

Projekt Aromastoffe		Bearbeitet von:	Datum
<b>Expertengruppe A</b>	<b>Der Geruchssinn des Menschen</b>		
Expertengruppe B	Die Geschichte der Duftstoffe		
Expertengruppe C	Gewinnung und Struktur von Duftstoffen		
Expertengruppe D	Duftstoffe sind überall		

*Es ist früher Morgen im Sommer.*

*Draußen ist es noch angenehm kühl und riecht frisch. Vom Nachbargarten steigt intensiver Rosenduft in die Nase. Auf einem Sommerflieder tummeln sich Schmetterlinge, angelockt vom Blütenduft. Ein Hund sucht am Wegrand schnuppernd nach Duftmarken. Aus einem offenen Fenster dringt Kaffeeduft. In der Bäckerei duftet es nach frischem Brot, an den Obstständen des Nachbarladens nach frischem Obst.*

*Auf der Hauptstraße riecht es dagegen unangenehm nach Benzin und Diesel. Im Supermarkt hängt eine Mischung verschiedener Lebensmittel- und Parfümdüfte in der Luft. Das Textilgeschäft, die Apotheke, die Drogerie, der Frisörladen und das Schwimmbad haben ihre spezifischen Gerüche. In der Gaststätte riecht es nach Bier und Rauch. Auf dem Lande duftet es nach Wald, Wildkräutern und Ackererde, aber auch nach Mist und Gülle. Rauchgeruch kündigt aus großer Entfernung von einem Feuer. Bei einer bestimmten Windrichtung kann man Industrieerüche wahrnehmen, deren Quelle viele Kilometer weit entfernt liegt.*

*Im Urlaub kommen noch weitere Gerüche hinzu: der Duft eines Pinienwaldes, die Gerüche eines orientalischen Basars oder die Düfte fremder Speisen und Gewürze.*

## Einführung

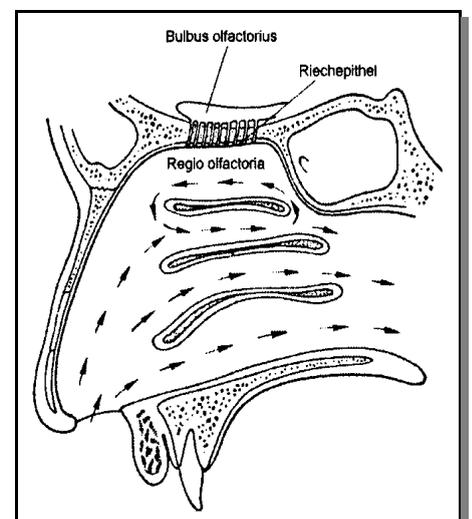
Das Riechvermögen ist zugleich ein Nah- und Fernsinn. Informationen durch Düfte können kilometerweit übermittelt werden. Durch Riechen findet und erkennt der Mensch seine Nahrung; der Geruch warnt vor verdorbenen Speisen, giftigen Stoffen oder Bränden; Nahrungsdüfte lösen die Speichel- und Magensaftsekretion aus. Gerüche vom Körper, von Exkrementen, Kleidung und Räumen liefern Hygieneinformationen und wecken Erinnerungen an Orte, Begebenheiten und Personen, die man „riechen“ oder „nicht riechen“ kann. Gerüche beeinflussen auch das Sexualverhalten und die allgemeine Affektlage (Lust und Unlustgefühle).

Seit der Antike werden Duftstoffe wie z. B. Weihrauch verwendet, um die Gläubigen auf die sakrale Handlung einzustimmen und die Verbindung zu den Göttern herzustellen. Im Alltagsleben soll Parfüm angenehme Gefühle wecken und das Selbstwertgefühl und die Attraktivität steigern. Deodorantien beseitigen oder überdecken Körpergerüche. Manchmal wird allerdings das, was für den einen Wohlgeruch ist, zur Qual des anderen: So mancher Theater- oder Konzertbesucher rümpft über den intensiven Parfümduft des Nachbarn die Nase.

Untersuchungen über die Wirkungen von Duftstoffen auf die Befindlichkeit des Menschen ergaben, dass Jasmin- und Zitronenduft als „Muntermacher“ wirken, Lavendel- und Rosenduft dagegen beruhigen und Apfelaroma gut gegen Stress ist. Neue Studien untersuchen, ob bestimmte Riechstoffe am Arbeitsplatz die Konzentrationsfähigkeit oder das Arbeitsklima verbessern und damit die Arbeitsleistung steigern. Da Düfte nachweislich Kaufentscheidungen positiv beeinflussen können, werden in zunehmendem Maße Duftstoffe in Geschäften zur Förderung der Kauflust versprüht.

## Geruchsorgane und Riechepithelien

Der Geruch ist wie der Geschmack ein chemischer Sinn. Der chemische Sinn hat sich evolutiv vor dem Sehen und Hören entwickelt. Als Geruchsorgane bezeichnet man Sinnesorgane, die auf flüchtige, gasförmige oder in Gasen mitgeführte Substanzen reagieren, während Geschmacksorgane auf in Wasser gelöste Stoffe ansprechen. Geruchsorgane haben meist eine viel niedrigere Reizschwelle als



**Abb: 1:** Schematischer Querschnitt der Nase mit eingezeichneter Luftströmung

Geschmacksorgane. Entsprechend werden Duftstoffe in geringen Konzentrationen über große Distanzen gerochen, während ein Geschmack nur unmittelbar in vergleichsweise hoher Konzentration wahrgenommen wird.

Die ersten Primaten hatten ein stark entwickeltes Riechsystem. Seit rund 50 Millionen Jahren orientieren sich die Primaten in ihrem Lebensraum aber überwiegend optisch, und das ehemals große, zentrale Riechhirn übernahm Funktionen, die zu Emotion, Motivation und Gedächtnis Beziehung haben.

Beim Menschen befindet sich die Regio olfactoria, die mit der Riechschleimhaut ausgekleidet ist, im oberen Teil der Nasenhöhle. Sie enthält drei Zelltypen, die auf einer Basalmembran sitzen: Riechsinneszellen (olfaktorische Rezeptorzellen), Stützzellen und Basalzellen. Unter dieser Membran befinden sich die Bowman'schen Drüsen, deren Schleim durch je einen Ausführgang zwischen den Epithelzellen an die Epitheloberfläche gelangt. Etwas tiefer liegen noch submucosale Drüsen.

Das Riechepithel des Menschen enthält etwa 10 Millionen Riechzellen. Der zur Epitheloberfläche führende Dendrit einer Riechzelle endet in einer knopfartigen Verdickung mit 5 bis 20 Riehcilien. Die bis 200 µm langen, unbeweglichen Cilien ragen haarschopfförmig in die Schleimschicht hinein und stellen damit den Kontakt zur Außenwelt her.

Die Basalzellen regenerieren Riechneuronen, deren Lebensdauer nur 4 bis 8 Wochen beträgt. Damit sind Riechneuronen die einzigen Nervenzellen, die nach ihrer Degeneration durch neue ersetzt werden. Unter der Basalmembran liegt eine Bindegewebsschicht, in der die mit den Drüsen gebündelten Axone der Riechneuronen und Blutgefäße eingelagert sind. Das Axon eines jeden Riechneurons führt durch das Siebbein zum Riechkolben (Bulbus olfactorius), einer langen, schmalen Ausstülpung des Großhirns. In jeder Nasenhälfte ist ein Riechkolben vorhanden.

Die Riechzellen erfüllen somit insgesamt drei Funktionen:

1. Sie identifizieren flüchtige Substanzen mit hoher Empfindlichkeit.
2. Sie wandeln den Informationsgehalt eines chemischen Reizes in eine Folge elektrischer Impulse um.
3. Sie leiten die elektrisch codierte Information zum Gehirn.

Die Riechzellen sind also gleichzeitig hochempfindliche, selektive Chemodetektoren und chemoelektrische Signalwandler.

## Geruchsschwellen und Geruchsqualitäten

Während beim Menschen für einen Geschmacksreiz mehr als  $10^{16}$  Moleküle/ml Lösung nötig sind, reichen bei manchen Geruchsstoffen  $10^7$  Moleküle/ml Luft aus, bei Tieren sogar im Extremfall  $10^2$  bis  $10^3$  Moleküle/ml Luft. Die Reizschwelle ist abhängig vom Riechstoff, von der Luftfeuchte und Lufttemperatur sowie von der Größe des Riechepithels und damit von der Anzahl der Rezeptoren.

Die Hauptqualitäten des Geschmacks (süß, sauer, salzig, bitter) lassen sich scharf gegeneinander abgrenzen; bei den Geruchsqualitäten scheinen die bisher versuchten Abgrenzungen als eher willkürlich. Französische Parfümeure können bei entsprechender Begabung und täglichem Training bis zu 4000 Düfte unterscheiden.

Bei sehr geringer Konzentration eines Duftstoffes ist die Geruchsempfindung unspezifisch: Man nimmt wahr, dass es riecht, aber nicht deutlich, wie es riecht. Dies gelingt erst bei höherer Konzentration. Man kann also beim Riechen eine Wahrnehmungsschwelle von einer Erkennungsschwelle unterscheiden. So liegt die Wahrnehmungsschwelle beim Menschen für Methanthiol (im Knoblauch) bei nur  $4 \cdot 10^{-15}$  g pro Liter Luft, die Erkennungsschwelle aber bei  $2 \cdot 10^{-13}$  g/l. Längeres Riechen eines Duftstoffes führt rasch zu einer Minderung der Empfindungsstärke durch Adaptation. Beim Menschen können durch manche unangenehme Gerüche Schutzreflexe wie z. B. Nies- und Würgreflexe ausgelöst werden.

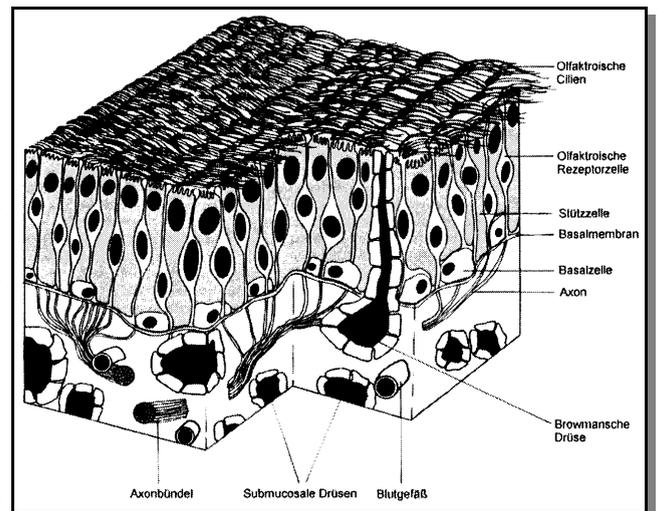


Abb. 2: Schematische Zeichnung des olfaktorischen Neuroepithels

Bei einer Grippe kann die Empfindlichkeit des Geruchssinns vorübergehend vermindert sein. Bei einer teilweisen Geruchsunempfindlichkeit können nur bestimmte Düfte nicht wahrgenommen werden, weil entsprechende Rezeptoren fehlen. So riechen z. B. zwei Prozent der Bevölkerung keinen Schweiß und sieben Prozent keinen Fisch. Empfindlichkeitsminderungen treten auch mit zunehmenden Lebensalter ein. Es kann auch zu Fehlwahrnehmungen und zu Geruchshalluzinationen kommen.

Pflanzen bilden in den Zellen Duftstoffe häufig in konzentrierter Form als ätherisches Öl, aus dem sich dann die einzelnen Duftkomponenten verflüchtigen. Die meisten dieser Substanzen empfindet der Mensch als wohlriechend. Alle Duftstoffe der Pflanzen liegen in Gemischen mit bis zu 100 Einzelkomponenten vor. Vielfach sind dabei nur eine oder wenige Komponenten für die Duftnote bestimmend.

Beim Menschen spielen Körpergerüche - u. a. aus Atem, Hautsekreten, Speichel, Muttermilch, Sexualsekreten und Urin - im sozialen Umfeld eine Rolle. Es handelt sich vor allem um moschusartig riechende Stoffe wie Steroide, Cycloketone oder Lactone. Ölige Sekrete aus Duftdrüsen der Haut sind die Hauptquelle des Körpergeruchs. Sie befinden sich vorwiegend in den Regionen von Kopfhaut, Augenlid, Ohrkanal, Wange, Achseln, Brust und in der anogenitalen Region. Diese Drüsen beginnen ihre Funktion erst nach der Pubertät und stellen sie mit der Menopause wieder ein. Bei Erregung und Stress erreichen sie ein Sekretionsmaximum. Die Sekrete enthalten Steroide wie Testosteron, Androstenon, Androstenol u. a..

Personen können Blutsverwandte von Nichtverwandten unterscheiden, auch wenn sich die Personen noch nie zuvor gesehen oder gerochen haben. Da verwandte Personen einen sehr ähnlichen Geruch haben, sind vermutlich genetische Faktoren an der Bildung des Körpergeruchs beteiligt. Aber auch die Ernährung und äußere Faktoren haben einen gewissen Einfluss.

Frauen wie Männer sind in der Lage, das Geschlecht einer Person an ihrem Geruch zu erkennen. Körpergerüche spielen auch im Kontakt zwischen Mutter und Säugling eine Rolle. Mütter - nicht die Väter - können schon am zweiten Tag nach der Entbindung den Körpergeruch der eigenen Säuglinge identifizieren. Säuglinge reagieren im Alter von 6 Tagen bis 6 Wochen spezifisch auf den Geruch der eigenen Mutter mit einem Kopfdrehreflex und Saugbewegungen.

## Pheromone

Viele Tiere geben chemische Botenstoffe ab, so genannte Pheromone, die bei Artgenossen ein bestimmtes Verhalten auslösen. Auch der Menschen bildet Pheromone, und zwar in der Haut aus Sexualhormonen. Synthetisch hergestellte Pheromone werden als Parfümzusätze verwendet, damit sich die Anwender entspannter und selbstsicherer fühlen. Die menschlichen Pheromone wirken bereits in Mengen von wenigen Femtogramm ( $10^{-15}$  g) auf die Stimmung, ohne dass sie bewusst wahrgenommen werden - die weiblichen vor allem auf Männer, die männlichen überwiegend auf Frauen. Man riecht sie nicht, weil sie nicht mit dem Riechepithel, sondern mit dem so genannten Vomeronasalorgan aufgenommen werden. Die Nervenleitung verläuft dabei zu den Gehirnteilen, die die sexuelle Reifung steuern, und zu Zentren im limbischen System, die an der Entstehung von Euphorie, Entspannung und Freude beteiligt sind.

Indem die jeweiligen Pheromone die wechselseitige Anziehung gegensätzlicher Partner stimulieren („Gegensätze ziehen sich an“), wird der Kontakt zwischen Sexualpartnern mit unterschiedlichen Immunsystemen gefördert. Wenn aus dieser Verbindung Nachkommen hervorgehen, erhalten diese ein breit gefächertes Immunsystem, so dass sie potentiell gesünder werden als ihre Eltern.

Ein Nachweis von Pheromonwirkungen beim Menschen ist wegen der komplexen Verschränkung offenen und verdeckten Verhaltens schwierig. Die sexuell motivierte Kommunikation zwischen Menschen unterliegt Lernprozessen und wird nicht über so einfache Reiz-Reaktions-Mechanismen gesteuert wie bei Tieren.

## Arbeitsaufträge: Alle Arbeitsaufträge sind schriftlich zu erarbeiten!

1. Stelle alle unbekanntem Begriffe zusammen und unterteile sie auf einer Liste in „Biologische Fachbegriffe“, „Chemische Fachbegriffe“ und „Sonstige Fachbegriffe“.
2. Kläre die unbekanntem Begriffe mit Hilfe eines Lexikons, weiterer Fachbücher oder über Internet!
3. Beschreibe die Bedeutung und die Auswirkungen des Geruchssinns auf das Befinden des Menschen.
4. Erläutere, wie der Geruchssinn des Menschen funktioniert. Stelle dies skizzenartig dar!
5. Beschreibe an Beispielen die menschliche Wahrnehmung von Geruch - unterschieden nach Qualität und Quantität. Stelle die Zusammenhänge in einer Übersichtsskizze dar (Visualisierung).
6. Erläutere die Wirkung von Pheromonen, speziell unter Berücksichtigung des Menschen.