

# Neurobiologie

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

[www.institut-fuer-bienenkunde.de](http://www.institut-fuer-bienenkunde.de)  
[b.gruenewald@bio.uni-frankfurt.de](mailto: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:

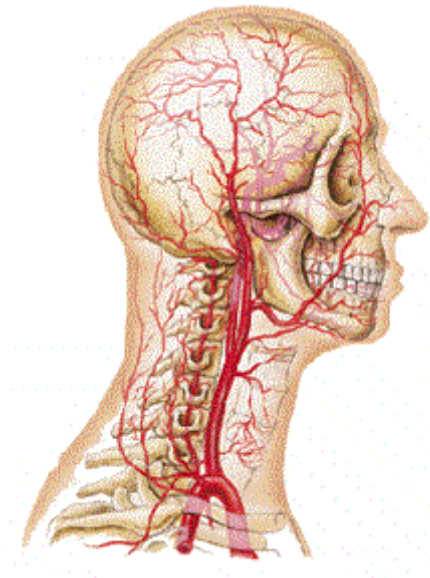
- reagieren auf luftgetragene Moleküle (aber auch diese müssen in wässrigem Milieu gelöst werden)
- Geruchsmoleküle bindende Transportproteine (Odor binding proteins)
- bei Insekten „Haare“ auf der Antenne
- bei Wirbeltieren Riechepithel in der Nase



# Chemorezeption

## 3. Interne Chemorezeptoren:

- Messen z.B. den pH-Wert oder den O<sub>2</sub>-Gehalt des Blutes (Glomus caroticum, carotid body)
- Bei Mollusken Chemorezeptoren, Osphradium unter dem Mantel: beurteilt die Qualität des Wassers.



# Chemorezeption

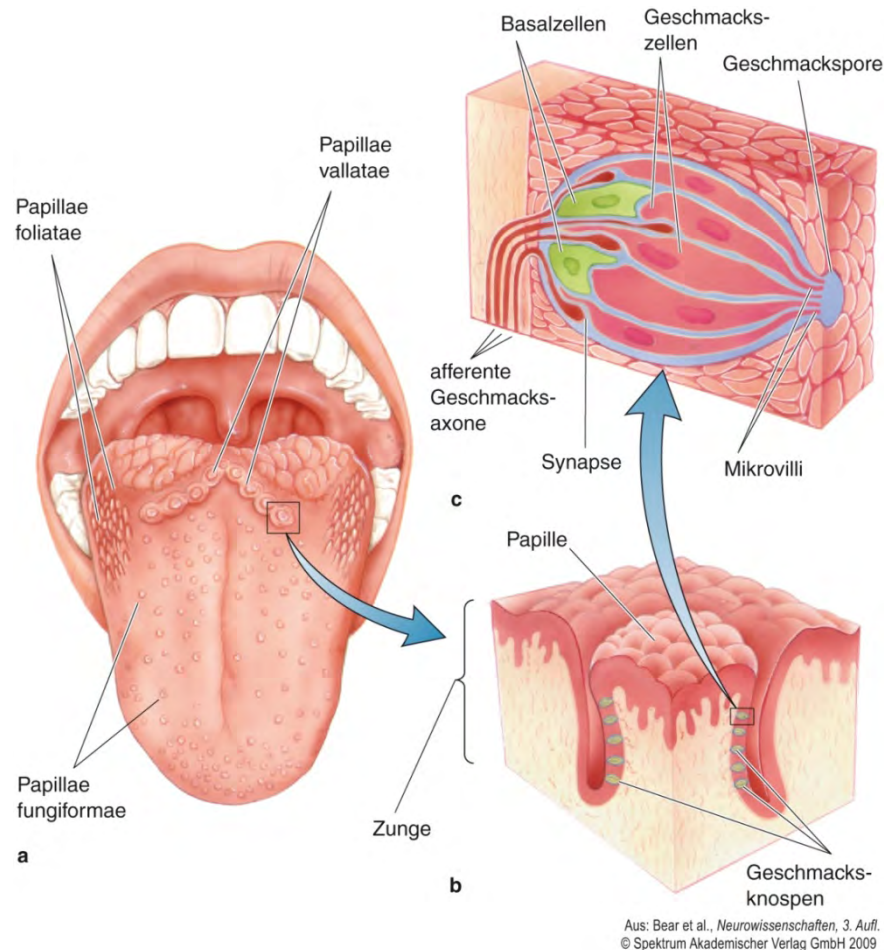
- Geschmacks- **und** Geruchsrezeptoren:
  - werden aus Basalzellen (Stammzellen) zeitlebens nachgebildet
  - rascher „turnover“ der Sinneszellen (beim Mensch ca. alle 4 bis 8 Wochen)
  - immer sehr rasch adaptierend
- **Geruchsrezeptoren:**
  - primäre Sinneszellen (mit eigenem Axon)
- **Geschmacksrezeptoren:**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

# Modalität: Geschmack. Qualitäten:





# Geschmacksorgane



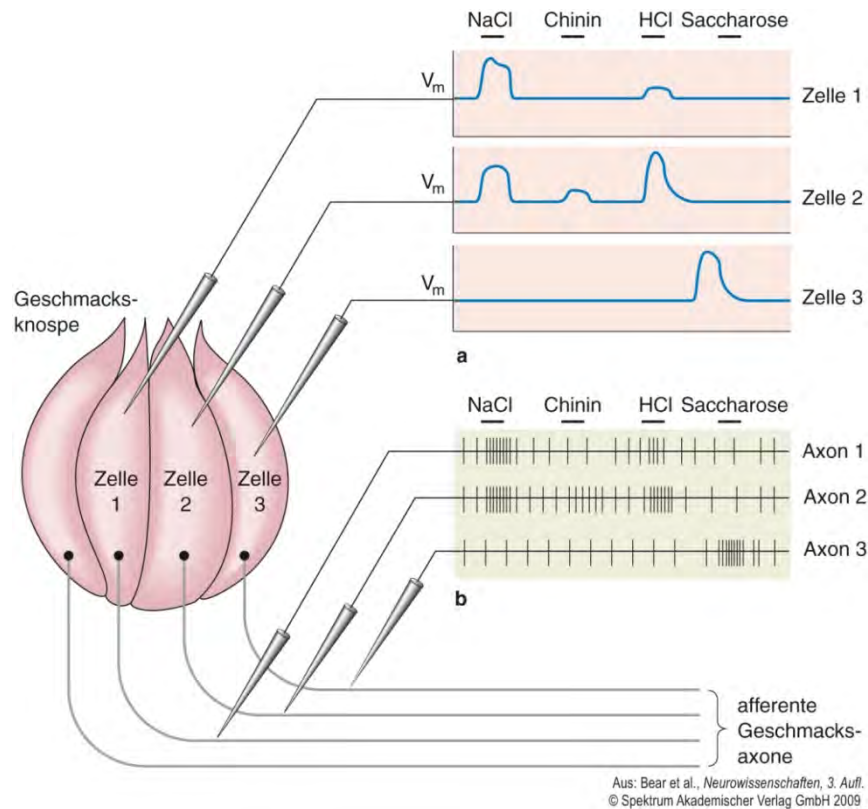
- Säuger: Zunge, Gaumen, Rachen
- Fische: zusätzl.: Barteln, Hautoberfläche
- Insekten: Tarsen, Antennen

## 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

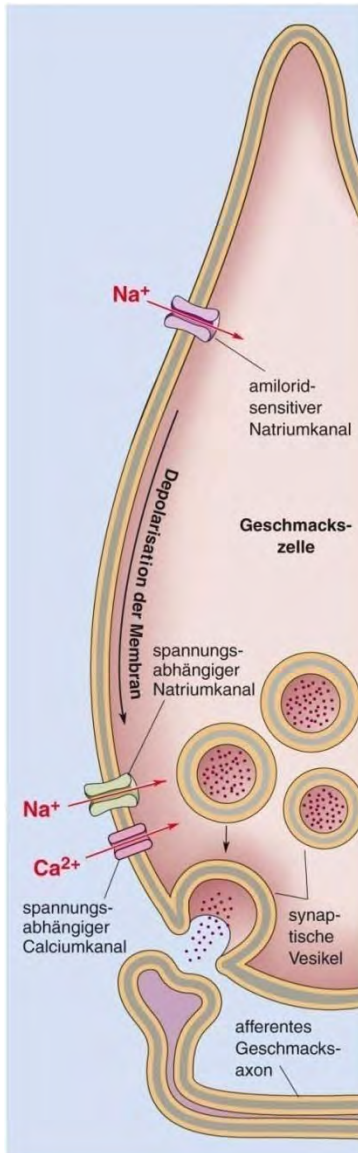


# Geschmacksrezeptorzellen



- 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

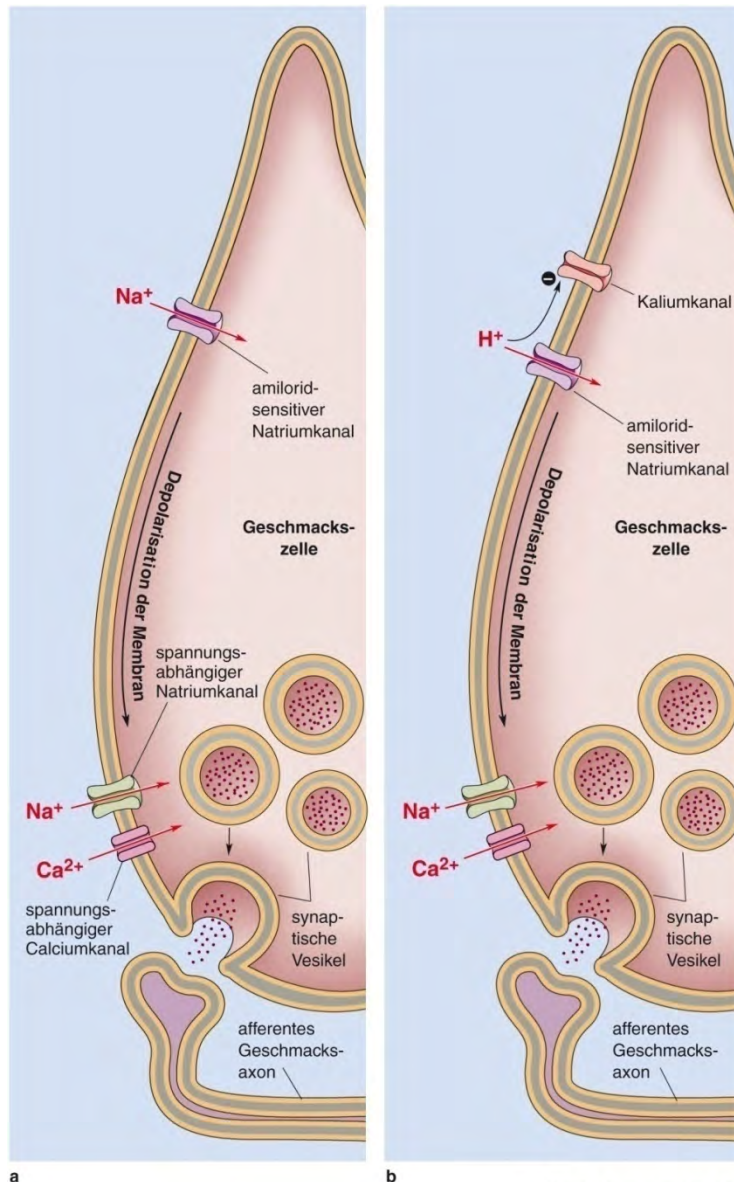
# Transduktion: salzig



a

- $\text{Na}^+$  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<sup>+</sup> Ionen (im NaCl)
- Direkter Einstrom durch Natriumkanal (immer offen)
- Amilorid-sensitiver Kanal

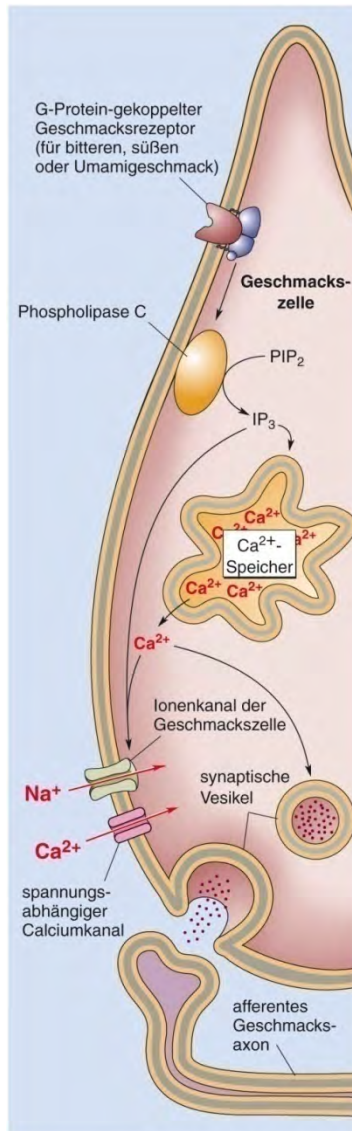
## Sauer:

- H<sup>+</sup> 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
- Ca<sup>2+</sup>-abhängiger Natriumkanal
- Depolarisation

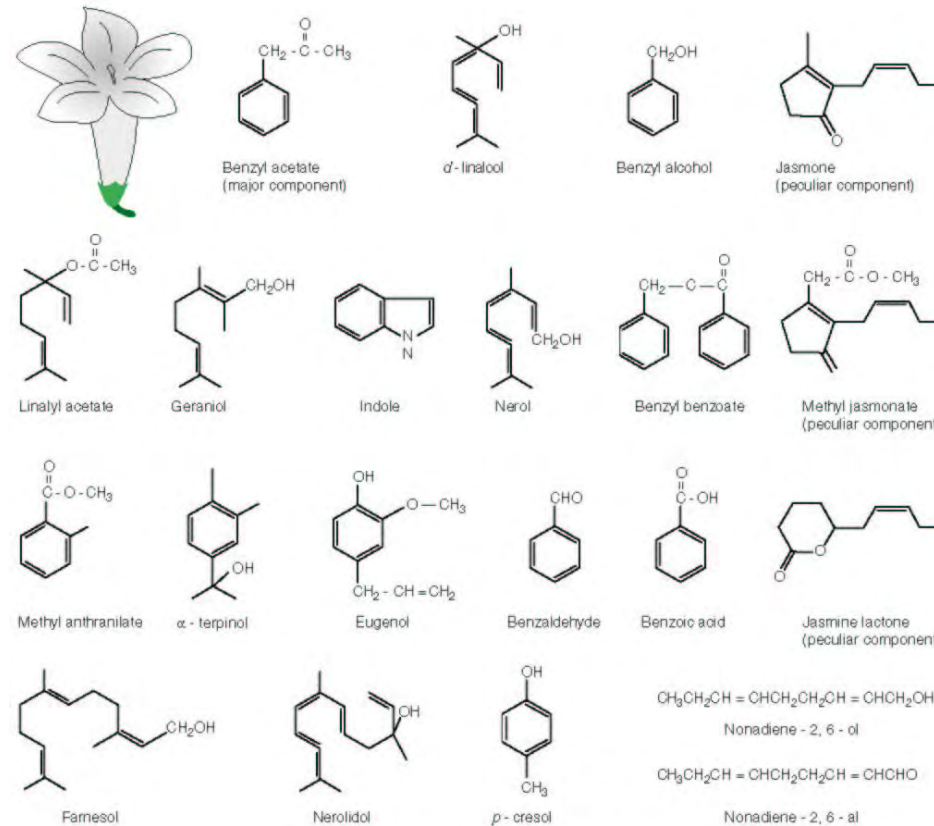
# Geruch



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



# Blütendüfte sind sehr komplexe Stimulusgemische



Copyright © 2002, Elsevier Science (USA). All rights reserved.

Über 20 verschiedene chemische  
Substanzen prägen den Jasminduft.

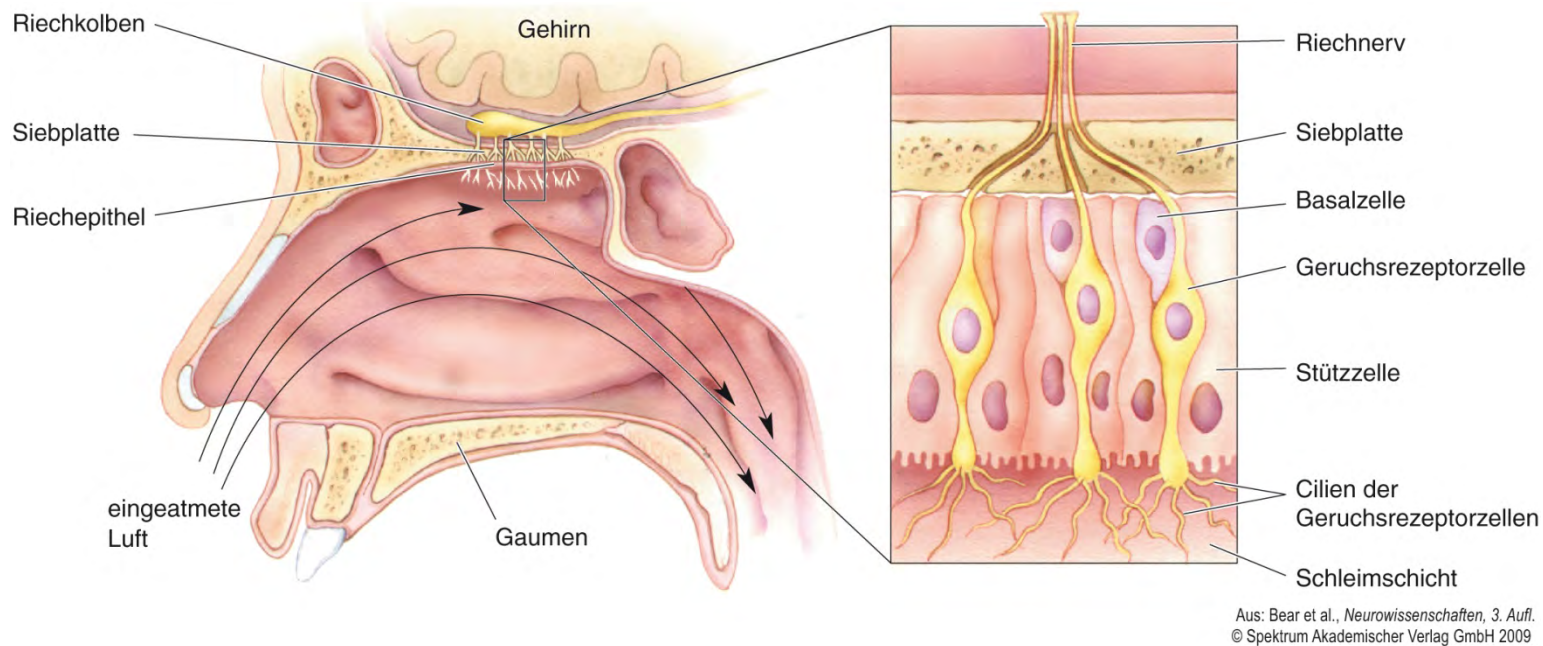
# Klassifikation der Primärgerüche nach Amoore

<b>Primärgeruch</b>	<b>Chemische Substanz</b>	<b>Trivialsubstanz</b>
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

---

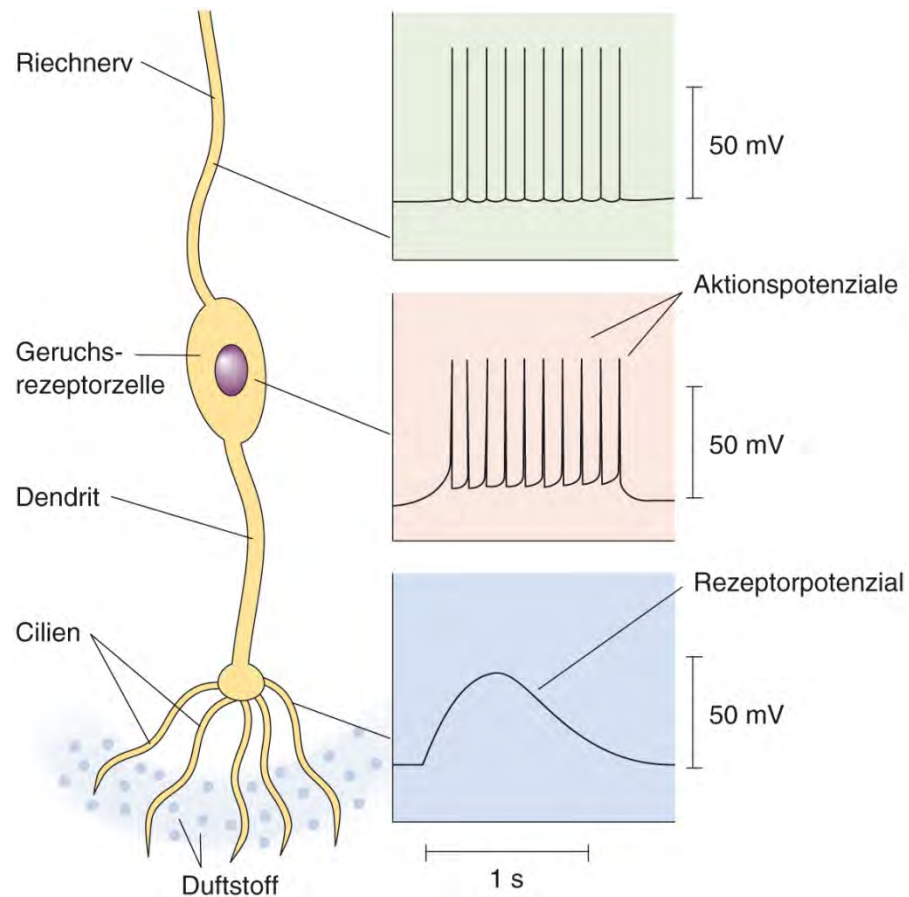


# Geruch



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

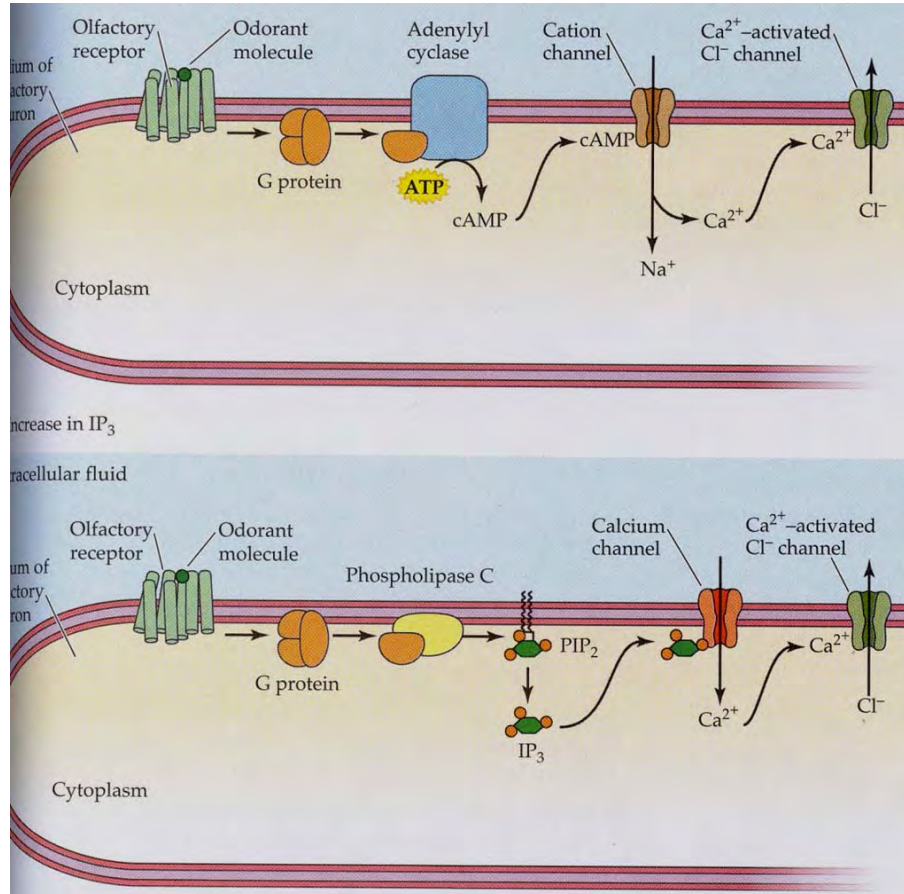
# Riechzellen



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<sup>+</sup> Kanal
- 2. IP<sub>3</sub> = intrazellulärer Transmitter:
  - aktiviert Ip<sub>3</sub>- abhängigen Ca<sup>2+</sup> Kanal
- Membrandepolarisation
- **Eine Sinneszelle – ein Duftrezeptor!**

# ORN: eine große Genfamilie

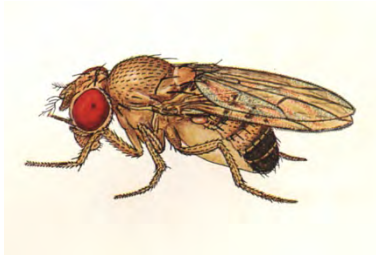


## *Caenorhabditis elegans* (Fadenwurm)

20.000 Gene

1000 OR Gene

10 Riechzellen

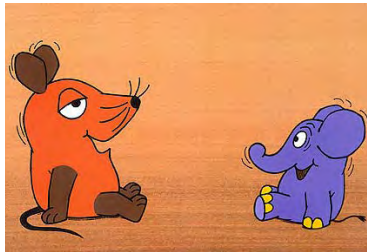


## *Drosophila melanogaster* (Taufliege)

13.000 Gene

60 OR Gene

1200 Riechzellen



## *Mus musculus* (Maus)

30.000 Gene

1000 OR Gene

300.000.000 Riechzellen



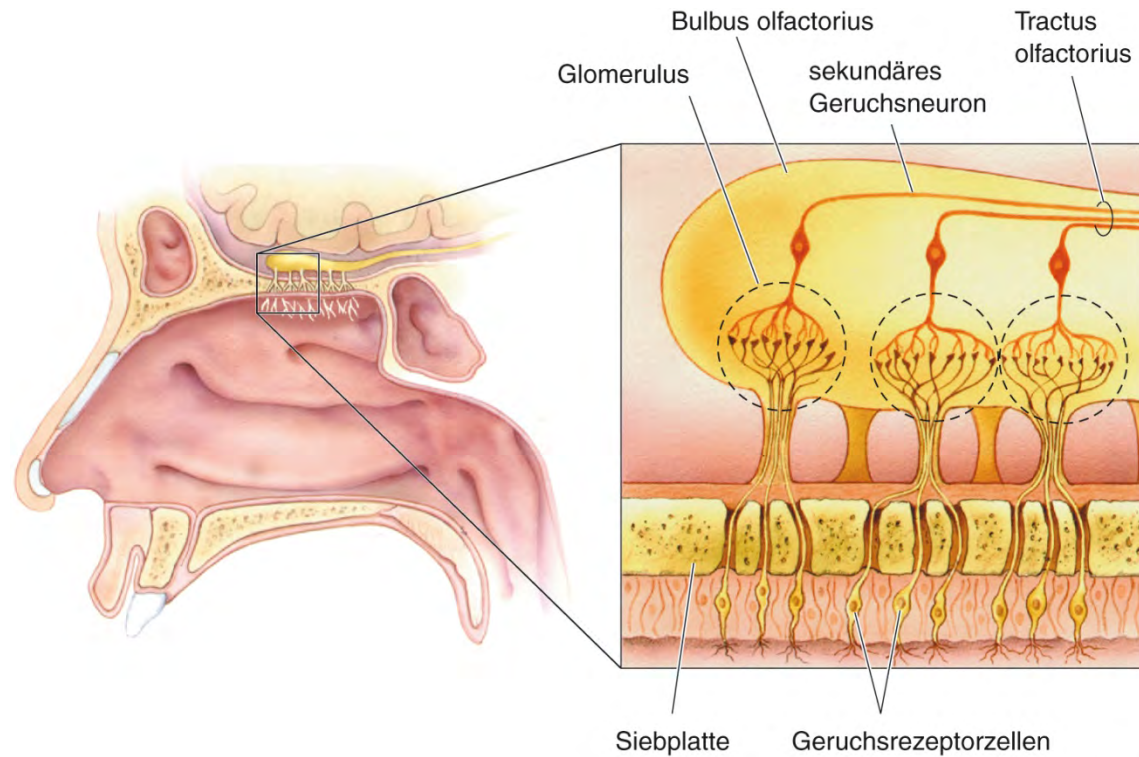
## *Homo sapiens* (Mensch)

30.000 Gene

1000 OR Gene

40.000.000 Riechzellen

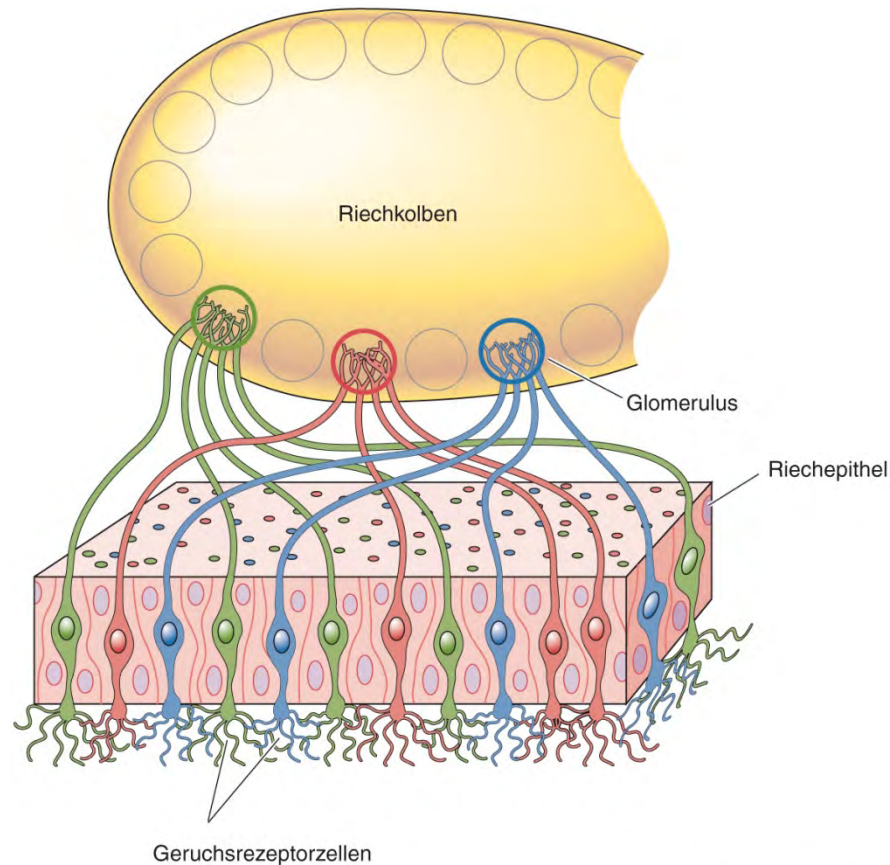
# Bulbus olfactorius



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

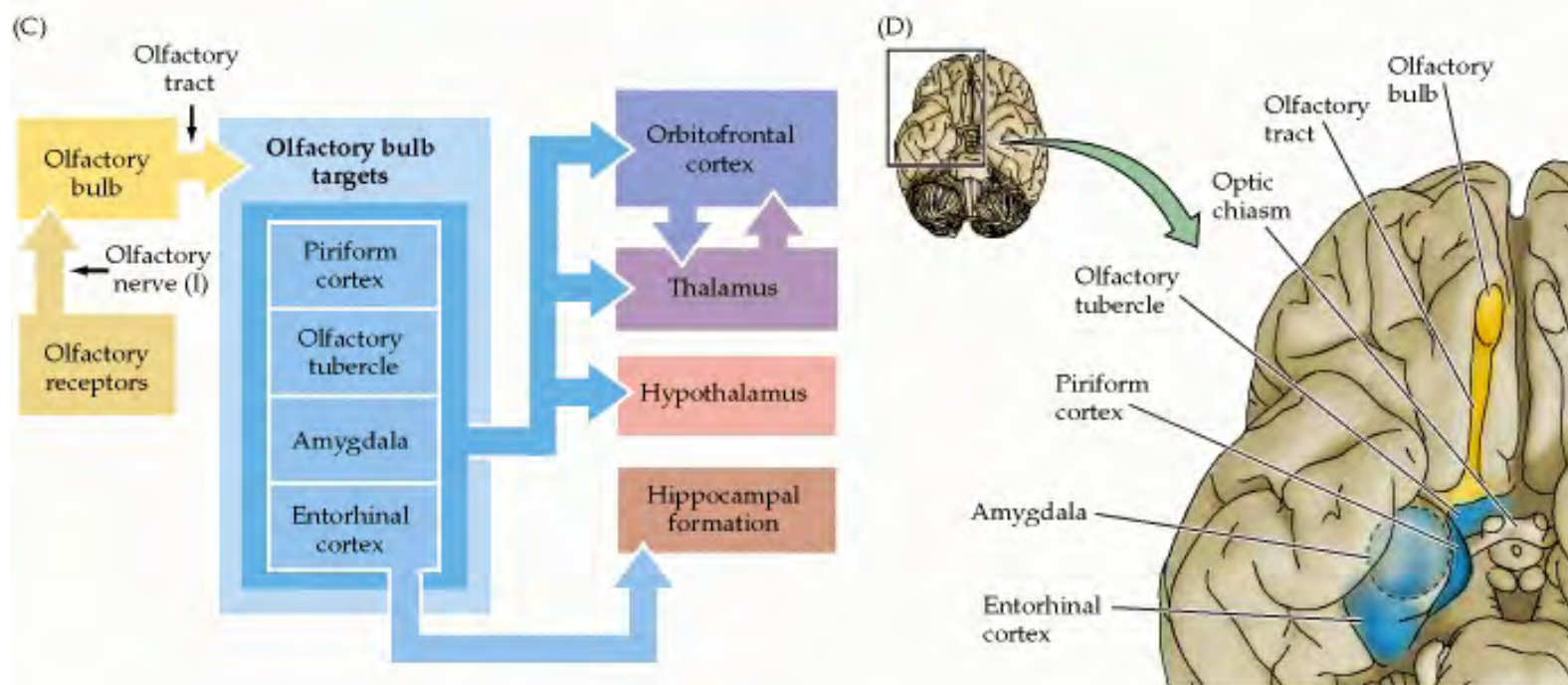


# Bulbus olfactorius



- **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

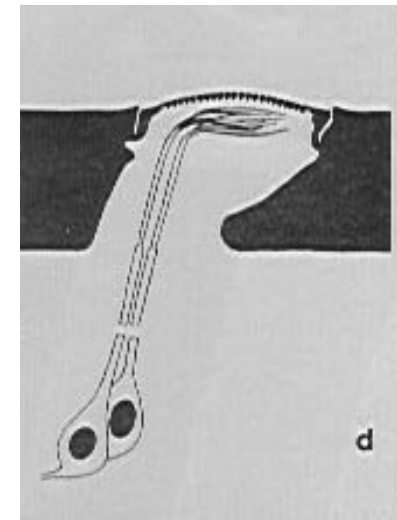


- Kommunikation, Nahrungssuche, Eiablage
- Teilweise extreme Empfindlichkeit
- Antennen
- Sensillen
- Antennallobus mit Glomeruli
- Ähnliche Verschaltungsprinzipien
- **Ein Duftrezeptor – ein Glomerulus!**

# Olfaktorische Sensillen auf der Antenne



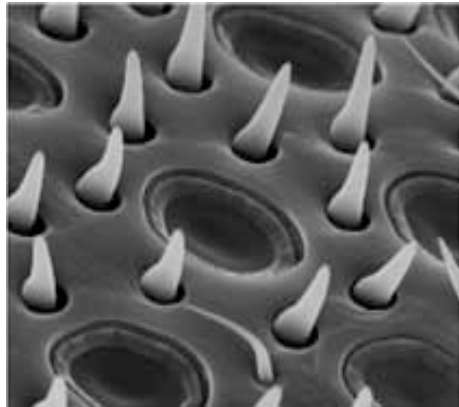
Allgemeiner Aufbau



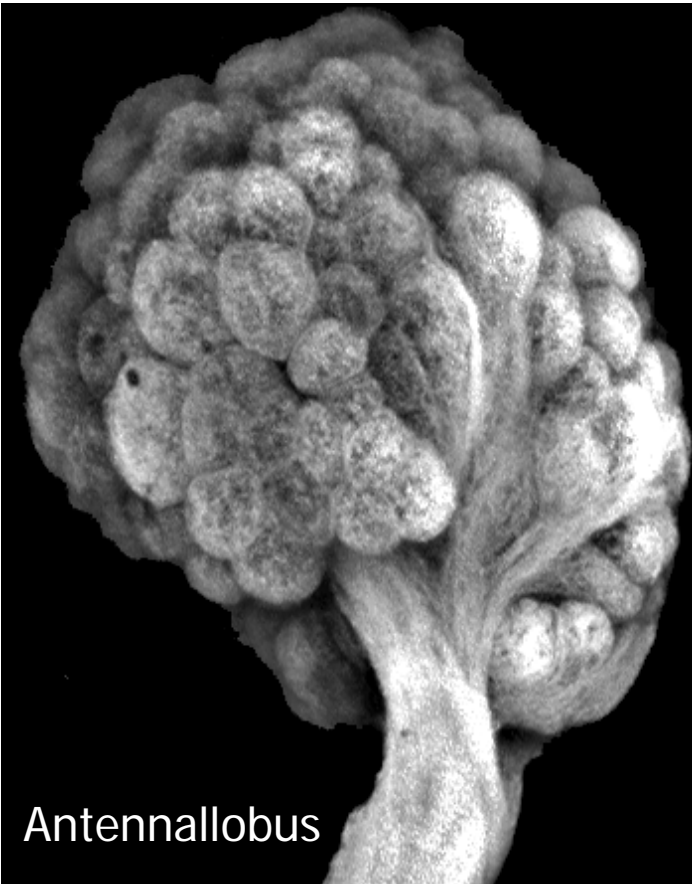
Porenplatte

# Die Verarbeitung der Duftinformation im Gehirn von Insekten

Sensillen

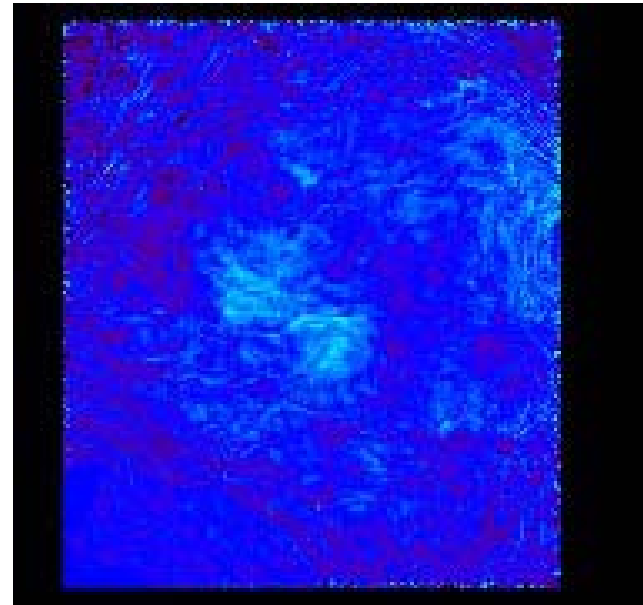
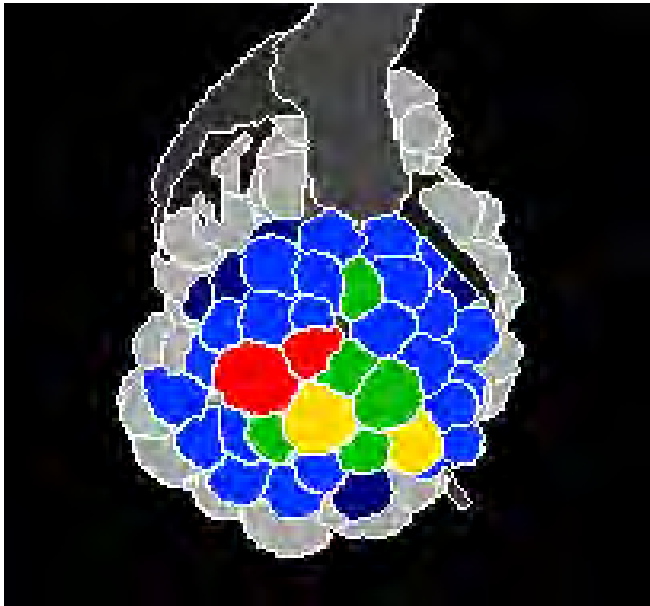


Antennen

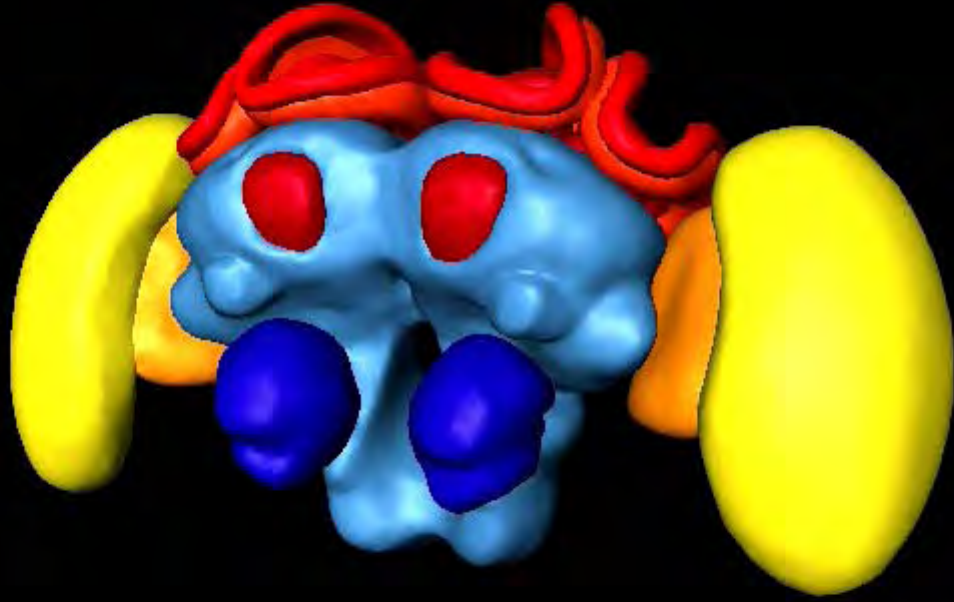


Antennallobus

# Düfte sichtbar machen



Octanol



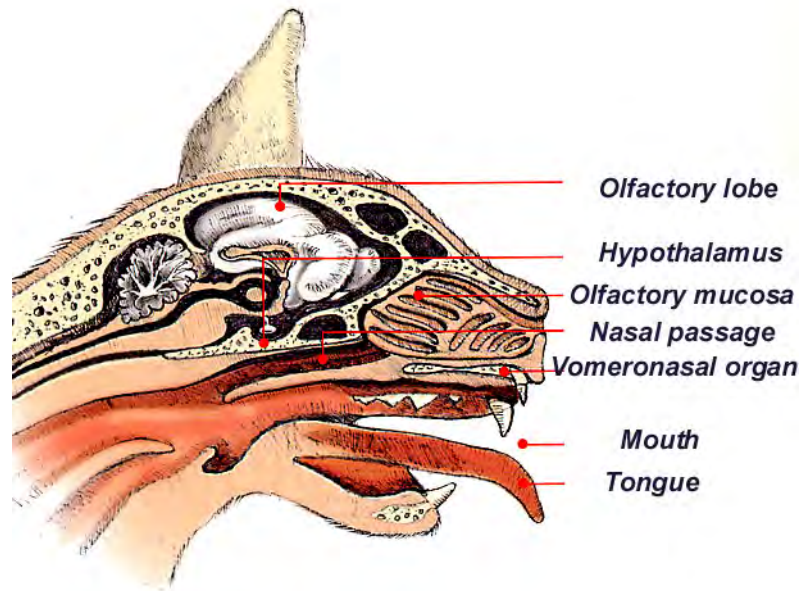
# Sozialpheromone bei Honigbienen

- 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

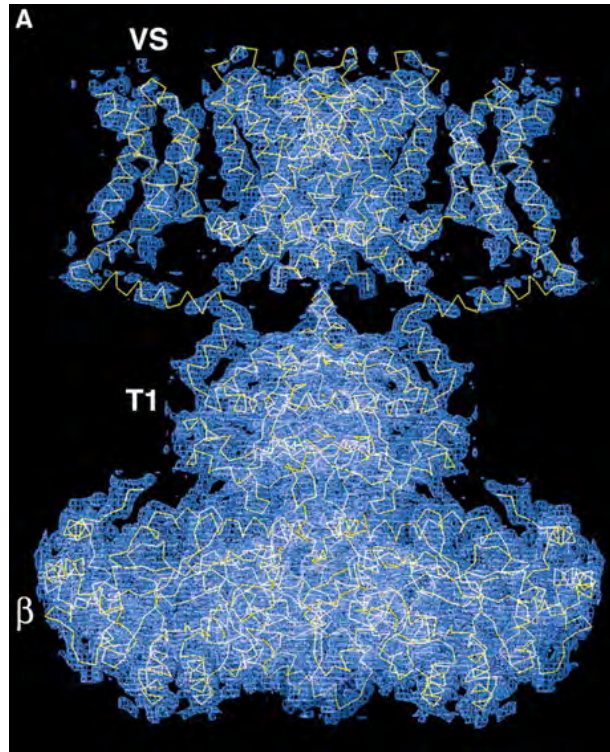


# Fragen



- 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