

Vom Riechen

1. Fünf Sinne

Dass wir mit den Sinnen uns selbst und unsere Umwelt wahrnehmen, dürfte hinlänglich bekannt sein. Aber schon das Aufzählen der „fünf Sinne“ (siehe Abb. 1) erweist sich als tückisch: Um dieser traditionellen Bezifferung treu zu bleiben, wird der Gleichgewichtssinn nicht separat erwähnt, sondern (auf Grund der anatomischen Gegebenheiten) dem Gehör zugeschlagen, und die Hautsinne (Berührung, Temperatur und Schmerz an der Körperoberfläche) nebst der Tiefensensibilität (Körpereigenwahrnehmung) unter den „Fühlsinn“ zusammen gefasst.



Abb. 1: Hans Makart (1840-1884): Die fünf Sinne: Gefühl, Gehör, Gesicht, Geruch, Geschmack

Eine Sinneswahrnehmung wird ausgelöst durch einen Reiz, wobei jeder Sinn durch spezifische, „adäquate“ Reize charakterisiert ist. Obschon etwa mit elektrischen Reizen an verschiedenen Sinnen Wahrnehmungen auslösbar sind, und die Faust aufs Auge „Sternchen sehen“ lässt, handelt es sich bei diesen Beispielen um nicht-adäquate Reize.

Da die adäquaten Reize beim Geruchs- und Geschmackssinn chemischer Natur sind, werden Riechen und Schmecken als „chemische“ Sinne bezeichnet.



Riechen: Chemie, ja bitte!

Heute schon gerochen? Zahnpasta, Shampoo? Morgenkaffee, Brötchenduft? Lederjacke? Zigarettenrauch? Oder was? Hat Dich was angestunken? Welches sind die letzten drei Geruchseindrücke, die Dir spontan einfallen?

2. Basiswissen: Riechen

Beim Riechen gelangen Riechmoleküle, also mikroskopisch kleine Teilchen einer riechenden Substanz, mit der Atemluft in die Nase zur so genannten Riechschleimhaut (siehe Abb. 2), wo sich spezielle Nervenzellen, die Riechrezeptorzellen befinden. Sie werden auch als „olfaktorische Rezeptorneurone“ bezeichnet (abgekürzt ORN; Neuron = Nervenzelle, „olfaktorisch“ bedeutet „Riech...“). Rezeptoren heißen die Strukturen innerhalb von Zellen, an denen Sinnesreize, also Signale aus der Umwelt, z.B. Töne oder Gerüche, in *elektrische* Signale umgewandelt werden. Die Überführung der ankommenden Signale in elektrische wird Transduktion genannt (lateinisch tra[ns]ducere = hinüberführen¹). Rezeptoren (von lat.² recipere = aufnehmen) können also als Empfängerstationen der Zellen beschrieben werden. Die elektrischen Signale werden dann über Nervenfasern zum Gehirn geleitet und dort weiter verarbeitet, so dass eine Wahrnehmung resultiert: „Da klingt was „ - „da riecht was“ etc. Die Größenordnung der elektrischen Signale bewegt sich übrigens im Bereich von Mikrovolt, also Millionstel Volt.

Nachdem an den Riechrezeptorzellen der Riechschleimhaut ein chemischer Reiz in ein elektrisches Signal überführt worden ist, leiten die feinen Fäserchen des Riechnerven (nervus olfactorius) das Signal zum Riechkolben (bulbus olfactorius) des Gehirns. Der Riechkolben ist das *primäre Riechzentrum*.

Die dünnen, kurzen Riechnervenfasern heißen Riechfäden (fila olfactoria); manchmal werden sie auch als Riechnerven im Plural (nervi olfactorii) bezeichnet. Die ORN bilden zusammen mit den Riechfäden das *erste olfaktorische Neuron*. Die Riechfäden müssen durch Poren im Schädelknochen ziehen, um den Riechkolben zu erreichen; daher heißt die wie ein Sieb durchlöchernte Knochenplatte *Siebplatte* (lamina cribrosa). Bei Schädelverletzungen können die Riechfäden abreißen! Die Folge ist Riechverlust!

Im Riechkolben werden die einlaufenden Signale an den Schaltstellen (Synapsen) der so genannten „Glomeruli“ (deutsch: Knäuelchen) auf die nächsten Neurone des Verarbeitungnetzwerks umgeschaltet, die „Mitralzellen“ (*zweites olfaktorisches Neuron*).

¹ Im Gegensatz zur Umgangssprache, in der viele aus dem Englischen übernommene Wörter verwendet werden (shop, cool, label, to go ...), benutzt man in der medizinischen Fachsprache international hauptsächlich aus dem Lateinischen abgeleitete Fachbegriffe. Eine Übersicht über die hier verwendeten Termini (Fachbegriffe) ist am Ende des Textes zusammen gestellt .

² lat. = lateinisch

Vom Riechkolben aus wird die Riechinformation weiter geleitet zum „piriformen Kortex“ (kleines, birnenförmiges Hirnrindengebiet, von pirum = Birne und Cortex = Rinde³), der wichtigsten Region des sekundären Riechzentrums, zu dem u.a. auch der Mandelkern (Amygdala = corpus amygdaloideum) zählt.

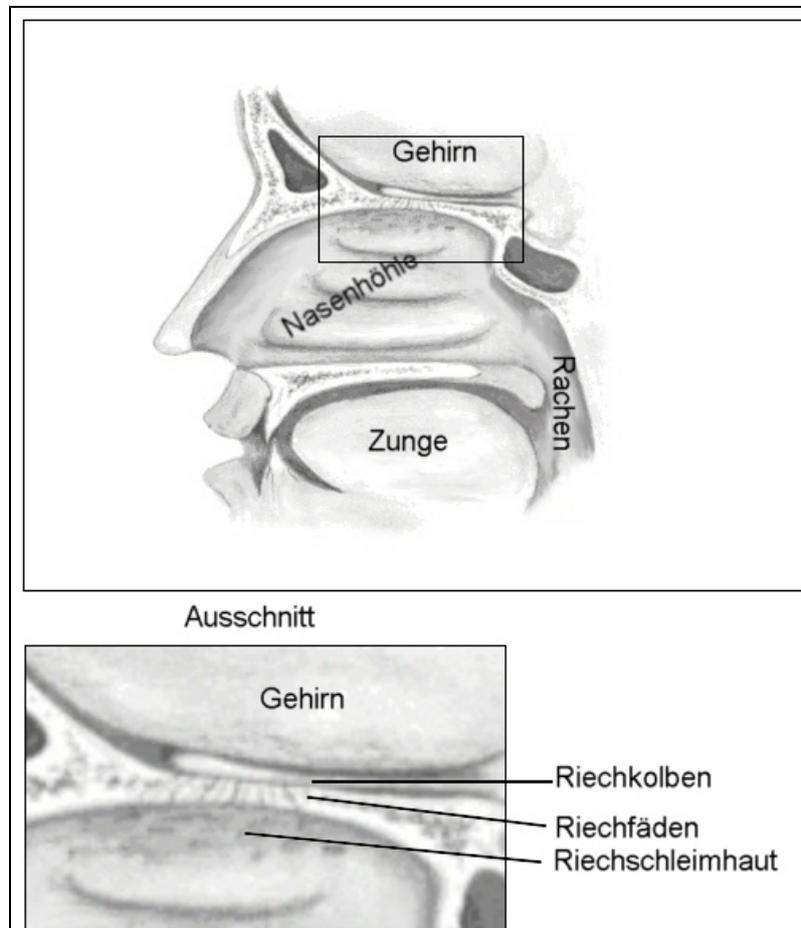


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Längsschnitts durch die Nasenhöhle und angrenzende Strukturen: Mundhöhle, Rachen, Gehirn. Beim Riechen gelangen die Riechmoleküle durch die Nasenlöcher zur Riechschleimhaut. Nach der Transduktion Weiterleitung der elektrischen Signale über die Riechfäden zum Riechkolben.

Schließlich erreichen die Signale den entorhinalen Kortex, die Inselrinde, den Hippocampus (lat. für „Seepferdchen“ bzw. griechisch für „Seeungeheuer“), den Hypothalamus, das Striatum („Gestreiftes“) und andere Hirngebiete, so dass komplexe Beziehungen zwischen Geruchswahrnehmung und vielfältigen Funktionen und Inhalten des Denkens und Fühlens hergestellt werden können. Interessant sind dabei z.B. das Riechgedächtnis, die Verknüpfung von Riechen und Emotionen (siehe 7) und die Beziehung zwischen Geruchssinn und Sexualverhalten (siehe 8).

³ Die (Großhirn-) Rinde ist die äußere, bizarr gefälte Schicht des Gehirns, die die „kleinen grauen Zellen“ enthält, auf die sich der berühmte Meisterdetektiv Hercule Poirot aus Agatha Christies Romanen viel zu Gute hält

- Stichworte Riechverarbeitung auf Zell-Ebene: ORN – Glomeruli – Mitralzellen
- Regionen: Riechschleimhaut – Sieb - Kolben – Birne – Mandel - Insel – Seepferdchen

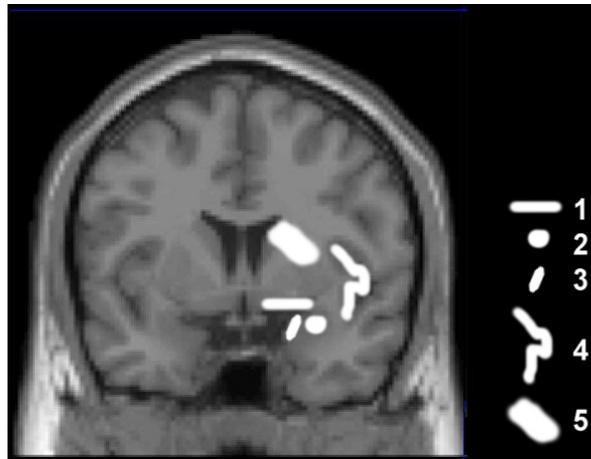


Abb. 3 Magnetresonanztomografie- (MRT⁴-) Bild des Gehirns, frontaler Schnitt (siehe Tabelle 1), mit rechtsseitiger schematischer Markierung für die Verarbeitung von Riechsignalen wichtiger Regionen, die sich in einer Ebene darstellen lassen: 1 = piriformer Kortex (Birnenform nicht erkennbar); 2 = Mandelkern; 3 = entorhinaler Kortex; 4 = Inselrinde; 5 = Striatum.

Bezeichnung	frontal (coronal)	sagittal	axial (transversal)
Blickrichtung (Ansicht)	von vorn/hinten	von der Seite	von oben/unten
Schnitttrichtung	senkrecht von einer Seite zur andern	senkrecht von vorn nach hinten (sagitta, lat. der Pfeil)	waagrecht
Schema			
Beispielbild			
Schnittschemata: durchgezogen = sagittal gestrichelt = frontal punktirt = axial			

Tabelle 1: Schnittebenen der Schädel-MRT

⁴ „Magnetresonanz“ bezieht sich auf die angewandte physikalische Methode; Tomografie = Schichtaufzeichnung (griech. tomos = Schicht; gráphein = schreiben). Englisch: MRI (Magnetic Resonance Imaging = Magnetresonanztomografie) oder NMR (Nuclear Magnetic Resonance = Kern-Magnetresonanz, beschreibt ebenfalls die Methode). Weitere Bezeichnung: Kernspintomografie; „Kernspin“ wiederum Methodenbezug

3. Nobelpreis für Riechforscher

Obwohl wir Menschen den „Großriechern“ (Makrosmatikern) aus dem Tierreich, wie zum Beispiel der Ratte oder dem Hund, beim Riechen unterlegen sind, können wir doch eine erkleckliche Anzahl verschiedener Gerüche unterscheiden, nämlich Tausende! Lange wurde darüber gerätselt, welchem Kode die Geruchs-Signalverarbeitung folgt, d.h., welche Strukturen und Eigenschaften der ORN und der weiteren neuronalen Verschaltung der riesigen Vielfalt der Riecheindrücke zu Grunde liegen, da unmöglich auf jede einzelne Riechsubstanz spezialisierte Riechrezeptorzellen (1:1-Kodierung) vorhanden sein konnten.

In den 1990er Jahren lösteten Richard Axel und Linda B. Buck das Geheimnis und wurden 2004 für ihre Arbeiten über die Kodierung von Gerüchen mit dem Nobelpreis für Medizin/Physiologie ausgezeichnet.



2004 Richard Axel und Linda B. Buck: Nobelpreis für Klärung der Geruchskodierung

Des Rätsels Lösung liegt darin, dass

- jede einzelne olfaktorische Rezeptorzelle nur einen spezifischen Rezeptortyp ausbildet (an einer Zelle können sich jedoch mehrere Rezeptoren dieses Typs befinden)
- ein Rezeptortyp für eine bestimmte chemische Struktur empfänglich ist, die an diesen Rezeptor „andockt“ („bindet“)
- eine Riechsubstanz mehrere chemische Strukturen aufweisen kann, so dass die Moleküle eines Geruchsstoffs ihre Informationen an mehrere Rezeptortypen abgeben
- die Signale von gleichartigen Rezeptorzellen an spezifischen Glomeruli zusammen laufen
- das „Signalmuster“ der verschiedenen Rezeptortypen, an die eine Riechsubstanz bindet, den spezifischen Geruchseindruck verschlüsselt
- durch die 400 verschiedenen identifizierten Rezeptortypen eine außerordentlich große Zahl unterschiedlicher Muster, also Gerüche, kodiert werden kann

Diesen Kodierungsvorgang kann man anhand eines Beispiels mit Buchstaben veranschaulichen: Wenn jeder Buchstabe einen Rezeptortyp repräsentiert, sind die Möglichkeiten, aus den Buchstaben Wörter – das wären dann Gerüche – zu bilden, schier unendlich ...und dabei ist die Anzahl der Buchstaben ja nur 26!

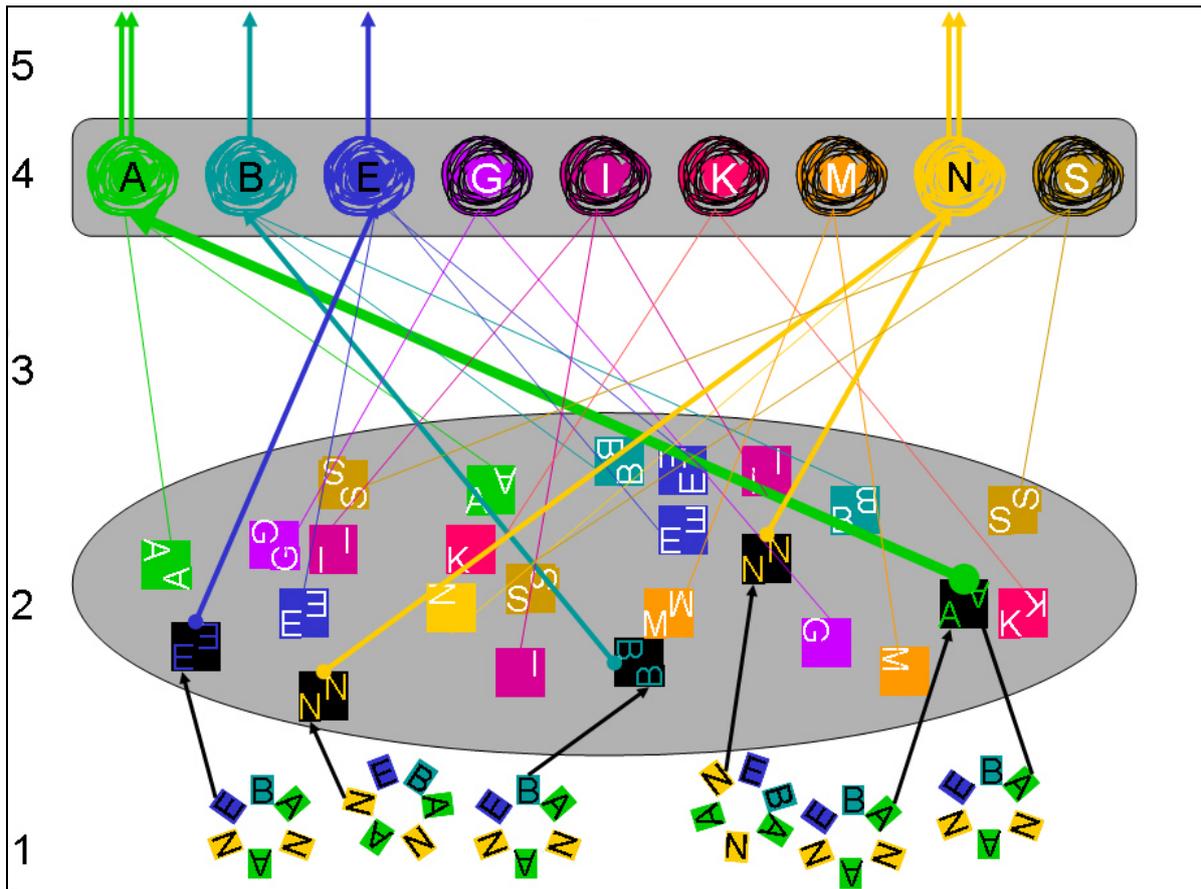


Abb. 4 Schematische Darstellung der Geruchskodierung. 1: Riechmoleküle (Bananenduft); die Buchstaben symbolisieren chemische Strukturen. 2: Riechschleimhaut mit olfaktorischen Rezeptorneuronen (ORN); Quadrate = Zellen, Buchstaben = Rezeptoren; jede Zelle besitzt nur einen Rezeptortyp, kann aber mehrere Rezeptoren des betreffenden Typs haben. Pfeile von den Molekülen zu Rezeptoren symbolisieren die Bindung chemischer Strukturen an die passenden Rezeptoren; zwei A-Strukturen der beiden Moleküle ganz rechts binden an die beiden Rezeptoren einer Zelle. 3. Riechfäden leiten die elektrischen Signale der ORN zum Riechkolben. 4. Riechkolben mit Glomeruli. Die Glomeruli empfangen Signale von Zellen mit jeweils gleichen Rezeptortypen. 5. Weiterleitung der kodierten Geruchsinformation AA-B-E-NN = BANANE

Geruchskodierung: Muster-haft!

4. Extrawürste

So, wie die Gliedmaßen und die meisten Organe „paarig“ (doppelt) angelegt sind, so haben wir auch zwei Hirnhälften (Hirn-„Hemisphären“, vgl. die Hemisphären der Erdkugel). In der Regel – welche skurrile Laune der Natur – verlaufen die Nervenbahnen, die einerseits Information von den Sinnesorganen zum Gehirn leiten und andererseits Signale vom Gehirn zu den Muskeln, *gekreuzt*, d.h., vom linken Auge zur rechten Hirnhälfte, vom rechten Ohr zur linken, von der rechten Hemisphäre zur linken Hand usw. (Diese Anordnung erklärt zum Beispiel, warum bei einem Schlaganfall, der die linke Hirnhälfte betrifft, Beeinträchtigungen auf der rechten Körperseite auftreten.)

Von dieser Regel weicht der Geruchssinn ab! Du meinst, weil die Nase ja auch nicht paarig ist? Weit gefehlt: Durch die Nasenscheidewand ist die Nase in zwei Hälften unterteilt, die jeweils mit ihrer eigenen Riechschleimhaut ausgestattet sind, wodurch das Riechen genau so paarig funktioniert wie Sehen und Hören.

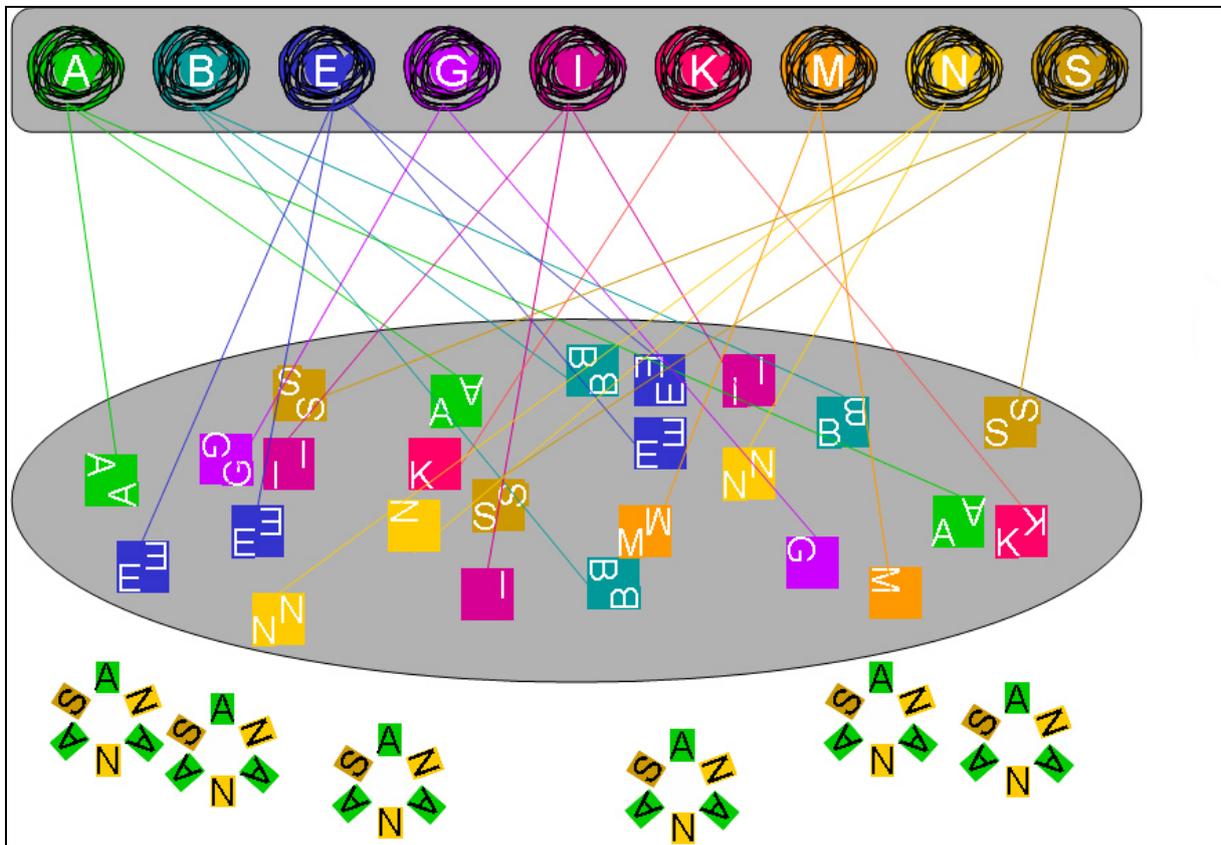


Abb. 5 Quizfrage: Kannst Du die Kodierung des Ananasdufts einzeichnen? (Auflösung siehe 13.1)

Die Extrawurst des Geruchs besteht vielmehr darin, dass die Riechbahn im Wesentlichen *ungekreuzt* verläuft. Gerüche, die ins rechte Nasenloch gelangen, werden hauptsächlich in der rechten Hirnhälfte verarbeitet und umgekehrt.

eine einzige Nase – paariges Riechorgan – aber ungekreuzte Bahn!

Die Regel der gekreuzten Nervenbahnen ist aber nicht die einzige, die vom Geruchssinn nicht befolgt wird. Im Gegensatz zu den meisten Arten von Zellen des menschlichen Organismus können Nervenzellen üblicher (und betrüblicher) Weise nicht nachwachsen; wir müssen unser Lebtag lang mit dem gegebenen Bestand auskommen. Zerstörte Nervenzellen werden in der Regel nicht durch neu nachwachsende ersetzt. Ganz anders die Riechzellen! Die olfaktorischen Rezeptorneurone unterliegen einer *ständigen Regeneration*, so wie wir es von Haut und Haaren gewohnt sind.



Riechzellen wachsen laufend nach

Dass der Geruch ein *chemischer* Sinn ist, wurde eingangs schon klar gestellt. Auch in dieser Hinsicht stellt das Riechen (neben dem Schmecken) eine Besonderheit dar im Vergleich zu den übrigen Sinnen, deren Rezeptoren auf die Interaktion mit adäquaten *physikalischen* Reizen spezialisiert sind. Mit dieser Extrawurst geht allerdings eine Eigenschaft einher, die den Geruchssinn gegenüber der physikalischen Sinnen ins Hintertreffen bringt: die Trägheit! Sie verdankt sich der relativen Langsamkeit der Vorgänge im Bereich der Riechschleimhaut: Wie der Name schon sagt, ist diese mit einem Schleimfilm überzogen, durch den die Riechmoleküle hindurch müssen, ehe sie die Riechrezeptorzellen erreichen. Und nach dem Kontakt mit den Rezeptoren müssen die Moleküle einer Riechsubstanz wieder durch den Schleim zurück und die Nasenhöhle verlassen, bevor Moleküle einer anderen Substanz Gelegenheit finden, mit der Atemluft heran zu fluten und ihrerseits einen Geruch zu vermitteln.

Mit dieser Trägheit hat es auch zu tun, dass man sich an Gerüche rasch gewöhnt, und dass Geruchsuntersuchungen langwieriger sind als etwa Hörprüfungen: Während man viele kurze Töne mit kurzen Pausen gut unterscheiden kann, sind bei Riechreizen sowohl längere Reizdauern als auch längere Pausen zwischen den Reizen erforderlich, damit jeder Reiz wahrgenommen wird.



Der Geruchssinn ist träge!

Aus welcher Richtung Töne kommen, können wir meist gut erkennen. Diese akustische Richtungsortung ist eine erstaunliche Hirnleistung, bei der der feine Unterschied zwischen den an beiden Ohren ankommenden Tönen verrechnet wird.

Anders verhält es sich beim „Richtungsriechen“: Um festzustellen, woher ein Geruch kommt, müssen wir ihm nachschnüffeln, so, wie auch ein Hund beim Verfolgen einer Fährte vorgeht. Verglichen werden dabei weniger die Eindrücke von den beiden Seiten der Riechschleimhaut im linken und rechten Teil der Nasenhöhle, als vielmehr „ganznasige“ Wahrnehmungen an verschiedenen Stellen in der Umgebung, denn: Ein Unterschied zwischen Wahrnehmungen im linken und rechten Teil der Nasenhöhle ist kaum nachweisbar! In Geruchsstudien konnten Probanden (Versuchspersonen) nicht unterscheiden, in welches Nasenloch ihnen Riechreize gegeben wurden (natürlich bei geschlossenen Augen).



Richtungsriechen: Vergleich zwischen linker und rechter Nasenseite versagt

Allerdings trifft diese Beobachtung nur zu auf so genannte „reine Riechreize“. Dazu gehören u .a. Vanillinduft oder der typische Geruch nach faulen Eiern (Schwefelwasserstoff). Sobald sich zum reinen Riechen noch ein zusätzlicher Eindruck hinzu gesellt, zum Beispiel die Kühle von Menthol, die leicht stechende Begleitempfindung bei Lacken und Lösungsmitteln oder die „beißende“ Komponente von Essig oder Ammoniak, kann die Seite der Reizdarbietung, linkes oder rechtes Nasenloch, erkannt werden.

Übrigens sind die *meisten* Gerüche zusammen gesetzt aus einer Riech- und einer „Fühl“-Komponente; reine Gerüche sind demgegenüber in der Minderzahl! Für diese zweite Komponente sind nicht Riechrezeptoren und Riechnerv verantwortlich, sondern sie kommt zustande durch den Trigeminiusnerv (nervus trigeminus = Drillingsnerv, besteht aus 3 Ästen). Der mittlere Ast dieses Nerven ist es, der mit seinen fein verzweigten Endigungen die verschiedenen Fühlempfindungen in der Nasenhöhle vermittelt und so als „zweites Standbein“ bei vielen Gerüchen fungiert.



Zwei-Komponenten-Riechen: olfaktorisch & trigeminal

5. Relevanz des Riechens

Wie wichtig ist der Geruchssinn? Würdest Du auf das Riechen verzichten wollen? Lieber von allen störenden, belästigenden Gerüchen und jeglichem Gestank befreit sein und dafür total ohne Düfte auskommen? Welche alltäglichen und speziellen Riechgenüsse würden Dir entgehen?

Neben einer gewissen Minderung von mancherlei Alltagsfreuden durch das Fehlen positiver Gerüche (Abnahme der „Lebensqualität“) ist es aber gerade der Wegfall unangenehmer Gerüche, dessen Bedeutung nicht übersehen werden darf! Viele negativ empfundene Gerüche üben eine *Warnfunktion* aus, die lebenswichtig sein kann: Brandgeruch oder der Geruch von verdorbenen Lebensmitteln, ausströmendem Gas oder giftigen Chemikalien können Melder lebensbedrohlicher Situationen sein.



Geruch & Gefahr

Aber auch weniger dramatische Warnsignale, wie zum Beispiel Hundekot am Schuh, werden durch den Geruchssinn vermittelt!

In etlichen Berufsgruppen, die mit Lebensmitteln, Wein, Produkten der chemischen oder der Kosmetikindustrie zu tun haben – um nur einige zu nennen -, spielt der Geruchssinn eine wichtige Rolle.

Ein weiterer Aspekt des Geruchssinns ist so wichtig, dass ihm ein eigener Abschnitt gewidmet wird:

6. Geschmack durch Geruch

Ein Großteil des Geschmacks von Speisen und Getränken ist durch das Riechen vermittelt! Nicht nur „das Auge isst mit“ und steigert den Genuss appetitlich angerichteter Speisen, und nicht nur lassen verführerische Essensgerüche das Wasser im Munde zusammen laufen, sondern so, wie die Trigemineempfindung als das zweite Standbein des Geruchserlebens beschrieben wurde, so ist das Riechen seinerseits das zweite Standbein des Geschmackserlebens.

Ohne den Geruchssinn sind (abgesehen davon, wie Essen und Trinken sich im Mund und auf der Zunge anfühlen) im Mund nur die „Grundqualitäten“ des Geschmacks (süß, sauer, bitter, salzig, Umami⁵) wahrnehmbar, während die Fülle an fein abgestuftem Geschmackserleben durch Gerüche zustande kommt. Wie dieser Zusammenhang sich erklärt, ist noch gar nicht so lange wissenschaftlich belegt: Das Geheimnis liegt im *Retro* (lat. für rückwärts, vgl. „Retro“ in Musik und Mode). Beim Essen gelangen nämlich Riechmoleküle aus der Mundhöhle *rückwärts* über den Rachenraum zur Nase, an die Riechschleimhaut. Dieser Mechanismus wird „*retro-nasales*“ Riechen genannt.

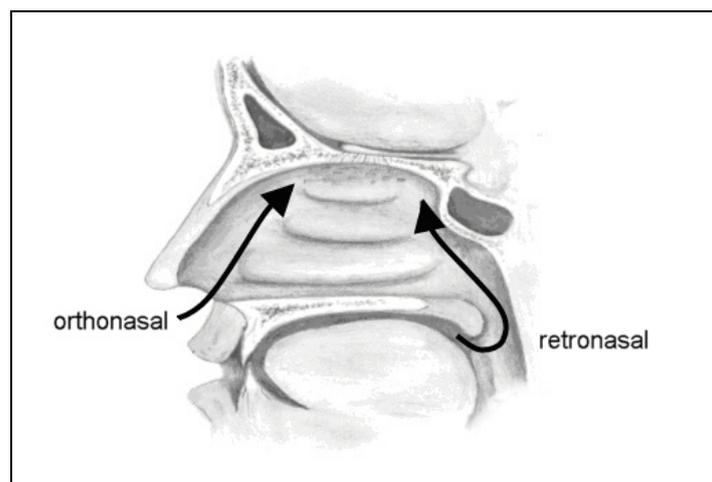


Abb. 6 Schematischer Längsschnitts durch die Nasenhöhle und angrenzende Strukturen: Mundhöhle, Rachen, Gehirn (vgl. Abb. 2). Die Pfeile zeigen, wie beim normalen, „orthonasalen“ Riechen die Riechmoleküle durch die Nasenlöcher, beim „retronasalen“ Riechen, das beim Schmecken eine wichtige Rolle spielt, von rückwärts, über den Rachen, zur Riechschleimhaut gelangen.



„Retro-Riechen“ vermittelt die Vielfalt der Geschmackseindrücke.

⁵ am ehesten zu umschreiben mit „herzhaft“, jedoch 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.

7. Riechen macht Ah!

Ist Dir schon mal aufgefallen, wie stark Gerüche mit Gefühlen und Stimmungen verknüpft sind?

Die meisten Gerüche rufen entweder Naserümpfen hervor oder eine erfreute „ahhh“-Reaktion, das heißt, sie werden als unangenehm oder angenehm bewertet; kaum ein Riecheindruck ist absolut neutral. Diese Polarisierung zwischen Lust und Unlust („Hedonik“), ist charakteristisch für den Geruchssinn; im Vergleich zum Sehen oder Hören sind Geruchseindrücke deutlicher mit der gefühlsmäßigen Bewertung „positiv“ oder „negativ“ assoziiert. Redensarten wie „den kann ich nicht riechen“ oder „das stinkt mir“ drücken diese Verquickung von Geruch und Gefühl drastisch aus.

Diese Alltagsbeobachtung, dass Riechen und Emotionen eng aneinander gekoppelt sind, findet ihre Entsprechung in der Verarbeitung von Riecheindrücken im Gehirn: Sie ist nämlich eng mit dem so genannten „limbischen System“ verknüpft, das eine wichtige Rolle für das Gefühlserleben spielt. Ein Hirnareal, das dabei von besonderer Bedeutung ist, ist der Mandelkern (siehe Abb. 3).



Geruch & Gefühl: Mandelkern

Übrigens werden natürlich Gerüche nicht einheitlich als angenehm oder unangenehm empfunden. Der Eine erfreut sich an Benzin“duft“ und verabscheut Lavendelparfüm, ein Anderer bevorzugt Seife mit Kokos- anstelle von Apfelnote. Abgesehen von individuellen Vorlieben und Abneigungen spielt auch der geographische und kulturelle Hintergrund eine Rolle bei der Geruchsbewertung, z.B. von bestimmten Gewürzen oder Käse: Weißt Du, wo man Käse und seinen Duft besonders liebt und wo er eher als unangenehm empfunden wird (Auflösung siehe 13.2)?

Sogar bei ein und derselben Person kann sich die Beurteilung von Gerüchen ändern. Riechforscher haben bei Frauen in den letzten Schwangerschaftswochen eine Veränderung der angenehm-unangenehm-Bewertung von Gerüchen fest gestellt.

8. Kerzenrauch = Weihnachten?

Ebenfalls eng mit der Verarbeitung von Gerüchen verbunden ist, wie oben schon erwähnt, der Hippocampus (das Seepferdchen/Seeungeheuer – siehe 2), eine Hirnstruktur, die außerdem eine wichtige Rolle für das Gedächtnis spielt. Daher ist es kein Wunder, dass mancherlei Erinnerungen, zumal Erinnerungen mit emotionalen Inhalten (siehe 7), über das Riechen aktiviert werden, d. h., ein bestimmter Geruch kann zurück liegende Erlebnisse und Gefühle, die seinerzeit mit diesem Geruch in Zusammenhang standen, wieder ins Gedächtnis rufen.



Geruch & Erinnerung: Seepferdchen

Fällt Dir eine solche Kombination zwischen einem Geruch und einem Erlebnis ein? Wie sieht es zum Beispiel aus mit Kerzenrauch & Weihnachten? Kannst Du Dir eine genüssliche Ferienerinnerung oder eine brisante Szene aus Deinem Leben anhand eines Geruchs vorstellen?

9. Riechen und Sex

O, dass man sich mit einem Duftwässerchen unwiderstehlich für das andere Geschlecht machen könnte! Auch, wenn gewitzte Werbestrategen neue Kosmetikprodukte mit entsprechenden Verheißungen anpreisen, ist solche Automatik für den menschlichen Bereich sehr weit her geholt – nämlich aus der Insektenwelt, wo Pheromone (= Botenstoffe, ein Wort diesmal mit altgriechischer Wurzel) wichtige Kommunikationsmittel darstellen. Diese Substanzen werden von einem Insekt in die Luft frei gesetzt und liefern anderen Insekten derselben Gattung Informationen, die bestimmte Reaktionen auslösen. Als erstes Pheromon überhaupt wurde in den 1950er Jahren der *Sexuallockstoff* der weiblichen Seidenspinner⁶ entdeckt, der Seidenspinnermännchen durch die Botschaft der Paarungsbereitschaft von weither anlockt. Sexuallockstoffe sind eine Sonderform der Pheromone, deren Verwendung heute in der Insektenbekämpfung (z. B. „Mottenfallen“) üblich ist.

Ob es beim Menschen überhaupt Pheromone gibt⁷, ist umstritten; Wissenschaftler sprechen vorsichtig von „mutmaßlichen Pheromonen“. Beispiele für mutmaßliche menschliche Pheromone sind im Achselschweiß vorkommende Substanzen, die zum Wiedererkennen von Personen anhand ihres Körpergeruchs beitragen und der Geruch der Mutterbrust, der Säuglinge veranlasst, sich zur Brust hin zu bewegen.



keine menschlichen Sexuallockstoffe bekannt

Obwohl also „magnetische“ erotische Anziehung durch Sexuallockstoffe (leider oder glücklicher Weise?) ein leerer Werbegag ist, muss zweifelsohne bei so stark von Gefühlen bestimmten Ereignissen wie Partnerwahl und Sexualität das Riechen eine Rolle spielen, und natürlich sind dabei sowohl individueller Körpergeruch als auch zusätzliche, künstliche, Düfte bedeutsam.

⁶ Seidenspinner (lateinisch: *Bombyx mori*) sind die Schmetterlinge, deren Raupen sich in Kokons aus Seidenfäden verpuppen, die seit urdenklichen Zeiten zur Herstellung von Seidengarnen und -stoffen benutzt werden.

⁷ Bei den Seidenspinnern sitzen die Rezeptoren auf den Fühlern, bei Säugetieren im so genannten „vomeronasalen Organ“ (VNO) in der Nasenhöhle. Vereinzelt konnte bei Menschen ein verkümmertes und funktionsloses VNO gefunden werden.

Eine sensationelle Entdeckung ist unlängst deutschen Forschern gelungen: Nicht nur in der Riechschleimhaut kommen ORN 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 nun, ob dieser Sachverhalt eine Bedeutung hat für den Befruchtungsvorgang.



Spermien „riechen“ Maiglöckchenduft

10. Wer hat den besten Riecher?

Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass beim Menschen das weibliche Geschlecht im Allgemeinen über einen besseren Geruchssinn verfügt als das männliche.

Jüngere Menschen sind empfindlicher gegenüber Gerüchen als ältere; mit zunehmendem Alter lässt der Geruchssinn nach.

Keinen „guten Riecher“ haben Raucher! Auch verschiedene Krankheiten gehen häufig mit Einschränkungen des Geruchssinnes einher (siehe Abschnitt 11.1).



junge Nichtraucherinnen haben den „besten Riecher“

11. Riechstörung, Riechverlust

Eine Riechstörung hast Du wahrscheinlich auch schon mal gehabt: Jeder banale Schnupfen kann das Riechvermögen beeinträchtigen – allerdings ist diese Störung in der Regel nur von kurzer Dauer und so geringfügig, dass sie oft gar nicht bemerkt wird. Freilich wird eine solche leichte, kurzfristige Abschwächung der Riechfunktion nicht als krankhafte Störung aufgefasst.

Allerdings treten länger dauernde und wirklich als Störungen empfundene Beeinträchtigungen des Geruchs bei etwa 5% der Bevölkerung auf, also ungefähr bei jedem Zwanzigsten! In einer mit 100 Fahrgästen besetzten Straßenbahn wären somit durchschnittlich fünf Personen, die an einer Riechstörung leiden.

Wie kann es zu einer krankhaften Riechstörung kommen?

11.1 Ursachen

Die meisten Riechstörungen treten im Zusammenhang mit *Entzündungen* im Bereich der Nasenhöhle und Nasennebenhöhlen (NNH) auf. Die NNH sind mit Luft gefüllte Hohlräume im Knochen und bilden zusammen mit der Nasenhöhle, zu der sie alle Verbindungen haben, ein kompliziertes Höhlensystem.

Abb. 7 vermittelt einen Überblick über die Lage der Nasennebenhöhlen (findest Du in Abb. 2 bzw. Abb. 6 die Stirn- und die Keilbeinhöhle? Auflösung siehe 13.3)

Wegen der Verbindungsgänge zwischen Nasenhöhle und NNH sind diese oft bei Nasenentzündungen⁸ mit betroffen. Insbesondere chronische Entzündungen gehen häufiger mit Riechstörungen einher, aber auch akute Infektionen können zu Riechstörungen führen. Außerdem können Riechstörungen bei *Allergien*, wie z. B. *Heuschnupfen*, auftreten.

„Feuer“ im Höhlensystem: akute oder chronische Infektionen, allergische Entzündung



Abb. 7 links: „Entzündete“ Tropfsteinhöhle. Rechts: Höhlensystem des Kopfs: NNH in sagittalen und frontalen MRT-Bildern. Unten: schematische Skizzierung der Lage der 7 NNH: 1 = Stirnhöhle (paarig); 2 = Siebbeinzellen (paarig); 3 = Keilbeinhöhle (unpaar; erstreckt sich über die Mitte hinweg); 4 = Kieferhöhlen (paarig). Von 1 und 2 im sagittalen Schnittbild nur jeweils eine Seite sichtbar.

Riechstörungen können außerdem nach Schädelverletzungen, Kopf-Operationen, Einwirkung von bestimmten Staubgemischen, Dämpfen, Gasen und anderen Chemikalien, als Nebenwirkung von Medikamenteneinnahme oder Begleitsymptome verschiedener Erkrankungen (z.B. Alkoholabhängigkeit, Parkinson'sche und Alzheimer'sche Krankheit) auftreten. Auch anatomische Besonderheiten in der Nasenhöhle, die die Nasenatmung behindern, können zu Riechstörungen führen (Verkrümmung der Nasenscheidewand, Tumor u. a.).

Es gibt aber auch Fälle, in denen keine Ursache gefunden werden kann! Man spricht dann von „Idiopathie“ (aus dem Griechischen: Eigen-Leiden) bzw. von idiopathischer Riechstörung.

⁸ Eine Entzündung der Nase heißt *Rhinitis* (griechisch rhis = Nase), eine NNH-Entzündung *Sinusitis* (lateinisch: sinus = Ausbuchtung); wenn sowohl Nasenhöhle als auch NNH in Mitleidenschaft gezogen sind, spricht man von *Rhinosinusitis* (Plural: Rhinosinusitiden!).

Hast Du eine Vorstellung, wie der Geruchssinn ärztlich untersucht, eine Riechstörung medizinisch abgeklärt und die Ursache diagnostiziert wird?

11.2 Untersuchungsmethoden

Natürlich gehört zur Abklärung einer Riechstörung zunächst die Anamneserhebung, d. h. das Gespräch, in dem Hintergründe, Art und Verlauf der Störung und eventuelle zusätzliche Beschwerden geklärt werden.

Spezifische Untersuchungsmethoden tragen zur Sicherung der Diagnose einer Riechstörung bei.

11.2.1 psychophysische Riechtests

Wahrnehmungen sind persönliche Erlebnisse, die sich in unserer *Psyche* abspielen. Individuelle Angaben über Wahrnehmungen (z.B. „dieser Ton ist halb so laut wie der vorige“; „die Fläche sieht leicht rötlich aus“; „diese Flüssigkeit riecht nicht“) können wie *physikalische* Größen in Messwerte umgesetzt werden (der Ton hat 50% der Intensität des vorigen; die Rot-Intensität der Fläche ist 0,2; die Geruchsintensität der Flüssigkeit ist Null). Die Zuordnung von Messwerten zu psychischen Phänomenen heißt *Psychophysik*.

Bei der Untersuchung des Geruchssinns werden hauptsächlich psychophysische Methoden verwendet. Dabei werden der untersuchten Person Riechreize zur Beurteilung dargeboten, z.B. Fläschchen mit Riechsubstanzen. Ein weit verbreiteter Geruchstest sind die so genannten „Sniffin' Sticks“ (englisch, etwa: Schnüffelstäbchen). Der Test besteht aus Filzstiften mit dicken Spitzen, die statt Schreibflüssigkeit Riechsubstanzen (z. B. Zimt-, Gummibärchen-, Schokoladen-, Leder-, Knoblauchgeruch) enthalten.



Abb. 8 Riechtestung mit „Sniffin' Stick“

Im Einzelnen werden dreierlei Aspekte des Riechvermögens untersucht:

1. Um die grundsätzliche Riechempfindlichkeit zu messen, werden viele Riechproben mit unterschiedlichen Konzentrationen einer Substanz dargeboten (geringe Konzentration = schwacher Geruch, hohe Konzentration = starker Geruch), wobei jedes Mal erfragt wird, ob ein Geruch bemerkt wurde. Die schwächste Konzentration, die grade eben wahrgenommen wird, wird als die **Geruchsschwelle** bezeichnet. (Was kann man daraus schließen, wenn jemand damit angibt, dass er eine sehr hohe Geruchsschwelle hat? – Auflösung siehe 13.4)
2. Die Fähigkeit, verschiedene Gerüche wahrzunehmen und obendrein voneinander zu unterscheiden, wird als (Geruchs-) **Diskrimination** bezeichnet. (lat. discriminare = unterscheiden). Sie wird z. B. untersucht, indem viele „Riechproben-Drillings“ dargeboten werden, von denen jeweils zwei dieselbe Riechsubstanz enthalten, von der sich die dritte unterscheidet. Aus der Anzahl der richtig unterschiedenen Dreierproben lässt sich dann ein Diskriminations-Messwert ermitteln.
3. Die kniffligste Aufgabe unter den Riechtests ist die **Identifikation** von Gerüchen, wobei die untersuchte Person Riechproben nicht nur wahrnehmen und von anderen unterscheiden, sondern auch noch benennen soll. Zur Erleichterung werden bei jeder Probe mehrere Begriffe zur Auswahl vorgelegt, von denen einer der richtige ist (engl. „multiple choice“ = Mehrfachauswahl). Dabei ist natürlich die Voraussetzung, dass die verwendeten Gerüche der untersuchten Person überhaupt bekannt sind, d. h., Identifikationstests müssen auf die regionalen und kulturellen Gegebenheiten abgestimmt sein. Könntest Du zum Beispiel Kardamom (ein in Indien gebräuchliches Gewürz) oder Wintergrün (in Nordamerika weit verbreitet in Kaugummis) identifizieren? Als Identifikationsmesswert wird wiederum die Anzahl richtig benannter Riechproben verwendet.



psychophysische Riechtests: Schwelle, Diskrimination, Identifikation

Was bedeutet es, wenn jemand eine Schwelle von 7.5 für Butanol, einen Diskriminationswert von 12 aus 16 Sniffin' Sticks-Drillings oder 4 Richtige im amerikanischen UPSIT-Test⁹ hat? Zur Beurteilung, ob ein Testwert eine Riechstörung anzeigt oder nicht, werden *Normwerte* heran gezogen, die in Untersuchungen an einer großen Anzahl von Personen verschiedener Altersgruppen erhoben wurden.

⁹ University of Pennsylvania Smell Identification Test, bei dem mikroverkapselte Riechproben durch Reiben auf Papierflächen frei gesetzt werden.

Erst durch den Vergleich der Testergebnisse einer einzelnen Person mit den Normwerten der betreffenden Altersgruppe können die Tests sinnvoll beurteilt werden.

11.2.2 elektrophysiologische Riechuntersuchung

Während psychophysische Tests die Kommunikationsfähigkeit und Korrektheit der Angaben der untersuchten Person voraussetzen, bietet das Untersuchungsverfahren der „evozierten Potenziale“ den Vorteil, nicht auf diese Angaben angewiesen zu sein und heißt deshalb „objektive Olfaktometrie“ (objektive Messung des Geruchsvermögens). Man macht sich bei dieser Methode die elektrischen Signale des Gehirns zunutze, die mit Elektroden an der Kopfoberfläche registrierbar sind.



Abb. 9 Objektive Olfaktometrie: Probandin mit EEG-Elektroden und Reizdarbietungsröhrchen am linken Nasenloch

Der Vorgang heißt Elektroenzephalografie (EEG; Elektro-Hirn-Aufzeichnung; griechisch encephalon = Gehirn). Die als Kurve von *Spannungsmesswerten* über die Zeit aufgezeichneten Signale werden Elektroenzephalogramm genannt (ebenfalls mit EEG abgekürzt, umgangssprachlich „Hirnstromkurve“; vgl. EKG = Elektrokardiogramm = Herzstromkurve, Aufzeichnung der elektrischen Aktivität des Herzens).

Wenn während der EEG-Aufzeichnung wiederholt Sinnesreize – in unserem Fall also Riechreize – dargeboten werden, können die Reaktionen des Gehirns auf die Reize (durch Mittelwertbildung reizbezogener EEG-Kurvenabschnitte) als mehrteiliger Wellenzug dargestellt werden. Diese charakteristische Wellenform wird als „olfaktorisch evoziertes Potenzial“ bezeichnet (OEP; evoziert von lat. evocare = herbei/hervor rufen; Potenzial [vereinfacht] = Spannungsunterschied).

Aus der Größe (Amplitude) und der Zeitverzögerung im Vergleich zum Reiz (Latenzzeit) können dann Rückschlüsse über die Stärke der Wahrnehmung gezogen werden: Je größer die Amplituden und je kürzer die Latenzzeiten, umso stärker ist die Geruchsintensität. (Kein evoziertes Potenzial – keine Riechwahrnehmung; kleines, spätes Potenzial – geringe Riechwahrnehmung; großes, frühes Potenzial – starke Riechwahrnehmung.)

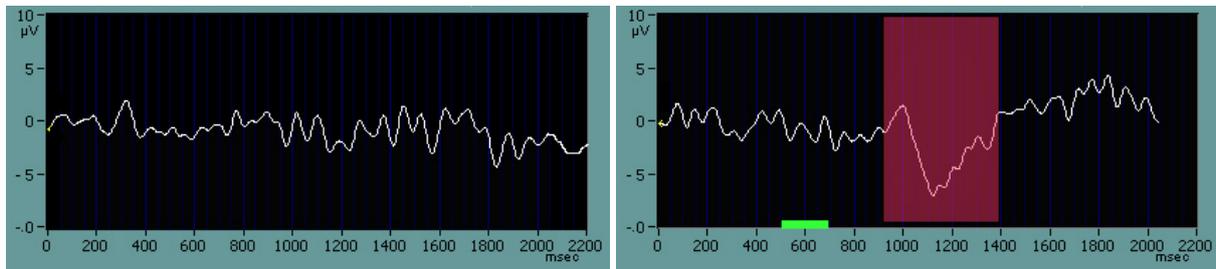


Abb. 10 EEG-Kurvenbeispiele. Links: Normales EEG ohne Reizdarbietung. Rechts: OEP nach H₂S-Geruch bei Hyposmie heller hinterlegt; grüner Balken = Reiz;

11.2.3 Gesamt-Abklärung

Je nach den Umständen, unter denen eine Riechstörung aufgetreten ist und welche anderen Symptome sie begleiten, werden vom betreuenden Hausarzt ggf. Fachärzte zur weiteren Abklärung hinzu gezogen (Hals-Nasen-Ohren-Arzt, Internist, Nervenarzt, Spezialist in einem Riech- und Schmeck-Zentrum etc.). Diese führen bei Bedarf zusätzliche Untersuchungen durch bzw. veranlassen besondere Labortests (z. B. Blutanalyse), die Anwendung bildgebender Verfahren wie Röntgen, Computertomografie (CT) oder MRT¹⁰ oder anderer Spezialmethoden.

11.3 Arten von Riechstörungen

Das normale, gesunde Riechvermögen nennt man *Normosmie*.

Riechstörungen, die das „*Wieviel*“ der Riechfunktion betreffen (die Betroffenen riechen *weniger* als bei Normosmie), nennt man **quantitativ**. Dabei unterscheidet man zwei Schweregrade:

- **Hyposmie**: die Empfindlichkeit gegenüber Gerüchen ist herab gesetzt (aus dem Griechischen: „Unter-Geruch“)¹¹;
- **Anosmie** („kein Geruch“): Betroffene nehmen keinerlei Gerüche mehr wahr.

¹⁰ übrigens wird diese Methode auch bezeichnet als Magnetic Resonance Imaging (MRI, engl.: Magnetresonanztomografie), Nuclear Magnetic Resonance (NMR, engl.: Kernmagnetresonanz) oder Kernspintomografie

¹¹ interessanter Weise gibt es auch Personen mit besonders empfindlichem Geruchssinn, der als „*Hyperosmie*“ (Über-Geruch) bezeichnet wird – aber dieses Phänomen fällt nicht unter die eigentlichen Riechstörungen

Daneben gibt es Riechstörungen, bei denen die *Art und Weise* der Riecheindrücke verändert ist: sie werden als **qualitativ** bezeichnet. Zweierlei Varianten sind bekannt:

- Parosmie: („Neben-Geruch“): Gerüche werden *anders* als gewohnt wahrgenommen (z. B. Kaffee riecht nach Teer)
- Phantosmie („Geruchsgespens“): Gerüche werden wahrgenommen, *ohne dass überhaupt eine entsprechende Geruchsquelle vorhanden ist*.

Welche Untersuchungsmethoden sind wohl am besten zur Diagnose welcher Riechstörungen geeignet? (Auflösung siehe 13.5).

11.4 Therapie

Natürlich richtet sich die Therapie von Riechstörungen nach der zu Grunde liegenden Ursache. Man wird also ggf. die Grunderkrankung behandeln (unter Umständen operativ), auslösende Substanzen vermeiden oder, im Falle von Arzneimittelunverträglichkeit, die Medikation ändern.

Für einige Formen der Riechstörungen, z. B. „postvirale“, d. h. im Anschluss an eine Virusinfektion aufgetretene, konnte bisher keine zuverlässig wirkende Behandlung entwickelt werden. Allerdings bilden sich gerade die postviralen Riechstörungen oft nach einiger Zeit von selbst wieder zurück, wobei ein so genanntes „Riechtraining“ (regelmäßiges Riechen an einer Batterie von Riechproben) sich manchmal günstig auswirkt. Auch Akupunktur kommt gelegentlich bei schwer behandelbaren Riechstörungen zum Einsatz.

Nur schwer behandelbar sind posttraumatische (verletzungsbedingte) Riechstörungen, wenn die Riechfäden abgerissen sind.



Eine Spezialfrage zum Schluss: Hast Du schon mal im Traum gerochen?

12. Stichworterklärungen und –verzeichnis mit Seitenhinweisen

Akupunktur: traditionell chinesische Heilmethode	19	lamina cribrosa: Siebplatte (Knochenplatte mit Löchern, durch die die Riechfäden ziehen)	2
Amplitude: Größe	18	Latenzzeit: Zeitversatz bezüglich eines bestimmten Ereignisses (z.B. Reiz)	18
Amygdala: Mandelkern (Hirnstruktur)	3	Magnetresonanz: physikalisches Prinzip des bildgebenden Verfahrens der Magnetresonanztomografie	4
Anosmie: quantitative Riechstörung mit komplettem Geruchsverlust	19, 23	Mandelkern: Amygdala = corpus amygdaloideum; Hirnstruktur des limbischen Systems, u.a. wichtig für Riechen und Gefühl	3, 4, 11
axial: horizontale MRT-Schnitttrichtung, auch "transversal"	4	Mikrovolt: Millionstel Volt	2
bulbus olfactorius: Riechkolben (primäres Riechzentrum)	2	Mitralzellen: zweites olfaktorisches Neuron; Zellart im Riechkolben	2, 4
coronal: senkrechte, von einer Seite zur anderen verlaufende MRT-Schnitttrichtung (auch: frontal)	4	MRT: Magnetresonanztomografie	4, 14, 18
Diagnose: Feststellung einer Krankheit	15, 19	multiple choice: Mehrfachauswahl (Auswahl aus mehreren Möglichkeiten)	16
Diskrimination: Unterscheidung	16, 17, 23	nervi olfactorii: Riechfäden	2
EEG: Elektro-Enzephalogramm	17, 18	nervus olfactorius: Riechnerv	2
EKG: Elektro-Kardio-Gramm	18	Neuron: Nervenzelle	2
Elektrode: Elektrisches Leitelement (z.B. zur Aufnahme elektrischer Signale)	17	NNH: Nasennebenhöhle(n)	14, 23
Elektroenzephalografie: Aufzeichnung der elektrischen Signale des Gehirns	17	Normosmie: ungestörte Riechfunktion	18, 19
Elektroenzephalogramm: "Hirnstromkurve"; Kurve elektrischer Spannungsschwankungen des Gehirns über die Zeit	18	Olfaktometrie: Messung des Riechvermögens	17
Elektrokardiogramm: "Herzstromkurve"; Kurve elektrischer Spannungsschwankungen des Herzens über die Zeit	18	olfaktorisch: Riech-	2, 9, 18
evoziert: hervor gerufen	18	ORN: olfaktorisches Rezeptor-Neuron	2, 4, 5, 6, 13
fila olfactoria: Riechfäden; Riechnervenfasern	2	Parosmie: Riechstörung, bei der einzelne Gerüche anders als sonst wahrgenommen werden	19, 23
frontal: von vorn; senkrechte, von einer Seite zur anderen verlaufende MRT-Schnitttrichtung	4	Phantosmie: qualitative Riechstörung, bei der eine Riechwahrnehmung ohne Vorhandensein eines Geruchs entsteht	19, 23
Geruchsschwelle: geringste Konzentration einer Riechsubstanz, die gerade eben wahrgenommen wird	16, 23	Pheromon: Botenstoff	12
Glomeruli: "Knäuelchen"; Umschaltstationen der Riechbahn im Riechkolben	2, 4, 5, 6	Polarisierung: Anordnung zwischen 2 Extremen	11
Hedonik: Lust-Unlust-Betontheit	11	Potenzial (elektrisch): Spannungsunterschied	18
Hemisphäre: Hälfte (des Hirns, der Erde)	6	primär: Erst-	
Hippocampus: "Seepferdchen/Seeungeheuer"; Hirnstruktur, die u.a. für Riech- und Gedächtnisfunktion von Bedeutung ist	3, 8, 11	Psyche: "Innenleben"; Wahrnehmung, Denken und Fühlen	15
Hyperosmie: übermäßige Geruchsempfindlichkeit	19	Psychophysik: Zuordnung von Messwerten zu Wahrnehmungen	15
Hyposmie: quantitative Riechstörung: abgeschwächte Geruchsempfindlichkeit	18, 19, 23	qualitativ: die Art und Weise betreffend	19, 23
Hypothalamus: Hirnstruktur mit wichtigen Regulations- und Steuerungsfunktionen (Essen & Trinken, Schlafen & Wachen; Sexualität u.a.)	3	quantitativ: die Menge betreffend	19, 23
Identifikation: Erkennung	16, 17, 23	Regeneration: Wiederherstellung verloren gegangener Teile/Zellen eines Organismus	8
idiopathisch: ohne feststellbare Ursache	15	retro: zurück/rückwärts	10
Insel: Hirnstruktur, die u.a. beim Riechen eine Rolle spielt	4	Rezeptor: Empfängereinheit (Zell-Element)	5
Internist: Facharzt für Innere Medizin (innere Organe, Blut, Kreislauf, Hormone, Stoffwechsel etc.; Behandlung vor allem medikamentös)	18	Riechschleimhaut: paariges, im oberen Teil der Nasenhöhle befindliches Gebiet mit ORN	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13
Kardamom: Gewürz indischer Herkunft	16	sagittal: senkrechte, von vorn nach hinten verlaufende MRT-Schnitttrichtung	4
Kodierung: Verschlüsselung	5, 7, 22	Siebplatte: lamina cribrosa (siehe dort)	2
Komponente: Teilelement	9	Striatum: "das Gestreifte"; Hirnstruktur	3, 4
Konzentration: Gehalt (einer Substanz in einer Mischung)	16	Tomografie: Aufzeichnung in Schnitten	4
Kortex: "Rinde"; Großhirnrinde; äußere gefälte Schicht des Gehirns = graue Hirnsubstanz	3, 4	Transduktion: Überführung eines Zustands in einen anderen	2, 3
		transversal: horizontale MRT-Schnitttrichtung, auch "axial"	4
		trigeminus: Drillings-(Nerv)	9
		Umami: herzhaftes Geschmacksqualität	10
		unpaar: einzig (im Gegensatz zu paarig)	14
		Wintergrün: Kaugummi-Geschmacksrichtung	16

13. Auflösungen

13.1 zu Abschnitt 0:

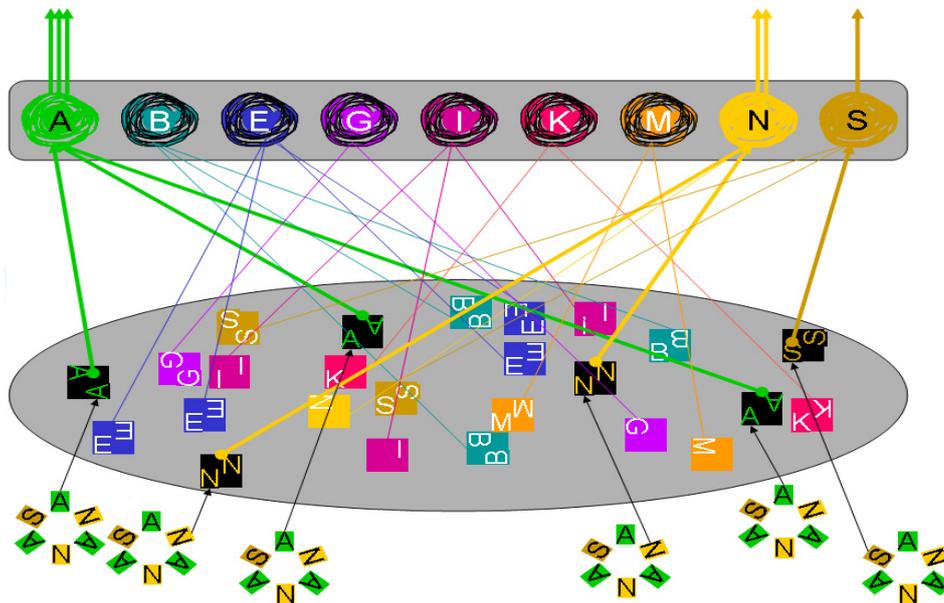


Abb. 11 Auflösung der Quizfrage (eine von mehreren Möglichkeiten): Kodierung Ananasduft

13.2 zu Abschnitt 7:

Käse ist besonders beliebt in Frankreich und Italien und wird im Allgemeinen als weniger angenehm beurteilt in Japan.

13.3 zu Abschnitt 11.1:

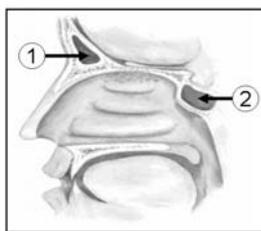


Abb. 12 NNH: 1 = Stirnhöhle; 2 = Keilbeinhöhle

13.4 zu Abschnitt 11.2.1:

Da eine *hohe* Geruchsschwelle *geringe* Empfindlichkeit, also *schlechtes* Riechvermögen, bedeutet und umgekehrt, ist der Angeber nicht nur ein schlechter Riecher, sondern obendrein – na ja, eben....

13.5 zu Abschnitt 11.3

		Geruchs-Schwelle	Diskrimination	Identifikation	OEP
quantitativ	Hyposmie	ja	ja	ja	ja
	Anosmie	ja	ja	ja	ja
qualitativ	Parosmie	nein	nein	(u. U.)	nein
	Phantosmie	nein	nein	nein	nein

Autor: Dr. med. Cornelia Hummel, Interdisziplinäres Zentrum Riechen und Schmecken, Universitäts-
HNO Klinik Dresden, Fetscherstrasse 74, 01307 Dresden; Tel 0351 458 4189; Fax 0351 458 4326;
hummeltc@web.de