# DAS NICHTVISUELLE SENSORISCHE SYSTEM

## GRUNDSCHRITTE SENSORISCHER WAHRNEHMUNG

1. **Empfang** (**Rezeption**)
   2 Grundarten:
   * **interneuronale** (Präsynapse / Postsynapse / Autorezeptor) für Reize zwischen Nervenzellen
   * **intraneuronale** Rezeptoren (an der Peripherie) können Sinnesreise aufnehmen, z.B. Tasten, Sehen, etc.)
2. **Umwandlung** (**Transduktion**): in Generator- und Aktionspotentiale
3. **Enkodierung** (elektrisch)
   * Zu- und Abnahme der Feuerrate (Exzitation / Inhibition)
   * **Rate Coding** (temporal coding, spike timing): entdeckt **VON FOERSTER, SPREWSTEN, SENJOWSKI, MAINEN** 1990)
4. Errechnung der **Aktivität des Gesamtsystems**
5. **Dekodierung** (-> verständliche Form)
   == Wahrnehmung

# AKUSTIK

## Schall

**Schallwellen** sind periodische Kompressionen von Wasser, Luft oder eines anderen Mediums.

Sie können an **zwei Kritierien** unterschieden werden:

* **Amplitude** der Schallwelle: = Intensität der Schallwelle. Sehr hohe Kompression der Luft erzeugt hohe Amplitude (= Höhe der Welle) -> lauter Ton
  => **Lautstärke** ist die Wahrnehmung der Intensität (das ist aber nicht dasselbe wie die Amplitude, denn wird Amplitude verdoppelt, wird Ton zwar lauter, aber nicht um das Doppelte)

* **Frequenz** der Schallwelle: = Anzahl der Kompressionen in einer Sekunde (Maßeinheit = **Hertz**). Je höher die Frequenz, desto höher die Tonlage.
  => **Tonlage** = eine der Frequenz naheliegende Wahrnehmung.

**Erwachsener** Mensch kann Frequenzen zwischen **15 / 20 - 20.000 Hz** wahrnehmen. Wahrnehmung hoher Töne nimmt mit dem Alter ab (ab mittlerem Erwachsenenalter sinkt Hörschwelle um 80 Hz / Halbjahr; sinkt rascher ab bei Leuten, die hoher Lärmbelästigung ausgesetzt sind)

## Strukturen des Ohrs

***Außenohr:***

**Ohrmuschel**: fängt die Schallwellen auf. Vom äußeren Gehörgang kommend treffen Druckschwankungen auf das **Trommelfell** (= straff gespannte Membran). Es schwingt in derselben Frequenz wie der Ton, der auf es trifft.

***Mittelohr:***

Trommelfell ist verbunden mit **drei Gehörknöchelchen** (**Hammer, Amboß und Steigbügel**). Sie übertragen Schwingungen ins Innenohr zum **ovalen Fenster** (Membran). Fläche des Trommelfells = ca. 20x größer als Unterseite des Steigbügels. Wenn Schwingungen des Trommelfells Steigbügel erreichen

-> in stärkere Schwingungen umgewandelt -> größerer Druck auf das ovale Fenster (wichtig, weil dahinter Flüssigkeit, die schwerer in Schwingung zu versetzen ist als Luft!) -> so wird Verlust von ca. 30dB kompensiert.
**Eustachische Röhre** = verbindet Mittelohr mit Rachenhöhle, dient dem Druckausgleich

***Innenohr:***

**Bogengänge**: Gleichgewichtsorgan

**Schnecke** (**Cochlea**): besteht aus Knochen, Knorpeln und Haut, spriralförmig.
In ihr = **Ductus cochlearis**,
2 ½ x gedrehte Röhre, mit Flüssigkeit (**Endolymphe**) gefüllt; teilt die Cochlea in zwei Räume, die am Schneckenende in offener Verbindung stehen und mit **Perilymphe** gefüllt sind.

**Basilarmembran**: bildet eine Wand des Ductus cochlearis, erstreckt sich bis zum Ende der Spirale (**Apex**), mit der sie aber nicht verbunden ist (schwingt frei), verjüngt sich zur Apex hin, wird schlaffer. In der Nähe der Apex dicker (größere Masse) -> hier werden tiefe Töne registriert.
Auf der anderen Seite ist die Basilarmembran mit der Basis verbunden -> hier werden höhere Töne empfunden.
Basilarmembran ist behaart. Erreichen Schwingungen die Basilarmembran, so wird je nachdem, ob es sich um hohe oder tiefe Töne handelt, an einer bestimmten Stelle der Basilarmembran **eine Welle ausgelöst**. Die Haare der Basilarmembran enden in den **Haarzellen (Cortisches Organ),** ihre Axone bilden den **Hörnerv** -> Gehirn (**Schläfenlappen**). Bewegungen der Härchen -> in Membranen der Haarzellen öffnen sich die Ionenkanäle -> Aktionspotential, usw.

## Tonhöhenwahrnehmung

***Frequenz - Theorie***:

Basilarmembran vibriert synchron mit einem Ton -> Axone der akustischen Nervenzellen produzieren Aktionspotentiale in derselben Frequenz.
***aber***: Kinder können Frequenzen über 20.000 Hz wahrnehmen -> Refraktärzeit eines Neurons hindert es daran, solch hohe Rate von Aktionspotentialen aufrechtzuerhalten (Theorie daher heute überholt!)

***Ein-Orts-Theorie (= Resonanztheorie) von HELMHOLTZ***:

An der Basilarmembran gibt es für jede Frequenz eine bestimmte Stelle, die für diese Frequenz zuständig ist. An dieser Stelle beginnt dann die Basilarmembran zu schwingen, wenn ein entsprechender Ton hereinkommt (vgl. Klaviersaite).
***aber***: verschiedene Teile der Basilarmembran sind miteinander verbunden -> kein einzelner Ort der Basilarmembran kann allein schwingen.

***Die Wahrnehmung von tiefen und von hohen Tönen unterscheidet sich***:

Für tiefe Töne (bis 100 Hz)scheint die Frequenztheorie zu stimmen -> die Basilarmembran schwingt in Übereinstimmung mit den Schallwellen und der Hörnerv erzeugt ein AP pro Welle. Schwache Geräusche aktivieren nur wenige Neuronen, lautere Geräusche aktivieren mehr Neuronen. Hier entspricht die Impulsfrequenz der Tonhöhe und die Anzahl der feuernden Zellen der Lautstärke.

Über 100 Hz kann kein Neuron mit der Frequenz der Schallwellen mithalten. Ein Neuron kann aber immer an der Spitze der Schallwelle ein Aktionspotential erzeugen.
Kommt eine hochfrequenzige Welle: Ein Neuron feuert z.B. an der 1. Spitze, an der 5., an der 10., usw., ein anderes an der 2., der 6., usw. usw. => mehrere Neuronen arbeiten also zusammen
= **Volley-Prinzip** (= gemeinsames Erfassen der Wellenspitzen durch abgestuftes Feuern einzelner Neurone). Funktioniert aber nur bis zu einer Frequenz von ca. 5000 Hz.

***Wanderwellentheorie (Dispersionstheorie) von BEKESY & RANKE:***

Die Schallwelle streicht die Basilarmembran entlang. Je nach Schallfrequenz hat **die Welle an einer bestimmten Stelle der Membran ihr Amplitudenmaximum** -> diese Stelle ist entscheidend für die Tonhöhe:

bei hohen Tönen am Anfang der Basilarmembran (in der Nähe des Steigbügels),
bei tiefen Tönen am Ende der Basilarmembran (am Apex).

## Taubheit

Völlige Taubheit = selten, 99% der Tauben hören zumindest einige Frequenzen, wenn sie laut genug gespielt werden.

Man unterscheidet zwischen:

a) **Taubheit der Nerven** (= Innenohr-Taubheit)
b) **„Leitungs"-Taubheit** (= Mittelohr-Taubheit)

***ad a) Innenohr-Taubheit:***

Folge eines Schadens an der Cochlea, den Haarzellen, dem akustischen Nerv
-> **Unfähigkeit, Tonhöhen eines bestimmten Frequenzbereichs zu unterscheiden.**
**Abhilfe**: Hörhilfen
**Gründe**:

Taubheit der Nerven kann vererbt sein, Folge von pränatalen Problemen oder Entwicklungsstörungen in der frühen Kindheit, wie z.B.

* Erkrankung der Mutter während Schwangerschaft an Röteln, Syphilis, oder dergl.
* toxische Vergiftungen während der Schwangerschaft
* Sauerstoffmangel während der Geburt
* Erkrankung an Multipler Sklerose oder Meningitis
* Fehlfunktion der Schilddrüse
* Reaktion auf Einnahme verschiedener Medikamente in früher Kindheit (auch Aspirin!)

Hauptgrund für **Taubheit im Erwachsenenalter** = lauter Lärm über längere Zeit; ein gewisser Grad an Taubheit ist auch durch höheres Alter bedingt.

***ad b) Mittelohr-Taubheit:***

entsteht aus der **Unfähigkeit der Gehörknöchelchen**, die Schallwellen richtig in die Cochlea zu übertragen.
Kann **verursacht** werden **durch** verschiedene Krankheiten und Infektionen (Mittelohrentzündung!) oder durch Tumore in den Knochen in und um das Mittelohr.

manchmal von **begrenzter Dauer**; bei längerer Dauer -> oft durch **chirurgischen Eingriff** korrigierbar, da Betroffene ja normale Cochlea und normalen Hörnerv haben, und so Töne hören können, die das Mittelohr überwunden haben (z.B. die eigene Stimme)

## Die Lokalisation von Geräuschen

Zu unterscheiden aus welcher Richtung und aus welcher Entfernung ein Ton kommt, ist schwierig. Hören erfordert, einen **Vergleich zwischen den Informationen aus beiden Ohren** anzustellen.
Information aus beiden Ohren passiert mehrere subkortikale Strukturen auf ihrem Weg zum auditiven Cortex. Alle Teile des Hörsystems verfügen über Einrichtungen, die die Ortung von Geräuschen erleichtern.

Es werden **zwei Methoden zur Feststellung der Richtung**, aus der ein Ton kommt, angewandt:

1. unterschiedliche Lautstärke zwischen beiden Ohren:
   Der Kopf stellt für die Schallwellen ein Hindernis dar (va. allem für kurzfrequente Wellen)
   -> er bildet einen Tonschatten. Folge: am näherliegenden Ohr ist der Ton lauter.
   (funktioniert va. bei Wellen über 3000 Hz)
2. unterschiedliche Ankunftszeit des Tons an beiden Ohren:
   Kommt der Ton genau von vorne, trifft er beide Ohren gleichzeitig
   Kommt der Ton genau von links, trifft er das linke Ohr ca. 600µsec. früher als das rechte.
   => Ton aus unterschiedlichen Richtungen erreichen ein Ohr um 0 - 600 µsec. früher

Wichtig für die Lokalisation ist auch, **wie der Ton einsetzt**: Töne die abrupt, gleich mit voller Lautstärke einsetzen (gleichphasiger Ton) sind leichter zu lokalisieren als Töne, die erst allmählich lauter werden (phasenunterschiedlicher Ton) (vgl. Warnrufe viele Vogelarten -schwellen auf und ab -> für den Bedroher schwerer zu orten!)

Lokalisation hängt auch **von der Größe des Kopfes** ab (weil er ja einen Tonschatten bildet!)
Im Lauf der Evolution hat sich jede Spezies offenbar auf bestimmte Frequenzen spezialisiert, die sie leicht lokalisieren kann:

kleine Tiere sind sensibler für Frequenzen über 40.000 - 100.000 Hz
Obergrenze für Elefanten liegt bei 10.000 Hz

Beide Methoden des Tonlokalisierung **hängen auch von verschiedenen Gehirnstrukturen** ab:

1. Ortung aufgrund der Lautstärke -> lateraler Teil des Olivenkerns in der Medulla
2. Ortung aufgrund der Phasenverschiebung -> medialer Teil des Olivenkerns in der Medulla
   (kleine Tiere wie Mäuse haben diese Gehirnstruktur nicht)

# DIE MECHANISCHEN SINNE

Wenn man ein spielendes Radio angreift, fühlt man Vibrationen. Diese Vibrationen sind im Grunde dasselbe, was man hört.
**Kann man also mit den Händen hören?**
-> Nein. Detektoren können nicht jene Vibrationen aufnehmen, die das auditive System als Töne wahrnimmt
Wenn eine Spezies ohne Ohren im Laufe der Evolution genug Zeit hätte, **könnten sich ihre Vibrations-Detektoren zu Ton-Detextoren entwickeln?**
-> Ja. Vielleicht hat sich auf diese Art unser Hörsystem entwickelt.

**Fische** haben keine Ohren, sie haben auf jeder Seite des Körpers **Druckrezeptoren**, die ihnen ähnliche Wahrnehmungen wie unser Hören vermitteln. Auch **Schlangen** haben keine Ohren, sie „hören", indem sie Vibrationen des Bodens nutzen. Aus solchen Druckrezeptoren hat sich wahrscheinlich unser Gehör entwickelt. Wir haben aber auch Rezeptoren, die auf mechanische Berührung reagieren.

**Mechanische Sinne** = jene, deren Rezeptoren auf Druck, Krümmung, Berührung ansprechen.
**Dazu gehören**: **Schmerz, Tastsinn, Gleichgewichtssinn** (= ein System, das darauf spezialisiert ist, herauszufinden, in welcher Position sich der Kopf befindet und ob er sich bewegt)
Eigentlich könnte man auch das Hören zu den mechanischen Sinnen rechnen
(Haarzellen = modifizierte Druckrezeptoren)

## Gleichgewichtssinn

***Gleichgewichtsorgan (= Vestibuläres System):***

= Bogengangsorgane **im Innenohr neben der Cochlea**. Registriert jede Bewegung des Kopfes und gleicht sie aus durch entsprechende Bewegungen der Augen (fixiert man ein Objekt und dreht dabei den Kopf nach links -> Augen drehen sich nach rechts; bei rascher Kopfbewegung allerdings -> man sieht kurz ein verschwommenes Bild; diese Bewegung war für das Vestibuläre Organ zu schnell)
Vestibuläre Empfindungen **stellen die Richtung und Intensität der Kopfbewegungen fest**. Diese Empfindungen erreichen selten die bewußte Wahrnehmung, tragen aber sehr viel zur Steuerung der Augenbewegungen und zum Gleichgewicht bei.

***Anatomie des Gleichgewichtsorgans:***

besteht aus den beiden **Makulaorganen** und aus den drei **Bogengangsorganen**

a) In den **Makulaorganen** liegen die modifizierte Druckrezeptoren, ähnlich denen im Rohr:
In dem einen Makulaorgan sind die **Härchen horizontal** angeordnet, im anderen **vertikal**.
In der Nähe der Härchen befinden sich die **Otholithen** (= Kalzitkristalle) -> je nachdem, wie der Kopf bewegt wird, stoßen diese an verschieden Härchen

b) Die **Bogengänge** sind halbkreisförmige Röhren, nach drei Ebenen ausgerichtet, mit einer **gallertartigen Flüssigkeit** gefüllt und mit **Haarzellen** ausgekleidet (enthalten keine Ortolithe).
Beschleunigung des Kopfes -> gallertartige Masse schwappt in einem der Gänge gegen die Härchen.

Aktionspotentiale aus dem Vestibulären System gehen **über einen Teil des 8. Cranialnervs zum Stammhirn und zum Kleinhirn.**

## Somatosensorik

= allgemeiner Ausdruck, der sich auf die **Empfindungen des Körpers** bezieht.

Somatosensorisches System besteht aus **drei getrennten, aber interagierenden Systemen**:

1. **exterozeptives System**: über dieses werden externe Reize, die auf die Haut wirken, wahrgenommen
2. **propriozeptives System**: analysiert Informationen über die Lage des Körpers, die von Rezeptoren in Muskeln, Gelenken und den Gleichgewichtsorganen stammen
3. **enterozeptives System:** liefert Informationen über allgemeine Zustände des Körpers (Temperatur, Blutdruck, usw.)

Das **exterozeptive System** kann **unterteilt** werden in:

a) Systeme zur Wahrnehmung mechanischer Reize (**Tastsinn**)
b) Systeme zur Wahrnehmung thermischer Reize (**Temperatursinn**)
c) Systeme zur Wahrnehmung nocizeptiver Reize (**Schmerzsinn**)

***Somatosensorische Rezeptoren***

Die **Haut** enthält eine Vielzahl von somatosensorischen Rezeptoren, die auf unterschiedliche Reize reagieren.

**Einige Arten:**

* freie **Nervenendigungen:** = einfachste Hautrezeptoren(ihre rezeptiven Felder weisen keine besonderen Strukturen auf, reagieren besonders auf **Temperaturveränderungen** und **Schmerzreize**)

* **Pacini-Körperchen:** = größte und am tiefsten liegende Hautrezeptoren; zwiebelförmig, reagieren am besten auf **plötzliche, mechanische Belastungen** der Haut, z.B. auf **Verschiebungen** oder **hochfrequentige Vibrationen**.
  Zwiebelartige Hülle schützt die Membran -> stetiger Druck auf die Haut löst kein AP aus, wohl aber ein plötzlicher, vibrierender Reiz

* **Meissner-Körperchen**: reagieren auf **niedrigfrequente Vibrationen**

* **Haarfollikel-Rezeptoren**: befinden sich auf von Haaren bedeckter Haut, reagieren auf **Bewegung der Körperhaare**

* **Merkel-Zellen**: reagieren am stärksten bei **langsamem Druck auf die Haut**

* **Ruffini-Körperchen**: reagieren am stärksten auf **langsame Hautdehnung**

Viele Körpersinne sind noch unerforscht, wie z.B. das **Jucken** (Juckempfindung hängt von denselben Spinalnerven ab wie Schmerzempfindung-> wer nicht besonders sensibel gegenüber Schmerzen ist, spürt auch weniger Jucken. Morphium jedoch, ein starkes Schmerzmittel, hat keine Auswirkung auf das Jucken)

***<u>Input ans Rückenmark und das Gehirn</u>***

Informationen der somatosensorischen Rezeptoren treten **durch die Hinterwurzeln ins Rückenmark** ein und steigen von dort ins Gehirn auf.

Das **<u>Rückenmark</u>** hat **31 Segmente** -> **31 Paar sensorische und motorische Nerven**:

8 Nervenpaare im Cervikalsegment (Halswirbel)
12 Nervenpaare im Thoralsegment (Brustwirbel)
5 Nervenpaare im Lumbalsegment (Lendenwirbel)
5 Nervenpaare im Sakralsegment (Kreuzbeinwirbel)
1 Nervenpaar im Caudalsegment (Steißbeinwirbel)

Jedes Nervenpaar versorgt einen bestimmten Bereich des Körpers (scheibenartiges Segment) -> **Dermatom** [Hautanteil eines Neurotoms!] (**Ausnahme** = Haut im Gesicht -> untersteht den Cranialnerven)
**<u>Informationen gelangen auf zwei Bahnen ins Gehirn</u>:**

a) ***Lemniskales System***: überträgt Reize des Tastsinns und der Propriorezeptoren; zuständig für **epikritische Sensibilität** (feine Oberflächensensibilität, feines Diskriminationsvermögen, 2-Punkt-Diskrimination, Vibration)
-> **Hinterstrangbahn**

b) ***Anterolaterales System***: zuständig für **protopatische Sensibilität** (derbe Reize, wie Temperatur, Schmerz -> soll Körper alarmieren; phylogenetisch älter)
-> **Vorderseitenstrangbahn**

Beide Systeme laufen über unterschiedliche Teile des **Thalamus** zum Cortex (**Gyrus postcentralis** und **Parietallappen**).

**Merke**: **primärer somatosensorischer Cortex ist kein einheitliches Gebiet**;
im **Parietallappen** -> 4 Streifen für unterschiedliche Empfindungen aus unterschiedlichen rezeptiven Feldern; 2 dieser Streifen reagieren z.B. auf Reize, die von Haut kommen, die anderen auf Tiefendruck aus Muskeln und Gelenken).

**Berührungsempfindungen hängen von Aktivität im cerebralen Cortex ab**
-> manchmal haben Menschen Empfindungen, die nicht mit dem übereinstimmen, was sich auf der Haut abspielt, vgl. Extrembeispiel **Phantomschmerzen** nach Amputationen (kann jahrelang andauern)

**Schädigungen** des somatosensorischen Cortex können zu verminderter Empfindsamkeit in einzelnen Körperregionen führen

## Schmerz

Schmerz = **Empfindung**, die **durch einen beschädigenden Reiz** (inklusive Schnitte, Krankheiten, chem. Irritationen, intensive Hitze oder Kälte) **ausgelöst** wird.
= **Botschaft**, sich aus der Umgebung einer Gefahrenquelle zu entfernen.

* Manche Leute werden mit fast vollständiger **Schmerzunempfindlichkeit** geboren,

* andere mit **Schmerzindifferenz** (obwohl sie wissen, daß etwas scharf, heiß oder kalt ist, ist es ihnen egal) Personen mit Schmerzunempfindlichkeit neigen zu zahlreichen Verletzungen, Unfällen und dergleichen; dennoch ist Schmerzunempfindlichkeit ungefährlich.

* Manche Menschen werden mit **Schmerzüberempfindlichkeit** geboren -> kann die Lebensqualität sehr beeinträchtigen.

Eine **Vielzahl physiologischer Mechanismen hemmen den Schmerz** -> aufgrund dieser Mechanismen haben unterschiedliche Menschen unterschiedliche Empfindung der Intensität von Schmerz.

**„Gate-Theory“ des Schmerzes von MELZACK & WALL** (1965)

Verschiedene Gebiete des Rückenmarks enthalten Botschaften von Schmerzrezeptoren, aber auch von anderen Rezeptoren in der Haut und von Axonen, die vom Hirn absteigen. Sind diese anderen Inputs an das Rückenmark genügend aktiv -> „Tore“ für Schmerzempfindungen werden geschlossen (Gehirn kann also Menge der ankommenden Informationen über den Schmerz anheben oder absenken)
=> **Verschiedene „Nicht-Schmerz“-Reize können das Schmerzempfinden modifizieren**

***Schmerzneuronen und ihre Neurotransmitter***

Unmyelisierte Axone und einige dünn myelisierten Axone bringen Schmerzinfo ins Rückenmark
-> schütten NT **Substanz P** aus -> Rückenmarksneurone werden aktiviert -> Info **zum Ventrobasalkern des Thalamus** -> weiter zum **somatosensorischen Cortex** und zum **Gyrus cinguli** (diese Gehirnstruktur ist für emotionale Antworten verantwortlich).

**Versuch**: einem VT wird Substanz P ins Rückenmark injiziert -> zeigt Schmerzverhalten, obwohl es im Rückenmark keinen Schmerz verspüren kann -> verspürt Schmerz in jenem Körperteil, der vom entsprechenden Rückenmarkssegment kontrolliert wird.

**Capsaicin** = chem. Stoff, der Neurone, die Substanz P enthalten, diese ausschütten läßt. Diese Neurone können nun einige Zeit lang keine Substanz P ausschütten, weil sie erst wieder welches produzieren müssen -> **Schmerzunempfindlichkeit** (im Tierversuch überprüft)
-> vgl. Wenn man einen scharfen Pfefferoni (enthält Capsaicin!) ißt, verspürt man zunächst so etwas wie Schmerz oder Hitzegefühl im Mund, dann wird die Zunge eine Zeitlang „taub“. (wird z.B. für die Behandlung von Tumoren im Mund verwendet, Bartoshuk)

***<u>Opiate und Endorphine</u>***

Morphium u.a. Opiate werden seit Jahrhunderten zur Schmerzbekämpfung verwendet, als Schlafmittel, als Antidepressivum.

In den 50er Jahren entdeckte man, **daß die meisten Drogen mit Auswirkungen auf das Verhalten auf synaptische Rezeptoren wirken**.

**PERT & SNYDER** (1973): entdeckten **Gehirnrezeptoren**, die **Affinität zu Morphium**, etc. zeigen;
einige dieser Rezeptoren kommen in jenen Gehirnteilen vor, in denen Substanz P konzentriert vorkommt => **Opiate spielen große Rolle bei Hemmung der schmerzauslösenden Wirkung der Substanz P**.

Da das **Gehirn Opiat-Rezeptoren** hat, muß es auch **selbst ähnliche Stoffe produzieren**:
Diese vier Stoffe heißen **<u>Endrophine</u>**.
Das sind **Metencephalin** und **Leu-Encephalin** (opiatähnliche Peptid-NT)
-> reagieren mit denselben Rezeptoren wie die Opiate.
Hypophyse produziert 2 Hormone mit opiatähnlichen Wirkungen:
-> **Beta-Endorphin** und **Dynorphin** (dienen auch als NT).

**Bedeutung der Endorphine für das Verhalten:**

* bewirken **Analgesie** (= Schmerzlosigkeit) und wirken als positive Verstärker.
* **Encephalin-Synapsen** sind vorwiegend im **periaquäduktalen Grau (PAG) des Hirnstamms**. Sind diese Synapsen aktiv -> Ausschüttung von Substanz P wird blockiert.
* Überprüft an Schmerzpatienten -> elektrische Stimulation des PAG bewirkte Analgesie bei 60% der Patienten, die stundenlang andauerte.

**Stimuli, die endorphin-bedingte Analgesie auslösen**

Endorphine lindern Schmerzen (nützlich bei Schmerzen, die eher hinderlich als informativ sind)
Welche Stimuli können ihre Ausschüttung bewirken?

* der **Schmerz selbst** (nachdem der Schmerz seine Informationsfunktion erfüllt hat, setzt der Körper Mechanismen in Gang, um ihn zu lindern - z.B. beim 2. Schmerz reagiert VT nicht mehr ganz so stark)
* **Streßsituationen** (z.B. die bloße Anwesenheit einer Katze ließ die Maus den Schmerz „vergessen“)
  Bei vorübergehendem Schmerz oder leichtem Schmerz -> Endorphinausschüttung geringer Effekt der Endorphine wird blockiert durch **Naloxon** (Substanz, die Opiat-Rezeptoren blockiert)
* **Akupunktur** -> fördert Ausschüttung von Endorphinen

**Pro und Contra der Morphium-Schmerzlosigkeit**

* Viele Ärzte vermeiden Morphiumgabe wegen des hohen **Suchtpotentials** (führt im Spital allerdings fast nie zur Sucht!).
* Wichtiger Einwand gegen Morphium: **Opiate schwächen Immunsystem** -> Körper wird noch anfälliger für Infektionskrankheiten und Ausbreitung von Krebs.

**Aber**:

* Immunsystem erholt sich meist nach ein paar Tagen wieder, **verlängerter Schmerz oder Streß** dadurch **schwächen Immunsystem noch mehr**
* **Morphium führt auf Dauer zu Stärkung des Immunsystems** -> unterstützt Kampf gegen Ausbreitung des Krebs.
* **Schmerzfreiheit ermöglicht** dem Patienten auch eine **Langzeiterholung**.

# DIE CHEMISCHEN SINNE

waren wahrscheinlich die am frühesten entwickelten Systeme früherer Lebewesen -> ermöglichen Überleben (Eßbares von Nicht-Eßbarem unterscheiden, Partnersuche,...)

***Allgemeines über chemische Codierung***

* **„label-lined-coding“** = abhängig von bestimmtem Merkmal
* **„across-fibre-pattern-coding“** = abhängig von Beziehung einzelner Merkmale zueinander (komplizierter, aber flexibler)

**Ein sensorisches System kann beide Arten verwenden**:

* **System mit „labeled lines“** -> jeder Rezeptor reagiert auf begrenzte Zahl von Stimuli, jeder Rezeptor hat eine direkte Verbindung ins Gehirn (z.B. Tonhöhenwahrnehmung)

* **System mit „across-fibre-pattern“** -> jeder Rezeptor reagiert auf breitere Auswahl von Stimuli, beziehungsweise darauf, wie sie zusammenwirken, mehrere Rezeptoren haben eine gemeinsame Verbindung ins Gehirn. (z.B. Farbwahrnehmung)

Mit welchem System chemische Sinne arbeiten, weiß man noch nicht;
chemische Sinne sind noch am wenigsten erforscht.

## Geschmack

Beim Essen sind Geschmacks- und Geruchssinn gleichzeitig beteiligt.
Der dabei erzeugte Gesamteindruck wird oft als **Aroma** bezeichnet.

***Geschmacksrezeptoren***

* befinden sich auf der **Zunge** (beim Erwachsenen fast ausschließlich am äußeren Rand) und in Teilen der **Mundhöhle.**
* Sie sind **modifizierte Haarzellen** (keine wirklichen Neuronen - haben erregbare Membranen, die durch NT-Ausschüttung benachbarte Neuronen erregen, die Botschaften ans Hirn weiterleiten; ein Neuron versorgt dabei mehrere Haarzellen).
* Meist bilden ca. 50 gemeinsam eine **Geschmacksknopse**. Auf der Zunge liegen sie meist in der Nähe kleiner Erhebungen, in den **Geschmacksgruben** (= **Papillen**).
* Geschmacksrezeptoren haben **keine eigenen Axone** (UNTERSCHIED ZU DEN GERUCHSREZEPTOREN).
* Werden wie Hautzellen häufig erneuert (Lebensdauer ca. 10 - 14 Tage)

Man unterscheidet **vier primäre Geschmacksrichtungen**:
süß, sauer, bitter und salzig
=> wahrscheinlich gibt es **vier Arten von Rezeptoren**; Wahrnehmung aller Geschmacksrichtungen aus Kombination des relativen Erregungsniveaus dieser vier Rezeptoren.

***Weg ins Gehirn:***

* Informationen aus den **vorderen 2/3 der Zunge** gehen über die **Corda tympani** (= Teil des 7. Cranialnervs, des Gesichtsnervs)
* Informationen aus dem **hinteren Teil der Zunge** und aus dem **Rachen** gehen über Äste des **9. und 10. Cranialnervs**.

-> Diese drei Nerven führen zu verschiedenen Teilen des **Nucleus solitarius der Medulla oblongata** (hier wird wahrscheinlich entschieden, ob etwas gut schmeckt oder nicht),
-> von hier zum **Nucleus ventralis posteriomedialis** des **Thalamus**,
-> von dort weiter zum **primären gustatorischen Cortex im Gyrus postcentralis** und zum **sekundären gustatorischen Cortex in der Sylvischen Furche**.

* Außerdem gibt es auch **Areale, die für die Berührungsempfindlichkeit der Zunge zuständig** sind (man muß ja auch wissen, was man ißt -> Gehirn entscheidet, ob etwas gegessen oder wieder ausgespuckt wird)
* Im UNTERSCHIED ZU DEN BAHNEN DER ANDEREN SENSORISCHEN SYSTEME verlaufen die gustatorischen Bahnen **ipsilateral**.

## Geruch:

* Geruch ist **wichtig beim Essen**, z.B. um zu erkennen, ob etwas verdorben ist oder nicht, als **Schutz vor Gefahren** (z.B. Gasgeruch, etc.).
  Säuger erkennen **Angehöriger ihrer Art** am Geruch;
  spielt Rolle bei **Partnersuche**.
* Geruch ist **etwas sehr Subjektives.**
* **Verlust des Riechvermögens** kann z.B. entstehen durch Vitamin B12- Mangel oder als Nebenwirkung mancher Medikamente.

***Olfaktorische Rezeptoren***

* Es gibt **ca. 100 verschiedene** (weil mindestens 2 nötig sind, um Geruch und Intensität wahrzunehmen);
* befinden sich im oberen Teil der Nase, wo sie **in die Riechschleimhaut eingebettet** sind.
* **Jeder Rezeptor** hat ein **eigenes Axon**.
* Rezeptoren sitzen in der **Cilia** (= Dendriten der olfaktorischen Neuronen).
* Werden **bei Bedarf durch neue ersetzt**.
* **Zwischen** dem **Inhalieren und dem Riechen** einer Substanz kommt es zu **einer zeitlichen Verzögerung von 300µsec** (weil Moleküle ins Innere der Nasenschleimhaut müssen).

***Weg ins Gehirn***

* Axone der olfaktorischen Neuronen **durchqueren** den porösen Teil des Schädels (die **Siebbeinplatte**) und treten in den **Bulbus olfactorius** (= **Riechkolben**) ein.
* Von hier weiter durch den **tractus olfactorius (Riechbahn) zur Amygdala und Cortex piriformis** (im **medialen Scheitellappen**).
  **Merke**: olfaktorisches System = das einzige, das **NICHT ÜBER DEN THALAMUS ZUR GROßHIRNRINDE** geht!
* **Eine olfaktorische Bahn** geht auch **zum limbischen System**
  -> vermittelt vermutlich die **emotionalen Reaktionen auf Geruchsreize**.
* **Eine andere Bahn** geht **vom Cortex piriformis über den Thalamus zum orbitofrontalen Cortex** direkt hinter den Augenhöhlen
  -> vermittelt wahrscheinlich die **bewußte Geruchswahrnehmung**

**Anosmie** = genereller Geruchsverlust;
daneben gibt es auch **singuläre Anosmie** = Verlust einer bestimmten Geruchsrichtung.
Wird jemand mit dem Verlust einer bestimmten Geruchsrichtung dieser längere Zeit ausgesetzt
-> es bilden sich neue olfaktorische Rezeptoren dafür.