**extrastriärer Kortex**). Das gehört z.B. die **Unfähigkeit Objekte zu benennen**, obwohl sie erkannt werden (**Agnosie**). Eine speziellere Form ist die **Unfähigkeit der Gesichterwiedererkennung** (Prosopagnosie).

Farbwahrnehmung

Aus **evolutionärer Sicht** ist die **Farbwahrnehmung** von existenzieller Bedeutung. Dazu gehört **Objekte zu identifizieren, Aufmerksamkeit, Tarnung** u.v.m.

Außerdem hat die Farbwahrnehmung eine nicht unbedeutende **ästhetische Relevanz**.

Aus physikalischer Sicht hat **Licht keine Farbe**. Die Wahrnehmung von Farbe ist **rein subjektiv** und orientiert sich an der **Wellenlänge** von **elektromagnetischen Wellen** in einem Spektrum von **380nm bis 760nm**. Die Amplitude gibt die Intensität des Lichtes an (Helligkeit).

Zapfentypen

Es gibt drei verschiedene **Zapfentypen**, welche für drei **verschiedene Wellenlängen** sensitiv sind. Die Zapfen sind **mosaikartig angeordnet (Cluster)**. S-Zapfen kommen seltener vor bzw. in der **Fovea gar nicht**. Die **Verteilung der Zapfentypen** variiert individuell, während der **Sehfarbstoff** bei allen relativ identisch ist.

- **S-Zapfen** Kurze Wellenlängen (violett-blau)
- **M-Zapfen** Mittlere Wellenlängen (grün)
- **L-Zapfen** Lange Wellenlängen (gelb-grün)

Farbkodierung

Die **Trichromatische Theorie** besagt, dass **alle Farbabstufungen aus drei Farben** zusammengesetzt werden können. Ursprünglich von **Young** und **Helmholtz** nur auf die Farben rot, blau und grün bezogen, lässt sie sich jedoch auch auf die drei Farben der S-, M- und L-Zapfen anwenden. Das Gehirn übernimmt die **Verrechnung** in die entsprechenden Farbabstufungen.

Die **Gegenfarbentheorie** besagt, dass die Farben aus einer bestimmten **Zusammensetzung von Gegenfarben** entstehen. Dass also eine spezifische Farbe aus einem **Verhältnis** von **grün-rot, gelb-blau** und **schwarz-weiß** entsteht. Diese Theorie findet Anwendung bei der **Hemmung der Rezeptoren auf die Ganglienzellen**. Aus diesem Grund entsteht der Effekt der **Nachbilder**, welche Farbenvertauscht sind.

Kortikale Farbverarbeitung

Im **primären visuellen Kortex** werden **wellensensitive Zellen** aktiviert (**blobs**).

In den **weiterverarbeitenden Bereichen** werden die Farbinformationen mit **anderen Faktoren**, wie der **generellen Beleuchtung** verrechnet.

Zur Farbwahrnehmung gehören jedoch neben der reinen physiologischen Verarbeitung auch **kognitive Prozesse**.

Farbsinnstörungen

Farbenblindheit / Farbenfehlsichtigkeit

Bei einer Farbenfehlsichtigkeit ist der Farbsinn geschwächt, während er bei einer Farbenblindheit vollkommen fehlt. Die Ursachen liegen **meist auf Rezeptorebene** (meist angeboren) oder bei Schädigungen in Kortexarealen für die Farbwahrnehmung.

● **Monochromatizität (Monochromasie/Achromasie)**

Bei der totalen Farbenblindheit können nur **Grautöne** wahrgenommen werden, was meist an einem völligen **fehlen der Zapfen** liegt. Bei **Zapfen-Monochromatizität** ist nur eine **Art von Zapfen vorhanden**, was jedoch ebenfalls zu einer **grauen Wahrnehmung** führt. Durch das **Univarianzprinzip** (Amplitude und Frequenz lösen das Gleiche aus) müssen für die Farbwahrnehmung mindestens zwei Zapfentypen vorhanden sein.

Monochromatizität zeichnet sich vor allem durch eine **herabgesetzte Sehschärfe** und eine **extreme Lichtempfindlichkeit** aus.

● **Dichromatizität (Dichromasie)**

Bei der Farbwahrnehmung können nun die Farben durch die **Überlagerung verrechnet werden**. Allerdings gibt es **Fehler**, da **zwei Zapfentypen** (im Fall der Dichromatizität) eine Farbe nicht immer eindeutig erkennen können. Je nach fehlendem Zapfentyp gibt es **3 Formen der Dichromatizität**.

- Protanopie **L-Zapfen fehlt** ⇨ Rot-Grün-Blind
- Deutanopie **M-Zapfen fehlt** ⇨ Rot-Grün-Blind
- Tritanopie **S-Zapfen fehlt** ⇨ Blau-Gelb-Blind

Diagnostik

Zur **Feststellung der Farbsinnstörung** gibt es die **Farbtafeln** von **Shinobu Ishihara**. In einem **Farbmosaik** müssen Zahlen erkannt werden. Je nach Fall kann damit auf die jeweiligen Farbenblindheiten geschlossen werden.

Begriffe

Retina, Zapfen, Stäbchen, Ganglienzellen, Fovea, visueller Sinneskanal, Nervus Opticus, Chiasma Opticum, Tractus opticus, Corpus geniculatum laterale, Sehstrahlung (Radiatio optica), primärer visueller Kortex, striärer Kortex, extrastriärer Kortex, Was-Pfad, Wie-Pfad, Sehstörung, Blindsehen, Agnosie, S-Zapfen, M-Zapfen, L-Zapfen, Trichromatische Theorie, Gegenfarbentheorie, Nachbilder, blobs, Monochromatizität, Univarianzprinzip, Dichromatizität (3-Formen), Farbtafeln

Sinnesphysiologie: Auditives System

Eine **Schallwelle** ist eine **Druckänderung in der Luft**, welche von einer **Schallquelle** (Objekt welches Schwingung in der Luft erzeugt) ausgelöst wird. Diese physikalische Eigenschaft ist der adäquate (passende) Reiz für das Hören.

Die Schallwelle

- Die **Amplitude** einer Schallwelle bestimmt die **Lautheit**, also die Intensität, welche in dB (**Dezibel**) logarithmisch gemessen und als **Schalldruckpegel** bezeichnet wird.
- Die **Frequenz** wiederum gibt die **Tonhöhe** wieder. Der Mensch kann eine Frequenz von ca. 16 bis 16.000 Hz wahrnehmen. Die Tonhöhe an sich ist keine Eigenschaft des Tons, sie entsteht (analog zur Farbe des Lichts) durch die Verarbeitung im Gehirn.
- Die **Komplexität** gibt die **Klangfarbe** an.
 - Ein **Ton** entspricht exakt **einer Sinusschwingung**
 - Als **Klang** wird eine **Kombination von Tönen** bezeichnet (Ton + Obertöne)
 - Ein **Geräusch** bezeichnet eine Menge an **chaotisch auftretenden Frequenzen**

Obertöne sind ganzzahlige Vielfache des Tons.

Bsp.: Ton = 440Hz → 1. Oberton = 880Hz und 2. Oberton = 1320Hz

Aufbau des Ohrs

Außenohr

Das **Außenohr** besteht aus dem äußeren Ohr (**Ohrmuschel**) und dem **äußeren Gehörgang**. Die Funktionen des Außenohrs sind:

- Schallaufnahme
- Signafilterung
- Schutz
- Temperatur konstant halten

Mittelohr

Das Mittelohr besteht aus einem **luftgefüllten Hohlraum** und beinhaltet die **Gehörknöchelchen**. Eine Verbindung zum Rachenraum (**eustachische Röhre**) ermöglicht einem Druckausgleich.

Da im **Innenohr** eine **Flüssigkeit** liegt und im **Mittelohr Luft**, muss die Schwallwelle übersetzt werden. Diese Funktion übernehmen die **Gehörknöchelchen** (Hammer, Amboss, Steigbügel), welche die **Schallwirkung** vom Trommelfell auf das Innenohr **konzentrieren** (großes Trommelfell auf kleines **ovales Fenster**).

Innenohr

Der wichtigste Teil des Innenohrs ist die **Cochlea**, welche drei flüssigkeitsgefüllte Kanäle beinhaltet. Die Kanäle sind in einer Art Schneckenform wie eine **Spirale** angeordnet. Die **Scala vestibuli** und die **Scala tympani** enthalten **Perilymphe (Extrazellulärflüssigkeit)**, während die **Scala media Endolymphe (Intrazellulärflüssigkeit)** enthält.

Transduktionsprozess

Der Transduktionprozess entsteht über die **äußeren Haarzellen** im **Scala media**. Dieser Bereich bildet das **Corti-Organ**. An den äußeren Haarzellen befinden sich **Stereozilien (innere Haarzellen)**, welche sich mit der **Flüssigkeitsbewegung** (ausgelöst durch den Schalldruck) hin und her bewegen. Da die **Stereozilien** über **tip links** miteinander verbunden sind, bewegen sie sich immer in die gleiche Richtung. Über die **Spannung der tip links** (Stereozilien bewegen sich in eine Richtung) werden **Ionenkanäle geöffnet** und es entsteht eine **Depolarisation**. Die folgende **Transmitterfreisetzung** erreicht nachfolgende Nervenzellen.

Die **Stereozilie (innere Haarzelle)** ist in diesem Fall die **eigentliche Sinneszelle**, während die **äußere Haarzelle verstärkend** wirkt.

Kodierung der Tonhöhe

Je **tiefer die Frequenz**, desto **weiter** dringen die Wellen in die Cochlea ein. Wenn ein Ton also nur am **Anfang der Cochlea** wahrgenommen wird, so handelt es sich um einen **hohen Ton**, während die Wahrnehmung am **Ende der Spirale** auf einen **tiefen Ton** schließen lässt. An jeder Stelle gibt es eine Frequenz auf die am optimalsten reagiert wird (**charakteristische Frequenz**). Dieser Prozess wird als **Ortskodierung (Tonotopie)** bezeichnet.

- Durch **Phasenankopplung** können auch höhere Frequenzen als 1000Hz (Maximum bei Neuronen) erreicht werden. Hintereinandergeschaltete Neuronen werden nebeneinander interpretiert.

Kodierung der Lautstärke

Die **Intensität des Tons** ist in der **Dichte der Aktionspotenziale** kodiert. Je lauter der Ton, desto mehr Neuronen feuern und desto öfter feuern die Neuronen.

Kodierung der Dauer

Die Dauer wird über die **Dauer der Neuronenaktivierung** bestimmt. Die Neuronen feuern so lange, wie auch der Ton anhält.

Hörbahn

Im Kortex werden die Informationen aus **beiden Ohren kombiniert (kontralateral und ipsilateral)**. Der primäre auditive Kortex befindet sich im **hinteren oberen Bereich des Temporallappens**. Die **Ortskodierung** (Tonotopie) wird im primären auditiven Kortex **identisch abgebildet**. Im sekundären auditiven Kortex werden die Informationen weiterverarbeitet, vor allem zur Kommunikation.

Azimut- und Elevationsbestimmung

Azimutbestimmung

Die **Azimutbestimmung** des Tons bezeichnet die Identifikation der Richtung in der **horizontalen Ebene**. Bedeutend dafür ist der **interaurale Hinweisreiz**, welcher den **Wahrnehmungsunterschied** zwischen den **beiden Ohren** darstellt. An einem Ohr erreicht der Schall das Ohr ein wenig früher als an dem anderen (**Laufzeitunterschied**) bzw. an dem einen Ohr ist die Lautstärke ein bisschen weniger, als bei dem anderen (**Laustärkeunterschied**). Die Berechnung der Unterschiede findet in der **oberen Olive** statt, also schon weit vor dem Kortex.

Es gibt jedoch **Überschneidungsgebiete**. Töne können also **keinem genauen Punkt**, sondern vielmehr einem **Bereich** zugeordnet werden. Um einen Ton genauer zu erkennen, kann sowohl eine **leichte Kopfbewegung**, als auch die Erkennung von **monoauralen Merkmalen** unterstützend wirken.

Elevationsbestimmung

Die **Elevationsbestimmung** des Tons bezeichnet die Identifikation der Richtung in der **vertikalen Ebene**. Hierfür ist vor allem die **Ohrmuschel** entscheidend, in welcher die Töne **reflektiert** und **gebeugt** werden. Aufgrund der **asymmetrischen Form** ist die **Filterung richtungsabhängig**.

Cochleaimplantat

Ein **Chochleaimplantat** stellt eine Elektrode dar, welche die **Schallwellen** in **elektrische Impulse** umrechnet. Diese Impulse werden an die **Hörnerven** weitergegeben. Der Patient muss nun allerdings noch lernen diese Impulse zu **interpretieren**. Ein normales Hörvermögen wird nicht erlangt, es ist jedoch für die alltäglichen Prozesse ausreichend.

Begriffe

Schallwelle, Schallquelle, Amplitude (Schalldruckpegel), Frequenz, Komplexität (Ton, Klang, Geräusch), Außenohr (Funktionen), Mittelohr, eustachische Röhre, ovales Fenster, Cochlea, (Scala vestibuli, Scala tympani, Scala media), äußere Haarzelle, innere Haarzelle (Stereozilie), tip links, Corti-Organ, charakteristische Frequenz, Ortskodierung, Phasenankopplung, Azimutbestimmung, interauraler Hinweisreiz, Elevationsbestimmung, Cochleaimplantat

Motorisches System (Bewegung)

Die **Motorik** lässt sich in viele verschiedene Arten unterteilen. Dazu gehört die: Feinmotorik, Grobmotorik, Zielmotorik, Stützmotorik, Haltemotorik und Lokomotorik.

Jeglicher **motorischer Prozess** verläuft durch das **Rückenmark** und den **Hirnstamm**. Zu motorischen Bewegungen gehören sowohl ein **willkürliches**, sowie ein **instinktives** (reflexartiges) Verhalten. Die willkürliche Bewegung erfordert eine Planung durch den Kortex.

Aufbau der Muskulatur

Die Muskulatur besteht aus drei Typen. Aus der quergestreiften und der glatten Muskulatur und außerdem aus der Herzmuskulatur.

Quergestreifte Muskulatur

Die **quergestreifte Muskulatur** (**Skelettmuskulatur**) ist aus **Muskelfasern** bzw. **Muskelzellen** aufgebaut. Diese bestehen wiederum aus **Mikrofibrillen**, welche in **Sarkomer** (bestimmte Abschnitte) eingeteilt sind. Die **Sarkomer** bestehen aus verschiedenen **Bändern** (Aktinfilamente und Myosinfilamente), welche sich bei einer Aktivierung (Kalziumeinstrom) **räumlich ineinander schieben**.

Glatte Muskulatur

In der **glatten Muskulatur** (**viszerale Muskulatur**) gibt es keine Querstreifung, die Zellen liegen mehr in einer **netzartigen Vermaschung** vor. Die Zellen sind allgemein **kürzer und spindelförmig**. Ihre Aktivierung erfolgt jedoch gleich der quergestreiften Muskulatur.

Die glatte Muskulatur wird hauptsächlich durch **zwei Abläufe** in Spannung gebracht:

- **Myogener Tonus** ⇒ **autonome rhythmische Kontraktion** (z.B. Magen, Harnblase, etc.)
- **Neurogener Tonus** ⇒ **Kontraktion durch vegetative Innervation** (z.B. Pupillenmuskulatur)

Die motorische Einheit

Eine **motorische Einheit** besteht aus einem **Motorneuron** und dessen **innervierten Muskelfasern**.

α -Motoneurone

Im Vorderhorn des Rückenmarks befinden sich **α -Motoneurone**, welche die **Skelettmuskulatur** (quergestreifte Muskulatur) innervieren. Sie werden durch folgende Bereiche beeinflusst:

- Absteigende **Neuronen** aus dem **Gehirn**
- **Interneuronen** im **Rückenmark**
- **Sensorische Afferenzen**

Motorische Endplatte

Als **motorische Endplatte** wird der Bereich des Motoneurons bezeichnet, welcher die **Synapse vom Axon zur Muskelfaser** bildet.

Muskelaktivität

Eine **Muskelaktivität** liegt vor, wenn ein Aktionspotential eine Muskelfaser erreicht. Die **Kontraktionsstärke** ist abhängig von der Menge der **gleichzeitig aktiven Motoneuronen**.

Die Kontraktion ist außerdem abhängig von der Menge der Aktionspotentiale. Je **dichter die Aktionspotenziale** sind desto **stärker ist die Bewegung**, je **länger sie anhalten**, desto **länger dauert auch die Bewegung** an.

Muskelspindeln

Ein **Feedback** über den aktuellen Zustand des Muskels erlaubt eine **präzise Steuerung** der Muskulatur. Das Feedback wird über **Muskelspindeln** realisiert, welche ihre Form mit der Muskelbewegung verändern und somit Informationen über den aktuellen Zustand des Muskels zurückgeben können. Muskelspindeln wirken **hemmend** oder **verstärkend** auf die **α -Motoneurone** im Rückenmark.

γ -Motoneuronen

Zur **Einstellung und Justierung** der Muskelspindeln werden diese wiederum von **γ -Motoneuronen** innerviert. Durch die Justierung können die Sensoren in eine bestimmte **Ausgangsposition** gebracht werden.

Verarbeitung im Rückenmark

Steuerung im Rückenmark

Die **motorische Steuerung im Rückenmark** erfolgt hauptsächlich über **Reflexe**, welche über den **Reflexbogen** (Verkettung von Neuronen) verlaufen.

- Als **Eigenreflex** wird ein Reflex bezeichnet, welcher direkt an der Stelle des Reizes reagiert (**Reaktion im selben Organ**). Die Verschaltung vom afferenten Neuron zum Motoneuron erfolgt nur über **eine Synapse** im Rückenmark (**monosynaptischer Reflex**).
- Als **Fremdreflex** wird ein Reflex bezeichnet, welcher an einer anderen Stelle, bzw. an vielen anderen Stellen wirkt. Die Reizreaktion findet also **nicht am entsprechenden Organ** statt. Der Fremdreflex führt von einem afferenten Neuron über **mehrere Synapsen** zu verschiedenen **hemmenden** oder **aktivierenden** Motoneuronen (**polysynaptischer Reflex**).

Spinale Hemmmechanismen

Die **Hemmmechanismen im Rückenmark** sind vor allem für die **Feinabstimmung der Bewegung** von Bedeutung.

- Die **reziproke Hemmung** (**antagonistische Hemmung**) bewirkt eine **Hemmung bzw. Aktivierung** von **antagonistischen** (gegensätzlichen) **Muskelpartien** (Beuger / Strecker). Während das kommende afferente Neuron eine **Aktivierung** signalisiert, wird diese direkt auf den **Strecker** verschaltet, während **vor dem Motoneuron** für den **Beuger** noch ein **hemmendes Interneuron** verschaltet ist.
- Die **Rückwärtshemmung** (**Renshaw-Hemmung, rekurrente Hemmung**) bewirkt eine Hemmung an **einem einzigen Motoneuron**. Die Aktivität des Motoneurons wirkt also über das sogenannte **Renshaw-Neurone** auf sich selbst zurück.

Verarbeitung im Gehirn

Die Verarbeitung der motorischen Vorgänge im Gehirn lässt sich grundsätzlich **nur schwer genau zuordnen**. Beteiligt sind das **Pyramidenbahnsystem**, das **extrapyramidale System** und der **Motorkortex**.

Pyramidenbahnsystem

Als **Pyramidenbahn** (Tractus corticospinalis) werden die Neuronen bezeichnet, welche **vom Gehirn** direkt **zu den spinalen Motoneuronen** reichen. Die Bahn besteht deshalb aus **sehr langen Fasern**, welche dann direkt die Signale zu **α -Motoneuronen** und **Interneuronen** bringen. Ca. 80% der Fasern Kreuzen direkt nach dem Austritt aus der Medulla oblongata, während etwa 20% erst auf Segmenthöhe die Seite wechseln.

Die **Funktionen** des Pyramidenbahnsystems liegen bei der **Versorgung der äußeren Extremitäten**, es hat eine **Bedeutung für die Feinmotorik** und hat einen **Einfluss auf die Rückenmarksreflexe**.

Extrapyramidales System

Mit dem **extrapyramidalen System** sind alle Neurone gemeint, welche **außerhalb der Pyramidenbahnen** vom **Gehirn in das Rückenmark** verlaufen. Dazu gehören Bereiche im **Hirnstamm** (Nucleus ruber, Vestibulariskerne und Formation reticularis), im **Kleinhirn** (Cerebellum) und in den **Basalganglien**.

- **Nucleus ruber**

Der **Nucleus ruber** erhält viele Verbindungen vom Kleinhirn und ist vor allem an einer **präzisen Willkürbewegung** und an der **Stabilisierung der Körperhaltung** beteiligt.

- **Vestibulariskerne**

Die **Vestibulariskerne** (Nuclei vestibularis) sind mit dem Kleinhirn, den Augenmuskelkernen und dem Thalamus verbunden. Neben der **Gleichgewichtsregulation** sind sie auch an der **Stabilisierung einer aufrechten Körperhaltung** beteiligt.

- **Formatio reticularis**

Die **Formatio reticularis** ist mit dem Motorcortex, dem Kleinhirn, dem vegetativen Nervensystem und sensorischen Fasern verbunden. Sie ist an der **Körperstellung** beteiligt und integriert **motorische, sensorische und vegetative Erregungsprozesse**.

- **Kleinhirn**

In das **Kleinhirn** (Cerebellum) kommen Informationen von kortikalen Assoziationsarealen und vom Motorkortex. Sie gelangen dann in die Hirnstammkerne, den Thalamus und den Motorkortex. Seine Funktionen sind vor allem die **Feinabstimmung**, **Stabilitätserhöhung** beim Gehen, **motorisches Lernen** (z.B. Lidschlagreflex) und **Zeitabstimmung**.

- **Basalganglien**

In die **Basalganglien** kommen Informationen von motorischen, sensorischen und präfrontalen Kortex und der Substantia nigra. Sie gelangen dann in den Thalamus und die Substantia nigra. Die Funktionen sind die **Überprüfung von Bewegungsentwürfen** und die **Hemmung von Begleitbewegungen** (z.B. Finger einzeln bewegen).

Motorische Kortexareale

- **Primärer motorischer Kortex**

Der **primäre motorische Kortex** beeinflusst die Extremitäten der **kontralateralen Körperhälfte**. Im primären motorischen Kortex sind die Bereiche entsprechend dem Körper abgebildet (**somatotop**).

- **Supplementär-motorischer Kortex**

Der **supplementär-motorische Kortex** dient dem Erlernen von **komplexeren Bewegungsabfolgen** und zur **Vorstellung von Bewegungen** (mentales Training). Er projiziert zu **beiden Körperhälften** gleichermaßen, ist jedoch trotzdem **somatotop** aufgebaut.

- **Prämotorischer Kortex**

Im **prämotorischen Kortex** findet die **Bewegungsstartphase** statt. Außerdem werden hier **komplexere Bewegungen generiert** (besonders **Rumpfmuskulatur**).

- **Posterior parietaler Kortex**

Der **posterior parietale Kortex** dient vor allem der **Raum-Zeit-Koordination** und ist mit dem **Aufmerksamkeitssystem** verbunden.

Pathologie

- **Pyramidale Störung** Pathologische Reflexe, Lähmung, spastische Tonuserhöhung
- **Kleinhirnstörung** Störung der Okulomotorik, Intentionstremor (Zittern), etc.
- **Morbus Parkinson** Rigor (Starrheit), Tremor, Hypokinese (eingeschränkte Bewegung), etc.
- **Chorea Huntington** Überschießende Bewegung, später Hypokinese bis Akinese

Begriffe

Quergestreifte Muskulatur, Muskelfaser, Mikrofibrillen, Sarkomer, Glatte Muskulatur, Myogener Tonus, Neurogener Tonus, motorische Einheit, α -Motoneuron, motorische Endplatte, Muskelspindel, γ -Motoneuron, Reflex, Reflexbogen, Eigenreflex (monosynaptischer Reflex), Fremdreiflex (polysynaptischer Reflex), reziproke Hemmung, Rückwärtshemmung, Renshaw-Neuron, Pyramidenbahn, extrapyramidales System, Nucleus ruber, Vestibulariskerne, Formatio reticularis, Basalganglien, primärer motorischer Kortex, supplementär-motorischer Kortex, prämotorischer Kortex, posterior parietaler Kortex, pyramidale Störung, Kleinhirnstörung, Morbus Parkinson, Chorea Huntington

Steuerung vegetativer Funktionen, Hormonsystem

Vegetatives Nervensystem

Die Hauptaufgabe des **vegetativen Nervensystems** ist die **Konstanthaltung** des **inneren Milieus (Homöostase)**. Es reguliert die Funktionen der inneren Organe weitgehend unbewusst (**autonomes Nervensystem**).

Sympathikus und Parasympathikus

Das **vegetative Nervensystem** lässt sich in das **sympathische Nervensystem**, das **parasympathische Nervensystem** und das **Darmnervensystem** einteilen. Während **Sympathikus aktivierend (ergotrop)** und **Parasympathikus regenerierend (trophotrop)** und damit weitgehend als Gegenspieler arbeiten, leistet das Darmnervensystem seine Arbeit weitgehend unabhängig.

Der **periphere Teil** des Sympathikus und Parasympathikus besteht aus hintereinander geschalteten Neuronen, die **präganglionären Zellen** im **Rückenmark** und die **postganglionären Zellen** in der Peripherie.

Die **Ganglien** der **präganglionären Zellen** des **Sympathikus** befinden sich im **Grenzstrang** neben der Wirbelsäule.

Die **Ganglien** der **präganglionären Zellen** des **Parasympathikus** befinden sich im **Hirnstamm** und im **Sakralmark** (Rückenmark im Kreuzbein). Die **postganglionären Zellen** befinden sich im Gegensatz zum Sympathikus sehr nah oder sogar direkt in den Wänden des Erfolgsorgans.

Wirkung

Einige **Wirkungen** des Sympathikus und Parasympathikus:

- **Ergotrope Reaktion (Sympathikus)**
 - Pupillenerweiterung
 - Herzfrequenz steigt
 - Adrenalinfreigabe
 - Harnverhaltung

- **Trophotrope Reaktion (Parasympathikus)**
 - Pupillenverengung
 - Herzfrequenz sinkt
 - Harnentleerung

Varikositäten

Die **Varikositäten** bilden die Präsynapsen der **postganglionären Zellen** an den entsprechenden Muskelzellen. Varikositäten bilden lange **Stränge mit Verdickungen**, welche einen großen Abstand zum subsynaptischen Bereich haben.

⇒ Der synaptische Effekt ist daher **langsam** und **großflächig**.

Übertragungsarten im vegetativen Nervensystem

- Der **Sympathikus** verwendet an den **präganglionären Synapsen Acetylcholin**, welche auf **nikotinerge Rezeptoren** reagieren. An den **postganglionären Synapsen** wird **Noradrenalin** verwendet, welche auf **α-adrenerge Rezeptoren** und **β-adrenerge Rezeptoren** ansprechen. Die unterschiedlichen Rezeptoren können teilweise gegensätzliche Reaktionen auslösen.

- Der **Parasympathikus** verwendet sowohl für **präganglionäre**, als auch für **postganglionäre Zellen Acetylcholin**, welches auf **nikotinerge Rezeptoren** reagiert.

Krankheiten

Da das **vegetative Nervensystem** eng mit unterschiedlichen **Hirngebieten** zusammenhängt, kommt es bei vielen Krankheiten zu Problemen im vegetativen Nervensystem.

⇒ Beispiele sind **Parkinson** oder **Schlaganfall**.

Medikamente

Als Medikamente lassen sich Agonisten und Antagonisten einsetzen:

- **Sympathomimetika (β 2-spezifisch)**
Erweitern Bronchien bei Asthma, kaum Aktivierung des Herz (hier β 1-Rezeptoren)
⇒ Sehr genaue Wirkung, früher keine genaue Trennung zwischen 1 und 2 möglich
- **Sympatholytika (β 1-Rezeptor-Blocker)**
Dämpfende Wirkung auf das Herz

Hormonsystem

Hormone werden in **spezifischen Zellen** synthetisiert und ins **Blut** abgegeben. Vor dort aus können sie fast jede Stelle des Körpers erreichen, wo sie dann an den entsprechenden Zielzellen ihre Wirkung (je nach Zielzelle) entfalten. Über Sensoren wird der aktuelle **Istwert mit dem Sollwert** verglichen. Damit kann ein Hormongleichgewicht aufrechterhalten werden.

Lipophile und Hydrophile

- **Lipophile** sind **fettlöslich** und können damit direkt durch die **Doppellipidschicht** einer Zelle, wo sie mit Rezeptoren im **Zytoplasma** oder im **Zellkern** Verbindungen eingehen.
- **Hydrophile** sind **wasserlöslich** und können daher nicht direkt in die Zelle eindringen. Sie docken an **Rezeptoren an der Membran** an und können über **second-messenger-Prozesse** ihre Wirkung im Zellinneren entfalten.

Übertragungsmöglichkeiten

- **Autokrine Übertragung**
Bei der autokrinen Übertragung wirkt das Hormon auf **die eigene Zelle zurück**.
- **Parakrine Übertragung**
Bei der parakrinen Übertragung wirkt das Hormon auf **die Zellen in unmittelbarer Nachbarschaft**.
- **Endokrine Übertragung**
Bei der endokrinen Übertragung wird das Hormon meist von bestimmten Drüsen in die **Blutbahn** gegeben, wo es an mehreren **Zielzellen** im Körper seine Wirkung entfalten kann.
- **Neuroendokrine Übertragung**
Bei der neuroendokrinen Übertragung wird das Hormon ebenfalls in die **Blutbahn** gegeben, es wird jedoch von **Neuronen** aufgenommen.
- **Neurokrine Übertragung**
Bei der neurokrinen Übertragung wird das **Neurohormon von Nervenzellen abgegeben**.

Hormonproduzierende Organe

- **Bauchspeicheldrüse (Pankreas)**
Abgabe von **Verdauungsenzyme** direkt in den Dünndarm. Außerdem synthetisiert die Pankreas **Insulin** welches Glukose abbaut und allgemein für regenerative Prozesse wichtig ist und den Gegenspieler **Glukagon**, welcher Glukose freisetzt. Ein korrektes Zusammenspiel beider Hormone ist wichtig.
- **Schilddrüse**
Synthetisierung von **Trijodthyronin** und **Thyroxin**, welche den **Grundumsatz** steigern und für

Wachstum von Bedeutung sind. Aufgrund eines Jodmangels vergrößert sich die Schilddrüse (Kropf) und der Grundumsatz wird reduziert (Gewichtszunahme). Während dem Wachstum kann es dabei zu Entwicklungsstörungen kommen. Bei einer Überfunktion kommt es zu Hyperaktivität und Gewichtsabnahme.

▪ **Nebennierenmark**

Sekretion von **Adrenalin** und **Noradrenalin** in die **Blutbahn**, welche **Herzschlag und Blutdruck** erhöhen. Sie erweitern die Bronchien und hemmen die Magen-Darm-Trakt Aktivität.

▪ **Nebennierenrinde**

Produziert drei Arten von **Steroidhormonen**:

- **Glukokortikoide** sind u.a. wichtig für die Stressreaktion (Blutzucker, Entzündungshemmend)
- **Mineralokortikoide** halten u.a. den Harn zurück
- **Androgene** sind u.a. männliche Sexualhormone

▪ **Epiphyse**

Produziert **Melatonin**, welches u.a. für die Schlafregulation von Bedeutung ist.

Beispiel: Oxytocin

Oxytocin wirkt vor allem bei **Beginn der Geburtsphase** und ist für die **Wehen** (rhythmische Kontraktion der glatten Muskulatur der Gebärmutter) verantwortlich.

Außerdem ist es zur **Milchejektion** in der **Stillzeit** von Bedeutung.

Des Weiteren hat es wohl eine **negative Auswirkung** auf die **Gedächtnis und Lernleistung** und **stimuliert** das **Brutpflege- und Sexualverhalten** (Treuehormon).

Seminar: Oxytocin

Oxytocin hat neben den Funktionen von **Wehen** und **Milchejektion** also **Hormon** noch weitere Funktionen als **Neurotransmitter**. Dazu zählt vor allem die **Bindung**. Bei **monogam** lebenden Tieren kann ein **erhöhter Oxytocin-Spiegel** festgestellt werden. Oxytocin erhöht somit auch die **Treue** und das **Vertrauen**.

Gleichzeitig hat dieser hohe Bindungsgrad einen **Ausschluss anderer** zur Folge. Gegenüber nicht gebundenen Artgenossen kann Oxytocin z.B. zu **Neid** führen.

Begriffe

Vegetatives Nervensystem (autonomes Nervensystem), inneres Milieu, Homöostase, sympathisches Nervensystem (Sympathikus), ergotrop (+Wirkung), parasympathisches Nervensystem (Parasympathikus), trophotrop (+Wirkung), präganglionäre Zelle, postganglionäre Zelle, Grenzstrang, Hirnstamm, Sakralmark, Varikosität (+Eigenschaft), Acetylcholin, Noradrenalin, α -adrenerge Rezeptoren, β -adrenerge Rezeptoren, nikotinerge Rezeptoren, Parkinson, Schlaganfall, Sympathomimetika, Sympatholytika

Hormon, Istwert, Sollwert, Lipophile, Hydrophile, Autokrine Übertragung, Parakrine Übertragung, Endokrine Übertragung, Neuroendokrine Übertragung, Neurokrine Übertragung, Bauchspeicheldrüse

(Pankreas), Schilddrüse, Nebennierenmark, Nebennierenrinde, Epiphyse, Oxytocin (Hormon, Neurotransmitter)

Stress und Krankheitsabwehr (Psychoneuroimmunologie)

Als **Stress** wird der **Bewältigungsversuch** eines **Stressors** (Reiz mit Aufforderungscharakter) bezeichnet. Stress ist die **Auslenkung** aus dem **optimalen Funktionsniveau** des Körpers.

Hans Selye (1907-1982) wird als „**Vater der Stressforschung**“ bezeichnet, da er die Existenz des Stressses als **Krankheit** nachgewiesen.

Phasen der Stressreaktion

Generalisiertes Anpassungssyndrom

1. **Alarm** Adrenalin, Flucht-oder-Kampf-Reaktion, Kortisolproduktion
2. **Widerstand** Coping
3. **Erschöpfung** Mögliche längerfristige Schäden

Stressfolgen

Im Rahmen einer **natürlichen Bedrohung** ist Stress eine **sinnvolle Anpassung** in Form von **Flucht** oder **Kampf**. Ein **Dauerstress** führt jedoch zu einer **Verminderung des Aggressionsverhaltens**, **Abmagerung** und **Schwächung des Immunsystems**.

Stresstypische Emotionen sind:

⇒ **Angst, Erstarren, Aggression**

Theorie der erlernten Hilflosigkeit

In Folge von längerer **Hilflosigkeit** und **Machtlosigkeit** tendieren Organismen dazu **negative Zustände** zu **dulden** und sie nicht mehr abzustellen, **obwohl sie es könnten** (Versuch mit Hunden).

Biologische Grundlage

An einem Rattenexperiment konnte in der Gruppe der Tiere im Hilflosigkeitszustand (ohne Fluchtmöglichkeit) eine **Verminderung der Neurogenese im Hippocampus** festgestellt werden. Das Lernen ist damit also nur Vermindert möglich.

Es besteht aber dennoch ein hoher Grad an **Individualität**.

Folgen der Hilflosigkeit

Die Übertragung auf den Menschen ist schwierig in Bezug auf Kausalbezüge. Es besteht jedoch eine **Korrelation** zwischen **Kontrollverlust bzw. Hilflosigkeit** und **Angst, Depression sowie Apathie**.

Stressverarbeitung

Transaktionales Stressmodell

Das **transaktionale Stressmodell** geht von einer **komplexen Wechselwirkung** zwischen **Anforderung** und **Bewältigungsmöglichkeiten** aus. Die unterschiedlichen **Anfälligkeiten** für Stressoren werden begründet mit:

- **Kognitive Verarbeitung**
- **Bewertungsprozessen**
- **Bewältigungsstrategien.**

Physiologie

Die **körperliche Verarbeitung** des Stresses findet vor allem in zwei Bereichen des Körpers statt:

- **HPA-Achse (Hypothalamus-Hypophyse-Nebennierenrinde-Achse)**
- **Sympathischen Nervensystem**

Folgen der Stressreaktion

Die Folgen der Stressreaktion sind vor allem hormonell (u.a. Cortisol) und neuronal (u.a. Immunzellen).

Die **kurzfristigen Folgen** sind zunächst positiv. U.a. Verbesserung der **körperlichen Leistungsfähigkeit** und des **Lernvermögens**.

Die **langfristigen Folgen** sind eher negativ. U.a. zunehmend **schlechtere Leistung** und **Destabilisierung** anderer Systeme (⇒ Siehe Psychoneuroimmunologie).

Psychische Störungen

- Depression
- Posttraumatische Belastungsstörung
- Angststörungen
- Essstörungen
- Schlafstörungen
- Zwangsstörungen
- Schizophrenie

Psychoneuroimmunologie

Die **Psychoneuroimmunologie** beschäftigt sich mit der **Wechselwirkung** von **Verhalten** und **Immunsystem** (inklusive Hormon- und Nervensystem).

Zwei Disziplinen, welche sich mit Krankheiten beschäftigen, welche psychische Ursachen haben sind die **Psychosomatik** und die **Verhaltensmedizin**.

Krankheiten

Die Grundannahme ist, dass Krankheiten durch **psychische Faktoren** ausgelöst, beeinflusst oder aufrechterhalten werden können. Einige solcher Krankheiten sind:

- Fehler im Immunsystem (z.B. **Allergie**)
- **Bluthochdruck**

- **Herzerkrankung**
- **Magen- bzw. Zwölffingerdarmgeschwür**
- etc.

Sollten die Krankheitssymptome wiederum **Stress auslösen**, so ist eine **psychologische Intervention** nötig:

- **Hilfe bei der Krankheitsbewältigung** (z.B. Lachtherapie)
- **Verhaltenstraining** (z.B. Kratzen vermeiden)
- **Stressbewältigungstraining**

Beispiel: Magen-, Zwölffingerdarmgeschwür

Das **Magengeschwür** kann entweder **unmittelbar** (direkt durch das Immunsystem) oder **mittelbar** (über ungesunde Verhaltensweisen aufgrund des Stress) entstehen.

Die Schädigung kann entweder aufgrund einer **Überproduktion von Magensäure** und durch die **Beeinträchtigung des Schutzes** gegen die Magensäure auftreten.

Die häufigste Ursache ist jedoch eine **Infektion**. Stress wirkt meistens nur verstärkend, nicht aber Ursächlich.

Immunabwehr

Die Immunabwehr wird in zwei Bereiche unterschieden:

- **Unspezifische angeborene Immunabwehr**
Hier sind vor allem **Makrophagen** (große Fresszellen) von Bedeutung, welche Erreger abbauen. Das System muss hier allerdings zwischen **eigenen und fremden Zellen** unterscheiden. Weitere allgemeine Mechanismen sind **Fieber, Schleimhäute, Salzsäure** im Magen, etc.
- **Spezifische Immunabwehr**
Die spezifische Immunabwehr wird im Laufe des Lebens aus **Krankheitserfahrung** erworben. Der Körper bildet ein **Gedächtnis** für Krankheiten (u.a. auch Ansatz für Impfungen).

Beispiel: Allergie

Eine Allergie ist eine Überreaktion des Körpers auf eigentlich unschädliche Substanzen. Es werden Antigene (in diesem Fall als Allergen bezeichnet) gebildet, welche Krankheitssymptome auslösen (Niesen, Jucken, Fieber, Schwellung, etc.). Die Ursachen sind:

- **Genetische Veranlagung**
- **Extreme Exposition** (Aussetzung mit schädlichen Stoffen)
- **Erhöhte Durchlässigkeit der (Schleim-)Häute**
- **Starke psychische Belastung** (Entgleisung der Immunabwehr)

Stress im Alltag

Wichtig ist vor allem Probleme direkt anzugehen und sie nicht aufzuschieben. Durch **Aufschieben erhöht** sich nicht nur der **Stress**, es **verringert** sich auch die **Leistung**.

Stress kann außerdem die Krankheitsverlauf intensivieren bzw. die **Heilung ausbremsen**. Auch können z.B. Impfungen nicht ihren vollständigen Schutz aufbauen.

Begriffe

Stress, Stressor, Hans Selye, Anpassungssyndrom (Alarm, Widerstand, Erschöpfung), Dauerstress, Stresstypische Emotionen, Theorie der erlernten Hilflosigkeit (Neurogenese im Hippocampus), transaktionales Stressmodell (Kognition, Bewertung, Bewältigung), HPA-Achse, sympathisches Nervensystem, kurzfristige Folgen, langfristige Folgen, Psychoneuroimmunologie, Psychosomatik, Verhaltensmedizin, Bluthochdruck, Herzerkrankung, Allergie (+Ursachen), Magengeschwür (mittelbar, unmittelbar), psychologische Intervention, unspezifische angeborene Immunabwehr, Makrophagen, spezifische Immunabwehr, Aufschieben

Sucht und Drogen

Die **Sucht** (bzw. im Folgenden **Abhängigkeit**) hat zwei zentrale Eigenschaften:

- Starkes ununterdrückbares Verlangen
- Einnahme der Substanz verändert Verhalten (Droge erhält Priorität)

Drogen haben eine direkte Einwirkung auf das **zentrale Nervensystem** und führen zu einer positiven Wirkung für die Befindlichkeit. Sie können, müssen aber nicht zu einer schädlichen körperlichen oder psychischen Wirkung führen. Drogen können sein:

- **Arzneimittel** (z.B. Betäubungsmittel)
- **Legale Drogen** (z.B. Alkohol, Nikotin, Koffein)
- **Illegale Drogen** (z.B. Heroin, Kokain)
- **Zweckentfremdete Stoffe** (z.B. Lösungsmittel, Deo)

Diagnose nach ICD-10

Mehr als drei der Kriterien müssen mindestens einen Monat bestehen:

- **Verlangen** oder Zwang des Drogenkonsums
- **Verminderte Kontrolle** des Gebrauchs (Beginn, Beendigung, Menge)
- **Körperliches Entzugssyndrom**
- **Toleranzentwicklung** (größere Mengen erforderlich)
- **Einengung und Konzentrierung** auf den Substanzgebrauch (Vernachlässigung anderer Dinge)
- **Anhaltender Konsum** trotz **schädlicher Folgen**

Neurobiologie

Trotz starker **unterschiedlicher chemischer Eigenschaften** funktionieren die **Basisprozesse** für eine Abhängigkeit **sehr ähnlich** und basieren allgemein auf dem **Belohnungssystem**. Eine Reizung dieses Bereichs führt zur **Lustempfindung**, was vor allem auf dem **Dopaminsystem** beruht.

Das mesolimbische System

Die drei Dopaminsysteme im Gehirn liegen im Hypothalamus, im nigrostriatalen System (motorische Funktionen) und im **mesolimbischen System**. Letzteres gilt als das **Belohnungszentrum** und spielt eine Rolle bei Suchterkrankungen und u.a. auch der Schizophrenie.

In Versuchen mit Ratten konnte gezeigt werden, dass eine direkte **Selbststimulation** des **mesolimbischen Systems** zu einer **Überwindung** von jeglichen **Schmerzgrenzen** und einer **Vernachlässigung** von Nahrungsaufnahme, Paarungsverhalten, Brutpflege und Körperpflege führte.

Psychische Abhängigkeit

Durch die **kompensatorische Gegenregulation** des Systems kommt es zu den **Entzugserscheinungen**. Demnach wäre die **Ursache für den Konsum** die **Entzugserscheinung**.

Die Entzugssymptome variieren aber auch durch **spezifische Situation** und können daher auch auf den **Wunsch des Wiedererlebens** zurückgeführt werden.

Die Abhängigkeit durch die **physikalischen Entzugssymptome** können folgendes nicht erklären:

- **Ursprüngliche Abhängigkeitsentwicklung**
- **Anhängigkeitspotenzial und Entzugssymptome** sind nicht immer proportional
- **Rückfallquote** nach Entgiftung

Neuere Befunde geben als Ursache für eine Suchterkrankung das **Verlernen der Konsequenzen** aufgrund einer **LTD** (long-term depression) **durch die Substanz** an.

Genetische Faktoren / Umweltfaktoren

Die Abhängigkeitserkrankung ist ein **erworbenes Verhaltensmuster** bei **vorhandener Prädisposition**.

- Zu den **genetischen Faktoren** gehört eine erhöhte **Ansprechbarkeit** auf bestimmte Substanzen, **Persönlichkeitseigenschaften** („sensation seeking“) und evtl. eine **physiologische Grundlage** (D2-Dopamin-Rezeptorschwankung).
- Zu den **Umweltfaktoren** gehören vor allem die **familiäre Bindung**, die Bindung an **Institutionen** und andere **biographische Aspekte** (z.B. Schulerfolg).

Substanzen

Kokain

● **Der Abhängigkeitsprozess**

Kokain **hemmt** den **Rücktransport** von **Dopamin** in die Präsynapse. Die Dopamin-Konzentration im synaptischen Spalt steigt an.

- **Kurzfristig**: Überstimulation
- **Langfristig**: Morphologische Umbauprozesse → Entzugserscheinungen

● **Die Drogenwirkung**

Kokain **hemmt** den **Rücktransport** von **Adrenalin** und **Noradrenalin** in die Präsynapse. Die Transmitter-Konzentration im synaptischen Spalt steigt.

- Stimulierende psychoaktive Wirkung
- Später Erschöpfung und Depression
- Kann psychotische Wirkung haben (z.B. Schizophrenie)

Opiate

Opiate (u.a. Morphin, Kodein) werden aus **Opium** (Schlafmohn) gewonnen. **Heroin** ist wiederum ein **Morphin-Derivat**.

- **Direkte Wirkung:** Steigerung der **Sensibilität für Dopamin** im mesolimbischen System
- **Indirekte Wirkung: Hemmung GABAerger Neurone** (hemmen Dopaminausschüttung)
- Die **Toleranz** entwickelt sich durch eine **Empfindlichkeitsabnahme der Opiat-Rezeptoren** und eine **Beschleunigung des Abbaus** der Droge. Außerhalb des gewohnten Umfeldes nimmt die Toleranzbildung jedoch ab (**Gegenreaktion Konditioniert**).
- Die **Therapie** wird mittels **Methadonsubstitution** erreicht. **Methadon** wirkt wie das Opiate, es kann jedoch unter **kontrollierten Bedingungen** gegeben werden. Das Ziel ist eine **Dosisreduktion**.

Medikamente

Viele Medikamente sind nicht abhängigkeits erzeugend. Ein **abhängigkeitserzeugendes Medikament** sind **Benzodiazepine**. Eigentlich dienen Benzodiazepine der **Angst- und Schlafstörungenbehandlung**. Eine ungewollte Wirkung ist jedoch die **Hemmung GABAerger Neurone**, was wiederum zu einer **stärkeren Dopaminausschüttung** führt.

Nikotin

Nikotin ist ein **Agonist** des **nikotinerger Acetylcholin-Rezeptors**.

- **Kurzfristig:** Stimulierend in niedriger Dosierung
- **Langfristig:** Rezeptoranzahl erhöht sich (da stärkere und längere Besetzung als sonst)

Nikotinkonsum führt langfristig zu **Unruhe** und **Konzentrationsstörungen**.

Die **Abhängigkeit** entsteht durch einen indirekten Eingriff in das mesolimbische System.

⇒ Nikotin regt die **Ausschüttung von Dopamin präsynaptisch** an.

Eine **Therapiemöglichkeit** ist die **Nikotinsubstitution** (Pflaster, Kaugummi, Spray, etc).

Alkohol

- **Kurzfristig:** Die **Glutamatwirkung wird reduziert**, während die **GABA Wirkung verstärkt** wird, wodurch die **zentralnervösen Funktionen gedämpft** werden.

Außerdem wird **Dopamin ausgeschüttet**, was zu einer **Euphorisierung und Enthemmung** führt.

- **Langfristig:** Durch eine Glutamat-Beeinträchtigung kommt es zu **Lern- und Gedächtniseinbußen (Wernicke-Korsakow-Syndrom)**. Während die **Glutamat-Rezeptordichte erhöht** wird, **sinkt** die der **GABA-Rezeptoren**. Hier kommt es sowohl zu einer **Toleranzentwicklung**, als auch zu einer **Angstreaktion bei Entzug**.

Weitere Substanzen

Diese Substanzen haben nur ein **mäßiges bis niedriges Abhängigkeitspotenzial**.

- **Halluzinogene**
Halluzinations- und Illusionsauslösend (z.B. LSD oder bestimmte Pflanzenextrakte) und wirken auf das **Serotonin-System**.
- **Ecstasy**
Gehört zu den **Psychostimulanzien** und wirkt auf das **Serotonin- und Noradrenalin-System** (teilweise auch auf das Dopamin-System).

- **Cannabis**

Führt zu **Entspannung und Beruhigung** und lindert Schmerz und Übelkeit. Spricht auf bestimmte **Cannabinoid-Rezeptoren** an.

Stoffungebundene Abhängigkeit

Stoffungebundene Abhängigkeiten definieren sich wie die **stoffgebunden Abhängigkeiten** (Einengung, Kontrollverlust, Toleranz, Entzug, soziale Folgeschäden).

Zu ihnen gehören unter anderen:

- **Glückspielsucht**
- **Internetsucht**
- **Arbeitssucht**
- **Sportsucht**
- **Kaufsucht**

- **Gemeinsamkeit:** Da das **mesolimbische System** auch bei **natürlichen Situationen** auftritt (Nahrung, Sex), wirkt die Abhängigkeit wie die der stoffgebundenen Abhängigkeit.

- Die **Unterschiede** liegen vor allem darin, dass es **keine primären**, sondern nur **sekundäre Folgeschäden** gibt und dass es keine **gegenregulatorische Entzugserscheinung** gibt.

- Die **Therapie** besteht aus dem Lernen eines **kontrollierten Verhaltens** und allgemeine Ansätze (z.B. **Stressbewältigung**). Die stoffungebundenen Abhängigkeiten sind jedoch noch **nicht klassifiziert** und **umstritten**. Insgesamt besteht hier noch Forschungsbedarf.

Suchbehandlung

Die Behandlung ist meist eine Kombination aus **Verhaltenstherapie** und **Pharmakotherapie**. Die **Erfolgsquoten** sind jedoch **sehr gering**. Faktoren wie **Stress, Priming** (Aktivierung impliziter Gedächtnisinhalte), **Hinweisreize** lösen schnell wieder einen Rückfall aus.

Priming und Hinweisreize sind **Lernmechanismen**. Daher ist davon auszugehen, dass der größte Faktor für Rückfälle die **Kontextabhängigkeit** ist. Wichtig ist also ein **radikaler Umgebungswechsel**.

Begriffe

Drogen (allgemeine Unterteilung), Diagnose (ICD-10), Belohnungssystem (mesolimbisches System), psychische Abhängigkeit (+Gründe), LTD durch Substanz, genetische Faktoren, Umweltfaktoren, Kokain, Opiate, Medikamente (Benzodiazepine), Nikotin, Alkohol, Halluzinogene, Ecstasy, Cannabis, stoffungebundene Abhängigkeit (Gemeinsamkeiten, Unterschiede), Behandlung (Verhalten, Pharmako), Kontextabhängigkeit

Schmerzverarbeitung (Nozizeption)

„Schmerz ist ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit tatsächlicher oder drohender Gewebsschädigung einhergeht oder von betroffenen Personen so beschrieben wird, als wäre eine solche Gewebsschädigung die Ursache.“ (Internationale Gesellschaft zum Studium des Schmerzes)

Die Schmerzempfindung ist eine **eigene Sinnesmodalität**, welche über das **nozizeptive System** verarbeitet wird. Während der **Schmerz** die **bewusste Wahrnehmung** meint, bezeichnet **Nozizeption** die **objektiven Vorgänge**. Ein **noxischer Reiz** ist ein **gewebsschädigender Reiz**.

An einen **noxischen Reiz** ist direkt eine **negative Emotion** (Schmerz) gekoppelt, damit die Schmerzursache vermindert wird (**Schutzfunktion**).

Eine Emotion kann jedoch auch **ohne adäquate Reizung** entstehen. Die Entstehung des Schmerzes unter nur unter Einbezug der **Psychophysiologie** zu erklären.

Eine zweckmäßige und gefühlsmäßig **normale Schmerzreaktion** ist nicht angeboren.

⇒ **Frühkindliches Schmerzlernen**

Klassifikation von Schmerz

Schmerzqualität

Schmerz kann an unterschiedlichen Stellen auftreten (**Schmerzqualität**):

- **Oberflächenschmerz** (Haut)
- **Tiefenschmerz** (Bindegewebe, Muskeln, Knochen, Gelenke)
- **Eingeweideschmerz** (Viszerale Organe)

Schmerzkomponenten

- **Sensorische Komponente**
Bewusste Wahrnehmung des Schmerzes über Lokalisation, Intensität, sowie Beginn und Ende des Schmerzes.
- **Affektive Komponente**
Emotionale Wahrnehmung des Schmerzes: Unlustbetont, gestörtes Wohlbefinden, Vermeidungsbedürfnis
- **Vegetative Komponente**
Reflektorische Reaktion über das **autonome Nervensystem** über die Anpassung des Blutdrucks, Herzfrequenz, Atmung, Übelkeit, etc.
- **Motorische Komponente**
Reflexe zur Flucht bzw. zum Schutz und Muskelverspannung, aber auch Reaktion aus Schmerzbewertung (Mimik, Bewegung, etc.).
- **Kognitive Komponente**
Schmerzbewertung durch Kombination von **sensorischer, affektiver** und **vegetativer** Komponente. Außerdem:
 - **Schmerzgedächtnis**
 - **Sozialen Kontext**
 - **Psychologischen Kontext.**

Das nozizeptive System

Das **nozizeptive System** ist ähnlich dem **somatosensorischen System** aufgebaut. Die **Fasern laufen parallel**, die **Verschaltung im Rückenmark** ist ähnlich und die **Projektionsgebiete** sind teilweise identisch.

Die Nozizeptoren

Die **Nozizeptoren (Schmerzrezeptoren)** sind meist **freie pseudounipolare Nervenenden**, welche entweder **unmyelinisiert (C-Fasern)** oder nur **schwach myelinisiert (A δ -Fasern)** sind.

Nozizeptoren können **unimodal** (reagieren nur auf eine Reizart), **polymodal** (reagieren auf verschiedene Reizarten) oder **stumm** (schlafend, inaktiv) sein. Reizarten können sein: **mechanisch, thermisch, elektrisch** oder **chemisch**.

Plastizität der Nozizeptoren

Entzündungsmediatoren (Überträgerstoffe) können die **Schwelle** der **polymodalen Nozizeptoren senken** und die **stummen Nozizeptoren aktivieren**. Dadurch entsteht eine gesteigerte Schmerzempfindlichkeit (**Hyperalgesie**). Durch **Spontanaktivität** kommt es zum **Ruheschmerz**.

Schmerzweiterleitung

Die Schmerzleitung besteht aus den relativ langsamen **A δ -Fasern**, welche den **1. Schmerz (kurz, scharf, präzise)** erzeugen und sehr langsamen **C-Fasern**, welche den **2. Schmerz (langanhaltend, brennend, dumpf)** erzeugen.

- **Spinoretikulärer Trakt:** Schmerzaktivierend
- **Spinomesenzephaler Trakt:** Schmerzhemmend
- **Spinothalamischer Trakt:** u.a. sensorische Komponente

Die Verarbeitung des Schmerzes findet in **diversen Hirnregionen** statt: somatosensorischer Kortex, anteriorer Gyrus cinguli, Inselrinde, dorsolateraler präfrontaler Kortex, Thalamus, Kleinhirn, Hypothalamus, Amygdala, periaquäduktales Grau

Schmerzhemmung

Die **Schmerzhemmung (Analgesie)** hat ihren Sinn vor allem beim **erhalten wichtiger Aktivitäten** bei **chronischen Schmerzen**. Außerdem ist bei **unvermeidbarem Schmerz** (also bei bewusster Wahrnehmung) eine Schmerzreaktion **überflüssig**. Auch ist es wichtig, dass der Schmerz in bestimmten Situationen unterdrückt wird, in denen hohe **Konzentration gefordert** ist (z.B. Kampf).

Opiate

Die Schmerzen können über **körpereigene Opiate** gehemmt werden, wofür eigene **Opiatrezeptoren** an den Neuronen des **nozizeptiven Systems** existieren. Die körpereigenen Opiate (u.a. **Endorphine, Enkephaline, Dynorphine**) werden vor allem in der **Hypophyse** und im **Nebennierenmark** gebildet.

Gate-Control-Theorie

Die **Gate-Control-Theorie** beschreibt eine über **Interneurone gesteuerte Verschaltung**. **C-Fasern und A δ -Fasern** wirken direkt und über ein **hemmendes Interneuron** auf ein **Projektionsneuron** ein. Zusätzlich wirken **absteigende Fasern vom Gehirn** u.U. hemmend.

Endogene Schmerzhemmung

Durch **endogene Opiate** (= im Inneren erzeugte Opiate), **Interneurone im Rückenmark** und **endorphine Neurone im Hirnstamm** kommt es zu einer **Hemmung** der an der Schmerzverarbeitung beteiligten **Transmitter** (z.B. Substanz P). Dadurch wird die **Reizschwelle angehoben** und die noxischen Reize abgeschwächt.

⇒ **Analgesie (Schmerzausschaltung)**

Gelernte Schmerzhemmung

Nach einer **starken Belastung** folgt zunächst eine **kurzfristige Schmerzhemmung (Stress-Analgesie)**, welche durch eine **hohe Ausschüttung** der **endogenen Opiate** verursacht wird. Gehemmt wird diese Reaktion wiederum durch **Nalaxon (Opioid-Antagonist)**.

Diese Reaktion kann **klassisch Konditioniert** werden. Die **Schmerzunempfindlichkeit** hängt mit der **auslösenden Situation** zusammen.

Substanzen

Einige Substanzen sind eher bei den **schmerzfördernden Prozessen** beteiligt, andere eher bei den **schmerzhemmenden**.

- Zu den **schmerzfördernden Substanzen** gehören **Glutamat** (auf Rückenmarksneuron), **Substanz P**, **Neurokinin A** und **Aspartat**.
- Zu den **schmerzhemmenden Substanzen** gehören **Serotonin**, **Noradrenalin**, **Neuropeptid Y**, **GABA** und **Glycin**.

Besondere Schmerzformen

Projizierter Schmerz

Beim **projizierten Schmerz** wird der Schmerz an einer **anderen Stelle** wahrgenommen, als er entsteht. Der projizierte Schmerz entsteht vor allem, wenn eine **afferente Faser gereizt** wird. Hier wird dann fälschlicherweise angenommen, dass der Schmerz direkt an den **Rezeptoren der Faser** entstanden ist und nicht mitten in der Faser.

Übertragender Schmerz

Eine Reizung der Eingeweide führt zu einer **Übertragung der Schmerzen** auf die **entsprechende Oberfläche**. Die **Head-Zonen** (Dermatome) sind Areale der Körperoberfläche, welche mit den Eingeweiden auf die **gleichen Neurone im Rückenmark** zurückführen.

Phantomschmerz

Als **Phantomschmerz** bezeichnet man den Schmerz, welcher in einem **amputierten Körperteil** entsteht. Dies kommt aufgrund von **zerstörten Afferenten Nerven**, neuronaler **Plastizität** und im Zusammenhang mit einer **Reorganisation kortikaler Repräsentationen**.

Chronischer Schmerz

Ein **chronischer Schmerz** liegt bei mind. 6 Monate anhaltendem Schmerz vor. Der Schmerz hat dabei seine **Warnfunktion verloren** und somit einen **eigenen Krankheitswert**. An jedem chronischen Schmerz sind sowohl **psychogene**, als auch **physiologisch medizinische** Faktoren beteiligt.

Meistens äußert sich diese in Rückenschmerzen, Tumorschmerzen, Kopfschmerzen, Gesichtsschmerzen oder Gelenkschmerzen.

- **Reaktionsstereotypie**

Patienten mit chronischem Schmerz reagieren bei Stress mit **Verkrampfung** der entsprechenden **Muskeln**, was zu weiteren **Entzündungsprozessen**, somit zu **weiteren Schmerzen** und wiederum zu einer **weiteren Anspannung** führt. Schmerzpatienten haben eine **schlechte Wahrnehmung der Verspannungen**.

- **Schmerzgedächtnis**

Patienten mit chronischem Schmerz **lernen schneller schmerzhaft Reaktionen** und behalten diese **länger im Gedächtnis**.

⇒ **Gefühls-Gedächtnis-Effekt**

Schmerzgedächtnis

Nach **unzureichend behandelten** starken Schmerzen kommt es zu einer **Langzeitpotenzierung** an den **Neuronen der Schmerzbahn (Schmerzgedächtnis)**. Die Folgen sind:

- **Hyperalgesie** (verstärkte Schmerzempfindung)
- **Allodynie** (Schmerzempfindung durch nicht schmerzende Reize)
- **Spontaner Schmerz** (ohne Reiz)

Positive und negative Verstärkung

Eine **positive Schmerzverstärkung** tritt z.B. in einem **sozialen Zusammenhang** ein, wenn z.B. ein **verstärkender Partner** in der Nähe ist.

Eine **negative Schmerzverstärkung** tritt z.B. bei ständiger **Schonhaltung** und **Vermeidung** ein. Auch die Einnahme von **Medikamenten bei chronischen Schmerzen** kann zu Schmerzsteigerung führen.

Schmerztherapie

Pharmakologische Methoden

- **Nicht-Narkotische Schmerzmittel** helfen die Ursachen zu vermeiden und **beseitigen Entzündungen** oder wirken auf **nozizeptive Neurone**.
- **Narkotische Schmerzmittel** binden an **Opioidrezeptoren** und **hemmen** damit die **Schmerzreaktion** des Körpers.
- **Psychopharmaka** (u.a. Antidepressiva) hilft gegen **affektive Begleiterscheinungen** des Schmerzes. Sie greifen in das Transmittersystem ein.
- **Örtliche Betäubung**

Physikalische Methoden

Eine physikalische Methode ist die **elektrische Schmerztherapie**. Dabei wird die Weiterleitung von Schmerzen durch elektrische Impulse **gehemmt** (Gate-Control-Theorie).

Die Stimulation geschieht entweder über die **Hautoberfläche (transkutane elektrische Nervenstimulation)** oder **operativ im Wirbelkanal (Hinterstrangstimulation)**.

Psychologische Methode

Eine psychologische Methode ist die **Verhaltensanalyse**. Dabei werden die **Auslöser des Schmerzes** bestimmt.

Das **Biofeedback** (psychophysiologische Methode) eignet sich zum **Erkennen von Verspannungen** und zum Lernen der Entspannung.

Seminar: Biofeedback

Um ein **Biofeedback** zu erreichen können verschiedenste **Körperwerte gemessen** werden. Entweder es werden Körperwerte von **unbewussten Vorgängen** gemessen, um dann Korrekturen (z.B. gegen Verspannung, Migräne, etc.) vornehmen zu können. Oder es werden **bewusste Vorgänge** gemessen (z.B. Atemmuster, kleine Muskelbewegungen, Augenbewegungen) um damit die Steuerung von bestimmten Prozessen zu übernehmen (z.B. Rollstuhl fahren, Schreiben, etc.).

Brain-Computer-Interface (BCI)

Als **Brain-Computer-Interface** wird eine Schnittstelle zwischen dem Gehirn und bestimmten durch Gehirnaktivität ausgelösten externen Reaktionen bezeichnet. Ein BCI kann **invasiv** (Implantat) oder **nicht-invasiv** (EEG) sein.

Begriffe

nozizeptives System, noxischer Reiz, Schutzfunktion, Psychophysiologie, Schmerzqualität (Oberflächenschmerz, Tiefenschmerz, Eingeweideschmerz), Sensorische Komponente, Affektive Komponente, Vegetative Komponente, Motorische Komponente, Kognitive Komponente, Nozizeptoren, A δ -Fasern, C-Fasern, unimodal, polymodal, stumm, Plastizität (Entzündungsmediatoren, Hypralgesie, Ruheschmerz), 1. Schmerz, 2. Schmerz, spinoretikulärer Trakt, spinomesenzephaler Trakt, spinothalamischer Trakt, Analgesie, körpereigene Opiate, Opiatrezeptoren, Gate-Control-Theorie, Projektionsneuron, endogene Schmerzhemmung, endogene Opiate, Stress-Analgesie, Nalaoxon, schmerzfördernde Substanzen, schmerzhemmende Substanzen, Projizierter Schmerz, Übertragener Schmerz, Phantomschmerz, Chronischer Schmerz (Reaktionsstereotypie, Gefühls-Gedächtnis-Effekt), Schmerzgedächtnis (Hyperalgesie, Allodynie, spontaner Schmerz), positive Schmerzverstärkung, negative Schmerzverstärkung, pharmakologische Methode (nicht-narkotisch, narkotisch, Psychopharmaka, örtliche Betäubung), physikalische Methode (elektrische Stimulation, transkutane elektrische Nervenstimulation, Hinterstrangstimulation), psychologische Methode (Verhaltensanalyse, Biofeedback), Brain-Computer-Interface (BCI)

Schlaf und Traum

Der **Schlaf** dient vor allem der **Reparatur** und der **Erholung**. Er ist Ergebnis der **evolutionären Anpassung** und hat sich als Selektionsvorteil herausgestellt.

Der Schlaf findet in **rhythmischen Perioden (circadianer Rhythmus)** statt. Diese Perioden werden vom **Nucleus suprachiasmaticus** autonom gesteuert. Dieser bildet damit einen Teil der **endogenen Oszillatoren** (innere Uhren). Der **Nucleus suprachiasmaticus** mit Sitz im **Hypothalamus** interagiert mit der **Zirbeldrüse**.

Melatonin wird in der **Zirbeldrüse (Epiphyse)** aus **Serotonin** vor allem bei Dunkelheit gebildet. Es reguliert den **Tag-Nacht-Rhythmus** und trägt zur **Müdigkeit** bei (auch als Medikament eingesetzt).

Die Schlafstadien

- **Wach** ⇒ **Alpha-** und **Beta-**Aktivität
- **Stadium 1** ⇒ **Beta-** und **Theta-**Aktivität
- **Stadium 2** ⇒ **Schlafspindeln** und **K-Komplexe**
- **Stadium 3** ⇒ 10-50% der Zeit **Delta-**Aktivität
- **Stadium 4** ⇒ mehr als 50% der Zeit **Delta**
- **REM** ⇒ **Theta-**Wellen (**Sägezahn**), Ähnlich Wach-Stadium

Stadium 3 und 4 werden auch als **Tiefschlafphase** bzw. **slow-wave-sleep (sws)** bezeichnet.

Der Schlafverlauf

Zu Beginn des Schlafes verläuft der Schlaf von **Phase 1 bis 4 nach unten**. Anschließend **steigt es wieder an**, während kurz **nach dem Stadium 1** der **REM-Schlaf** einsetzt. Nach einer kurzen REM-Phase fallen die Schlafphasen wieder ab in **Richtung Tiefschlaf**. Mit **zunehmenden Zyklen** kommt man jedoch **nicht mehr in die tieferen Phasen**. Hier beginnt dann z.B. schon nach Stadium 2 wieder das „wacher“ werden in Richtung REM-Schlaf.

Schlafphasen

REM-Schlaf

- Schnelle Augenbewegung (rapid eye movement)
- Hohe Weckschwelle
- Hohe Herzfrequenz
- Hohe Atemfrequenz
- Muskuläre Inaktivierung
- Hohe Genitaldurchblutung
- Lebhaftes Trauminhalte

- **Elektroenzephalogramm (EEG)**

Ähnlich dem Wachstadium gibt es hier **hochfrequenter Wellen**.

- **Neurobiologie**

Es treten **PGO-Wellen** auf. Als PGO wird eine Aktivierung des **Pons**, des **Corpus geniculatum laterale** und des **Okzipitallappens** bezeichnet.

Während der **Pons** für die **Augensteuerung** wichtig ist, täuscht der **Thalamus** (bzw. CGL) **visuelle Signale** vor. Der **Okzipitallappen** wandelt die Erregung in eine **visuelle Repräsentation** um.

Der Tiefschlaf

- Hohe Weckschwelle
- Müdigkeitsgefühl bei Wecken

- Niedriger Muskeltonus
- Keine Augenbewegung

- **Elektroenzephalogramm (EEG)**

Langsame Deltawellen

- **Neurobiologie**

Resonanz zwischen **Thalamus und Kortex**. Die Auslösung des Tiefschlafs ist noch nicht geklärt (evtl. serotonerge Impulse).

Biologische Funktion von Schlaf

Länger anhaltende **Schlafdeprivation** führt zum Tod. Der **Kernschlaf** beträgt **4-5 Stunden** und führt bei **Verkürzung** bereits zu **Konsequenzen**, der folgende Schlaf ist dann **Optionalschlaf**.

Nach längerer Schlafdeprivation kommt es zunächst zu **Wahrnehmungsverzerrungen**, **Beeinträchtigung der Motorik**, **Reizbarkeit**, **Nachlassen der Aufmerksamkeit**, etc.

Schlafdeprivation hat biologisch eine Änderungen im **Cortisolspiegel** und eine **Schwächung des Immunsystems** zur Folge.

Tiefschlaf und REM-Schlaf

Tiefschlaf und REM-Schlaf sind nach **langen Wachphasen länger aktiv**.

- Der Tiefschlaf ist vor allem für die Konsolidierung von **deklarativem (faktischen) Gedächtnis** wichtig und bewirkt allgemein **restaurative Funktionen** und ein **aktives Immunsystem**.
- Der REM-Schlaf ist für jegliche **implizite Gedächtnisvorgänge** (deklarativ, v.a. prozedural) wichtig ist und fördert das **Auswachsen von Synapsen**. Lernen erhöht z.B. vor allem die REM-Schlafdauer.

Schlafstörungen

Es gibt verschiedene Formen der **Schlafstörungen (Dyssomnien)**. Die **Insomnie** bezeichnet eine allgemeine Schlafstörung (Ein- oder Durchschlafprobleme). Die **Hypersomnie** bezeichnet bei einer verlängerten oder normalen Schlafzeit trotzdem ein vermehrtes Schlafbedürfnis. Die Prävalenz ist sehr hoch und liegt bei 20-30%.

Ursachen für Schlafstörungen

- **Psychiatrisch bedingt** (z.B. Depression)
- **Organisch bedingt** (z.B. Schlafapnoe)
- **Organisch und psychiatrisch unauffällig** (primäre Insomnie)

Formen der Schlafstörungen

- **Idiopathische Insomnie** **Genetisch** bedingte Schwäche des Schlafzentrums (selten)
- **Mangelnde Schlafhygiene** Unregelmäßige oder ungleichmäßige **Schlafverhältnisse**
- **Pseudoinsomnie** **Objektiv normaler Schlaf, subjektiv als schlecht** empfunden
- **Psychophysiologische Insomnie** Allgemein (Ein-)Schlafprobleme (häufig)

Therapie

Nichtpharmakologisch lassen sich Insomnien mit einer **ordentlichen Schlafhygiene** oder **Schlafrestriktion** (Schlafbegrenzung) therapieren.

Mit Hilfe von **Hypnotika** wie z.B. **Benzodiazepine** (Suchtgefahr) oder mit **Zolpidem** bzw. **Zopiclon** (geringere Suchtgefahr, ähnliche Wirkung) lassen sich Schlafprobleme ebenfalls lösen.

Parasomnien

Parasomnien sind **ungewöhnliche und ungewünschte Verhaltensweisen** oder Erleben im Schlaf.

- **Somniambulismus** **Schlafwandeln** im Tiefschlaf
- **Sexsomnia** **Sexuelle Handlung** im Non-REM-Schlaf
- **Alptraum** **Angst- und Panikträume** meist im REM-Schlaf

Hypersomnien

- **Narkolepsie**
Durch eine Fehlfunktion im **Schlaf-Wach-Zentrum** des **Hirnstamms** kommt es zu **Schlafanfällen** und **Kataplexien** (Verlust der Muskelanspannung).
- **Schlafapnoe-Syndrom**
Durch **Schäden im Gehirn** (bedingt auch durch Drogen oder Übergewicht) kommt es zu **Atemstillständen während dem Schlaf** (u.U. lebensbedrohlich).

Lernen im Schlaf

Eine wichtige Funktion des Schlafes ist die **Gedächtnisbildung**.

Der **REM-Schlaf** ist vor allem für das **prozedurale Gedächtnis** wichtig.

Für das **deklarative Gedächtnis** sind vor allem die früheren **Non-REM-Phasen** wichtig.

Die **Konsolidierung** geschieht über eine **aktive Reorganisation** und **Integration in bestehende Langzeitgedächtnisinhalte**.

- Beim REM-Schlaf herrscht ein **hohes Acetylcholin-Niveau**.
- In den Tiefschlafphasen kommt der Lerneffekt durch die **Deltawellen** und ein **Absinken des Acetylcholin- und Cortisol-Niveaus**.

Seminar: Lernen im Schlaf

Schlafstudien werden grundsätzlich meist im **Schlaflabor** gemacht, dort wird der Schlaf mittels **Polysomnographie** (z.B. EEG, EMG, EOG, etc.) überwacht und vermessen.

Im Schlaf geschehen nicht nur **Gedächtnisprozesse** (Festigen von Fakten), sondern auch **Lernprozesse** (Verarbeiten von Prozessen). **Träume** wiederum geben einen Hinweis auf eine starke Verarbeitungsaktivität, sind aber nicht maßgeblich für eine Verarbeitung.

Begriffe

Circadianer Rhythmus, Nucleus Suprachiasmaticus, endogene Oszillatoren, Epiphyse, Melatonin (Serotonin), Tag-Nacht-Rhythmus, Stadium 1-4 (+Wellen), REM, Schlafspindeln, K-Komplexe, Sägezahn, Tiefschlaf, slow-wave-sleep, PGO-Wellen (Pons, Corpus geniculatus laterale,

Okzipitallappen), Thalamus-Kortex Resonanz, Schlafdeprivation (+Folgen), Kernschlaf, Optionalschlaf, Cortisol, Dysomnien, Insomnie (+Ursachen), Formen (Idiopathische Insomnie, Mangelnde Schlafhygiene, Pseudoinsomnie, Psychophysiologische Insomnie), Parasomnie (Somniambulismus, Sexsomnia, Alptraum), Hypersomnie (Narkolepsie, Schlafapnoe-Syndrom), Konsolidierung (REM, Tiefschlaf), Polysomnographie

Sprache und Lateralisierung

Die **Sprache** hat sich erst vor etwa **100.000 Jahren** gebildet und erforderte **anatomische Voraussetzungen** (z.B. die Verlängerung des Halses). Die **Phasen des Spracherwerbs** sind ebenso wie eine **angeborene Grundgrammatik** nahezu **universal**.

Die Sprache dient neben **Kommunikation** vor allem im Tierreich auch zur Gefahrenmeldung, Ortsbeschreibung für Futter, Paarungskennzeichnung und emotionalen Ausdrücken.

Hochentwickelte Tiere können zwar **viele Zeichen lernen**, können diese jedoch **nicht kreativ und selbstständig** anwenden.

Die Psychologie der Sprache

Die Psychologie der Sprache beschäftigt sich mit:

- **Sprachverstehen**
- **Sprachproduktion**
- **Sprachentwicklung**

Die **Phonetik** untersucht Komponenten von sprachlichen **Lauten** (also den **Klang**, bzw. den **Ton**).

Die **Phonologie** untersucht Systeme von Phonemen (**kleinste Spracheinheit**).

Die **Syntax** bezeichnet die **Muster und Regeln**, nach denen Sinneinheiten gebildet werden können.

Die **Semantik** befasst sich mit der **Bedeutung** der Sprache.

Sprachverarbeitung

Die Sprachverarbeitung funktioniert **hochorganisiert** und **schnell** (30 Phoneme pro Sekunde). Die Ebenen der Sprachverarbeitung sind:

- **Sprachlaut / Phonem**
- **Wort**
- **Satz**
- **Diskurs / Text**

Sprachliche Analyse

Es gibt Bereiche für das **Erkennen** von Text und Bereich für das **Verständnis** von Textzusammenhängen.

- Zeigt man einer Person einen Text in einer **fremden Sprache**, so ist kein Areal aktiv.
- Zeigt man der Person einen Text der **eigenen Sprache**, allerdings **unzusammenhängend** und **sinnlos**, so ist nur das Areal zum **Erkennen** des Textes aktiv.
- Zeigt man der Person einen Text in der **eigenen Sprache** in einem **sinnvollen Zusammenhang**, so ist sowohl das Areal zur **Erkennung**, als auch das Areal zum **Verständnis** aktiv.

Das Wernicke Geschwind-Modell

Das **Wernicke-Geschwind-Modell** erklärt das **Verstehen des gesprochenen Wortes**, das **Sprechen eines Gedanken** und das **Lesen eines geschriebenen Wortes**. Wichtige Bedeutung haben dabei das **Wernicke-Areal (Sprachverständnis)** und das **Broca-Areal (Sprechvermögen)**.

Aphasien und allgemeine Störungen

Aphasien

Als **Aphasien** werden **Sprach- und Verständnisstörungen** bezeichnet, die in Folge einer **Läsion** auftritt.

- **Broca-Aphasie**
Ein **Sprechvermögen**, welches durch eine größere Hirnschädigung einschließlich des Broca-Areals und der Inselrinde entsteht.
- **Wernicke-Aphasie**
Eine **Sprachverständnisstörung**, welche durch eine Schädigung des posterioren Bereichs des linken Assoziationskortex entsteht.
- **Leitungsaphasie**
Sprachproduktion und Sprachverständnis sind leicht beeinträchtigt, was durch eine Unterbrechung des **Fasciculus arcuatus** (Verbindung zwischen Broca- und Wernicke-Areal) auftritt.
- **Globale Aphasie**
Sprachproduktion und Sprachverständnis sind schwer beeinträchtigt, was durch schwere Schädigungen des Gehirns auftritt.

Lese- und Schreibstörungen

- **Alexie** Unfähigkeit zum Lesen und Verstehen
- **Agraphie** Unfähigkeit zum Schreiben
- **Dyslexie** Probleme beim Lesen und Verstehen

Lateralität

Unter der **Lateralisierung** versteht man Grundsätzlich den **symmetrischen** und **gespiegelten** Aufbau des Gehirns. Diese Spiegelfunktion gilt jedoch **nicht für alle Bereiche**.

- Das **Sprachzentrum** befindet sich meist auf der **linken Seite**.
- Die **Raum- und Gesichtsanalyse** befindet sich jedoch eher auf der **rechten Hemisphäre**.
- Die **Emotion** befindet sich **tendenziell eher recht**. Grundsätzlich sind positive Emotionen allerdings eher rechts, während negative Emotionen eher links sind.
- **Musik** hat eine Dominanz in der **rechten Hemisphäre**.

Split-Brain-Patienten

Wird der **Balken (Corpus callosum)** getrennt, so findet **keine Kommunikation** mehr zwischen der **linken und rechten Hemisphäre** statt (**Split-Brain-Patienten**). Gelangt eine Information nur in eine Hemisphäre, so kann auch nur diese Hemisphäre die Informationen verarbeiten.

- **Beispiel:**

Wird also z.B. ein Wort gezeigt, welches auf dem **linken Auge** erscheint, so hat nur die **linke Hemisphäre** die Information darüber, es kann also **ausgesprochen werden**.

Erscheint das Wort nur auf dem **rechten Auge**, so verfügt nur die **rechte Hemisphäre** über die Information und das Wort kann **nicht ausgesprochen werden**.

Begriffe

Sprache, Sprachverstehen, Sprachproduktion, Sprachentwicklung, Phonetik, Phonologie, Syntax, Semantik, Sprachverarbeitung (Phonem, Wort, Satz, Text), Wernicke-Geschwind-Modell, Wernicke-Areal, Broca-Areal, Aphasie, Broca-Aphasie, Wernicke-Aphasie, Leitungsaplasie, Globale Aphasie, Alexie, Dyslexie, Agraphie, Lateralisierung (+Beispiele), Split-Brain-Patient (+Beispiel), Balken (Corpus callosum)

Musik und Emotion

Eine **Emotion** hat kann bewusst oder unbewusst wahrgenommen werden (**Bewusstsein**), sie hat eine **Qualität** (Freude, Angst, Wust, etc.), eine **Richtung** (positiv/negativ) und eine **Stärke** (Intensität).

Untersucht werden kann eine Emotion anhand von:

- **Vegetativen und hormonellen Prozessen**
- **Motorischen Reaktionen**
- **Vorgänge im Gehirn**
- **Subjektivität**

Emotionen und Gehirnstrukturen

Limbisches System (Amygdala)

Die Aufgaben des **limbischen Systems** sind hauptsächlich die Bildung der **Emotion** und **Gedächtnis- und Lernprozesse**. Nach einer Läsion tritt das **Klüver-Bucy-Syndrom** auf. Es **dämpft emotionale Impulse, hemmt den Sexualtrieb**, steigert die **orale Tendenz** und führt zu **Ruhelosigkeit** und Hyperaktivität.

Die **Subnuclei** der Amygdala haben verschiedene spezifische Aufgaben:

- **Basaler Kern** **Absteigende Schmerzunterdrückung**, koordiniert **Angst und Fluchtreflex**
- **Mediale Kerngruppe** Steuerung von **Sexualverhalten**
- **Basolaterale Kerngr.** **Belohnungsprozesse**
- **Zentrale Kerngruppe** **Vegetative und motorische** Begleitprozesse der Emotion

Die **zentrale Kerngruppe** ist auch verantwortlich für die schädliche **Wirkung bei Langzeitstress**.

Bei einer **Schädigung der Amygdala** ist **keine Furchtreaktion** mehr möglich, **Stresshormone** kommen nur noch **vermindert** vor und **stressbedingte Krankheiten** entwickeln sich **seltener**.

Patientenstudien über die Amygdala wurden vor allem gemacht bei Patienten mit **Amygdalaläsionen, Epilepsie** und **Phobien** und einer entsprechenden Kontrollgruppe.

Präfrontaler Kortex

Der **präfrontale Kortex** ist für die **Umsetzung der Emotion in Verhalten** zuständig. Link und rechts finden verschiedene Prozesse statt.

- **Ventromediale Präfrontalkortex**
Bestimmt die **emotionale Grundstimmung** und die **Erwartung der folgenden Konsequenzen**.
- **Dorsolaterale Präfrontalkortex**
Repräsentiert **Ziele von Emotionen**. Also ob in einer Situation Vermieden werden soll oder ob die Situation erhalten bleiben soll, weil sie z.B. Belohnung verspricht.
- **Orbitofrontale Präfrontalkortex**
Ist für die **Emotionsregulierung** (Moral und Verantwortung) zuständig.

Die Wirkung von **Schlafentzug** betrifft vor allem den präfrontalen Kortex. Die **Stoffwechselaktivität wird reduziert**, was die **Verbindung** zwischen **präfrontalem Kortex** und **Amygdala** betrifft. Evtl. gibt es sogar einen **inhibitorischen Einfluss** auf die Amygdala.

Nach **länger anhaltendem Schlafentzug** steigen die **negativen Emotionen** (depressive Stimmung, Ärger, Frustration, Anspannung, Ängstlichkeit, etc.)

Der Schlafentzug beeinflusst auch die **emotionale Beurteilung**: „**better safe than sorry**“

Hippocampus

Bei **stressbedingten** psychischen Erkrankungen **verringert** sich das **Volumen des Hippocampus**, was vermutlich auf das Stresshormon **Cortisol** zurückgeht.

Anteriorer Gyrus cinguli

Der **Gyrus cinguli** wird bei einer emotionalen Verarbeitung **unspezifisch aktiviert**. Evtl. gibt es einen Zusammenhang mit der **Konfliktbearbeitung**.

Inselrinde (Insula)

Die **Inselrinde** reguliert **viszerale Prozesse** und verbindet **Emotionen** mit dem **vegetativen Nervensystem**. Bei der Präsentation von **furchtsteigernden Reizen** wird die Inselrinde ebenso aktiv, wie im Fall von **Liebe**.

Aggression

Serotonin ist ein **hemmender Neurotransmitter**, dessen **inhibitorische** Wirkung die **Aggressivität hemmt**. Eine **Zerstörung serotonerger Axone** führt zu **aggressivem** Verhalten. Alkohol scheint u.a. dem Serotonin entgegen zu wirken und somit zu einer Aggressivitätssteigerung zu führen.

In Studien wird hierfür der **5-HIAA-Spiegel** gemessen (**Serotonin-Metabolit** = Serotonin Zwischenprodukt). Neben Affen korreliert auch beim Menschen der 5-HIAA-Spiegel mit aggressivem Verhalten.

- Die **Unterdrückung** des aggressiven Verhaltens geschieht über das **Bewusstwerden** desselbigen im **präfrontalen Kortex**. Durch eine **Erhöhung des Serotonins** im präfrontalen Kortex kommt es zu einer **erhöhten Fähigkeit** die **Folgen des Handelns** vorherzusagen und das Verhalten zu steuern.
- Im umgekehrten Fall steigert eine **verminderte Aktivität** des präfrontalen Kortex ein **antisoziales**

aggressives Verhalten. Ein **vermindertes Serotonin-Niveau** geht mit einer **herabgesetzten Aktivität** des präfrontalen Kortex einher.

Musik

Musik kann **aktivierende körperliche Reaktionen** auslösen (z.B. Schwitzen, Gänsehaut, etc.) und kann damit eine bestimmte **individuelle Stimmung** z.B. fördern. Grundsätzlich aktiviert Musik das **limbische System**, speziell das **Belohnungssystem**.

Elemente der Musik sind:

- **Tempo** (schnell, langsam)
- **Tonhöhe** bzw. Klangfarbe
- **Tongeschlecht** (Dur, Moll)
- **Harmonie** (harmonisch, disharmonisch)

Aktive Hirnareale

Bei unterschiedlichen gleichzeitigen Tönen (**Dissonanzen**) ist vor allem die **Amygdala** aktiv, während **harmonische Töne (Konsonanzen)** eher im **auditiven Kortex** verarbeitet werden.

Dissonante Klänge sind in vielen **Warn- und Drohrufen** enthalten und zeigen daher eher eine **Gefahr** an. **Harmonische** Klänge werden vor allem von **Säuglingen** bevorzugt.

Emotion von Musik

Hirnstammreflexe

Der **Hirnstamm** überwacht die Umgebung nach wichtigen Änderungen. Daher lösen vor allem **plötzliche laute, dissonante** oder **geschwindigkeitsvariierende** Klänge hier eine Aktivität aus. Es handelt sich hier um **Basisemotionen**, welche **pränatal** (vor der Geburt) vorhanden sind.

Evaluative Konditionierung

Eine Emotion kann auch durch **evaluative Konditionierung** entstehen. Evaluative Konditionierung meint eine **Änderung der Wertigkeit** eines zuvor neutralen Reizes durch gleichzeitige Präsentation eines wertigen Reizes. Diese Verknüpfung muss **nicht bewusst** erfolgen. Beteiligt bei der Verarbeitung sind **Amygdala** und **Cerebellum**. Anwendung findet die evaluative Konditionierung z.B. in der Werbung.

Emotionale Ansteckung

Durch ein Erkennen des emotionalen Ausdrucks in der Musik (bzw. in der Stimme) ist ein inneres **imitieren der Emotion** möglich, was evtl. über **Spiegelneurone** abläuft. Der Zuhörer empfindet die gleiche Emotion. Es handelt sich also um eine **emotionale Ansteckung**.

Episodisches Gedächtnis

Emotionen werden mit **episodischen Gedächtnisinhalten** verbunden. Dies erfordert jedoch eine Erinnerung. Eingesetzt wird das Prinzip in der **Musiktherapie** (z.B. bei Alzheimer, Demenz oder Traumverarbeitung).

Visuelle Bildvorstellung

Es sind **ähnliche Areale** aktiv, wie sie es bei einer **tatsächlichen Wahrnehmung** wären. Es werden auch **ähnliche Emotionen** aktiv, wie bei einem **realen Erleben** der Situation (bzw. des „Bildes“). Anwendung findet diese z.B. in der **Musiktherapie** oder beim **Entspannungstraining**.

Musikalische Erwartung

Da die **Musik** auch oft aus einer **Syntax** besteht wie **Harmonie**, **Melodie** oder **Rhythmik**, kann Musik (ebenso wie Sprache) teilweise vorausgesagt bzw. erwartet werden. Die Verarbeitung dieser Strukturen findet im inferior **frontolateralen Kortex** und dem **Gyrus temporalis superior** statt. Der **Verstoß gegen diese Erwartung** aktiviert die gleichen Hirnareale wie die eines **sprachlichen Syntaxfehlers**.

Begriffe

Emotion (Bewusstsein, Richtung, Qualität, Stärke), Untersuchungsmöglichkeiten, limbisches System, Klüver-Bucy-Syndrom, Amygdala (Basaler Kern, Mediale Kerngruppe, Zentrale Kerngruppe, Basolaterale Kerngruppe), Aggression, Serotonin, 5-HIAA, Elemente der Musik (Tonhöhe, Tempo, Tongeschlecht, Harmonie), Dissonanzen (Amygdala), Konsonanzen (auditiver Kortex), Emotion von Musik (Hirnstammreflex, Evaluative Konditionierung, Emotionale Ansteckung, Episodisches Gedächtnis, Visuelle Bildvorschau, Musikalische Erwartung)

Gene und Verhalten

Die grundsätzliche Frage ist die nach den Einflüssen von **Anlage (nature)** und **Umwelt (nurture)**.

Desoxyribonukleinsäure

Die **DNA-Doppelhelix** besteht aus **Nukleotiden** und wird in einem **Chromosom** zusammengefasst.

- Ein **Nukleotid** besteht wiederum aus eine **Phosphat**, einer **Base** und einem **Zucker** (Monosaccharid). Insgesamt gibt es etwa $5,5 \times 10^9$ Basenpaare mit einer Gesamtlänge von 2m. Zu den Basen gehören **Cytosin**, **Guanin**, **Adenin** und **Thymin**.
- Die **Chromosom** (DNA-Stränge) sind im **Zellkern (Nucleus)** der Zelle untergebracht. Insgesamt gibt es **23 Chromosomenpaare**. 22 davon sind **Autosom** (identisch) und 1 **Gonosom** (xx oder xy). Als **Chromatid** wird ein **einzelner Strang** bezeichnet. Ein oder mehrere Chromatiden bilden ein Chromosom. Die Chromatide enthalten die DNA-Doppelhelix.

Als **Transkription** wird das **Umschreiben** der DNA in RNA bezeichnet. Die **Translation** beschreibt schließlich das **Umsetzen** der RNA-Sequenz in Proteine (bzw. Aminosäureketten).

Neukombination der Chromosomen

Der **Chromosomensatz** der Eltern liegt jeweils **diploid** (doppelter Chromosomensatz) vor. Durch **Replikation** wird der Chromosomensatz **verdoppelt**, anschließend werden die **Chromosomenpaare** und schließlich auch die **Chromatidenpaare** getrennt. Es liegen **haploide** (einzelner Chromosomensatz) **Gameten** (Keimzellen) vor. Es kann bei dem Prozess jedoch auch zu **Crossing-Over** kommen. Einzelne DNA-Bereiche werden dabei **zerschnitten** und zwischen Chromosomen

derselben Art **ausgetauscht** und entsprechend wieder **zusammengesetzt**. Beide Verfahren mit **zusätzlicher Mutation** durch die Replikation führen zu einer **hohen Kombinationsmöglichkeit**.

Vererbungsmuster

Als **homozygot** werden **zwei gleiche Allele** eines Gens bezeichnet. Als **heterozygot** wiederum **zwei verschiedene Allele** eines Gens. Der **Phänotyp** (das letztliche Erscheinungsbild) wird über die **autosomal-dominanten** Allele oder die **autosomal-rezessiven** Allele (wenn diese **homozygot** sind) bestimmt. Eine dritte Möglichkeit ist die Vererbung über einen **X-gekoppelten rezessiven** Erbgang. Von diesem sind jedoch **nur Männer** betroffen (da kein zweites X zum Ausgleich) oder **Frauen**, welche die Krankheit **homozygot** erben (wenn also beide X betroffen).

Erbkrankheiten

Autosomal-dominant vererbte Krankheiten sind z.B.:

- **Chorea Huntington**
- **Achondroplasie** (Zwergwuchs, 80% Neumutation)

Autosomal-rezessiv vererbte Krankheiten sind z.B.:

- **Albinismus** (weiße Hautfarbe, fehlende Pigmente)
- Mukoviszidose (Stoffwechselerkrankung)

X-gekoppelt rezessiv vererbte Krankheiten sind z.B.:

- **Rot-Grün-Blindheit**
- Hämophilie

Genmutation

Die **Genmutationen**, welche oft für **verschiedene vererbte Krankheiten** verantwortlich sind, sind vom **Alter der Eltern** abhängig. Mit **steigendem Alter** nimmt die Wahrscheinlichkeit einer **gefährlichen Genmutation** zu (vgl. Achondroplasie).

Genetische Wirkmechanismen

- **Polygenie** ⇒ **Mehrere Gene** wirken auf **ein Merkmal**
- **Pleiotropie** ⇒ **Ein Gen** wirkt auf **mehrere Merkmale**
- **Epistasie** ⇒ **Ein Gen** wirkt auf ein **anderes Gen**, welches dann das **Merkmal** beeinflusst.

Vererbung kognitiver Fähigkeiten

Genotyp-Umwelt-Reaktion

Die **kognitive Leistung** kann über eine **Vererbung verbessert** werden, ist jedoch **kein Garant** für eine wirklich bessere Leistung. Außerdem ist die tatsächliche Leistung stark von den **Umwelteinflüssen der Wachstumsbedingungen** abhängig. Unter **angereicherten und reizvollen** Wachstumsbedingungen können Organismen mit einem „dummen“ und einem „klugen“ Genmaterial **gleiche Leistung** bringen. Nur unter **normalen Wachstumsbedingungen** zeigt sich der **genetische Vorteil**.

Anteile der Vererbung

Über **Zwillings- und Adoptionsstudien** lassen sich die **Verhältnisse von Genen und Umwelt** erforschen. Am Beispiel der Intelligenz lassen sich etwa **50% auf genetische Einflüsse, 25% auf die**

geteilte Umwelt (gemeinsames Aufwachsen) und **20% auf die nichtgeteilte Umwelt** zurückführen. Der **genetische Einfluss** auf die Intelligenz nimmt **im Alter eher zu**, da hier die **geteilte Umwelt deutlich abnimmt**.

Feedbacklernen

Für das **Lernen aus Fehlern** ist vor allem **Dopamin** von Bedeutung. Das Feedbacklernen geschieht über das **Mittelhirn**, welches **dopaminerge Signale** zum **posterioren medialen frontalen Kortex** schickt. Es wird signalisiert ob das Ergebnis der **Erwartung** entspricht (besser/schlechter).

Es kann einen **genetisch bedingten Unterschied** im Aufbau des **Belohnungssystems** geben. Ein Allel ist z.B. für die Produktion von einer **D2-Rezeptordichte** verantwortlich. Ist dieses Allel ausgeprägt, so ist die Rezeptordichte höher. Mit einer **höheren Rezeptordichte** geht auch eine höhere Dopamin-Empfangbarkeit einher, was zu einem **besseren Feedbacklernen** führt.

Dyslexie

Auch **Dyslexie** (Lese-Rechtschreibschwäche) kommt eher **familiär gehäuft** vor. Für die Prädisposition von Dyslexie sind **verschiedene Gene** verantwortlich.

Schizophrenie

Im Laufe des Lebens sind etwa 1% der Menschen von **Schizophrenie** betroffen. Schizophrenie äußert sich in **Halluzinationen, Gedankenstörungen** und einer **desorganisierten Sprache**. Schizophrenie scheint sehr **stark genetisch veranlagt** zu sein. **Pränatale Faktoren** (während der Schwangerschaft) haben eher **keinen Einfluss**.

Begriffe

nature, nuture, DNA-Doppelhelix, Nukleotid, Chromosom, Nucleus, Autosom, Gonosom, Transkription, Translation, diploid, haploid, Replikation, Gamet, Crossing-Over, homozygot, heterozygot, Phänotyp, Vererbungsmuster (autosomal-dominant, autosomal-rezessiv, X-gekoppelt rezessiv, +Krankheit jeweils), Genmutation, Wirkmechanismen (Polygenie, Pleiotropie, Epistasie), Genotyp-Umwelt-Reaktion, Zwillings- und Adoptionsstudien, Feedbacklernen, D2-Rezeptordichte (Dopamin), Dyslexie, Schizophrenie

Geschlechtsspezifisches Verhalten

Als **Geschlechtsdimorphismus** wird der bauliche Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Lebewesen bezeichnet.

- **Vorteile**
 - **Neue Kombination von Genen** innerhalb einer Spezies
 - **Nachteilige Mutationen** werden **nicht** unbedingt **weitergegeben**
- **Nachteile**
 - **Notwendiges Zusammentreffen** zweier Geschlechtspartner
 - **Gut angepasste Individuen** können sich **nicht klonen**

Sex und Gender

Es wird zwischen dem **biologischen Geschlecht (Sex)** und dem **psychischen** und **sozialen Geschlecht (Gender)** unterschieden.

Das psychische Geschlecht

Früher gab es die Ansicht, dass das **psychische Geschlecht beliebig änderbar** sei. Das Geschlecht wäre also nur von **Erziehung und Kultur** abhängig (John Money). Inzwischen geht man von einer **pränatalen Festlegung** aus.

Das genetische Geschlecht

Aus den **haploiden Gameten** wird eine **diploide befruchtete Eizelle**. Bei diesem Prozess gibt es eine große Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten (siehe Gene und Verhalten).

Ein wichtiges Gen für die Geschlechterzuordnung ist das **SRY-Gen**. Dieses Gen ist **maßgeblich** für die Prozesse, welche eine **Geschlechtsausbildung** in Gang setzen. Ist das **SRY-Allel ausgeprägt**, so wird die Entwicklung der **Hoden gefördert** und die der **Ovarien gehemmt (SRY = Mann)**.

Durch **Crossing-Over** kann es jedoch dazu kommen, dass das **SRY-Gen** nicht wie üblich auf dem Y-Chromosom liegt (für Mann typisch), sondern auf das **X-Chromosom rutscht**. Dadurch kann es zu einem **XX-Fall mit SRY-Allel** kommen, was zu einem **XX-Mann (XX_{SRY})** führt. Umgekehrt kann das **SRY-Gen ganz wegfallen** und es kann zu einer **XY-Frau (XY_{noSRY})** kommen.

Intersexualität

Als **Intersexualität (Hermaphroditismus)** wird eine **uneindeutige Geschlechtszuordnung** bezeichnet. Sie basiert auf Uneindeutigkeiten bei der **chromosonalen, hormonellen** und **somatischen Ausstattung** und basiert auf unterschiedlichen **Fehlern des geschlechtsspezifischen Chromosomensatzes** (z.B. X, XXX, XXY oder XYY).

Das gonadale Geschlecht

Das **gonadale Geschlecht** wird anhand der **Keimdrüsen** festgelegt. Die Keimdrüse produziert alle Hormone (**Sexualhormone**), welche für die **Geschlechtsdrüsen** und **Geschlechtsorgane** wichtig sind. Auch bewirken sie dadurch die Ausbildung von **sekundären Geschlechtsmerkmalen**. Es gibt zwei Klassen der Sexualhormone: **Gonadotropine** und **Steroidhormone**. Die Steuerung geschieht über eine **Rückkopplungsschleife**. Die Steuerung übernimmt die **Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse**.

Androgene und Testosteron

Als **Androgene** werden **männliche Sexualhormone** (z.B. **Testosteron**) bezeichnet. Sie werden in der **Nebennierenrinde**, in den **Hoden** bzw. in den **Eierstöcken** gebildet und lösen eine geschlechtsspezifische Wirkung aus.

Bei Männern wirken sie neben der Ausbildung von **sekundären Geschlechtsmerkmalen** (z.B. Bartwuchs, Stimmbruch, etc.) außerdem für das **Knochen- und Muskelwachstum** (anabole Wirkung). Außerdem steigt die Testosteronausschüttung bei sozialer Dominanz.

Frauen haben etwa **10% der Testosteronmenge** des Mannes, die Menge **schwankt** aber im **Zyklusverlauf**. Es ist vor allem für die **weibliche Sexualität** wichtig. Ein Testosteronmangel kann zu einem **schlechteren Fettabbau** führen.

Östrogene

Östrogen ist das wichtigste **weibliche Sexualhormon**. Es wird in den **Eierstöcken**, der **Plazenta** und den **Nebennieren** gebildet. Es ist wichtig für:

- Menstruationszyklus und Schwangerschaft
- Ausbildung von sekundären Geschlechtsmerkmalen
- Sexuelle Aktivität
- Knochenstoffwechsel

Geschlechtsspezifisches Unterschiede

Schmerzwahrnehmung

Frauen reagieren **sensibler auf Schmerzen**, was vor allem auf eine **dünnere Hornhaut** und den **höheren Östrogenspiegel** zurückgeht. Der **Testosteronspiegel** bei **Männern** macht **schmerzunempfindlicher**. Wichtig ist hier jedoch vor allem der Einfluss der **Geschlechterrolle**.

Lebensalter

Das **kürzere Alter der Männer** ist vor allem auf **verhaltens- und umweltbedingte Faktoren** zurückzuführen. Grundsätzlich sterben Männer etwa **6-10 Jahre früher** als Frauen.

Anatomische Unterschiede

Im **Gehirn** gibt es ebenfalls geringe **geschlechtsspezifische Unterschiede**. Zu den variierenden Hirnarealen gehören z.B. **Corpus callosum** (bei Frauen ausgeprägter) und **Amygdala** (bei Männern ausgeprägter). Diese Unterschiede gehen wahrscheinlich auf **pränatale Einflüsse** von **Sexualhormonen** zurück.

Funktionelle Unterschiede

Es gibt **keine Unterschiede** in der **Intelligenz**, aber dennoch einige andere Eigenschaften, die im Mittel variieren. Die Unterschiede sind **kulturübergreifend**.

Die **Fähigkeiten der Frauen** sind **Zyklusabhängig**, während Männer abhängig von Tages- und Jahreszeiten sind.

- **Eher Männliche Eigenschaften**
 - Häufiger Lernstörungen
 - Häufiger Aufmerksamkeitsstörungen
 - Häufiger Schizophrenie
 - Häufiger Alkoholabhängigkeit
 - Höhere Leistung in Physik und Mathe
 - Räumliche Orientierung
 - Visualisierung
 - Wasser-Level-Test
 - Wurfgenauigkeit

- **Eher weibliche Eigenschaften**
 - Häufiger Depression
 - Häufiger Essstörung
 - Höhere generelle Lernleistung
 - Objekt-Orts-Gedächtnis
 - Wahrnehmungsgeschwindigkeit
 - Feinmotorik

Seminar: Sexuelle Attraktivität

Pheromone

Pheromone sind Stoffe, welche der **Kommunikation** zwischen **Lebewesen einer Art** dienen. Sie geben vor allem Auskunft über **sexuelle Bereitschaft**, zusätzlich aber auch als **Warnung vor Gefahren** oder zur **Markierung von Reviergrenzen**. Auch hilft es der **Erkennung der Mutter** und bietet eine Inzestschranke.

Östrogen und Gestagen

Durch die Einnahme der Pille und damit der Einnahme von **Östrogen** und **Gestagen** wird dem Körper eine **Schwangerschaft vorgetäuscht**. Die **sexuelle Lust** nimmt durch diesen Hormonüberschuss ab.

Waist-Hip-Ratio

Der **Waist-Hip-Ratio** ist das Verhältnis aus **Taille** und **Hüfte**. Ein Verhältnis von 0,7 zählt als Idealverhältnis für Attraktivität. Da es ein Verhältnismaß ist, scheint die Attraktivität also nicht von einer absoluten Körperfülle, sondern vielmehr von einer korrekten Form abzuhängen. **Evolutionär** wird der Waist-Hip-Ratio mit einer von außen erkennbaren **Fruchtbarkeit** begründet. Je besser das Verhältnis, desto höher schätzt ein Mann die Fruchtbarkeit der Frau ein.

$$WHR = \frac{\text{Tailenumfang (cm)}}{\text{Hueftumfang (cm)}}$$

Begriffe

Geschlechtsdimorphismus (Vorteile, Nachteile), Sex, Gender, psychisches Geschlecht, genetisches Geschlecht, SRY-Gen, XX-Mann (XX_{SRY}), XY-Frau (XY_{noSRY}), Intersexualität, gonadales Geschlecht, Keimdrüse, Sexualhormone, Gonadotropine, Steroidhormone, Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse, Rückkopplung, Androgene, Testosteron (Bedeutung Männer, Bedeutung Frauen), Östrogen (Bedeutung), Schmerz Wahrnehmung, Lebensalter, Anatomische Unterschiede, Funktionelle Unterschiede (+Beispiele), Pheromone, Östrogen, Gestagen, Waist-Hip-Ratio

Evolutionäre Psychologie

In der **evolutionären Psychologie** wird die **menschliche Psyche** unter **Einbezug der Evolution** erklärt. Evolutionäre Ansätze lassen sich jedoch oft nur **schwer wissenschaftlich nachweisen** und sind auch moralisch nicht immer gewollt.

Geschichte

William James (1842-1910)

William James **begründete** erstmals ein **psychisches Problem** (Agoraphobie) auf **evolutionärer Basis**. Seiner Meinung nach hat diese Phobie heutzutage keinen Sinn und lässt sich als evolutionäres Überbleibsel erklären.

Edward L. Thorndike (1874-1949)

Edward L. Thorndike war einer der **Begründer des Behaviorismus** und war der Ansicht, dass die Psychologie nur **unter Berücksichtigung** der menschlichen **Entwicklungsgeschichte verstanden werden** könne.

Heute

Die Evolutionspsychologie geht von der Entwicklung bestimmter **Module (Merkmale)** aus, welche sich jeweils aus bestimmten sinnvollen Gründen im Laufe der menschlichen Entwicklung gebildet haben.

Gesamtfitness-Theorie

Die von **William D. Hamilton** entwickelte **Gesamtfitness-Theorie** geht von einer **Gesamtfitness** aus, welche sich aus der **direkten Fitness** (**Genweitergabe über eigene Nachkommen**) und aus der **indirekten Fitness** (**Genweitergabe über Verwandte**).

David M. Buss

David M. Buss machte eine **umfangreiche Untersuchung** (10.047 Probanden) über die ganze Welt verteilt.

Er konnte dabei unter anderem eine **Präferenz für Partner** mit einem **hohen gesellschaftlichen Status** feststellen. Vor allem bei Frauen und vor allem in den USA.

Außerdem steigt die **Bereitschaft zur Hilfeleistung** mit der **Nähe des Verwandtheitsgrades**.

Die **Großelterliche Investition in die Enkelkinder** bei der **Familie mütterlicherseits** (vor allem bei deren Müttern) **am höchsten**. Die **Familie väterlicherseits** (vor allem deren Väter) **investieren weniger** in die Enkelkinder.

Der Zusammenhang liegt hier wahrscheinlich an der Sicherheit wirklich Eltern zu sein. Mütter sind immer absolut sicher auch Mütter, während Väter in einigen Fällen gar nicht wirklich die echten Väter sind. Diese Unsicherheitswahrscheinlichkeit spiegelt sich in der Investitionsbereitschaft wieder.

Begriffe

Evolutionäre Psychologie, Module, Gesamt-Fitness-Theorie (Gesamtfitness, direkte Fitness, indirekte Fitness, David M. Buss