

## Vom Riechen





## 5 Sinne

Gefühl

Gehör

Gesicht

Geruch

Geschmack

das Riechen  
ist einer  
unserer 5  
Sinne ... aber  
was sind  
überhaupt „die  
fünf Sinne“?



Die fünf Sinne:  
Hans Makart  
(eigentlich Johann Evangelist  
Ferdinand Apolinaris Makart)  
österreichischer Maler,  
19.Jhdt.



## 5 Sinnesorgane

zu jedem Sinn  
gehört ein  
Sinnesorgan

Gefühl  
Haut



Gehör  
Ohr



Gesicht  
Auge



Geruch  
Nase



Geschmack  
Zunge





heute schon gerochen?



- Zahnpasta?
- Shampoo?
- Morgenkaffee?
- Brötchenduft?
- Lederjacke?
- ... oder hat Dich was angestunken ... ?





## Geruchssinn: Chemie – ja bitte!

- mit unseren Sinnen nehmen wir unsere Umwelt (und auch uns selbst) wahr
- die Sinnesorgane empfangen Signale (Informationen, Botschaften) aus der Umwelt
- diese Signale werden als Reize bzw. Sinnesreize bezeichnet
- zum Beispiel:

zarte  
Babyhaut



mein Telefon  
läutet



Pickel an  
der Nase



Blütenduft



saure  
Schlehen



- im Geruchsorgan werden **chemische** Signale empfangen
- deshalb wird der Geruchssinn auch als **„chemischer Sinn“** bezeichnet
- welcher Sinn ist wohl auch noch ein chemischer Sinn?



# Riechorgan





# Riechorgan

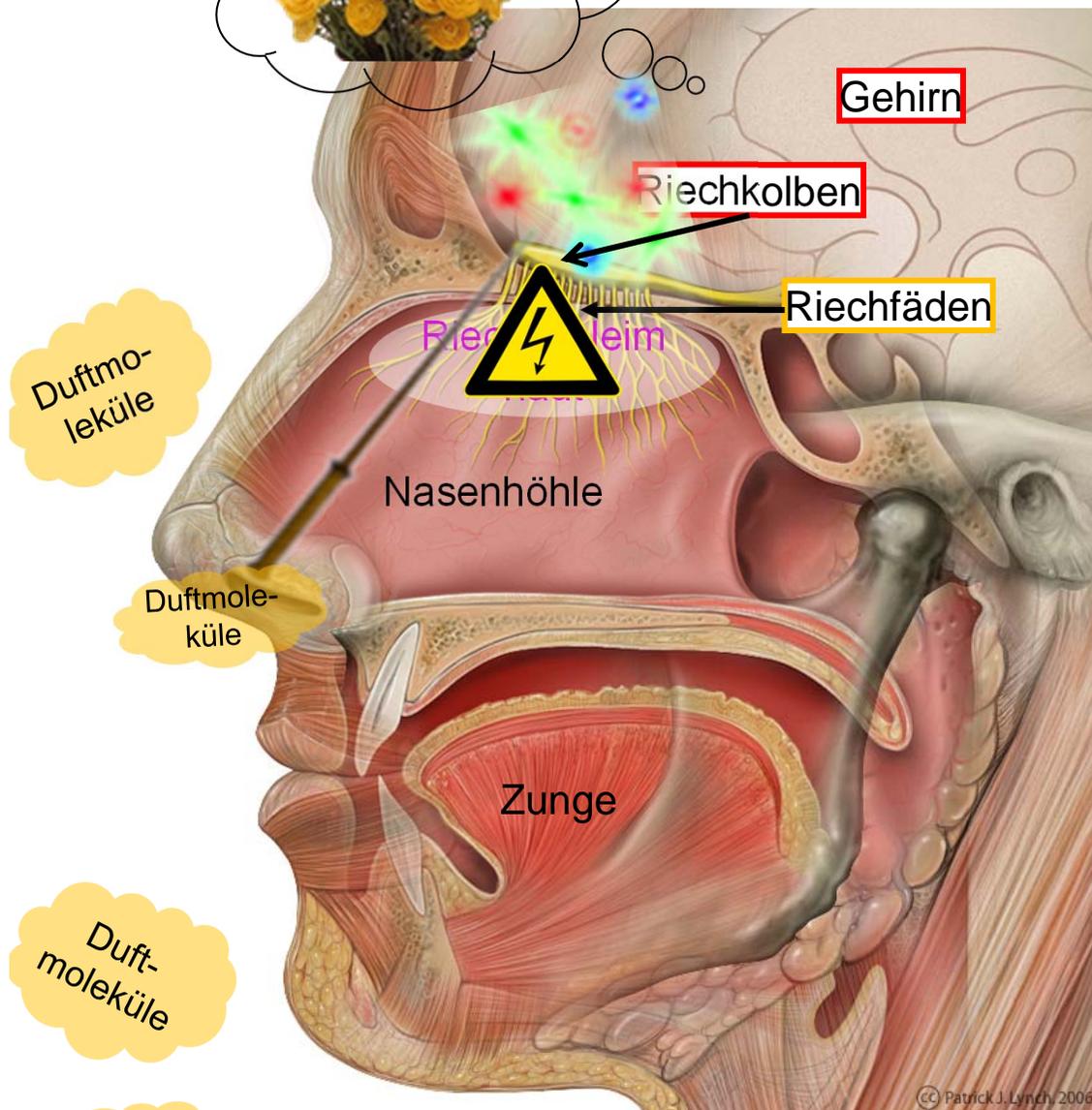
---



- Riechepithel = Riechschleimhaut
- in der Riechschleimhaut befinden sich spezielle Zellen, die Riech-Rezeptorzellen.



# Geruchswahrnehmung



- chemischer Reiz: beim Einatmen gelangen Riechmoleküle, also mikroskopisch kleine Teilchen einer riechenden Substanz zum Riechepithel (= Riechschleimhaut)
- in den Riechrezeptorzellen des Riechepithels werden chemische Reize in elektrische Signale umgewandelt
- allerdings ist diese Elektrizität 100000000 (hundert Millionen!) Mal kleiner als der Strom, der aus der Steckdose kommt

- die feinen Fäserchen (Riechfäden) des Riech-Nervs (nervus olfactorius) leiten wie dünne Kabel die elektrischen Riech-Signale zum Gehirn

- im Gehirn ist der Riechkolben (bulbus olfactorius) die erste Schaltstation der Riechsignale
- erst im Gehirn entsteht die Wahrnehmung, z.B.: „es duftet nach Rosen“

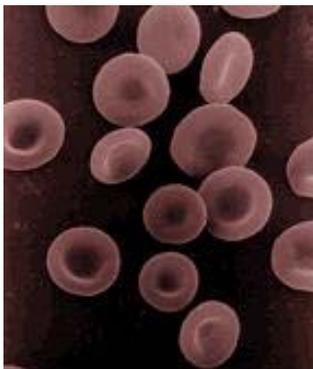
Duftmoleküle

Abbildungen: siehe Verzeichnis letzte Folie



# Zellen

- was ist eine Zelle?
- Zellen gibt es in Gefängnissen; Mönche schlafen in Zellen ...
- alle Lebewesen bestehen aus Zellen: Hautzellen, Muskelzellen, Nervenzellen, Blutzellen und vielen anderen Zellen.
- Zellen sind so klein, dass man sie nur mit Spezialgeräten sieht
- ein normales Mikroskop (Lichtmikroskop) vergrößert viel stärker als eine Lupe (Auflösung 200nm, 1nm = 1 Millionstel Millimeter)
- mit einem **Elektronenmikroskop** kann man sogar Dinge sichtbar machen, die kleiner sind als ein Tausendstel Haaresbreite (Auflösung 0.1nm; ein Haar ist ca. 70µm = 70000nm dick)



Zellbeispiel: rote Blutkörperchen  
(Durchmesser ca. 7.5µm)

- Zellen bestehen ihrerseits auch wieder aus verschiedenen Teilen.
- alle Zellen haben eine Umhüllung (Zellmembran), viele Zellen haben einen Zellkern und allerlei andere Bestandteile
- Riechrezeptorzellen haben so genannte Fortsätze (eine Art Ärmchen, die "Zilien" heißen), an denen sich die Rezeptoren befinden.





# Moleküle

- so, wie alle Lebewesen aus Zellen bestehen, so sind die Zellen und ihre Bestandteile, und überhaupt alle Gegenstände, aufgebaut aus noch kleineren Bausteinen
- diese Grundbausteine heißen **Moleküle**
- die meisten Moleküle sind so winzig, dass man sie nicht einmal mit einem Elektronenmikroskop sichtbar machen kann

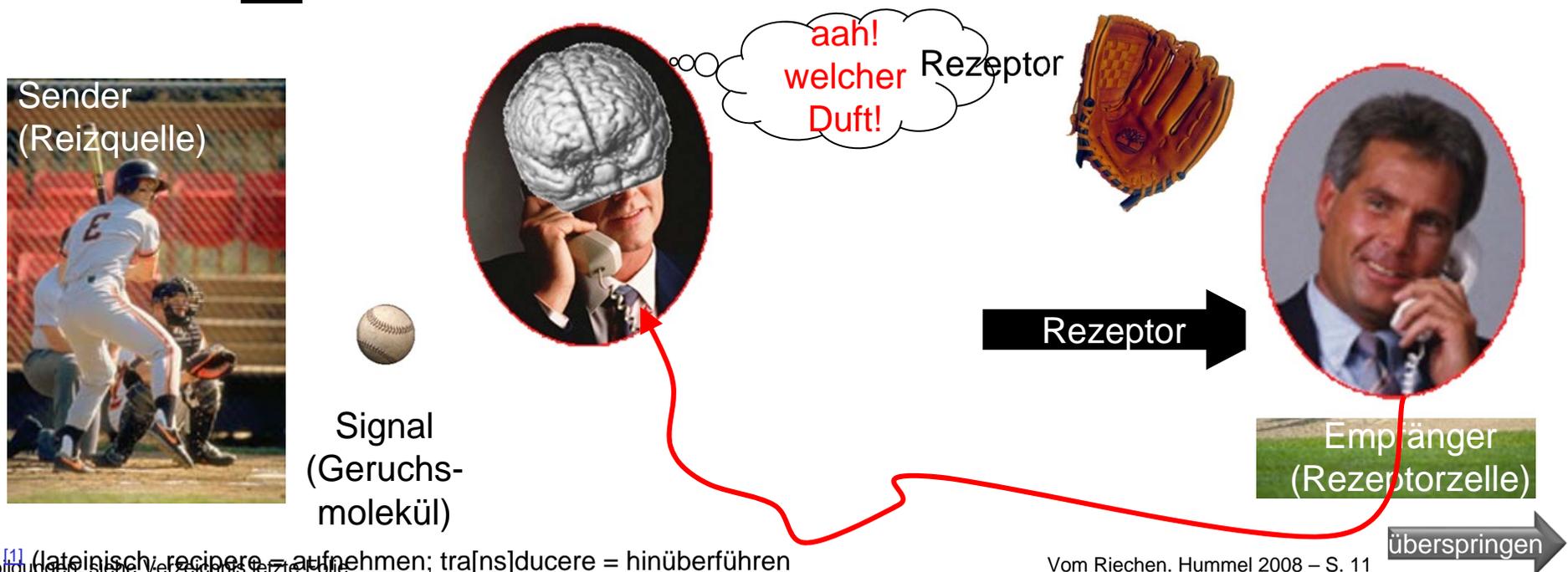


- wen überrascht es nun noch, dass auch die Moleküle wiederum aus noch kleineren Teilchen bestehen, nämlich den Atomen
- und so weiter und so weiter ...



# Rezeptoren

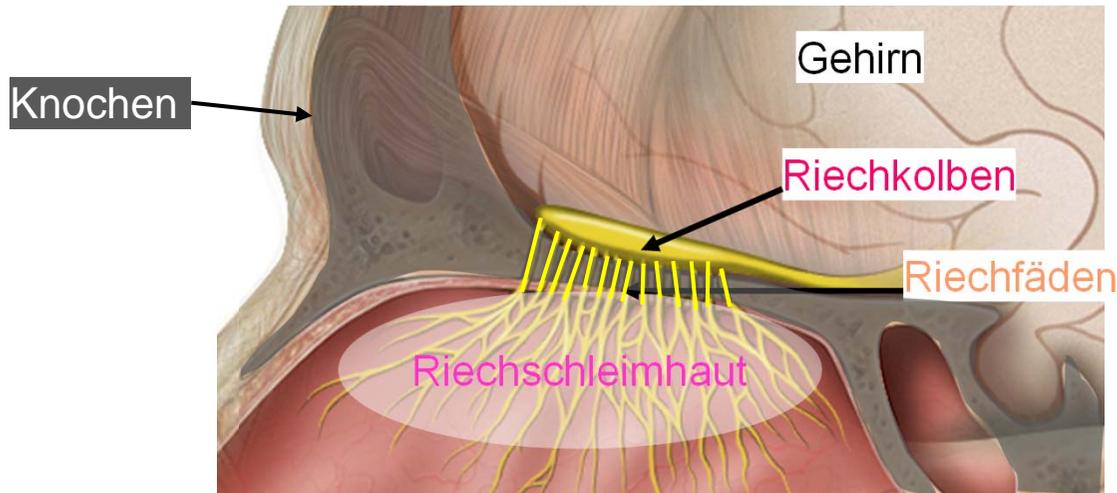
- Rezeptor <sup>[1]</sup>: Empfängerstation der Rezeptorzelle
- gesendete Signale: Sinnesreize (Gerüche, Klänge etc.)
- Sender: Reizquellen (Geruchsquellen, Geräuschquellen etc.)
- Rezeptoren heißen allgemein die Zellen oder die Strukturen von Zellen, an denen Sinnesreize empfangen und in *elektrische* Signale umgewandelt werden.
- Die Überführung der empfangenen Informationen in elektrische Signale heißt Transduktion <sup>[1]</sup>
- die elektrischen Signale werden dann über Nervenfasern (wie mit Kabeln) zu verschiedenen Orten im Gehirn geleitet und dort weiter verarbeitet, so dass eine Wahrnehmung entsteht
- die Größenordnung der elektrischen Signale bewegt sich übrigens im Bereich von Mikrovolt, also Million**stel** Volt.



<sup>[1]</sup> (lateinisch: recipere = aufnehmen; tra[ns]ducere = hinüberführen)



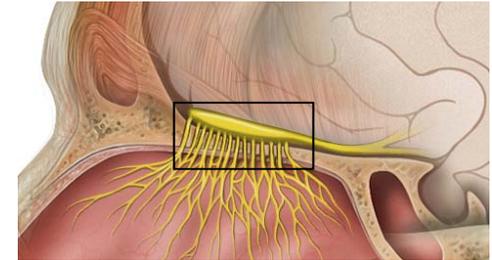
## Siebplatte



- die dünnen Riechfäden sind durch feine Löcher im Knochen „durchgefädelt“
- wegen der Löcher sieht der Knochen an dieser Stelle aus wie ein Sieb, und heißt deshalb „Siebplatte“
- bei Kopfverletzungen können die Riechfäden an der Siebplatte abreißen
- das kann Riechverlust zur Folge haben



## Riechkolben: primäres Riechzentrum im Gehirn



- im Riechkolben liegen **Glomeruli** (=Knäuelchen)
- an so genannten **Synapsen (Schaltstellen)** werden die elektrischen Signale umgeschaltet und an die **Mitralzellen** weiter geleitet
- die verschiedenen Gerüche werden in einem sehr komplizierten Vorgang kodiert
- die Geruchsinformation wird vom Riechkolben zu weiteren Riechzentren im Gehirn weiter geleitet



# Ein kurzer Blick auf's Gehirn

Ansicht:

seitlich

von oben



Stichwort:

Boxhandschuh



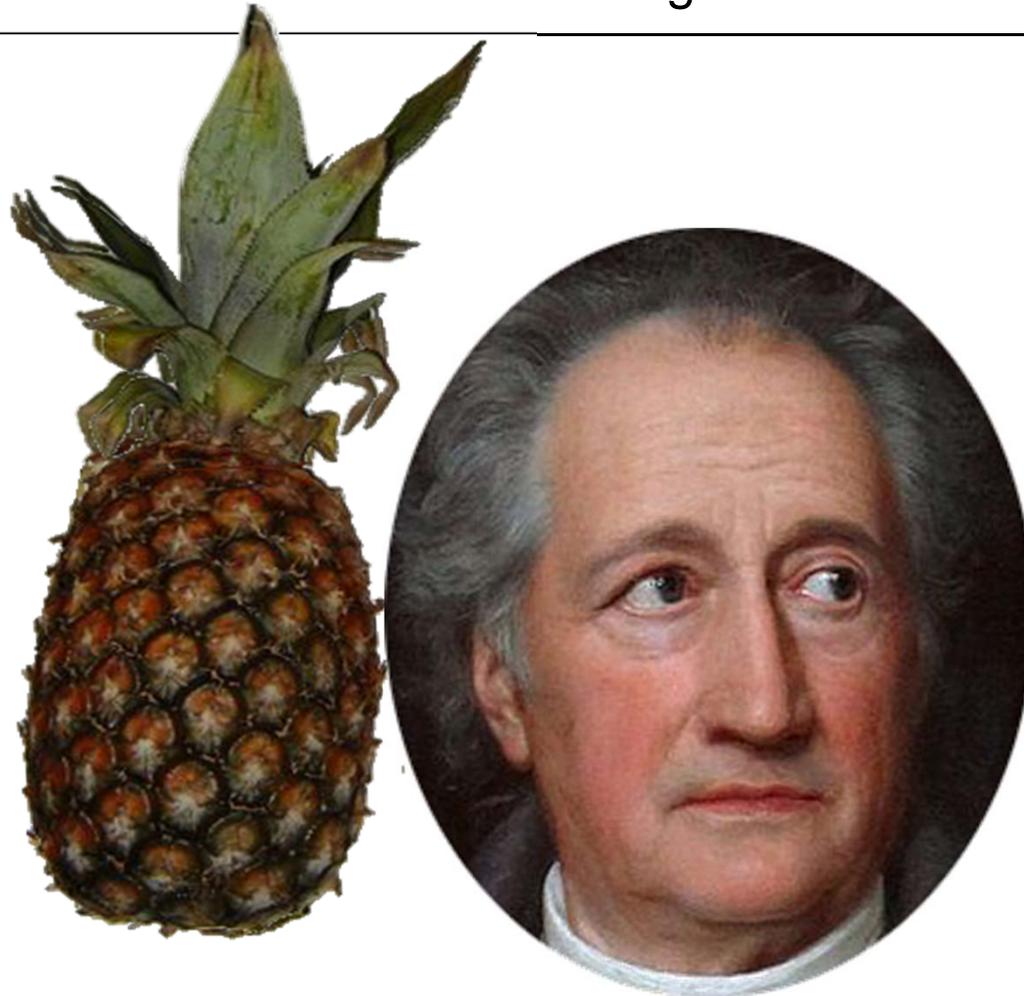
- Walnuss
- 2 Hälften: linke und rechte „Hemisphäre“



Die (Großhirn-) Rinde ist die äußere, bizarr gefaltete Schicht des Gehirns, die die „kleinen grauen Zellen“ enthält, auf die sich der berühmte Meisterdetektiv aus Agatha Christies Romanen, Hercule Poirot, viel zu Gute hält



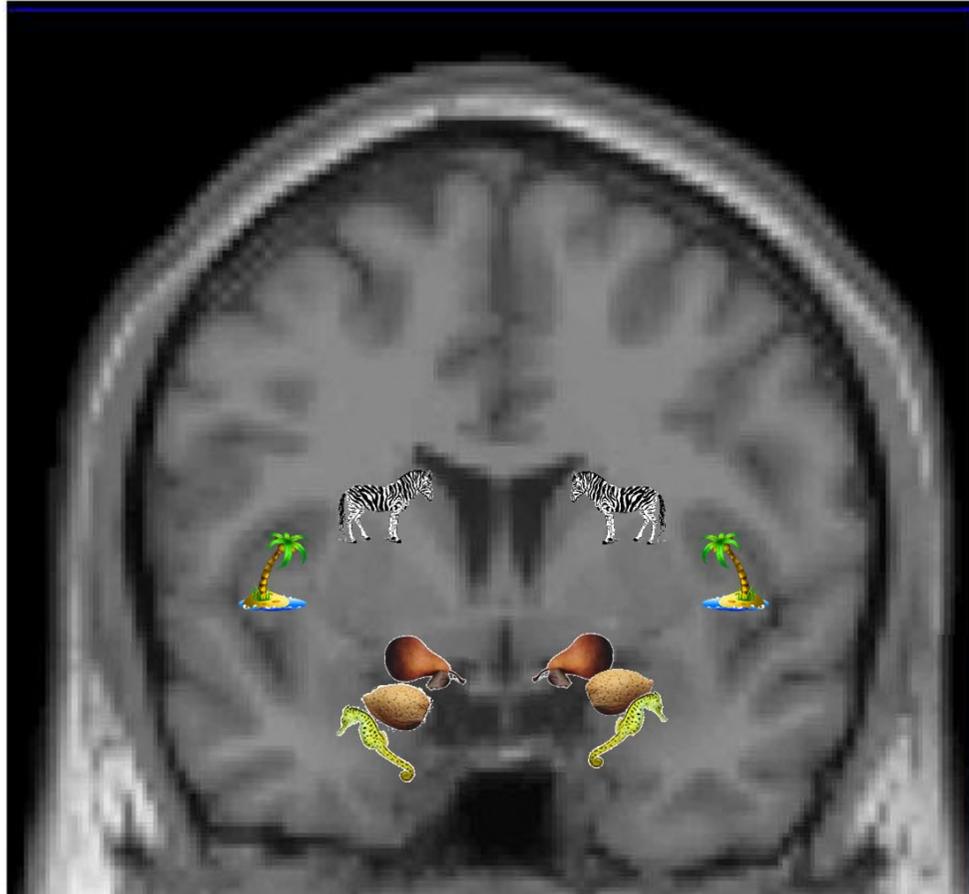
## Gehirn-Tomografie



- Blick ins Gehirn mittels MRT = = Magnet-Resonanz-Tomografie
- Tomografie = Schnittbild
- andere Bezeichnung für MRT: Kernspintomografie
- die beiden Schläfenlappen sehen im Schnittbild von vorn übrigens aus wie Flügel



## weitere Riechzentren im Gehirn



„area piriformis“ =  
birnenförmiges Gebiet (von  
pirum = Birne)



„corpus amygdaloideum“ =  
Mandelkern (auch  
„Amygdala“)



insula (Insel)



Hippocampus (lat.  
„Seepferdchen“ bzw.  
griechisch „Seeungeheuer“)



Striatum („Gestreiftes“)

Verarbeitung der Riechinformation in  
verschiedenen Hirngebieten vermittelt  
komplexe Beziehungen zwischen Geruch und  
Gedächtnis, Emotionen (Gefühlen), Sexualität



## Nobelpreis für Riechforscher

- wie viele verschiedene Gerüche kann ein Mensch unterscheiden?  
 Tausende!
- gibt es für jeden Geruch auf der Welt spezielle Rezeptorzellen?  
 NEIN!
- sind alle Riechrezeptorzellen identisch?  
 NEIN! Man kann sie in verschiedene Typen einteilen.
- wie viele verschiedene Riechrezeptorzell-Typen gibt es?  
 ca. 400
- wie funktioniert die Erkennung so vieler unterschiedlicher Gerüche?  
 über Musterkodierung



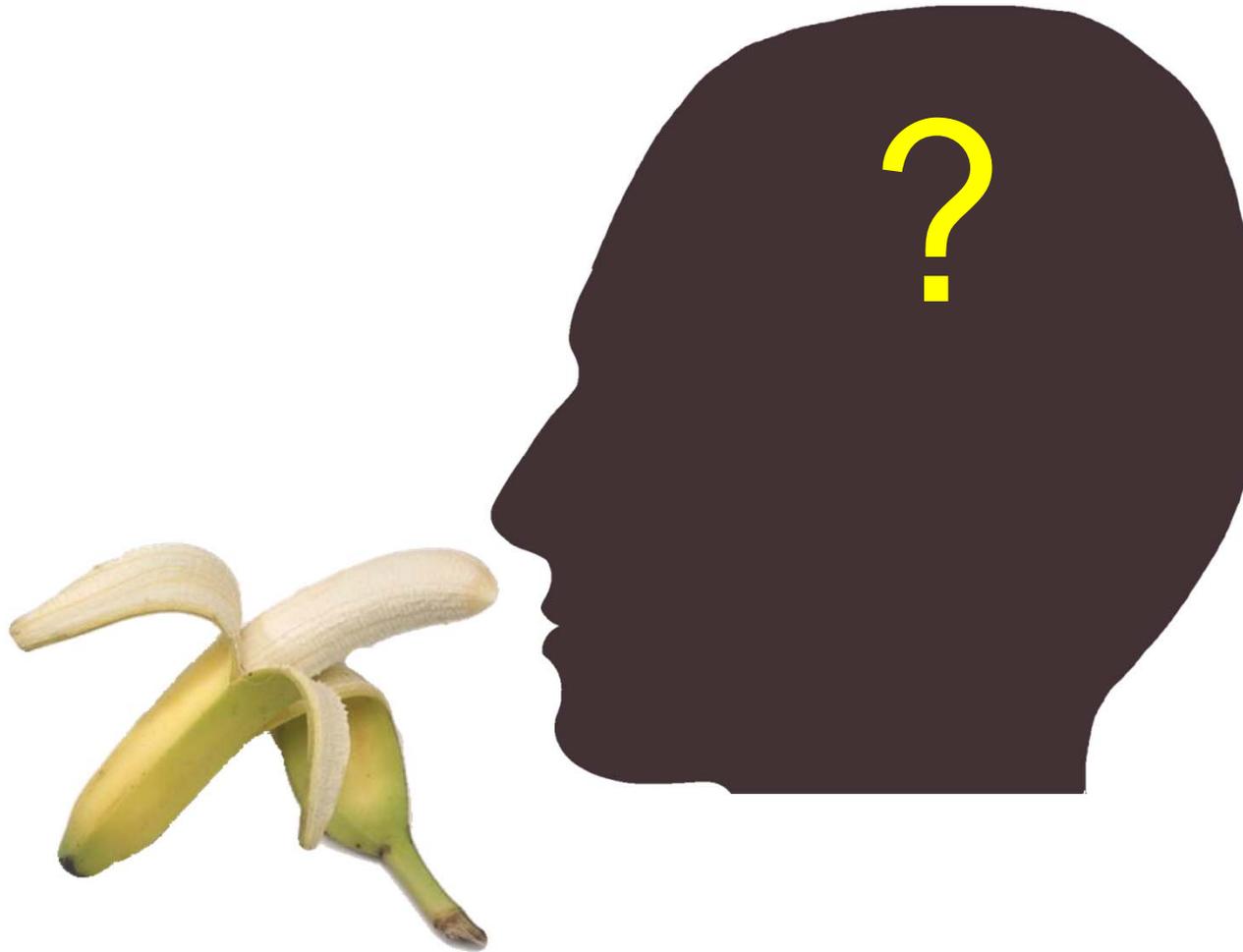
In den 1990er Jahren lösteten die amerikanischen Wissenschaftler Richard Axel und Linda B. Buck das Geheimnis der Geruchskodierung und wurden 2004 mit dem **Nobelpreis für Medizin/Physiologie** ausgezeichnet.





# Geruchskodierung

---





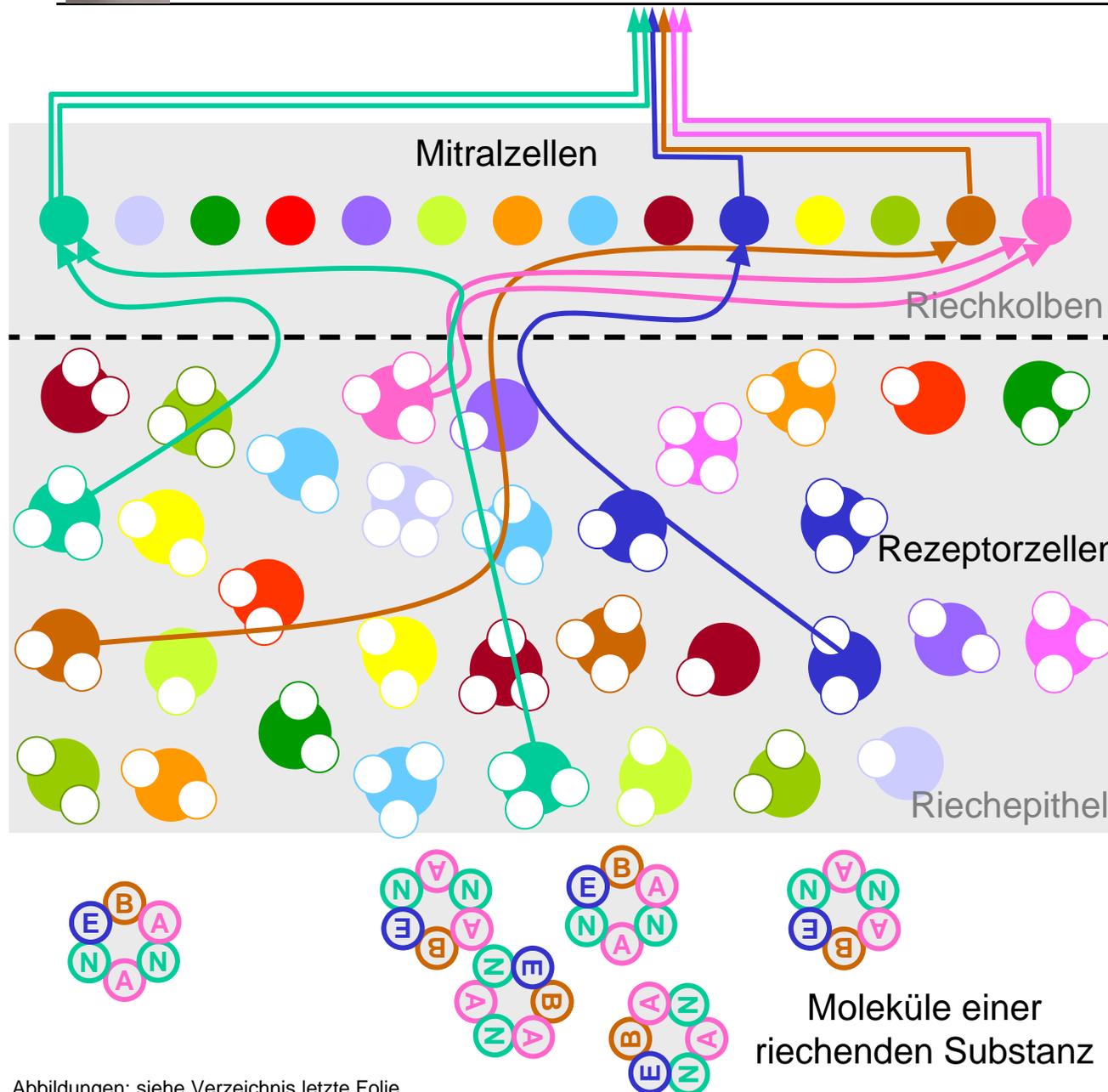
## Geruchsstationen Schema (Wiederholung)

---

Gehirn	verschiedene Gebiete
Riechkolben	Mitralzellen
Siebplatte	Riechfäden
Riechepithel	Riechrezeptorzellen
Umwelt - Nasenhöhle	Moleküle einer riechenden Substanz



# Geruchskodierung - Schema



Zelle Rezeptor

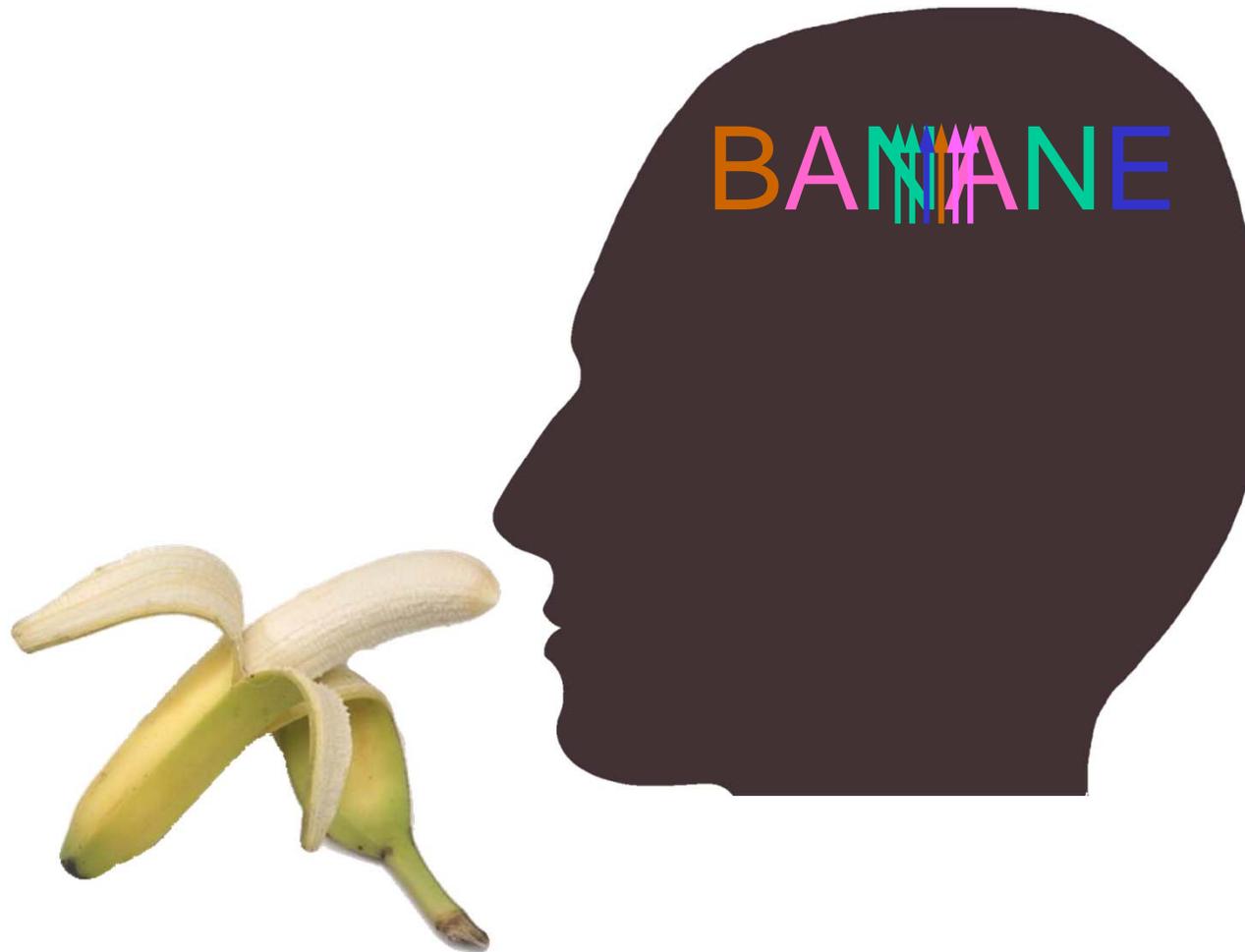
- jede Riechrezeptorzelle hat nur einen speziellen Rezeptortyp (Symbol für Typ = Farbe)
- an den Rezeptorzellen sind unterschiedlich viele Rezeptoren
- mehrere Rezeptorzellen können den gleichen Rezeptortyp haben
- mehreren gleichartigen Rezeptorzellen entspricht je 1 Mitralzelle
- nur bestimmte Teile der Moleküle passen zu bestimmten Rezeptoren
- gleichartige Rezeptorzellen senden Signale zu gleichen Mitralzellen
- kodierte Signal „rosa-rosa-braun-dunkelblau-hellgrün-hellgrün“ wird zum Gehirn weiter geleitet





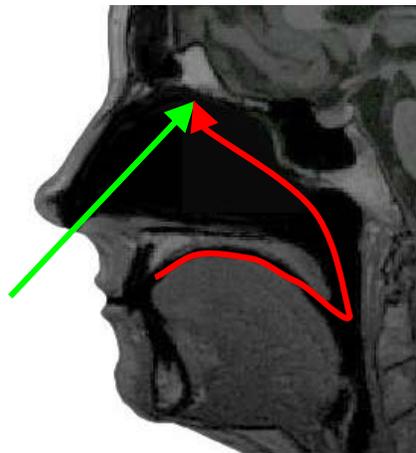
# Geruchskodierung

---





# Retro-Riechen



ortho-  
nasal  
gerade(wegs)  
in die Nase

retro-  
nasal  
rückwärts in  
die Nase

- „retro“ latinisierend für rückwärts, vgl. „Retro“ in Musik, Mode u.a.
- beim Essen gelangen Riechmoleküle aus der Mundhöhle *rückwärts* über den Rachenraum an die Riechschleimhaut. Dieser Mechanismus wird „*retro-nasales*“ Riechen genannt.

- die Wahrnehmung im Mund und auf der Zunge ist beschränkt:
  - „Grundqualitäten“ des Geschmacks süß, sauer, bitter, salzig, Umami<sup>[1]</sup>



- wie Essen und Trinken sich anfühlen (warm/kalt, knusprig, prickelnd, cremig etc.)

- das „Retro-Riechen“ vermittelt die Vielfalt des Geschmacks-Erlebens!

[1] „herzhaft“, aber nicht identisch mit salzig. Die Aminosäure Glutaminsäure (Vorkommen: z.B. in Fleisch und Sojasoße) ist Träger dieser Geschmacksqualität; ihr Salz, das Glutamat, wird zum Würzen herzhafter Speisen als „Geschmacksverstärker“ eingesetzt.





## Zwei-Komponenten-Riechen

- manche Riechstoffe verursachen Kribbeln, Stechen oder Kühlen in der Nase
- z.B. Putzmittel, Klebstoff, Salben und Badezusätze mit Menthol oder Eukalyptus, Benzin, Lacke und Lösungsmittel ...
- dieses Gefühl ist eine vom eigentlichen Riechen unabhängige Komponente: die Riechrezeptoren und der Riechnerv haben damit nichts zu tun
- es kommt zustande durch Kontakt der Moleküle mit Nervenendigungen in der Nasenhöhle, die zum **Nervus Trigemini (Drillingsnerv)** gehören. Dieser Nerv ist für das Fühlen im Gesichtsbereich zuständig (u.a.auch für das Fühlen von Zahnschmerzen!)
- **die olfaktorische (Riech-) Komponente und die trigeminale (Fühl-) Komponente ergeben zusammen das Geruchserlebnis**



überspringen



# Geruchs-Alarm

- würdest Du auf den Geruchssinn verzichten wollen?
- lieber von allen störenden, belästigenden Gerüchen und jeglichem Gestank befreit sein - und dafür total ohne Düfte auskommen?
- welche alltäglichen und speziellen Gerüche würden Dir entgehen?
  - Brandgeruch!
  - Geruch von ausströmendem Gas!
  - Geruch verdorbener Speisen!
- der Geruchssinn hat eine Warnfunktion
- die Nase als Lebensretter!



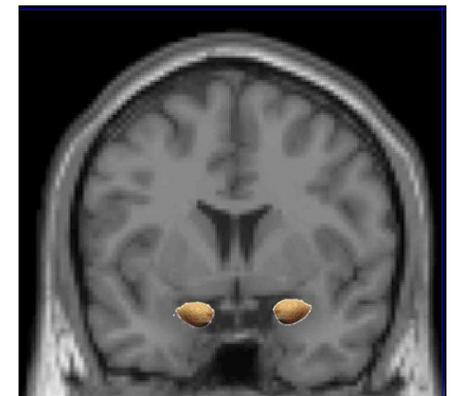


## Geruch und Gefühl

- ist Dir schon mal aufgefallen, dass Gerüche mit Gefühlen<sup>1)</sup> und Stimmungen verknüpft sind?
- welche Redensarten drücken diese Verquickung von Geruch und Gefühl aus?
  - „den kann ich nicht riechen“
  - „das stinkt mir“
- die meisten Gerüche werden entweder als unangenehm oder angenehm bewertet; kaum ein Riecheindruck ist absolut neutral.



- diese Polarisierung zwischen Lust und Unlust („Hedonik“), ist beim Geruchssinn viel deutlicher als beim Sehen oder Hören
- übrigens hängt die enge Verbindung zwischen Geruch und Hedonik damit zusammen, dass ein bestimmtes Hirngebiet für beide eine wichtige Rolle spielt:
- der Mandelkern!
- der liegt übrigens im Schläfenlappen

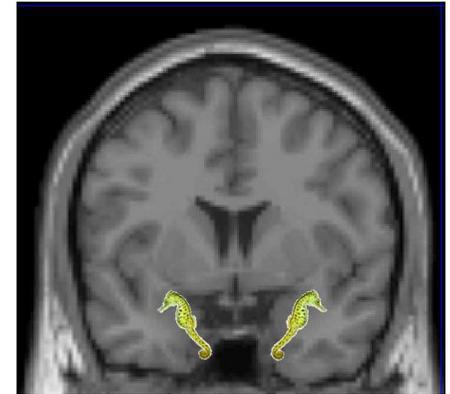


<sup>1)</sup> nicht die Empfindungen des Fühlsinns, sondern "Emotionen" sind hier gemeint  
Abbildungen: siehe Verzeichnis letzte Folie



# Riecherinnerung

- das Hirngebiet "Seepferdchen" (ebenfalls im Schläfenlappen) spielt nicht nur für den Geruch eine wichtige Rolle,
- sondern auch für das Gedächtnis
- deshalb sind öfters besondere Erinnerungen mit Gerüchen verknüpft
- und die betreffenden Gerüche können die Erinnerungen hervor rufen

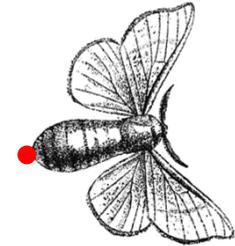


- kannst Du Dich an ein Erlebnis erinnern, bei dem ein Geruch besonders wichtig war?
- oder fällt Dir ein Geruch ein, bei dem Du unwillkürlich an ein bestimmtes Ereignis denken musst?

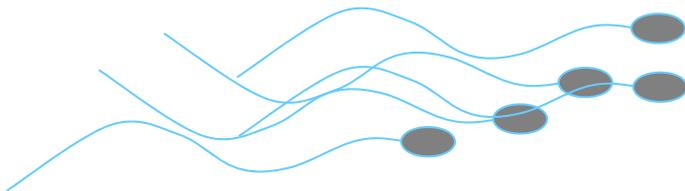


## Riechen und Sex

- im Tierreich, insbesondere bei Insekten, gibt es **Sexuallockstoffe**, die von paarungsbereiten Weibchen ausgeschieden werden und, ähnlich wie Gerüche, männliche Partner zur Paarung anlocken
- in "Mottenfallen" macht man sich die Lockwirkung zu Nutze
- **beim Menschen sind solche Substanzen nicht bekannt**
- dennoch spielen natürlich bei der Partnerwahl Gerüche eine wichtige Rolle:
  - Körpergeruch
  - künstliche Düfte



-  sensationelle Entdeckung ist unlängst deutschen Forschern gelungen:
- nicht nur in der Riechschleimhaut kommen **Riechrezeptorzellen** vor, sondern auch auf **menschlichen Spermien!**
- die Rezeptoren auf den Samenzellen sind spezialisiert auf Bourgeonal (eine Substanz mit **Maiglöckchenduft**), und die Spermien reagieren auf diese Substanz mit schnellerer Bewegung.
- Wissenschaftler diskutieren noch, welche Bedeutung dieser Sachverhalt hat



überspringen

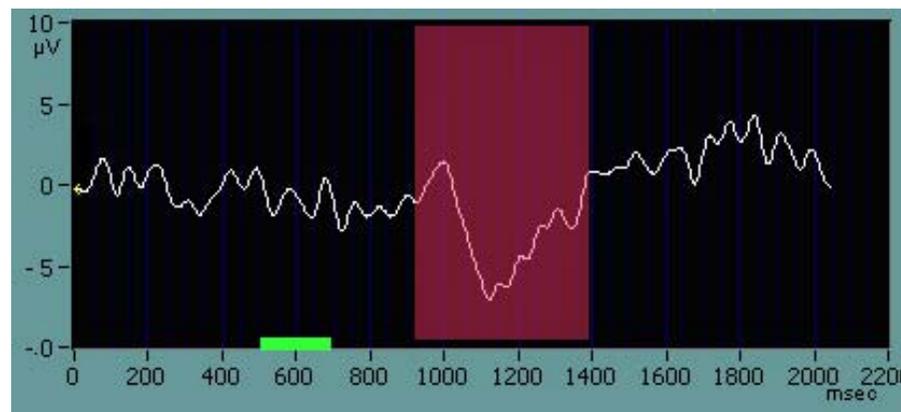


## Untersuchung des Geruchssinns

- bei den meisten Riechtests beurteilt die zu untersuchende Person Riechproben:
  - wird ein Geruch wahrgenommen?
  - wird der Geruch erkannt?
  - werden Unterschiede zwischen mehreren Proben erkannt?
- ein weit verbreiteter Riechtest enthält Riechstifte, die wie Filzstifte aussehen und "Sniffin' Sticks" heißen
- eine Spezialmethode ist die Aufzeichnung der elektrischen Signale des Gehirns bei der Verarbeitung von Riechreizen
- die Aufzeichnung der elektrischen Gehirnaktivität mit Elektroden heißt EEG (Elektroenzephalogramm oder "Hirnstromkurve")
- wenn dabei Sinnesreize – z.B. Gerüche - dargeboten werden, kann man in der Hirnstromkurve besondere Wellen erkennen, die man "evozierte Potenziale" nennt, und aus Größe und Verlauf Rückschlüsse ziehen



EEG-Kurve mit  
evoziertem Potenzial  
nach Geruchsreizen  
(rot markiert)



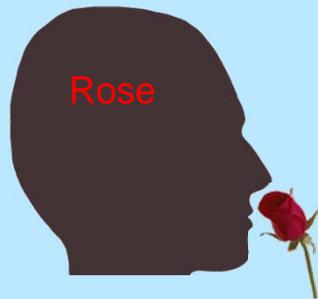


## Arten von Riechstörungen

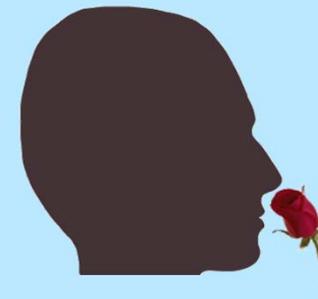
- normale, ungestörte Riechfunktion heißt "Normosmie"



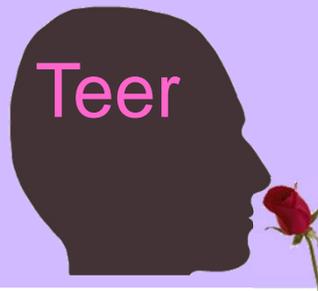
- quantitative Riechstörungen  
Hyposmie (geringe Riechfunktion)



Anosmie (keine Riechfunktion)



- qualitative Riechstörungen  
Parosmie (Fehlergeruch)



Phantosmie (Geruchsgespent)



keine Geruchsquelle!



## Ursachen von Riechstörungen

- dass man bei Schnupfen und verstopfter Nase nicht so gut riechen kann wie sonst, weiß jeder, und zum Glück gehen diese Riechstörungen (welche Art?) meistens schnell, oft unbemerkt, vorbei
- die meisten Riechstörungen treten bei Entzündungen der Nasenhöhle und Nasennebenhöhlen (NNH) auf, besonders, wenn sie chronisch (langdauernd, nicht akut) verlaufen
- die 7 NNH sind mit Luft gefüllte Hohlräume im Knochen und bilden zusammen mit der Nasenhöhle, zu der sie alle Verbindungsgänge haben, ein kompliziertes Höhlensystem

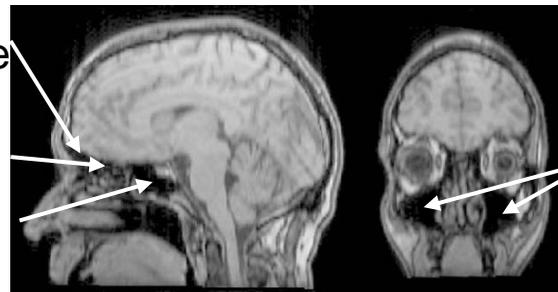


jeweils links und rechts,  
in der seitlichen  
Darstellung nur auf  
einer Seite zu sehen)  
(nur 1, liegt in der Mitte)

Stirnhöhle

Siebbeinzellen

Keilbeinhöhle



2 Kieferhöhlen,  
links und rechts

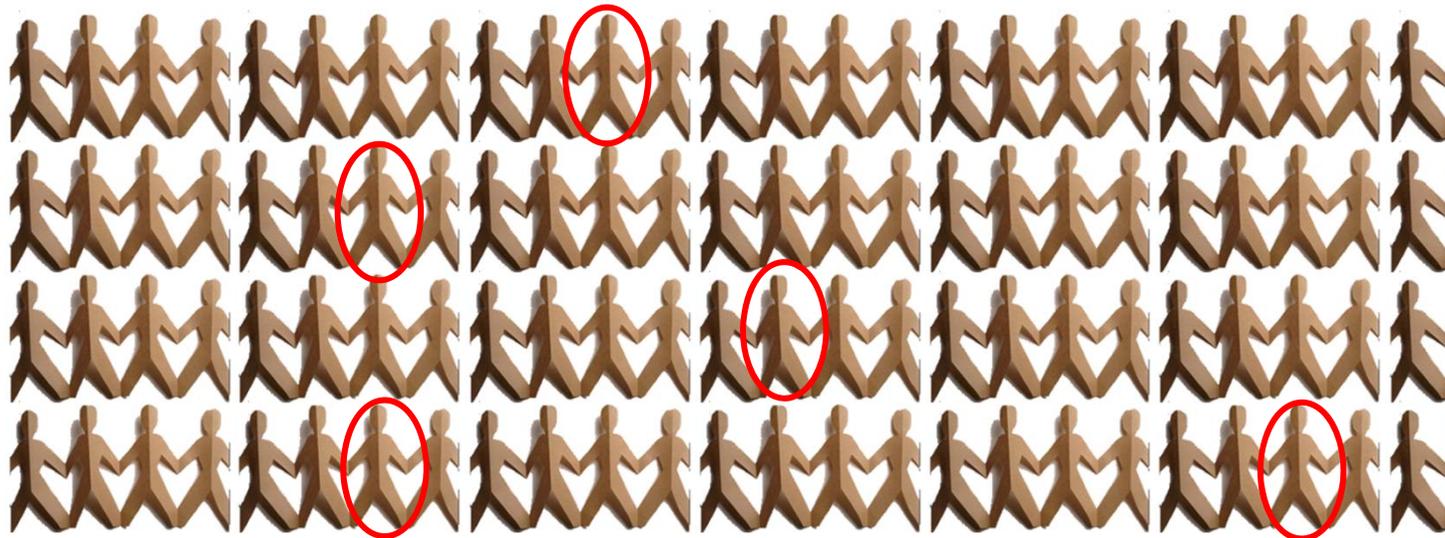
- Riechstörungen können aber auch auftreten
  - bei Allergien, wie z. B. Heuschnupfen
  - nach Schädelverletzungen, Kopf-Operationen
  - nach Einwirkung von bestimmten Chemikalien
  - als Nebenwirkung von Medikamenteneinnahme
  - als Begleitsymptome verschiedener Erkrankungen
  - bei Verkrümmung der Nasenscheidewand, Tumoren u. a.





## Vorgehen bei Riechstörungen

- die bei Schnupfen und verstopfter Nase öfters auftretenden Riechstörungen gehen in der Regel von selbst vorbei
- 5% der Bevölkerung jedoch können nicht riechen!



- diese Personen werden in der Regel von ihrem Hausarzt zum HNO-Arzt (Hals-Nasen-Ohren-Arzt) überwiesen
- je nach Befund des HNO-Arztbesuches konsultieren die Patienten ggf. einen Neurologen, Spezialisten in einem Riechzentrum oder andere Fachärzte
- die Riechstörungen werden je nach Ursache unterschiedlich behandelt (z.B. mit Medikamenten, operativ, durch Vermeiden von Auslösefaktoren, Riechtraining u.a.)



## Schlussfrage



Hast Du schon einmal im Traum gerochen?



## Kontakt

---

Dr. med. Dipl. Psych. Cornelia Hummel

Interdisziplinäres Zentrum "Riechen und Schmecken"  
Universitäts-HNO Klinik  
TU Dresden, Fetscherstraße 74  
01307 Dresden

[hummelc@web.de](mailto:hummelc@web.de)

in Zusammenarbeit mit  
Arbeitsgemeinschaft Olfaktologie und Gustologie  
der

**DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR HALS-NASEN-OHREN-HEILKUNDE, KOPF-  
UND HALS-CHIRURGIE**

<http://www.hno.org/olfaktologie/index.html>



## Bildquellenverzeichnis

- 4 *Apfel grün halbiert* : Clipart pp4 #1001008  
 4 *Blumenstrauß gelb* : Clipart pp4 #1006070  
 4 *Käsestück* : Clipart pp4 #1005053  
 4 *Knoblauch* : Clipart pp4 #1001035  
 4 *Sardinendose* : Clipart pp4 #1009047  
 4 *Semmel1*: Clipart pp4 #1008048  
 4 *Semmel2*: Clipart pp4 #1008021  
 4 *Spiegelei mit Speck* : Clipart pp4 #00012078  
 4 *Stiefel braun seitlich* : Clipart pp4 #1005120  
 4 *Tasse Kaffee (weiß)* : Clipart pp4 #0008157  
 4 *Turnschuhe* : Clipart pp4 #0008167  
 4 *Vollkornbrötchen* : Clipart pp4 #1008043  
 4 *Zahnpasta*: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toothpaste.jpg> ('public domain')  
 4 *Zigarette brennend*: Clipart pp4 #1007084  
 6 *Nasenmodell Hygienemuseum* : aus eigener Fotosammlung  
 7 *anatomische Zeichnung Kopf-Riechnerv* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head\\_olfactory\\_nerve.jpg/527px-Head\\_olfactory\\_nerve.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head_olfactory_nerve.jpg/527px-Head_olfactory_nerve.jpg)  
 Autor: **Patrick J. Lynch, medical illustrator**  
 8 *anatomische Zeichnung Kopf-Riechnerv* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head\\_olfactory\\_nerve.jpg/527px-Head\\_olfactory\\_nerve.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head_olfactory_nerve.jpg/527px-Head_olfactory_nerve.jpg)  
 Autor: **Patrick J. Lynch, medical illustrator**  
 8 *Blumenstrauß gelb* : Clipart pp4 #1006070  
 8 *Warnschild elektrische Spannung* : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High\\_voltage\\_warning.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:High_voltage_warning.svg)  
 Autor: **Duesentrieb**  
 8 *Zauberstab*: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HP\\_wand.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HP_wand.png)  
 Autor: **Snaily**  
 9 *Elektronenmikroskop* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6e/Elektronenmikroskop.jpg/143px-Elektronenmikroskop.jpg>  
 Autor: **Stahlkocher**  
 9 *rote Blutkörperchen* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/RBC\\_micrograph.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/RBC_micrograph.jpg) ('public domain')  
 10 *Matroskapuppen* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d2/Russian-Matroszka\\_no\\_bg.jpg/750px-Russian-Matroszka\\_no\\_bg.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d2/Russian-Matroszka_no_bg.jpg/750px-Russian-Matroszka_no_bg.jpg)  
 Autor: **Fanghong**  
 11 *Baseball* : Clipart pp4 #1008002  
 11 *Baseballhandschuh* : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baseball\\_glove\\_front\\_back\\_without\\_background.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Baseball_glove_front_back_without_background.png) ('public domain')  
 11 *Baseballspieler mit Handschuh* : Clipart pp4 #00010023  
 11 *Baseballspieler mit Schläger* : Clipart pp4 #00010024  
 11 *Himoberfläche aus SPM* : Klinik  
 11 *Mann telefoniert (1)*: Clipart pp4 #0001226  
 11 *Mann telefoniert (2)*: Clipart pp4 #0001379  
 12 *anatomische Zeichnung Kopf-Riechnerv* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head\\_olfactory\\_nerve.jpg/527px-Head\\_olfactory\\_nerve.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head_olfactory_nerve.jpg/527px-Head_olfactory_nerve.jpg)  
 Autor: **Patrick J. Lynch, medical illustrator**  
 12 *Sieb (Durchschlag)* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4b/Durshlag.jpg/800px-Durshlag.jpg>  
 Autor: **Ruslan V. Albitsky**  
 12 *Siebplatte (lamina cribrosa)* : Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Prof. Martin Witt, Rostock  
 13 *anatomische Zeichnung Kopf-Riechnerv* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head\\_olfactory\\_nerve.jpg/527px-Head\\_olfactory\\_nerve.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Head_olfactory_nerve.jpg/527px-Head_olfactory_nerve.jpg)  
 Autor: **Patrick J. Lynch, medical illustrator**  
 14 *Boxhandschuh* : Clipart pp4 #1009091  
 14 *Gehirn seitlich* : Klinik  
 14 *Gehirn von oben* : Klinik  
 14 *Walnuss* : Clipart pp4 #1001037  
 15 *Ananas* : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Split\\_ananas\\_cropped.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Split_ananas_cropped.jpg)  
 Autor: **Eurico Zimbres**  
 15 *Goethe*: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Goethe\\_%28Stieler\\_1828%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0e/Goethe_%28Stieler_1828%29.jpg) ('public domain')  
 16 *Birne*: Clipart pp4 #1001020  
 16 *Insel*: Clipart MS office  
 16 *Mandel*: Clipart pp4 #1001040  
 16 *Seepferdchen* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Seepferd.jpg>  
 Autor: **Timo1974**  
 16 *Zebra*: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/BookOfNurseryRhymes28.jpg>  
 Autor: **Atwood, Clara E**  
 17 *Linda Buxck* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/LindaBuck\\_cropped\\_1.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/LindaBuck_cropped_1.jpg)  
 Autor: **Betsy Devine**  
 17 *Nase Foto*: Clipart pp4 #1002033  
 17 *Richard Axel* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Richard\\_Axel.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Richard_Axel.jpg) ('public domain')  
 18 *Banane*: Clipart pp4 #1001006  
 19 *Banane*: Clipart pp4 #1001006  
 22 *Dessert mit Beeren*: Clipart pp4 #00012030  
 22 *gebratene Ente und Klöße* : Clipart pp4 #00012147  
 22 *Glutamat*: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/Monosodium\\_glutamate.jpg/450px-Monosodium\\_glutamate.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0d/Monosodium_glutamate.jpg/450px-Monosodium_glutamate.jpg)  
 Autor: **Kalleboo on Flickr**  
 22 *Gurkenscheiben gefüllt* : Clipart pp4 #00012169  
 22 *Hamburger*: Clipart pp4 #00012327  
 22 *Honig vom Löffel fließend* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/Runny\\_hunny.jpg/800px-Runny\\_hunny.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cc/Runny_hunny.jpg/800px-Runny_hunny.jpg) ('public domain')  
 22 *Jukebox* : Clipart pp4 #027  
 22 *Kaffeebohnen*: Clipart pp4 #1001045  
 22 *ortho-retronasaler Weg* : Klinik  
 22 *Radioapparat*: Clipart pp4 #039  
 22 *Rechenmaschine*: Clipart pp4 #001  
 22 *Registrierkasse* : Clipart pp4 #005  
 22 *Salat*: Clipart pp4 #00012094  
 22 *Salzstreuer*: Clipart pp4 #1011091  
 22 *Schiefer tafel* : Clipart pp4 #1004078  
 22 *Schreibmaschine*: Clipart pp4 #041  
 22 *Telefon alt*: Clipart pp4 #030  
 22 *Vorspeise*: Clipart pp4 #00012093  
 22 *Wecker, mechanisch* : Clipart pp4 #009  
 22 *Zitronen*: Clipart pp4 #1001015  
 23 *Farbpalette*: Clipart pp4 #0008237  
 23 *Klebstoff*: Clipart pp4 #1005098  
 23 *Petroleumlampe*: Clipart pp4 #1007038  
 23 *Pinsel in Lösungsmittelglas* : Klinik  
 23 *Sprühflasche*: Clipart pp4 #0008176  
 24 *Haus brennend*: Clipart pp4 #1009109  
 24 *Lorbeerkrantz*: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/Lorbeerkrantz\\_Zypem\\_rem.jpg/1280px-Lorbeerkrantz\\_Zypem\\_rem.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/Lorbeerkrantz_Zypem_rem.jpg/1280px-Lorbeerkrantz_Zypem_rem.jpg)  
 Autor: **Andreas Praefcke**  
 24 *Warnschild "Gift"*: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hazard\\_T.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hazard_T.svg) ('public domain')  
 25 *Mandel*: Clipart pp4 #1001040  
 25 *MRI coronal*: Klinik  
 25 *Theatermaske lachend*: Clipart pp4 #014  
 25 *Theatermaske traurig*: Clipart pp4 #014  
 26 *Banane*: Clipart pp4 #1001006  
 26 *Basilikum*: Clipart pp4 #1001032  
 26 *Feuerwerk*: Clipart pp4 #0009169  
 26 *Kind in den Bergen* : Clipart pp4 #00015030  
 26 *MRI coronal*: Klinik  
 26 *Rose*: Clipart pp4 #1007047  
 26 *Seepferdchen* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Seepferd.jpg>  
 Autor: **Timo1974**  
 26 *Tigerkopf*: Clipart pp4 #311536  
 27 *Maiglöckchen* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/ec/Convallaria-oliv-r2.jpg>  
 Autor: **Olegiv vit**  
 27 *Seidenspinnermännchen* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4f/Seidenspinner-drawing.jpg/736px-Seidenspinner-drawing.jpg> ('public domain')  
 27 *Seidenspinnerweibchen* : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/4f/Seidenspinner-drawing.jpg/736px-Seidenspinner-drawing.jpg> ('public domain')  
 28 *OEP Hypsomie*: Klinik  
 28 *Pbd mit EEG-Elektroden* : aus eigener Fotosammlung  
 28 *Pbd mit Sniffin Stick* : aus eigener Fotosammlung  
 29 *Rose*: Clipart pp4 #1007047  
 30 *Feuer*: [https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3AFire\\_burning.ogg](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File%3AFire_burning.ogg)  
 Autor: **Zouavman Le Zouave**  
 30 *Nasennebenhöhlen* : Klinik  
 30 *Schnupfen* : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e1/Woman\\_sneezing.jpg/591px-Woman\\_sneezing.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e1/Woman_sneezing.jpg/591px-Woman_sneezing.jpg)  
 Autor: **Ana Omelete**  
 31 *Papierfiguren*: Clipart pp4 #1009042  
 32 *Gemälde Sternennacht, Van Gogh* : aus '10000 Meisterwerke der Malerei', The York-Projekt 2002  
 alle *Nase Gipsmodell* : Clipart pp4 #1009054