Wahrnehmung Kapitel 15

Die chemischen Sinne

# Allgemeines

Unterschiede zu anderen Sinnen:

* Beim Riechen und Schmecken werden Moleküle in den Körper aufgenommen 🡪 entsprechende Rezeptoren werden auch als Moleküldetektoren bezeichnet
* Torwächterfunktion: kontrollieren, welche Stoffe in den Körper aufgenommen werden

Emotionale Komponente: schädliche Stoffe riechen und schmecken oft unangenehm, außerdem können Gerüche Erinnerungen hervorrufen

* Im Gegensatz zu geschützt liegenden Sinneszellen (z.B. im Auge, im Innenohr etc.) sind die Rezeptoren für Geruch und Geschmack Schmutz und Bakterien direkt ausgesetzt 🡪 regelmäßige Zellerneuerung (Neurogenese), Geruch: 5-7 Wochen, Geschmack: 1-2 Wochen

# Das olfaktorische System

Makrosmaten: Organismen, für die der Geruchssinn lebensnotwendig ist (z.B. Ratten, Hunde)

Mikrosmaten: Organismen, für die der Geruchssinn hinter z.B. Sehen, Hören und Fühlen eher zweitrangig und nicht überlebensnotwendig ist (z.B. Menschen)

Aber: auch Menschen werden vom Geruchssinn beeinflusst, manchmal, ohne es zu merken!

Beispiel: Synchronisation der Menstruationszyklen

* Frauen, die sich häufig sehen, haben synchrone Zyklen
* Durch menschliche Pheromone ausgelöst, chemische Botenstoffe, die Physiologie und Verhalten andere Menschen beeinflussen

Studie dazu:

1. Aufnahme von Sekreten aus den Achselhöhlen von Spenderinnen in Wattebäusche zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihrer Menstruationszyklen
2. Diese Wattebäusche mit Alkohol getränkt und auf die Oberlippen von Empfängerinnen getupft, durften sich 6 Stunden das Gesicht nicht waschen
3. Spenderinnen am Beginn ihres Zyklus 🡪 verkürzter Zyklus bei Empfängerinnen

Spenderinnen in der Eisprungphase 🡪 verlängerter Zyklus bei Empfängerinnen

Nur Alkohol aufgetupft 🡪 kein Effekt (Kontrollgruppe)

(Die Sekrete waren nicht riechbar, nur der Alkohol wurde wahrgenommen)

Fazit: Überlegt euch gut, wo ihr Versuchspersonenstunden macht! :D

Die Bedeutung von Gerüchen für das tägliche Leben erkennt man oft erst, wenn der Geruchssinn verloren geht (**Anosmie**).

**Kennwerte des Geruchssinns:**

Riechschwelle

* Niedrigste Konzentration, bei der ein Geruchsstoff entdeckt wird (für alle Stoffe unterschiedlich)
* Ratten sind etwa 8 - 50mal empfindlicher, Hunde 300 – 1000mal
* Diese geringere Empfindlichkeit liegt nicht an den Rezeptoren selbst (reagieren schon auf ein einziges Molekül), sondern an der Anzahl, die beim Menschen viel geringer ist, als beim Hund

Unterschiedsschwelle

* Kleinster Unterschied in der Konzentration zweier Stoffe, der entdeckt werden kann
* Messung sehr problematisch, da Darbietung bestimmter Konzentrationen schwierig, mit Nutzung eines Olfaktometers möglich

Identifizieren von Gerüchen

* Die Anwesenheit eines Geruches zu bemerken bedeutet nicht, dass man ihn auch erkennt, dazu muss Konzentration um Faktor 3 erhöht werden
* Menschen können außerdem bis zu 100 000 Gerüche unterscheiden, haben aber oft Schwierigkeiten, einen bestimmten Geruch zu identifizieren! Dies liegt nicht am olfaktorischen System, sondern am Gedächtnis.

**Geruchsstoffe und Geruchsqualitäten**

Problem der Kategorisierung von Gerüchen:

* Bei Licht und Tönen haben unsere Wahrnehmungen etwas mit den Wellenlängen und Frequenzen der Reize zu tun 🡪 die Farbe „Rot“ kann z.B. eindeutig definiert werden
* Gerüche sind schwer zu kategorisieren und es gibt auch keine physikalische Größe, die eine Einteilung erlaubt (Molekülformen scheinen mit dem Geruch so gut wie nichts zu tun zu haben)
* Mithilfe neuerer Forschung konnten aber Zusammenhänge zwischen strukturellen Komponenten von Molekülen, dem Geruch und den Aktivierungsmustern im olfaktorischen System festgestellt werden

**Die neuronale Codierung der Geruchsqualität**

**Die Struktur des olfaktorischen Systems:**

* Riechschleimhaut = ca. 5cm² hoch oben in der Nasenhöhle unter dem Bulbus olfaktorius, darin befinden sich die Sinneszellen
* Deren Zilien ragen in den Luftstrom, enthalten die Rezeptoren: Proteinfäden, die die Membran 7mal durchqueren
* Kontakt von Geruchsstoffen mit den Rezeptoren führt zu Transduktion 🡪 elektrische Signale in den Riechsinneszellen, breiten sich zu Strukturen namens Glomeruli im Bulbus olfaktorius , die die Signale vieler Sinneszellen kombinieren und an den Bulbus (schon Teil des Gehirns) weitergeben
* Weiterleitung über die Riechbahn (Tractus olfaktorius) an einige Teile der Großhirnrinde: den primären olfaktorischen Kortex (oder piriformen C.) unterhalb des Temporallappens und den sekundären olfaktorischen Kortex im Frontallappen, außerdem an die Amygdala (zuständig für Emotionen)

**Die Geruchsrezeptoren**

* Bei Menschen ca. 350 verschiedene Arten von Geruchsrezeptoren (Mäuse haben ca. 1000)
* Aktivierung eines Rezeptors bewirkt elektrisches Signal in seiner Riechsinneszelle
* Jede Riechsinneszelle enthält nur eine Art von Rezeptor

Wie werden verschiedene Moleküle durch elektrische Aktivität im olfaktorischen System repräsentiert?

🡪 Dazu Untersuchung an 3 Orten: Riechschleimhaut, Bulbus olfaktorius, Kortex

**Aktivierung in der Riechschleimhaut**

*Methode: Kalzium-Imaging*

* *Anreicherung der Riechsinneszellen mit einer unter UV-Licht fluoreszierenden Chemikalie*
* *Beim Antworten steigt im Rezeptor die Konzentration von Ca²+, dies führt zu einer Abnahme der Fluoreszenz*

***🡪*** *aktivierte Rezeptoren sind dunkler*

Erkenntnisse:

* Jeder Geruchsstoff löst eine Bestimmte Kombination von Rezeptorantworten aus
* So lassen sich Aktivierungsmuster für jeden Geruchsstoff finden, das **Geruchsprofil** (Bsp.: Oktanol aktiviert die Rezeptoren 18, 19 , 41 und 51)
* Auf dieser Grundlage wurde ein kombinatorischer Code vorgeschlagen, in dem Geruchsstoffe durch Kombinationen von Rezeptoren repräsentiert werden
* Aus den 350 verschiedenen Rezeptoren beim Menschen lassen sich genug Kombinationen erstellen, um nahezu unendlich unterschiedliche Gerüche wahrzunehmen
* Dieses System ist mit der Dreifarbentheorie des Sehens zu vergleichen (Jede Farbe besteht aus einer Kombination von Antworten der 3 Zapfentypen), nur dass es statt 3 Rezeptortypen 350 sind.

**Aktivierung des Bulbus olfaktorius**

* Unterteilung der Riechschleimhaut in 4 Zonen: jede enthält verschiedene Arten von Rezeptoren, aber jeder Rezeptortyp kommt nur in einer Zone vor
* Geruchsstoff im Luftstrom aktiviert verschiedene Arten von Rezeptoren (von jedem ca. 10 000 Stück vorhanden)
* Riechsinneszellen leiten Signal an Glomeruli, pro Art von Riechsinneszellen nur 1, höchstens 2 Glomeruli 🡪 Vereinfachung des Aktivierungsmusters

*Methode: Optical Imaging*

* *Freilegen des interessierenden Gehirnteils*
* *Bestrahlen mit rotem Licht*
* *Sauerstoffreiches Blut reflektiert mehr davon als –armes*

*🡪 aktivierte Hirnareale erscheinen dunkler*

* So konnte ermittelt werden, welche Geruchsstoffe welche Hirnareale aktivieren
* Funktionelle Gruppen (kleine Molekülteile, die viele Stoffe einer Art gemeinsam haben und die die Stoffeigenschaften beeinflussen) bestimmen die allgemeine Region des Bulbus, die erregt wird, die Länge der Molekülkette bestimmt die Position des aktivierten Bereichs innerhalb der Region
* Molekülformen haben doch etwas mit dem Geruch zu tun, zumindest oft

*Weitere Methode: 2-Desoxyglukose-Technik*

* *Injektion von radioaktiver Glukose, um zu bestimmen, welche Neuronen durch bestimmte chemische Substanzen am stärksten Aktiviert werden*
* Stoffe mit dem selben Molekül (bis auf die Ausrichtung einer Gruppe), und unterschiedlichem Geruch (1) oder gleichem Geruch (2) wurden dargeboten
* In Fall 1 wurden unterschiedliche Bereiche aktiviert
* In Fall 2 wurden bei beiden Stoffen die gleichen Bereiche aktiviert
* Aktivierungsmuster im Bulbus hängen nicht nur mit funktionellen Gruppen und der Molekülstruktur zusammen, sondern auch mit dem wahrgenommenen Geruch

**Kortikale Aktivierung**

* Wichtigstes Areal für den Geruchssinn: Piriformer Kortex = primärer olfaktorischer Kortex

*Versuch:*

* *Klonen von Mäusen mit bestimmtem Geruchsrezeptor, eine Gruppe in Zone 1, eine in Zone 4 der Riechschleimhaut*
* *Tracer-Molekül in Kontakt mit der Riechschleimhaut gebracht: färbt den geklonten Rezeptor, sowie anschließende Nervenzellen bis in den Kortex ein*

*🡪 Rezeptor 1 aktiviert andere Regionen im Bulbus als Rezeptor 2, ebenso im Kortex, dort überlappen sich die Areale jedoch (möglicherweise ein Mechanismus für die Verarbeitung komplexer Gerüche)*

* Im Verständnis der olfaktorischen Wahrnehmung stehen wir erst am Anfang!

# Das gustatorische System

**Funktionen des Schmeckens**

* Süße oft mit nahrhaften oder kalorienreichen Nahrungsmitteln assoziiert 🡪 automatische Akzeptanz von süßen Stoffen und löst Stoffwechselreaktionen zur Verdauung von Zucker aus
* Bitterkeit hat den gegenteiligen Effekt
* Salzige Nahrung wird von Menschen mit Natriummangel bevorzugt

🡪 Diese Zusammenhänge nicht eindeutig: giftige Pilze schmecken oft gut, künstliche Süßstoffe haben keinen Nährwert, Bitterstoffe können ungefährlich und verwertbar sein

🡪 Man kann seinen Geschmack an dieses Wissen anpassen 🡪 auf den Geschmack kommen

**Geschmacksqualitäten**

* Besser einzuteilen als Gerüche
* 5 Grundqualitäten: salzig, sauer, süß, bitter, umami (Fleisch, Brühe, Bohnenkraut)
* Die meisten Geschmackswahrnehmungen lassen sich anhand dieser Qualitäten beschreiben

**Neuronale Codierung von Geschmacksqualitäten**

**Die Struktur des gustatorischen Systems**

* Oberfläche der Zunge weist Unebenheiten auf 🡪 Zungenpapillen (Fadenpapillen, Pilzpapillen, Blätterpapillen und Wallpapillen)
* Alle außer den Fadenpapillen enthalten Geschmacksknospen, insgesamt etwa 10 000
* In der Zungenmitte nur Fadenpapillen, daher dort kein Geschmackssinn
* Jede Geschmacksknospe enthält 50 – 100 Geschmackssinneszellen
* Deren Mikrovilli ragen in die Geschmackspore hinein
* Chemische Substanzen an den Geschmacksrezeptoren an der Spitze der Mikrovilli führen zu Transduktion, das elektrische Signal breitet sich von den Sinneszellen über 4 verschiedene Nervenbahnen zum Gehirn aus, dort Erreichen des Nukleus solitarus im Hirnstamm, von dort zum Thalamus und dann an 2 Strukturen im Frontalhirn, außerdem zum orbitofrontalen Kortex, wo Information von allen Sinnen kombiniert wird

**Ensemble- oder Einzelzellkodierung?**

Ensemblekodierung: Qualitäten werden durch über viele Neuronen verteilte Aktivitätsmuster kodiert

* Die Antwort von 13 Nervenfasern einer Ratte auf Geschmacksstoffe untersucht: faserübergreifende Antwortmuster
* Diese ähneln sich bei ähnlich schmeckenden Stoffen, unterscheiden sich bei unterschiedlichen Geschmäckern

Einzelzellkodierung: Qualitäten werden durch Aktivität in darauf abgestimmten Neuronen angezeigt

* Forschungen entdeckten Rezeptoren für süß, bitter und umami: Proteinfäden die wie Licht- und Geruchsrezeptoren die Membran 7mal durchqueren
* PTC: Stoff, der für Menschen bitter schmeckt, für Mäuse nicht
* Es wurden Mäuse geklont, die den menschlichen Rezeptor für PTC besaß 🡪 konnten das Bittere jetzt schmecken
* Ebenso wurden Mäuse geklont, denen der Rezeptor für (bitteres) Cyclohexamid fehlte (können Mäuse normal schmecken) 🡪 konnten das Cyx nicht mehr schmecken, die anderen Geschmacksqualitäten blieben aber unverändert

Welche Kodierungsart ist es jetzt?

Nicht geklärt!

# Die Wahrnehmung des Aromas

* Was wir als „Geschmack“ bezeichnen, ist normalerweise eine Kombination aus Schmecken und Riechen: **Aroma**
* Beim Essen haben wir es normalerweise mit vielen verschiedenen Aromen zu tun
* Das Herausfiltern eines bestimmten Aromas fällt uns oft leicht, ist aber beeindruckend wenn man bedenkt, dass jedes Aroma sich aus oft über 100 chemischen Substanzen zusammen setzt
* Ebenso komplexe Prozesse nötig wie bei der Zerlegung einer visuellen Szenerie in einzelne Objekte, aber noch weitgehend unverstanden

**Aromawahrnehmung**

* mit geschlossener Nase ist das Erkennen von Geschmäckern schwierig, da normalerweise Geruchsstimuli aus der Nahrung durch die retronasale Öffnung im Rachen, die Mund- und Nasenhöhle verbindet, die Riechschleimhaut erreichen
* Das Schließen der Nase unterbindet die Luftzirkulation
* Bei manchen chemischen Substanzen spielt der Geruchssinn allerdings keine große Rolle bei der Erkennung, der Geschmackssinn überwiegt

**Die Physiologie der Aromawahrnehmung**

* Orbitofrontaler Kortex (OFC): erste Stelle, wo Geruchs- und Geschmacksinformationen zusammentreffen, außerdem visuelle Informationen
* Der OFC enthält viele bimodale Neuronen, die auf Signale aus mehr als einem Sinnessystem reagieren, oft auf ähnliche Wahrnehmungsqualitäten (z.B. süßer Geschmack und Geruch)

🡪 OFC vermutlich kortikales Zentrum für die Aromawahrnehmung und die kortikale Repräsentation von Nahrungsmitteln

* OFC-Neuronen antworten je nach Hunger!
  + Affe bekommt Rahm angeboten, Neuron feuert stark
  + Affe trinkt Rahm, dabei wird die Aktivität des Neurons weniger, bis die Spontanaktivität erreicht ist und der Affe den Rahm verweigert (weil ihm vermutlich sau schlecht ist :D)
* Der OFC ist an der Kontrolle der Nahrungsaufnahme beteiligt