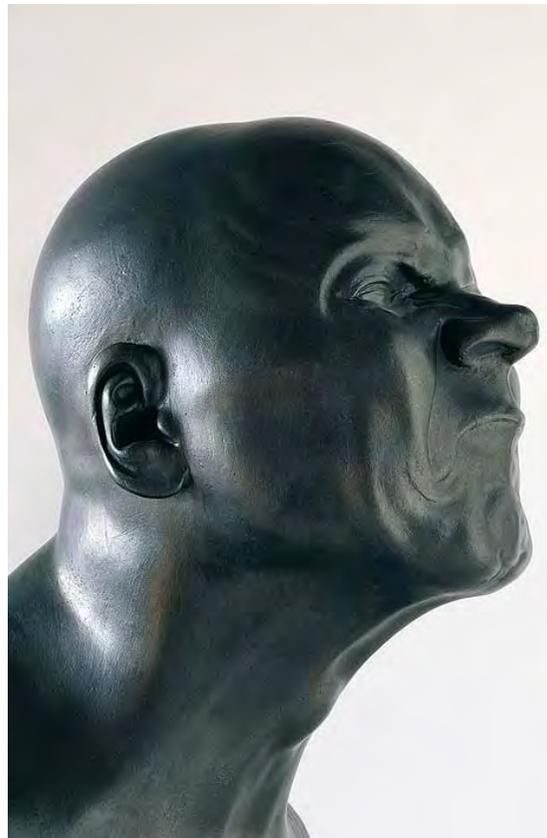


Neurobiologie

Prof. Dr. Bernd Grünewald, Institut für Bienenkunde,
FB Biowissenschaften

www.institut-fuer-bienenkunde.de
b.gruenewald@bio.uni-frankfurt.de



Franz Xaver Messerschmidt

Chemorezeption: Schmecken und Riechen



- **Chemorezeption**
 - Schmecken
 - Klassifizierung
 - Geschmacksorgane
 - Transduktion
 - Riechen
 - Rezeptoren und Transduktion
 - zentrale Verarbeitung
 - Insekten

Chemorezeption - Geschmack



1. Geschmacksrezeptoren:

- reagieren auf gelöste Stoffe (bei Fliegen „Schmeckhaare“ an den Tarsen,
- Kontaktchemorezeptoren auf den Mundwerkzeugen und Beinen von Arthropoden
- bei Wirbeltieren Geschmacksrezeptoren auf der Zunge

Chemorezeption

2. Geruchsrezeptoren:

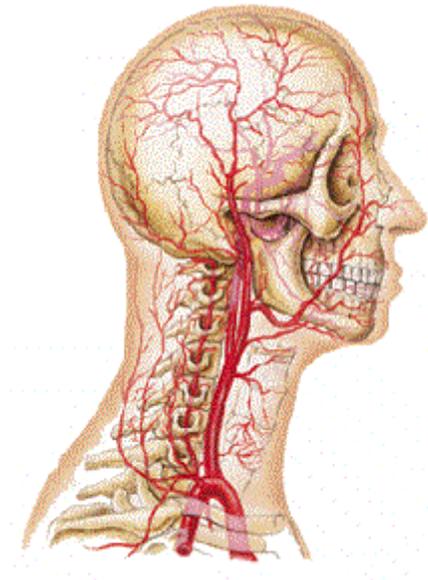
- reagieren auf luftgetragene Moleküle (aber auch diese müssen in wässrigem Milieu gelöst werden)
- Geruchsmoleküle bindende Transportproteine (Odor binding proteins)
- bei Insekten „Haare“ auf der Antenne
- bei Wirbeltieren Riechepithel in der Nase



Chemorezeption

3. Interne Chemorezeptoren:

- Messen z.B. den pH-Wert oder den O₂-Gehalt des Blutes (Glomus caroticum, carotid body)
- Bei Mollusken Chemorezeptoren, Osphradium unter dem Mantel: beurteilt die Qualität des Wassers.



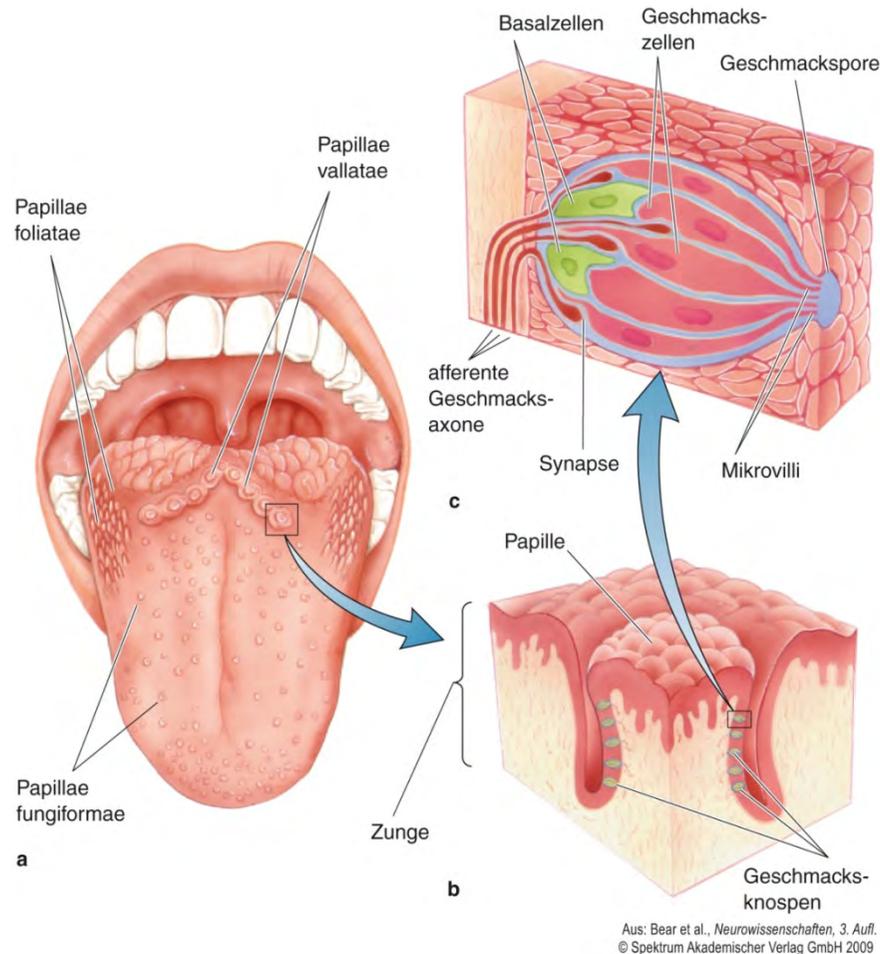
Chemorezeption

- Geschmacks- **und** Geruchsrezeptoren:
 - werden aus Basalzellen (Stammzellen) zeitlebens nachgebildet
 - rascher „turnover“ der Sinneszellen (beim Mensch ca. alle 4 bis 8 Wochen)
 - immer sehr rasch adaptierend
- **Geruchsrezeptoren:**
 - primäre Sinneszellen (mit eigenem Axon)
- **Geschmacksrezeptoren:**
 - sekundäre Sinneszellen (Transmitterfreisetzung zum afferenten Neuron)

Modalität: Geschmack. Qualitäten:



Geschmacksorgane

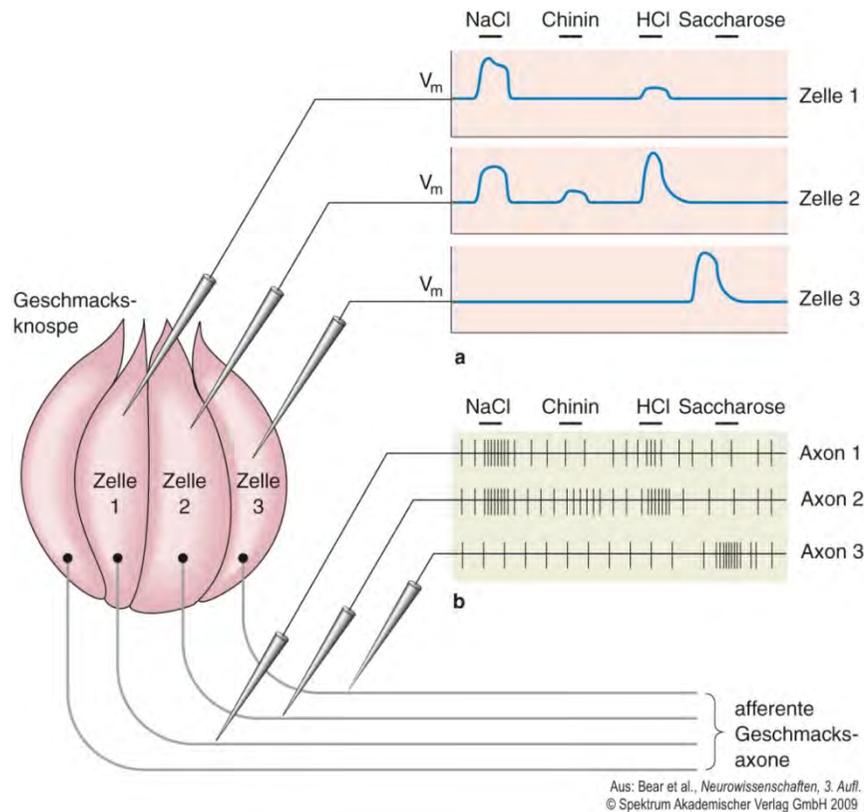


- Säuger: Zunge, Gaumen, Rachen
- Fische: zusätzl.: Barteln, Hautoberfläche
- Insekten: Tarsen, Antennen

Säugerzunge:

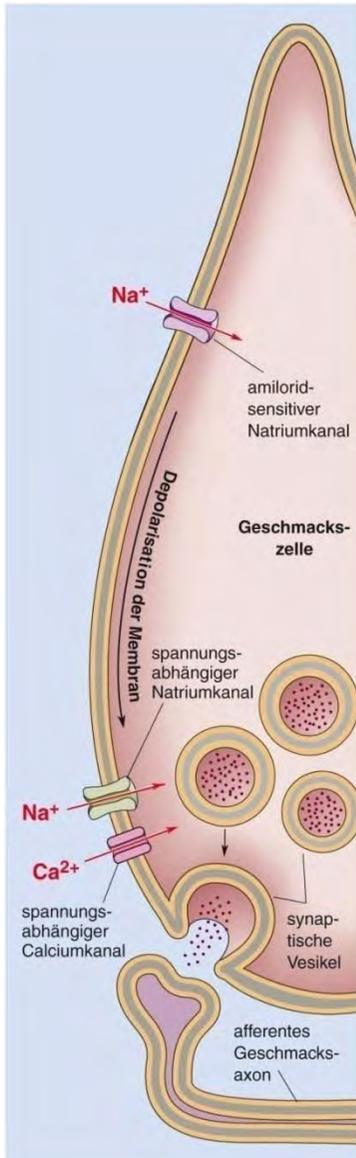
- Papillen mit 1 – 100 Geschmacksknospen
- Geschmacksknospen:
 - Mensch: 2.000 – 5.000 Knospen
 - Rind: 35.000 Knospen
 - Rezeptorzellen,
 - Basalzellen,
 - afferente Nervenendigungen
- 50 – 150 Rezeptorzellen pro Knospe
 - verschiedene Qualitäten pro Knospe

Geschmacksrezeptorzellen



- sekundäre Sinneszellen
- apikales Ende: Mikrovilli in Geschmackspore
- Synapse auf Afferenzen (Aktionspotenzial)
- Ein afferentes Neuron pro Rezeptorzelle
- Lebensdauer: etwa 2 Wochen
- Rezeptorpotenzial: depolarisierend
- Reaktion auf 1-2 Geschmacksqualitäten

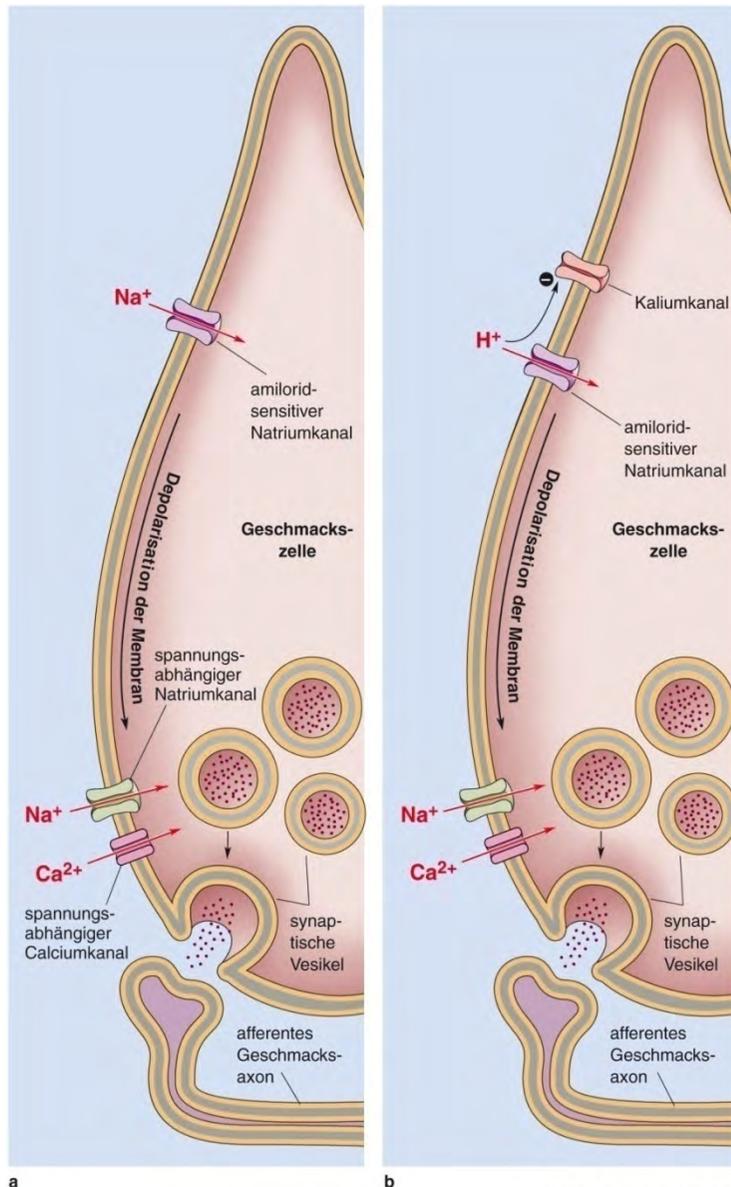
Transduktion: salzig



a

- Na^+ Ionen (im NaCl)
- Direkter Einstrom durch Natriumkanal (immer offen)
- Amilorid-sensitiver Kanal
- Membrandepolarisation
- Vesikelausschüttung

Transduktion: salzig, sauer



Aus: Bear et al., *Neurowissenschaften*, 3. Aufl.
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009

Salzig:

- Na⁺ Ionen (im NaCl)
- Direkter Einstrom durch Natriumkanal (immer offen)
- Amilorid-sensitiver Kanal

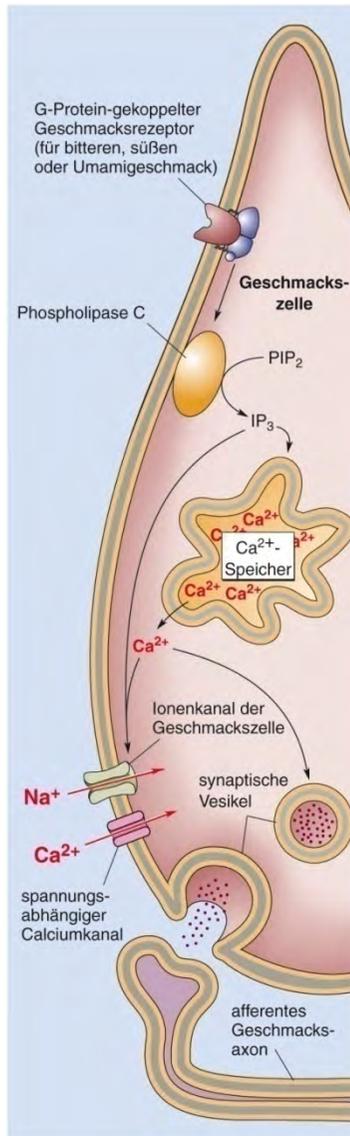
Sauer:

- H⁺ Ionen
- Direkter Einstrom durch Natriumkanal (immer offen)
- Amilorid-sensitiver Kanal
- Blockierung (Schließen) von Kaliumkanälen

Beide Qualitäten:

- Direkte Kanalwirkung
- Membrandepolarisation

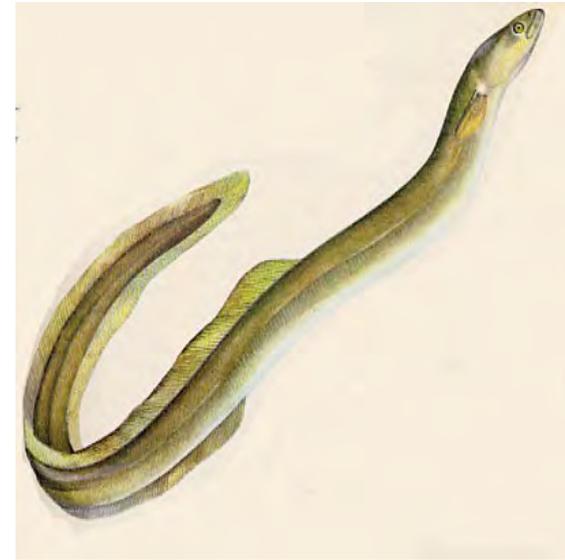
Bitter – süß – umami: metabotrope Rezeptoren



Aus: Bear et al., Neurowissenschaften, 3. Aufl.
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009

- G-Protein-gekoppelte Rezeptoren
- Rezeptoren:
 - 1 Süßrezeptor (T1R2-, T1R3-Protein)
 - 30 verschiedene Bitterstoffrezeptoren (T2R)
 - 1 Umamirezeptor (T1R1-, T1R3)
- Bitter: sehr unspezifisch → giftig!
- gemeinsamer Signalweg für 3 Qualitäten
- Ca²⁺-abhängiger Natriumkanal
- Depolarisation

Geruch

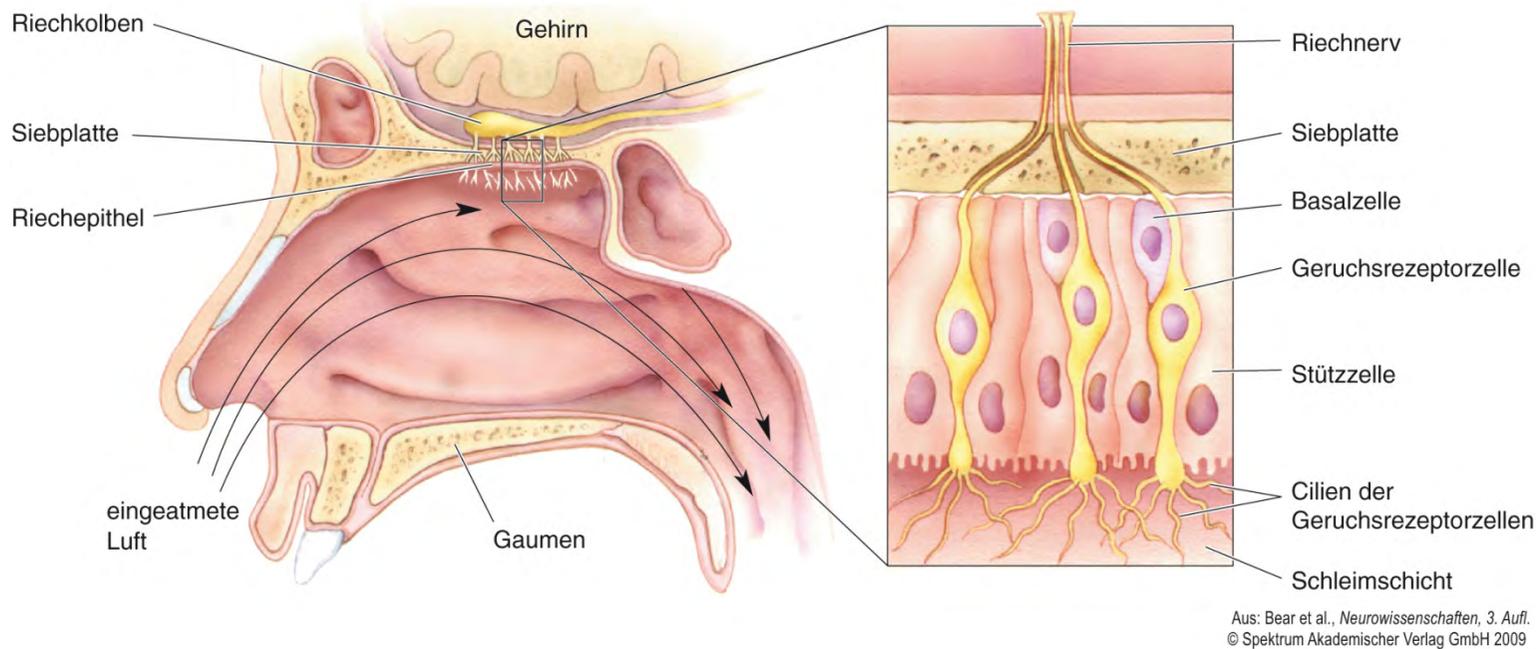


- Nahrungssuche
- Orientierung
- Partnersuche
- Reviermarkierung
- Eiablageplätze
- ...

Klassifikation der Primärgerüche nach Amoore

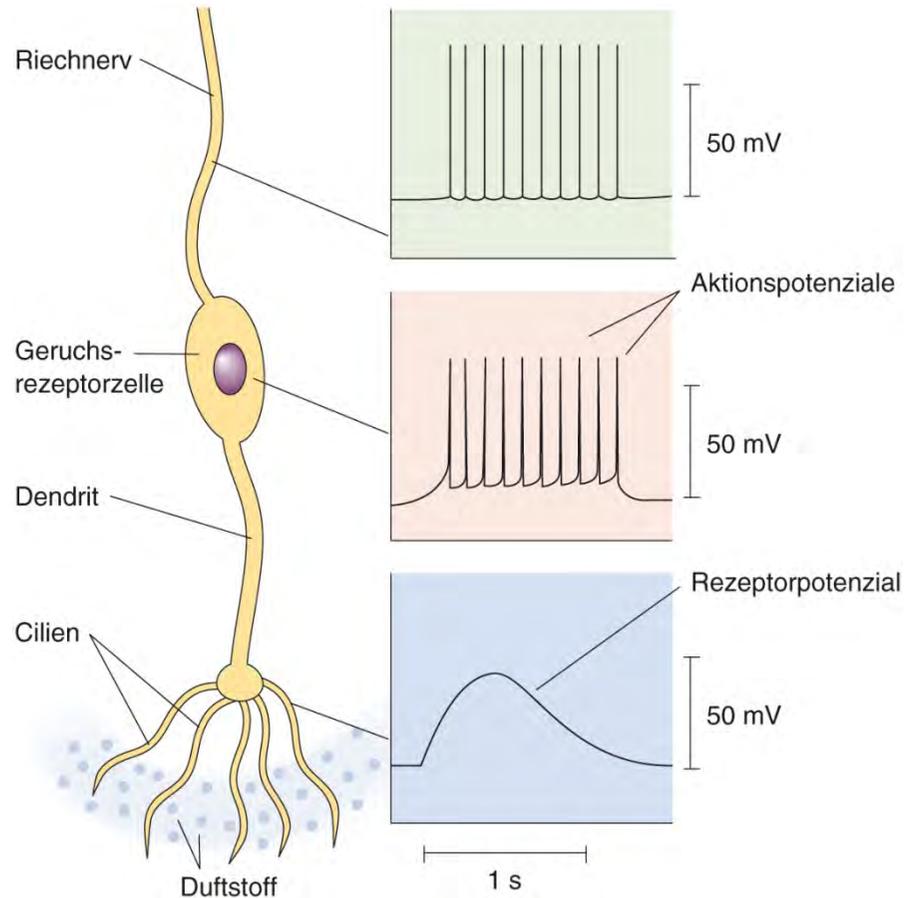
Primärgeruch	Chemische Substanz	Trivialsubstanz
campherartig	Campher	Mottenpulver
moschusartig	Hydroxypentadecan- säurelacton	Angelikawurzelöl
blumig	Phenylethyl-methyl- ethyl-carbinol	Rose
minzig	Menthol	Pfefferminz
ätherisch	Ethylen-dichlorid	Fleckenwasser
stechend	Ameisensäure	Essig
faulig	Butylmercaptan	faule Eier

Geruch



- Riechepithel:
 - Riechzellen (Transduktion)
 - Stützzellen (Schleimproduktion)
 - Basalzellen (Neurogenese neuer Riechzellen)
- Mensch: 10 cm^2 , Hund: $>170 \text{ cm}^2$

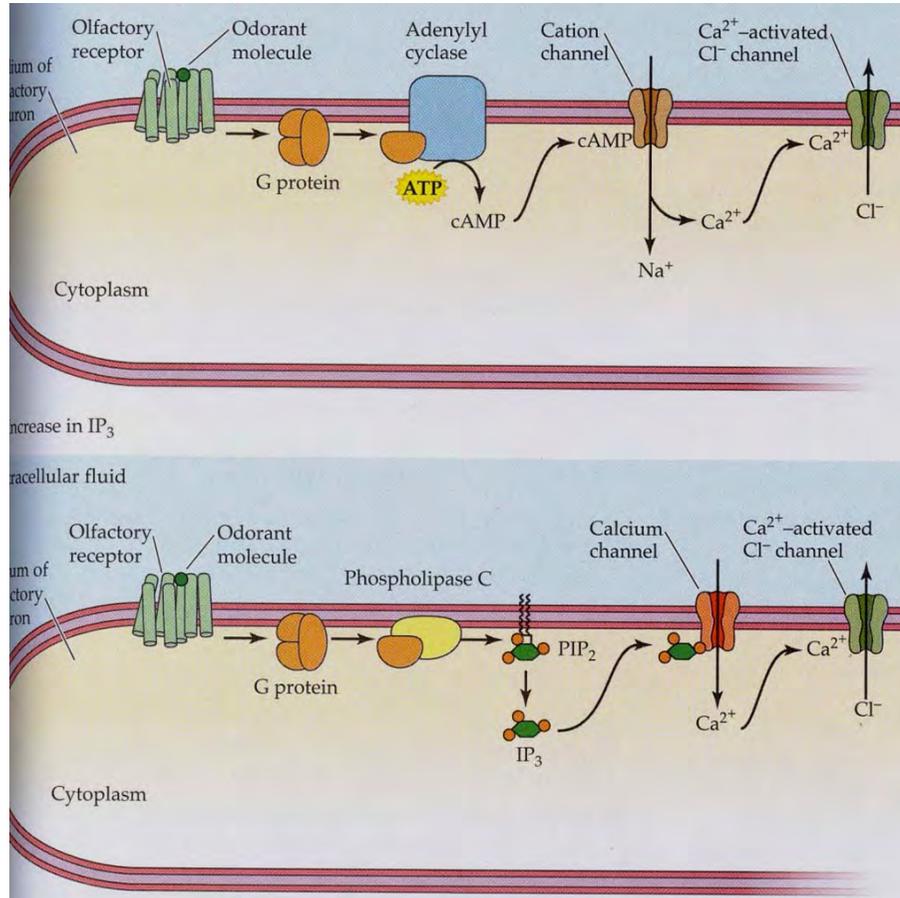
Riechzellen



Aus: Bear et al., *Neurowissenschaften*, 3. Aufl.
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2009

- primäre bipolare Sinneszellen
- Axon, Aktionspotentiale:
 - Transduktion
 - Transformation
- Lebensdauer: ca. 60 Tage
- Cilien in Schleimschicht
- Duftstoff in Schleim gelöst
- Mikrosmat (z. B. Mensch):
 - 10.000 verschiedene Gerüche
 - 20 Mio. Riechzellen
- Makrosmat (z. B. Hund):
 - 230 Mio. Riechzellen

Olfaktorische Transduktion



Hill, Wyse, Anderson, 2004

- In Membranen der Cilien
- Duftrezeptoren (OR)
- Metabotroper Rezeptor
- Zwei Signalwege:
- 1. cAMP = intrazellulärer Transmitter:
 - aktiviert cAMP-abhängigen Na⁺ Kanal
- 2. IP₃ = intrazellulärer Transmitter:
 - aktiviert Ip₃- abhängigen Ca²⁺ Kanal
- Membrandepolarisation
- **Eine Sinneszelle – ein Duftrezeptor!**

ORN: eine große Genfamilie

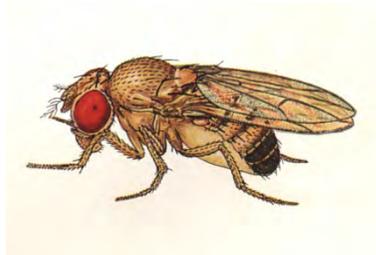


Caenorhabditis elegans (Fadenwurm)

20.000 Gene

1000 OR Gene

10 Riechzellen

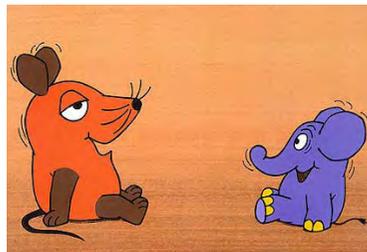


Drosophila melanogaster (Taufliege)

13.000 Gene

60 OR Gene

1200 Riechzellen



Mus musculus (Maus)

30.000 Gene

1000 OR Gene

300.000.000 Riechzellen



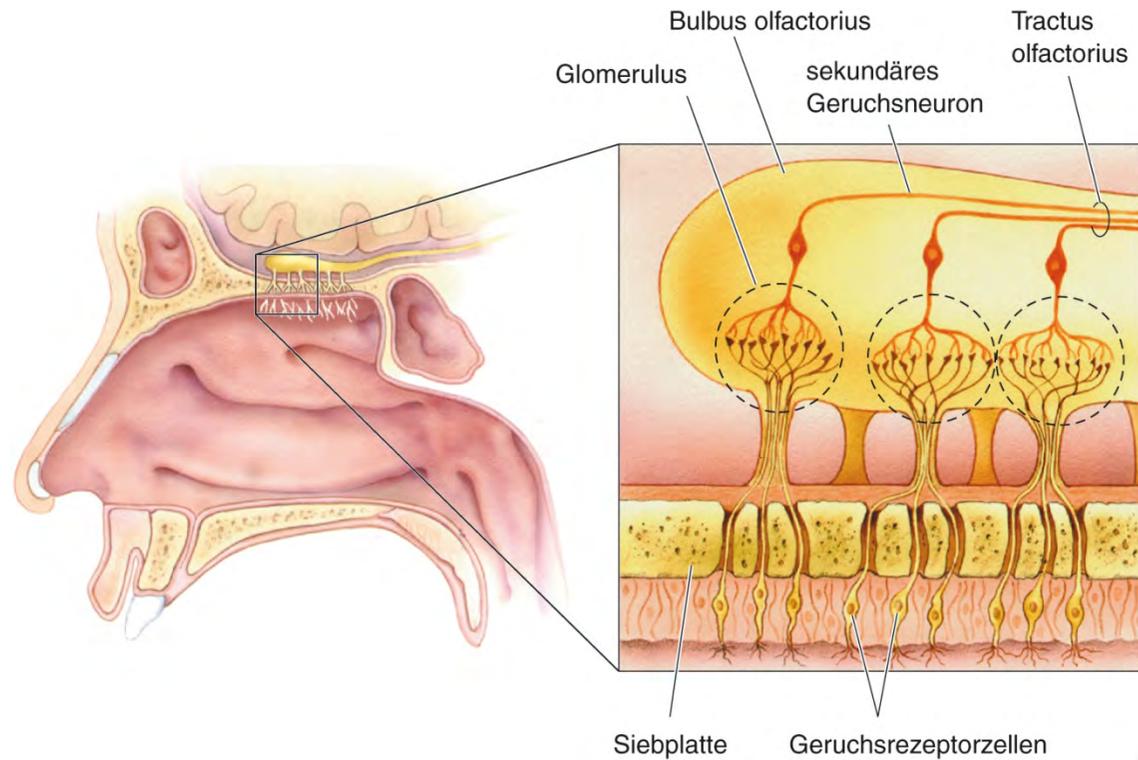
Homo sapiens (Mensch)

30.000 Gene

1000 OR Gene

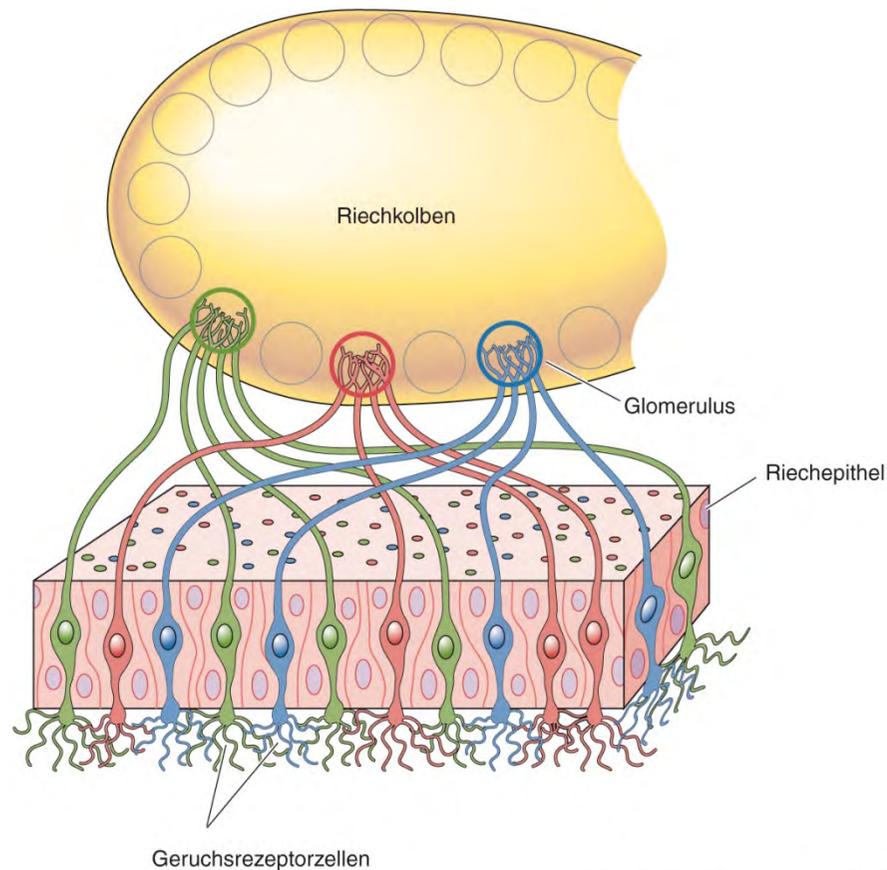
40.000.000 Riechzellen

Bulbus olfactorius



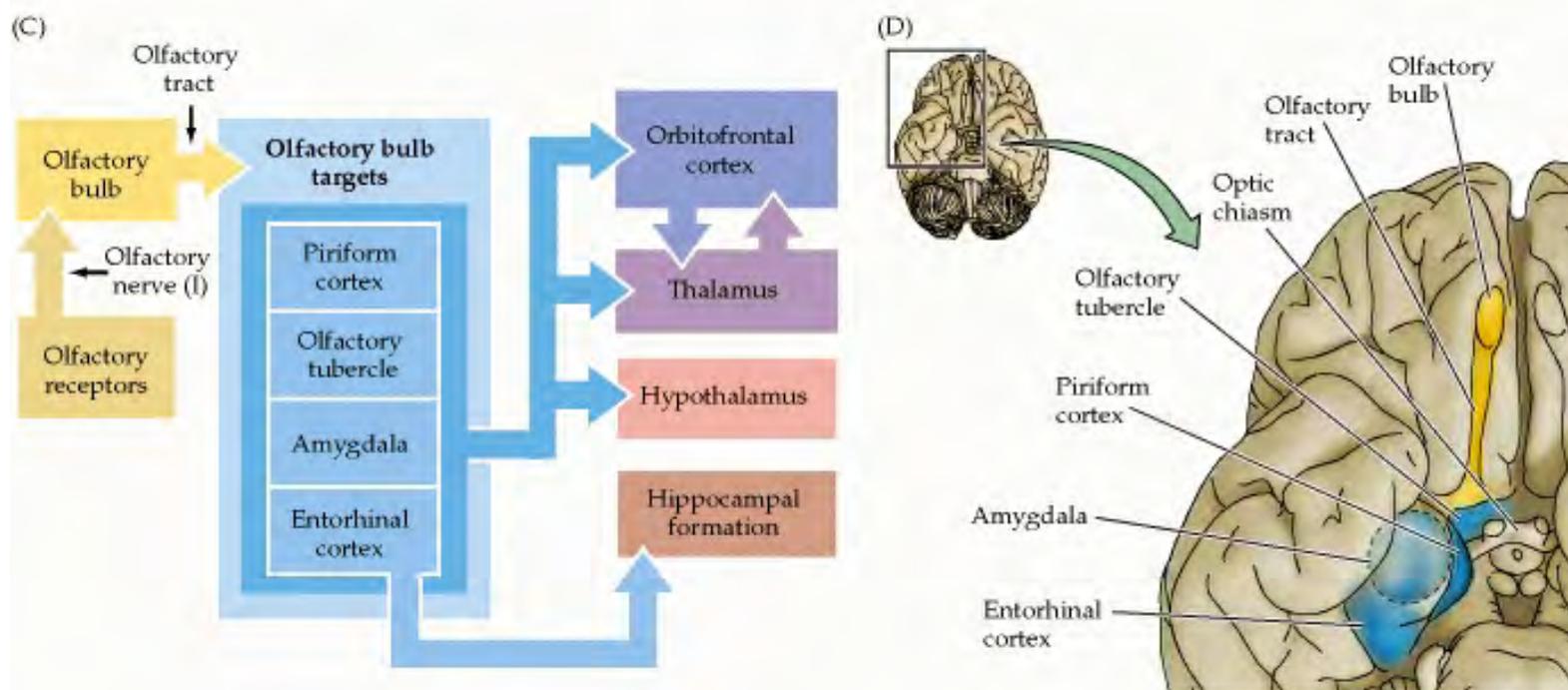
- Axone der Riechzellen ziehen in Bulbus
- 2000 Glomeruli
- Axone von 25.000 Sinneszellen pro Glomerulus
- odotope Karte: sortieren der Duftrezeptoren in spezifische Glomeruli
- **Ein Duftrezeptor – ein Glomerulus!**

Bulbus olfactorius



- **Ein Duftrezeptor – ein Glomerulus!**
- Präzise Zuordnung:
- Alle Riechzellen eines Rezeptortyps senden ihre Axone in denselben Glomerulus.
- Benachbarte Rezeptortypen in benachbarte Glomeruli.
- Eine zweidimensionale Geruchskarte im Bulbus

Die olfaktorische Bahn im Säugerhirn



- Axone der Mitralzellen:
- aus dem olfaktorischen Bulbus in das Riechhirn (Paläokortex), mehrere Kerne
- Vom Paläokortex in den Neokortex (Kortex präpiriformis):
- Hippokampus, Thalamus, Hypothalamus

Riechen bei Insekten

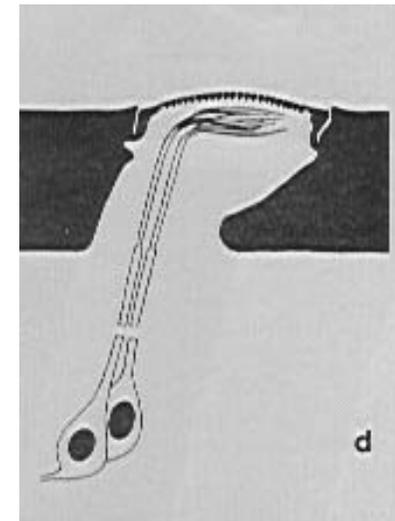


- Kommunikation, Nahrungssuche, Eiablage
- Teilweise extreme Empfindlichkeit
- Antennen
- Sensillen
- Antennallobus mit Glomeruli
- Ähnliche Verschaltungsprinzipien
- **Ein Duftrezeptor – ein Glomerulus!**

Olfaktorische Sensillen auf der Antenne



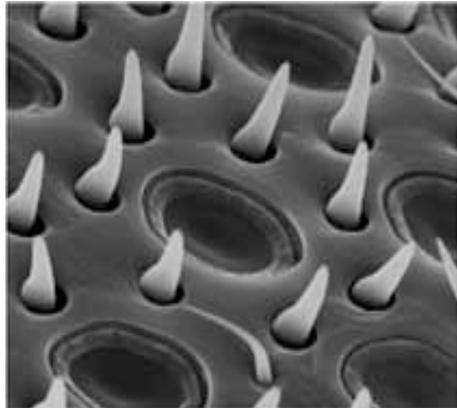
Allgemeiner Aufbau



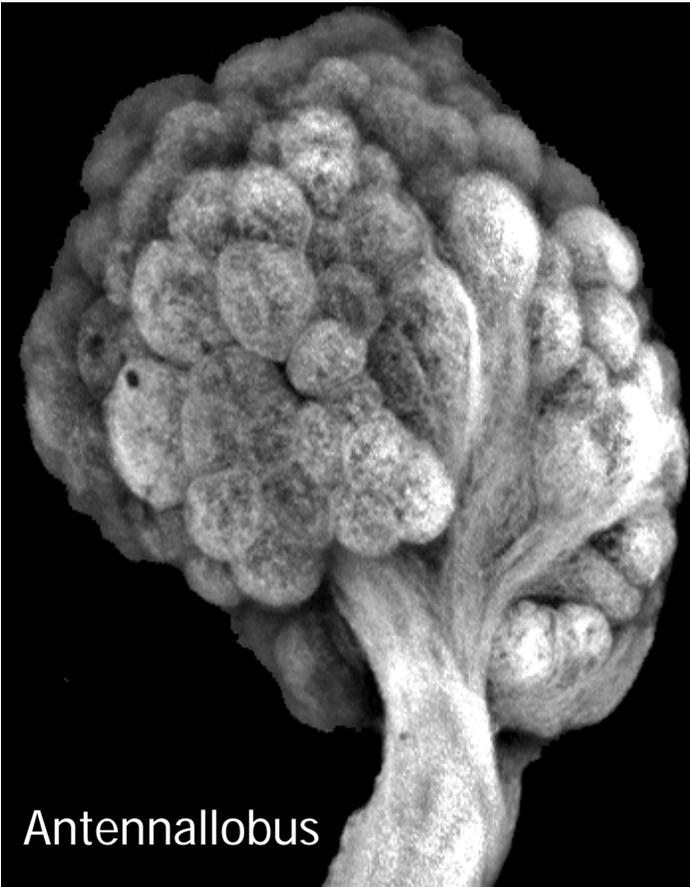
Porenplatte

Die Verarbeitung der Duftinformation im Gehirn von Insekten

Sensillen

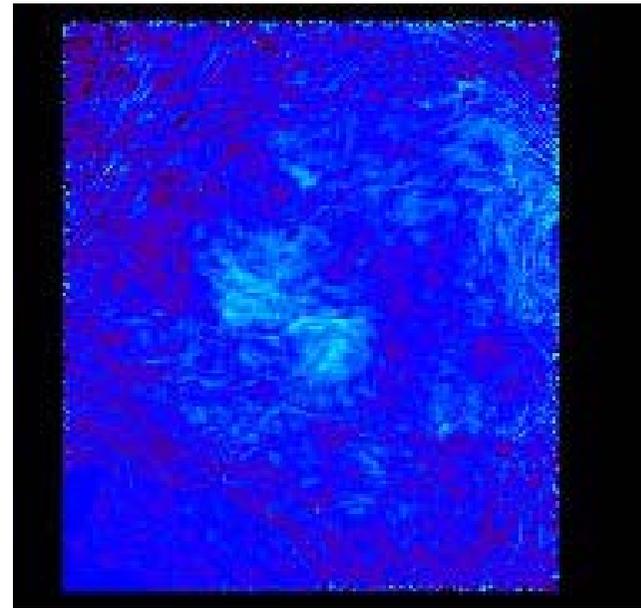
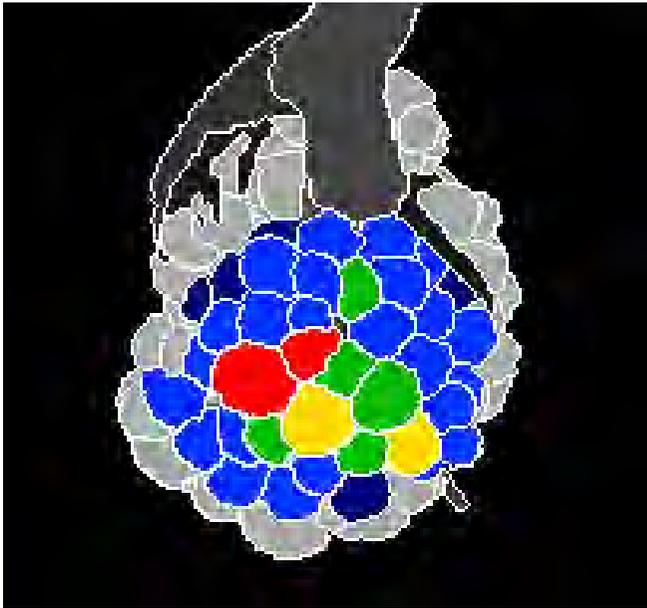


Antennen

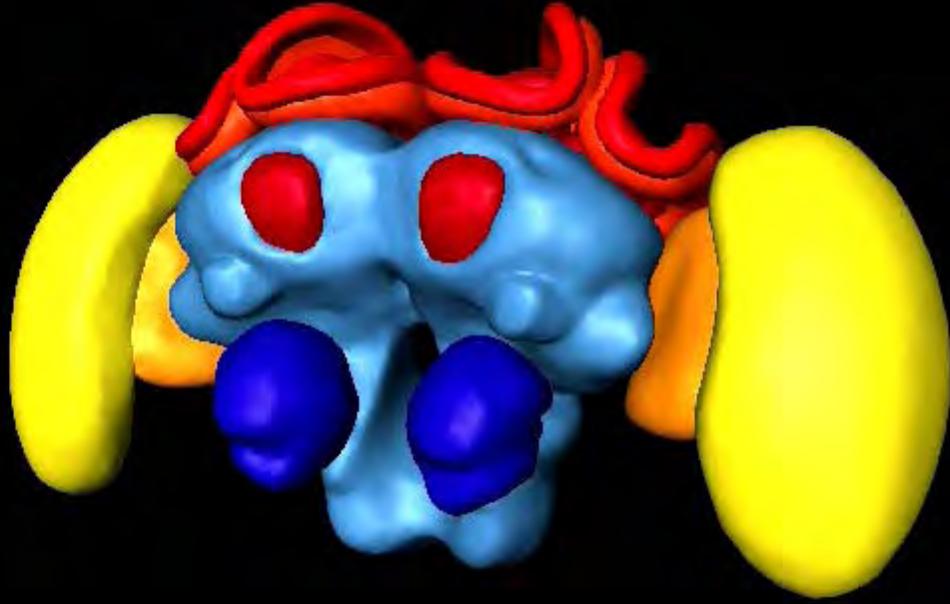


Antennallobus

Düfte sichtbar machen



Octanol

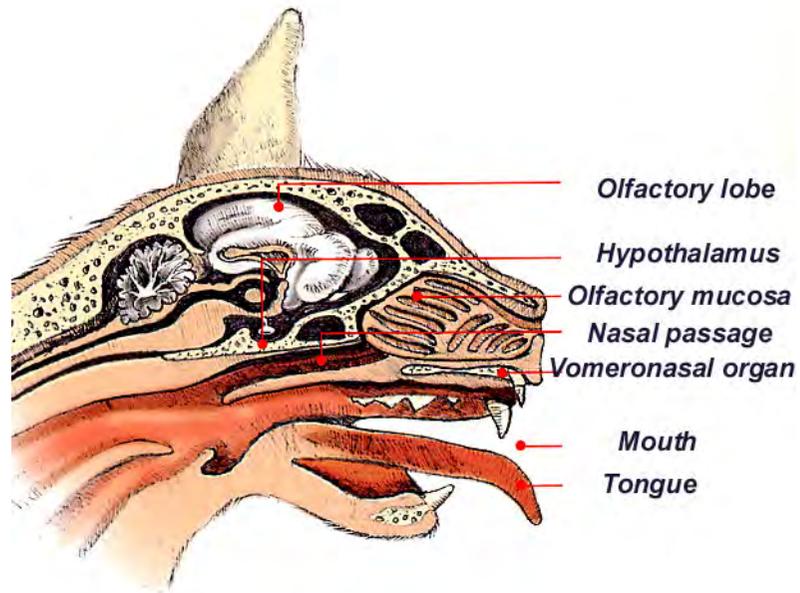


Sozialpheromone bei Honigbienen

- Königinnenpheromon aus den Mandibeln:
 - Queen mandibular pheromone (QMP)
 - Reguliert Arbeiterinnen Larvenaufzucht, Wabenbau usw. (soziale Aufgaben)
 - Neuromodulator im Antennallobus
- Bei Mangel an QMP:
 - Arbeiterinnen ziehen neue Königinnenlarven heran
- Anlockung von Drohnen (männliche Bienen)



Pheromonperzeption bei Säugern



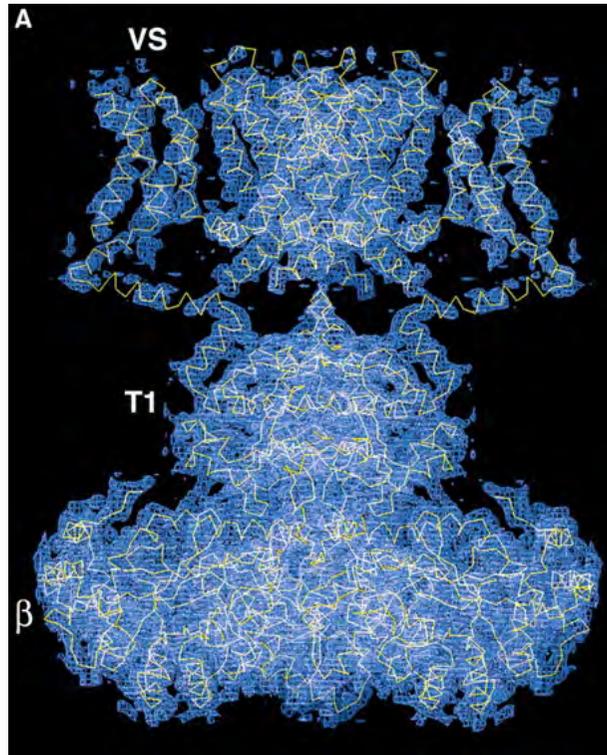
- Vomeronasalorgan:
- Detektion von Pheromonen
- Paralleles Riechorgan
- Eigene Duftrezeptoren

Fragen



- Welche second messenger Systeme sind Bestandteile des olfaktorischen Transduktionsprozesses?
- Was ist ein Sensillum und wie ist es aufgebaut?
- Welche Geschmacksqualitäten gibt es und welche Transduktionsprozesse liegen ihnen zu Grunde?
- Skizzieren Sie den Aufbau einer Geschmacksknospe.
- Was ist ein Glomerulus?





Literatur

- Bear, Connors, Paradiso – Neurowissenschaften. Spektrum 2009
- Heldmaier, Neuweiler – Vergleichende Tierphysiologie I. Springer 2003
- Byrne & Roberts - From Molecules to Networks. Academic Press 2009