

Gerüche als Kommunikationspfade – warum Emotionen durch die Nase gehen

Smells as Communication Pathways – why Emotions Pass through the Nose




Autoren

Ilona Croy^{1, 2}, Antonie Bierling^{1, 2, 3}

Institute

- 1 Institut für Klinische Psychologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- 2 Klinik für Psychotherapie und Psychosomatik, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden
- 3 Institut für Materialwissenschaft und Nanotechnik, Technische Universität Dresden

Schlüsselwörter

Geruchssinn, Emotion, Kommunikation, Umwelt, Mensch

Key words

Olfaction, emotion, communication, environment, human

Bibliografie

Laryngo-Rhino-Otol 2023; 102: S93–S100

DOI 10.1055/a-1935-3214

ISSN 0935-8943

© 2023. The Author(s).

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Ilona Croy

Lehrstuhl für Klinische Psychologie, Institut für Psychologie
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Am Steiger 3/1

07743 Jena

Deutschland

ilona.croy@uni-jena.de

ZUSAMMENFASSUNG

Für viele Spezies ist der Geruchssinn das bedeutsamste Sinnes-system, um mit der Umwelt und Artgenossen zu interagieren.

Demgegenüber wurde die Rolle der Wahrnehmung und Kommunikation chemosensorischer Informationen beim Menschen lange Zeit unterschätzt. Der menschliche Geruchssinn galt als weniger zuverlässig, sodass diesem im Vergleich mit visuellen und auditiven Sinneseindrücken weniger Bedeutung beigemessen wurde. Seit einiger Zeit befasst sich ein wachsender Forschungszweig mit der häufig nur unterbewusst wahrgenommenen Rolle des Geruchssinnes für Emotion und soziale Kommunikation. Dieser Zusammenhang soll im Folgenden genauer betrachtet werden. Zur besseren Verständlichkeit und Einordnung werden zunächst die wesentlichen Hintergründe zu Aufbau und Funktion unseres Riechsystems thematisiert. Darauf aufbauend wird auf die Bedeutung eingegangen, die das Riechen für zwischenmenschliche Kommunikation und unsere Emotionalität hat. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Personen mit Riechstörungen spezifische Lebensqualitätseinschränkungen erleben.

ABSTRACT

For many species, the sense of smell is the most important sensory system for interacting with the environment and conspecifics. In contrast, the role of perception and communication of chemosensory information in humans has long been underestimated. The human sense of smell was considered less reliable, so that it was given less importance compared to visual and auditory sensory impressions. For some time now, a growing branch of research has been dealing with the role of the sense of smell in emotion and social communication, which is often only perceived subconsciously. This connection will be examined in more detail in this article. First, the basics regarding the structure and function of our olfactory system will be described for better understanding and classification. Then, with this background knowledge, the significance of olfaction for interpersonal communication and emotions will be discussed. Finally, we conclude that people suffering from olfactory disorders have specific impairments in their quality of life.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	S93	3. Wofür ist das Riechen wichtig?	S95
Abstract	S93	4. Soziale Kommunikation	S96
1. Riechen ist eine der ältesten Kommunikationsformen	S94	5. Riechen und Emotionsverarbeitung	S98
2. Olfaktorische Funktion	S94	6. Schlussfolgerungen	S98
		Literatur	S98

1. Riechen ist eine der ältesten Kommunikationsformen

Kein Lebewesen existiert für sich allein. Um überleben zu können, müssen alle Geschöpfe Informationen aus der Umwelt aufnehmen und verarbeiten. Wir Menschen können beispielsweise Schallwellen und Lichtreize empfangen und aus den so gewonnenen Tönen und Bildern Informationen ableiten: Wo gibt es Essen? Wo lauert der Feind? Wo sieht es gemütlich aus?

Die Fähigkeit der Informationsaufnahme hat sich im Laufe der Evolution deutlich verfeinert. Gerade das Sehen und Hören sind eher neuere evolutionäre Leistungen von Lebewesen. Eine der ältesten Informationsarten hingegen, ist die Aufnahme von Molekülen aus der Umwelt, eine Leistung, die wir „Chemosensation“ nennen, also eine chemische Bindung eines Moleküls aus der Umgebung an einen körpereigenen Rezeptor. Es wird geschätzt, dass diese Fähigkeit stolze 500 Millionen Jahre alt ist [1]. In Wirbeltieren hat sich diese Fähigkeit der Chemosensation in die zwei chemischen Sinnessysteme Riechen und Schmecken unterteilt, die mit den Geschmacksknospen der Zunge und dem Riechepithel in der Nase über zwei getrennte sensorische Organe geordnet sind.

Die Fähigkeit, Informationen aus der Umwelt aufzunehmen, ist nur nützlich, wenn diese Informationen zu einem nutzbringenden Verhalten eingesetzt werden. Die Information, wo sich Essen befindet, nutzt uns z. B. nur etwas, wenn wir uns daraufhin zu der Nahrungsquelle begeben und essen. Die zielgerichtete Bewegung hin zu einem Reiz (oder auch weg von einem Reiz) wird Motivation genannt und diese ist dann besonders ausgeprägt, wenn sie mit starken Emotionen unterfüttert ist. Emotionen können als „Treibstoff“ unserer Motivation betrachtet werden. Unser Emotionszentrum liegt in den (evolutionär) älteren anatomischen Strukturen des Gehirnes, den subkortikalen Bereichen, und den älteren Bereichen der Großhirnrinde, dem Allocortex. Das Gehirn evolutionär sehr alter Reptilien und Amphibien ist von Strukturen dominiert, die der Verarbeitung chemosensorischer Reize und der Emotion und Motivation dienen (► **Abb. 1**). Im Laufe der Evolution sind natürlich neue Bereiche, wie der Neokortex, hinzugekommen. Dennoch sind die gleichen Strukturen, die schon bei Amphibien für die emotionale Verarbeitung von Geruchsinformationen zuständig waren [2], bis heute beim Menschen wiederzufinden. Eine der neueren Theorien besagt, dass sich die Strukturen für die Chemosensation zusammen mit jenen weiterentwickelt haben, die für die Emotionswahrnehmung zuständig sind [3]. Dies erscheint sinnvoll – je ausgeprägter die Informationsaufnahme der Umwelt, desto höher muss auch die Motivation sein, diese Informationen zu nutzen. Die gleichen Funktionen, die also die Funktion der Selbst- und Arterhaltung bei

Wirbellosen überwacht haben, generieren auch heute noch Emotion und Motivation beim Menschen (LeDeux 2012).

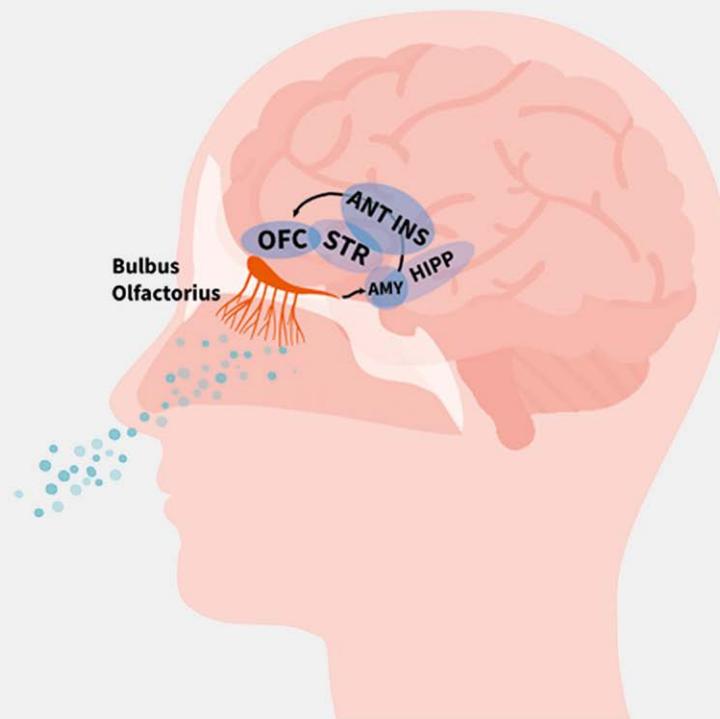
Interessanterweise wird angenommen, dass die Weiterentwicklung der Riechfunktion in den ersten Hirnschaltstellen des Riechens, dem olfaktorischen Bulbus und dem nachgeordneten piriformen Gyrus, einer der Hauptgründe für die Weiterentwicklung des gesamten Gehirnes im Zeitalter des Jura, also während der Zeit der Dinosaurier, war [4].

Im Gegensatz zu den neueren Formen der Informationsaufnahme wie dem Sehen oder Hören wirkt das Riechen in mancher Hinsicht tatsächlich etwas „antiquiert“: Es dauert ca. 70 bis 100 ms, bis ein einströmendes Molekül ein Potential an der Riechschleimhaut auslöst [5] und ca. 600 ms, ehe der Mensch auf einen Reiz reagieren kann [6]. Das ist mindestens dreimal so lange wie die Zeit, die wir benötigen, um auf einen visuellen Eindruck zu reagieren [7]. Zusätzlich kann die Riechinformation immer nur dann aufgenommen werden, wenn neue Atemluft unser Riechepithel erreicht – also typischerweise alle 2 Sekunden [8, 9]. Neben dieser eher schlechten zeitlichen Auflösung ist das Riechen auch räumlich sehr schlecht verschaltet. Ohne den Kopf zu bewegen, können Menschen nicht einmal sagen, ob ein Geruch durch das linke oder das rechte Nasenloch eingeatmet wurde. Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass Menschen ihren Geruchssinn als weniger verlässlich beurteilen als ihre anderen Sinnessysteme [10].

Trotz der Tatsache, dass sich so viel präzisere Sinne herausgebildet haben, hat das Riechen einen enormen Einfluss auf unsere Orientierung in der Welt, unser Wohlbefinden und unsere zwischenmenschliche Kommunikation. Warum das so ist, soll in den nächsten Kapiteln betrachtet werden.

2. Olfaktorische Funktion

Man unterscheidet zwischen der Qualität und der Quantität der olfaktorischen Funktion. Die Qualität besagt, ob das, was ich rieche auch dem aktuellen Umweltreiz entspricht. Riecht beispielsweise der Apfel nach einem Apfel oder nach etwas ganz anderem? Eine typische Störung der Qualitätswahrnehmung ist die *Parosmie*. Bei diesem Störungsbild werden Gerüche verändert wahrgenommen. Unglücklicherweise ist diese Veränderung typischerweise zum Negativen, das bedeutet, der Apfel riecht nicht mehr nach Apfel, sondern faulig, stechend oder sogar fäkal. Ein Spezialfall dieses Störungsbildes ist die *Phantosmie*, bei der Gerüche (ebenfalls typischerweise negativer Qualität) wahrgenommen werden, obwohl es gar keine Geruchsquelle gibt – das Gehirn erzeugt eine olfaktorische Halluzination. Es wird geschätzt, dass Störungen der Qualität bei ca. 1–5% der Bevölkerung auftreten [11]. Relativ typisch ist beispielsweise die Entstehung einer Parosmie nach einer viralen In-



► **Abb. 1 Geruch und Emotion – geteilte Strukturen:** Der enge Zusammenhang zwischen Geruchswahrnehmung und Emotionen lässt sich vermutlich auch auf geteilte Strukturen bei der jeweiligen Informationsverarbeitung zurückführen. Nach der Reizweiterleitung der Geruchsinformation vom Riechepithel in den olfaktorischen Bulbus, wird die Information zunächst an den primären olfaktorischen Kortex weitergeleitet (piriformer Kortex, anteriorer olfaktorischer Kern, entorhinaler Kortex, Amygdala [AMY]), anschließend in sekundären (orbitofrontaler Kortex [OFC], Hippocampus [HIP], vordere Insula [ANT INS]) und tertiären (cingulärer Gyrus, Gyrus superior temporalis, Striatum [STR]) Strukturen weiterverarbeitet. Damit teilen sich Geruchs- und Emotions-/Salienzverarbeitung die Schnittstellen der Amygdala, des cingulären Gyrus und der Insula.

fektionskrankheit. Bei Atemwegsinfektionen werden oft auch Zellen des Riechepithels geschädigt. Bei der Neubildung der zerstörten Nervenendigungen muss die richtige Verschaltung zum olfaktorischen Bulbus erst wieder neu gelernt werden. In diesem Prozess kann es zeitweise zu den Symptomen einer Parosmie kommen. Dies tritt z. B. als Folge einer Covid-19 Infektion häufig auf [12].

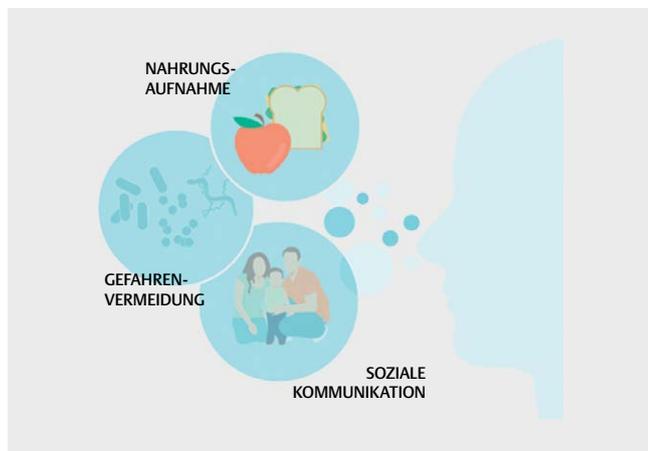
Störungen der olfaktorischen Quantität sind deutlich häufiger und betreffen in etwa 19–24% der Bevölkerung, wobei die Hauptursache für eine abnehmende Geruchsempfindlichkeit altersbedingt ist – ältere Menschen riechen schlechter als jüngere. Unter den quantitativen Riechstörungen lassen sich mehrere Formen unterscheiden. Von einer *Hyposmie* spricht man, wenn Gerüche nur in relativ hohen Konzentrationen wahrgenommen werden können und feine Geruchsnuancen nicht erkannt werden. Die *Anosmie* hingegen bezeichnet das totale Unvermögen, einen Riecheindruck wahrzunehmen. Ein Spezialfall stellt hier die angeborene Anosmie dar. Diese Störung, bei der Menschen von Geburt an nicht riechen können, betrifft nach unseren Schätzungen in etwa einen von fünf- bis zehntausend Personen [13], meist aufgrund eines fehlenden oder unterentwickelten olfaktorischen Bulbus.

3. Wofür ist das Riechen wichtig?

In einem sehr empfehlenswerten Übersichtsartikel beschreibt Richard Stevenson die Funktionen des Riechens und unterteilt diese in drei Bereiche: Nahrungsaufnahme, Anzeigen von Gefahrenreizen in der Umwelt und soziale Kommunikation [14] (► **Abb. 2**). Während die ersten beiden Bereiche vor allem der Selbsterhaltung dienen, steht die soziale Kommunikation vor allem im Dienst der Arterhaltung, also der Fortpflanzung und der Fürsorge gegenüber unseren Mitmenschen.

Dass das Riechen für die Nahrungsaufnahme eine fundamentale Bedeutung hat, ist jedem klar, der seinen Geruchssinn einmal verloren hat. Faktisch besteht das, was wir landläufig als „Geschmack“ einer Speise bezeichnen, zum Großteil aus Geruchsinformationen. Unser Schmecksinn ist lediglich in der Lage, süß, sauer, bitter, umami und salzig zu unterscheiden. Das spezifische Aroma einer Erdbeere oder Kirsche, oder der unverwechselbar weihnachtliche Duft von Zimtsternen wird über Moleküle vermittelt, die an unsere Riechschleimhaut binden. Dementsprechend beklagen Menschen mit Hyposmie oder Anosmie typischerweise, dass das Essen fade schmeckt [15].

Weniger bewusst ist den meisten Menschen, dass Gerüche über Gefahren der Umwelt warnen. Mit dem Wort „Gefahr“ verbinden



► **Abb. 2 Funktionen des Geruchssinnes.** Nach einem Übersichtsartikel von Stevenson 2010 [14] erfüllt der menschliche Geruchssinn vor allem die Funktionen der Nahrungsaufnahme, Gerüche ganz entscheidend zur Aromawahrnehmung beitragen. Zudem warnen Gerüche vor potentiellen mikrobiellen Gefahren und lösen eine Ekelreaktion aus und sie sind entscheidend an Aspekten der sozialen Kommunikationen beteiligt, indem sie beispielsweise Vertrautheit, aber auch Belohnung von Interaktionen vermitteln und wichtige Informationen über das Gegenüber liefern, zum Beispiel zur Fitness oder Erkrankungen.

wir typischerweise unmittelbare Bedrohungen, die Angst auslösen, wie eine steile Klippe, wilde Tiere oder dunkle Häuserecken und Kampfgeräusche. Vor allen genannten Beispielen warnt uns unser Riechsystem nicht, dafür ist es auch zu langsam und zu träge. Das Riechen warnt uns vor den kleinen unsichtbaren – aber mindestens ebenso tödlichen – Bedrohungen: vor Mikroorganismen. Wir riechen, wenn die Milch verdorben ist, wir riechen, wenn ein Zahn faulig ist, wir riechen die Fäkalien in der U-Bahn-Unterführung und wir riechen den süßlich-verdorbenen Geruch eiternder Wunden. Die Emotion, die hier ausgelöst wird, ist keine, die eine schnelle Kampf- und Fluchtreaktion vorbereitet, wie es die Angst tut. Die Emotion, die wir erleben, wenn Gerüche potentielle Bedrohungen durch Mikroorganismen anzeigen, sorgt dafür, dass wir die Milch ausspucken, die Hände waschen und schon mit unserem Gesichtsausdruck anderen sehr deutlich zu verstehen geben: das hier solltest Du nicht anfassen. Wir ekeln uns. Unser Riechsystem hat eine besonders enge Verbindung zu Ekelempfindungen. Im Gegensatz zu visuellen Eindrücken oder Tönen findet bei ekligen Gerüchen auch keine Gewöhnung statt, sondern wir erleben jedes Mal aufs Neue eine starke Reaktion, die von Blutdruckabfall begleitet ist [16]. Wenn sich jemand ekelt, erhöht dies auch die Aufmerksamkeit auf Gerüche, sodass wir potentielle Gefahren schneller und in geringeren Konzentrationen entdecken können [17]. Der Ekel, den wir durch den Geruch erleben, wird durch einen typischen Gesichtsausdruck begleitet, welcher sich durch ein Zusammenziehen der Nase, Senken der Augenbrauen und eine angezogene Oberlippe charakterisiert.

Unsere Riechwahrnehmung ist so empfindlich, dass wir sogar Krankheiten bei anderen Personen wahrnehmen können. In einem aufsehenerregenden Experiment haben Olsson und Kollegen acht Versuchspersonen die Substanz Endotoxin injiziert, die für einen begrenzten Zeitraum von ca. 4 h eine Immunreaktion im Körper

auslöst, vergleichbar mit der unspezifischen Immunabwehr bei einer Erkältung [18]. Währenddessen trugen die Versuchspersonen eng anliegende T-Shirts, um den Achselweiß als Körpergeruchsprobe aufzufangen. Im Anschluss ließen sie 40 andere Personen an den Proben riechen. Dabei zeigte sich, dass die Personen Proben mit „Krankheitsgeruch“ als überzufällig unangenehmer, intensiver und „ungesünder“ bewerteten als Proben, bei denen den Körpergeruchsspendern anstatt Endotoxin Kochsalzlösung gespritzt wurde. Das Experiment ist besonders interessant, wenn man es im Zusammenhang mit einem anderen Befund sieht: Unangenehme Gerüche machen uns aufmerksamer für Berührungen und sorgen dafür, dass wir Berührungen als unangenehmer erleben [19]. Dies geschieht durch eine direkte Rückkopplung im Gehirn zwischen Riecharealen, Inselrinde und der Schaltstelle für Berührungsverarbeitung, dem somatosensorischen Kortex [20]. Unser Hirn ist also so verdrahtet, dass wir Berührung vermeiden, wenn wir unangenehme Gerüche wahrnehmen. Dies verringert die Gefahr einer Ansteckung.

Stevenson führt aus, dass vor allem drei niedermolekulare Verbindungen – stickstoffhaltige Indole, schwefelhaltige Thiole und kurzkettige Fettsäuren – als die prototypischen Merkmale von Ekelgerüchen gelten [21]. Diese drei Verbindungen signalisieren zuverlässig Fäulnis, d. h. den mikrobiellen Abbau von Proteinen, der in der Regel mit der Produktion von Toxinen einhergeht und sich in vielen schlechten Gerüchen finden lässt [22]. Auf solche Gerüche reagieren Menschen mit einer Verengung der Nasendurchlässigkeit, was sich im typischen Ekelgesicht (s. o.) widerspiegelt [23]. Dies hat laut Darwin eine selbstregulierende Funktion zur Vermeidung des Eintrittes schädlicher Substanzen in den Körper [24] und gleichzeitig signalisiert dies Beobachtenden „Ekel“ und Gefahr, warnt also auch andere.

4. Soziale Kommunikation

Dass das Riechen im Tierreich wichtig ist für die soziale Kommunikation, ist vermutlich den meisten bekannt. Ein typisches Beispiel sind Hunde, welche sich und ihre Hinterlassenschaften von allen Seiten ausgiebig beschnuppern, ehe sie zufrieden mit Herrchen oder Frauchen weiterziehen. Das machen Menschen typischerweise nicht, wir haben mit der Sprache ja auch ein sehr ausgefeiltes Kommunikationsmittel. Trotzdem können Riecheindrücke unserer Mitmenschen interessante Informationen liefern und zu ganz spezifischem Verhalten führen. Nehmen wir beispielsweise Eltern, die gar nicht genug vom süßen und weichen Geruch ihrer Babys bekommen können und immer wieder am Köpfchen riechen wollen. Oder das Phänomen, dass wir uns am liebsten in der Achselhöhle oder im wohligen Geruch des getragenen Pullovers unseres Partners oder Partnerin vergraben würden. Körpergerüche signalisieren folglich nicht nur die Präsenz einer anderen Person, sondern auch eine ganz klar belohnende Botschaft. Menschen sind hierbei relativ gut darin, den Geruch der Partnerin oder des Partners [25] oder der eigenen Kinder [26] wiederzuerkennen. Solche Gerüche werden in den sogenannten Belohnungszentren des Gehirns verarbeitet [27, 28]. Das passt gut zu der Erfahrung, dass wir in solchen Situationen gerne länger verweilen und „mehr riechen“ wollen. Die belohnende Eigenschaft, insbesondere der Kindergerüche, ist ein genetischer Selektionsvorteil, da der Wunsch, das Kind zu riechen,

nur eingelöst werden kann, wenn das Kind auch in der Nähe ist und damit eine liebevolle Zuwendung erfährt. Hiermit wird folglich die Eltern-Kind Bindung gestärkt. Interessanterweise sind Mütter mit diagnostizierten Bindungsproblemen zum Kind schlechter in der Lage, den Geruch ihrer Kinder zu erkennen und – im Gegensatz zu Müttern mit guter Bindung- bevorzugen sie den Geruch ihrer Kinder auch nicht [29].

Gerüche signalisieren uns auch sexuelle Anziehung. So beeinflussen Derivate des Testosterons, also des männlichen Sexualhormones, die sich im männlichen Schweiß finden lassen, die Länge des weiblichen Zyklus [30] und auch die Stimmung von Frauen beeinflussen [31]. Umgekehrt können Männer am Körpergeruch einer Frau überzufällig korrekt erkennen, ob sich die Frau in der Phase des Eisprunges befindet [32] und der weibliche Körpergeruch während des Eisprunges erhöht die Testosteronkonzentration im Mann [33].

In einem Übersichtsartikel wurde kürzlich gezeigt, welche Bedeutung Körpergerüche für die Entstehung, Aufrechterhaltung, und Auflösung von intimen Partnerschaften hat [34]. Dabei zeigte sich in der Zusammenstellung der Literatur vor allem, dass über Körpergerüche transportierte Vertrautheit an der Aufrechterhaltung, während Ekelgefühle an der Entzweiung einer Partnerschaft beteiligt sein können. Schließlich können Gerüche durch olfaktorisch medierte sexuelle Attraktion die Entstehung einer Partnerschaft begünstigen. Dementsprechend beklagen Menschen, die den Geruchssinn verloren haben, auch oft ein vermindertes sexuelles Interesse [35].

Ein Phänomen, das in den letzten Jahren viel Beachtung gefunden hat, ist die menschliche Fähigkeit, den phänotypischen Immunstatus potentieller Partner zu erkennen. Die Grundidee hierbei ist, dass Menschen verschiedene Kodierungen des angeborenen Immunsystems haben. Das bedeutet, nicht alle sind gegen dieselben Pathogene immun, sondern es gibt eine recht hohe Varianz in der Bevölkerung. Die Kodierung des angeborenen Immunsystems findet sich im sogenannten Haupthistokompatibilitätskomplex (kurz: MHC vom Englischen *major histocompatibility complex*) wieder. Für das Individuum ist es günstig, eine möglichst heterogene Ausprägung dieses Komplexes zu haben, um gegen möglichst viele Pathogene resistent zu sein. Da der MHC kodominant vererbt wird [36], erhält jeder Mensch eine heterogene Ausprägung dadurch, dass beide Elternteile einen anderen MHC besitzen. Um also möglichst gesunde Nachkommen zu haben, ist es günstig, wenn Mutter und Vater sich im MHC unterscheiden. Im Tierreich paaren sich daher bevorzugt Fische [37] und Mäuse [38], die eine unterschiedliche MHC Kodierung aufweisen. Für Menschen konnte ebenfalls gezeigt werden, dass Frauen den Geruch MHC-unterschiedlicher Männer attraktiver finden als den MHC-ähnlicher Männer [39] und dies ist vom Gebrauch der Pille abhängig [40]. Diese Studien konnten allerdings nicht immer repliziert werden [41]. In westlichen Kulturen scheint es auch keine relevante Auswirkung des sogenannten MHC-Effektes auf die Partnerschaftswahl zu geben. In einer Studie mit über 3000 verheirateten Paaren konnten wir zeigen, dass Paare sich nicht überzufällig häufig zusammenfinden, die MHC unähnlich sind. Dies liegt vermutlich daran, dass die MHC-Diversität so hoch ist, dass es sehr unwahrscheinlich ist, außerhalb von Laborstudien auf Personen zu treffen, die eine hohe Übereinstimmung im MHC haben [42]. Körpergerüche können darüber hinaus noch einige wei-

tere Informationen über unsere Mitmenschen transportieren. Interessanterweise lässt sich beispielsweise über den Geruchssinn vegetarische Ernährung detektieren [43]. In einem Übersichtsartikel nehmen de Groot und Kollegen [44] an, dass Menschen in der Lage sind, sowohl eher überdauernde (sog. „Trait“-) Aspekte einer Person, wie die bereits thematisierte Genetik, Alter [45] oder gar Persönlichkeitsmerkmale [46], als auch dynamische emotionale Zustände (sog. „State“-Aspekte) zu detektieren. Die zugrundeliegende Annahme dabei ist, dass die unterschiedliche Ausprägung von Traits in Kombination mit dynamischen States ein charakteristisches chemisches Profil im Körpergeruch ergibt. Dass sich verschiedene Emotionen tatsächlich in unterscheidbaren chemischen „Fingerprints“ äußern, konnten Smeets et al. zeigen, indem sie die chemische Zusammensetzung von Achselschweiß verglichen, der beim Anschauen ca. 30-minütiger fröhlicher, angstbeeinträchtigender oder neutraler Videos abgenommen wurde [47]. Diese unterschiedlichen „Körpergeruchsprofile“ erlernen wir im Kontakt mit unseren Mitmenschen, sodass mit der Zeit bestimmte Körpergerüche (bewusst oder unbewusst) mit diesen Traits und States assoziiert werden [44]. In verschiedenen Experimenten ließ sich etwa zeigen, dass Menschen in der Lage sind, Angst oder Freude im Geruch des Achselschweiß vom Schweißgeruch bei einer Kontrollbedingung (häufig sportliche Aktivität) zu unterscheiden [48, 49]. Die durch den Geruch kommunizierte Emotion kann sich infolge dessen sogar auf die andere Person übertragen [50–52], was sich z. B. in einer Veränderung im Gesichtsausdruck des Empfängers spiegeln kann [50]. Neben Angst und Freude können außerdem zum Beispiel Aggression [53], sexuelle Erregung oder Ekel [50] über Veränderungen des Körpergeruches transportiert und kommuniziert werden.

Dabei ist es aber keineswegs so, dass wir als Menschen in der Lage wären, präzise am Körpergeruch zu bestimmen, wie es anderen Personen geht. Der Körpergeruch wird als eine holistische Information aufgenommen, die uns einen Eindruck, oder eine Art „Hintergrund“ liefert. Zusammen mit dem Anblick der anderen Person, der Stimme und der Art der Berührung bildet sich eine ganzheitliche Personenwahrnehmung. Eine interessante Studie in diesem Zusammenhang wurde bei Zahnmedizinierenden durchgeführt. Hier zeigte sich, dass diese durch den Angstgeruch ihrer Patientinnen und Patienten in ihrer Leistung beeinflusst werden – obwohl sie sich des Geruchs gar nicht bewusst waren [54].

Zwar ist die Geruchsinformation deutlich weniger präzise als andere Informationsquellen, kann uns aber zusätzliche und im Alltag meist subtil ablaufende Einschätzungen zu anderen Menschen liefern. Dementsprechend sind Personen, die einen sehr gut ausgeprägten Geruchssinn haben, scheinbar etwas im Vorteil bei der Bewertung anderer Menschen: Sie berichten beispielsweise, dass sie besser mit anderen Personen auskommen [55, 56]. Dies zeigte sich an einer erhöhten Ausprägung in der Persönlichkeitseigenschaft „Verträglichkeit“, die durch empathisches, kooperatives und hilfsbereites gekennzeichnet ist. Menschen, die gut riechen können, können möglicherweise die subtilen Geruchsreize aus ihrer Umwelt besser nutzen, um sich in andere hineinzusetzen oder deren Gefühle nachzuempfinden. In einer kürzlich erschienenen Studie wird sogar gezeigt, dass Gerüche möglicherweise sogar eine Rolle dabei spielen, wie wir unsere Freunde aussuchen und unser Körpergeruch dem unserer Freunde ähnelt [57].

5. Riechen und Emotionsverarbeitung

Aus den genannten Funktionen des Riechens ergibt sich, dass unser Geruchsvermögen sich darauf auswirkt, wie wir die Welt wahrnehmen. Riechen beeinflusst, wen wir attraktiv finden, wie gern wir mit unseren Kindern kuscheln und welche Dinge wir lieber vermeiden. Es ist demnach plausibel, dass das Riechen einen Einfluss darauf hat, wie wir uns fühlen. Aus den einleitenden Bemerkungen zur Anatomie und zur Evolution des Riechsystems ergibt sich darüber hinaus, dass unser Geruchssinn eine sehr enge Verdrahtung zu Emotionszentren hat. Dementsprechend kann man sich fragen, ob Menschen ohne Geruchssinn die Welt anders erleben. Tatsächlich zeigt sich eine höhere Vulnerabilität für Depressionen bei Personen, die ihren Geruchssinn verloren haben [15] und auch bei Personen, die noch nie in ihrem Leben riechen konnten [58]. Interessanterweise scheinen Personen, die sich ihres (typischerweise altersbedingten) Geruchsverlustes nicht bewusst sind, kein höheres Depressionsrisiko aufzuweisen [59]. Dies deutet daraufhin, dass zumindest bei erworbenen Geruchsstörungen das subjektive Leiden unter dem Verlust eine entscheidendere Rolle spielt, d. h. manche Menschen „stört“ ihr (objektiv) verringertes Riechvermögen scheinbar in ihrem Alltag nicht. Die – zumindest bei einer Hyposmie noch vorhandene – olfaktorische Restfunktion scheint eher ausreichend zu sein, um nicht zu einer erhöhten Depressivitätsvulnerabilität zu führen.

Von der anderen Seite betrachtet, geht eine Major Depression häufig mit einer verminderten Geruchsfunktion in den Bereichen Schwellenwert, Identifikation und Diskriminierung sowie mit einer verminderten zentralen Verarbeitung von Gerüchen einher [60]. Eine lange Dauer der Depression erhöht die Anfälligkeit für eine verminderte Geruchssensibilität [61].

Es kann vermutet werden, dass der Zusammenhang zwischen Depression und beeinträchtigtem Riechvermögen kein Zufall ist, sondern aus der engen Verbindung zwischen Riechstrukturen und zentralen Strukturen, die an der Emotions- und Salienzverarbeitung beteiligt sind, herrührt. So stellte bereits McLean die Hypothese einer anatomisch begründeten Beteiligung des Geruchssinns an depressiven Zuständen auf und beschrieb den Geruchssinn ursprünglich als einen wichtigen Teil des „viszeralen Gehirns“ [62], das er später als „limbisches System“ bezeichnete [63]. Der anatomische Weg der Geruchsverarbeitung führt vom Riechepithel über die Riechnerven zum Riechkolben, der die erste zentrale Relaisstation der Geruchsverarbeitung ist. Von dort werden die Geruchsinformationen an den primären olfaktorischen Kortex (piriformer Kortex, anteriorer olfaktorischer Kern, entorhinaler Kortex, Amygdala) weitergeleitet [64]. Sekundäre olfaktorische Strukturen werden durch den orbitofrontalen Kortex (OFC), den Hippocampus und die vordere Insula gebildet [65] und tertiäre Strukturen sind der Gyrus cingulare und der Gyrus superior temporalis [66]. In dieser Kaskade können die Amygdala, der anteriore cinguläre Kortex und die Insula als gemeinsame relevante Hirnregionen für die Geruchs- und Salienzverarbeitung hervorgehoben werden [67]. Diese anatomische Überlappung ist besonders im vorderen Teil der Insula ausgeprägt, der sowohl bei emotionalen Aufgaben als auch bei olfaktorischer Stimulation aktiviert wird [68]. Diese gemeinsamen Bahnen sind funktionell relevant. Im Rattenmodell führt die experimentelle Entfernung des Riechkolbens (sog. Bulbektomie) zu depressionsähnlichem Verhalten und Veränderungen der Neurotrans-

mitterkonzentrationen [69], sowie zu einer Degeneration von Nervenfasern in der Amygdala [70]. Auch beim Menschen steht ein verminderter oder fehlender olfaktorischer Input aufgrund eines aplastischen oder hypoplastischen Riechkolbens in Zusammenhang mit depressiven Symptomen [58, 71, 72]. Eigene Arbeiten deuten zudem darauf hin, dass die olfaktorische Stimulation die Reaktivität zentraler Salienzstrukturen auf emotionale Reize verändern kann. So konnten wir zeigen, dass Patientinnen und Patienten mit erworbener Hyposmie eine reduzierte Verarbeitung emotionaler Bilder aufweisen [73]. Der Hyposmie- und gesunden Kontrollgruppe wurden Bilder mit emotionalem und nicht-emotionalem Inhalt präsentiert, während ihre Hirnaktivierung im fMRI-Scanner verfolgt wurde. Obwohl sich beide Gruppen in der Bewertung und Verarbeitung nicht-emotionaler Bilder nicht unterschieden, bewertete die Hyposmiegruppe die emotionalen Bilder als signifikant weniger erregend, und die Patientinnen und Patienten zeigten eine verminderte Verarbeitung emotionaler Bilder in salienzrelevanten Gehirnstrukturen [73]. Darauf aufbauend gibt es derzeit in unserem Labor Bemühungen, die anatomische Schnittstelle für die Depressionsbehandlung nutzbar zu machen, indem wir versuchen, über die Riechschleimhaut elektrische Signale in das Gehirn zur Anregung der Emotionsverarbeitung zu senden. Diese Forschung steht jedoch noch am Anfang.

6. Schlussfolgerungen

Mit den obigen Ausführungen haben wir versucht, die Funktionen des Riechens für den Menschen zu verdeutlichen, die sich vor allem auf Nahrungsaufnahme, Gefahrenabwehr und zwischenmenschliche Kommunikation konzentrieren. Personen mit einer Beeinträchtigung des Riechsystems berichten entsprechend Probleme bei der Zubereitung und beim Genuss von Nahrung, machen sich mehr Sorgen um potentielle Gefahren und berichten spezifische Einschränkungen im sozialen Bereich, vor allem in partnerschaftlicher Sexualität. Zusätzlich lässt die Verbindung zwischen Riechverarbeitung und emotionsverarbeitenden Strukturen eine Schnittstelle zwischen Riechen und Depression erkennen, die zum einen für HNO-Ärztinnen und Ärzte beachtet und explizit bei der Behandlung von Patientinnen und Patienten mit Riechstörungen angesprochen werden sollte, und die andererseits ein interessantes Fenster zur Behandlung depressiver Erkrankungen öffnen kann.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Stoddart DM. The ecology of vertebrate olfaction. Springer Science & Business Media; 2012
- [2] Laberge F et al. Evolution of the amygdala: new insights from studies in amphibians. *Brain, Behavior and Evolution* 2006; 67: p 177–187
- [3] Northcutt RG. Understanding vertebrate brain evolution. *Integrative and comparative biology* 2002; 42: p 743–756

- [4] Rowe TB, Macrini TE, Luo Z-X. Fossil evidence on origin of the mammalian brain. *science* 2011; 332: p 955–957
- [5] Kobal G. Elektrophysiologische untersuchungen des menschlichen geruchssinns. Thieme; 1981
- [6] Cain W. Olfaction and the common chemical sense: some psychophysical contrasts. *Sensory processes* 1976; 1: p 57–67
- [7] Spence C, Driver J. On measuring selective attention to an expected sensory modality. *Perception & psychophysics* 1997; 59: p 389–403
- [8] Sela L, Sobel N. Human olfaction: a constant state of change-blindness. *Experimental brain research* 2010; 205: p 13–29
- [9] Schriever V et al. Olfactory speed–Temporal odor processing of paired stimuli. *Neuroscience* 2015; 295: p 72–79
- [10] Mainland JD. Olfaction. *Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience* 2018; 2: p 1–46
- [11] Olofsson J, Ekesten F, Nordin S. Smell distortions: Prevalence, longevity and impact of parosmia in a population-based, longitudinal study spanning 10 years 2021
- [12] Ohla K et al. Increasing incidence of parosmia and phantosmia in patients recovering from COVID-19 smell loss. *medRxiv* 2021
- [13] Bojanowski V, Hummel T, Croy I. Isolierte congenitale Anosmie – Klinische und alltägliche Aspekte eines Lebens ohne Geruchssinn. *Laryngo-Rhino-Otologie* 2013; 92: p 30–33
- [14] Stevenson RJ. An initial evaluation of the functions of human olfaction. *Chemical senses* 2010; 35: p 3–20
- [15] Croy I, Nordin S, Hummel T. Olfactory disorders and quality of life – an updated review. *Chemical senses* 2014; 39: p 185–194
- [16] Croy I et al. The sensory channel of presentation alters subjective ratings and autonomic responses toward disgusting stimuli – Blood pressure, heart rate and skin conductance in response to visual, auditory, haptic and olfactory presented disgusting stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience* 2013; 7: p 510
- [17] Chan KQ et al. Disgust lowers olfactory threshold: a test of the underlying mechanism. *Cognition and Emotion* 2020; 34: p 621–627
- [18] Olsson MJ et al. The scent of disease: human body odor contains an early chemosensory cue of sickness. *Psychol Sci* 2014; 25: p 817–823
- [19] Croy I, Angelo S.D, Olausson H. Reduced pleasant touch appraisal in the presence of a disgusting odor. *PloS one* 2014; 9: p e92975
- [20] Croy I et al. Olfactory modulation of affective touch processing – A neurophysiological investigation. *Neuroimage* 2016; 135: p 135–141
- [21] Stevenson RJ et al. A proximal perspective on disgust. *Emotion Review* 2019; 11: p 209–225
- [22] Laska M et al. Olfactory sensitivity for putrefaction-associated thiols and indols in three species of non-human primate. *Journal of Experimental Biology* 2007; 210: p 4169–4178
- [23] Susskind JM et al. Expressing fear enhances sensory acquisition. *Nature neuroscience* 2008; 11: p 843–850
- [24] Darwin C. The expression of the emotions in man and animals. London: John Murray. 1872 1965
- [25] Mahmut MK, Stevenson RJ, Stephen I. Do women love their partner's smell? Exploring women's preferences for and identification of male partner and non-partner body odor. *Physiology & behavior* 2019; 210: p 112517
- [26] Schäfer L et al. Body odours as a chemosignal in the mother–child relationship: new insights based on an human leucocyte antigen-genotyped family cohort. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 2020; 375: p 20190266
- [27] Lundström JN et al. Maternal status regulates cortical responses to the body odor of newborns. *Frontiers in psychology* 2013; p 597
- [28] Schäfer L, Hummel T, Croy I. The design matters: How to detect neural correlates of baby body odors. *Frontiers in neurology* 2019; 9: p 1182
- [29] Croy I et al. Mother-child bonding is associated with the maternal perception of the child's body odor. *Physiology & behavior* 2019; 198: p 151–157
- [30] Shinohara K et al. Axillary pheromones modulate pulsatile LH secretion in humans. *Neuroreport* 2001; 12: p 893–895
- [31] Jacob S, McClintock MK. Psychological state and mood effects of steroidal chemosignals in women and men. *Hormones and Behavior* 2000; 37: p 57–78
- [32] Haselton MG, Gildersleeve K. Human ovulation cues. *Current Opinion in Psychology* 2016; 7: p 120–125
- [33] Miller SL, Maner JK. Scent of a woman: Men's testosterone responses to olfactory ovulation cues. *Psychological science* 2010; 21: p 276–283
- [34] Mahmut MK, Croy I. The role of body odors and olfactory ability in the initiation, maintenance and breakdown of romantic relationships – A review. *Physiology & behavior* 2019; 207: p 179–184
- [35] Schäfer L et al. Sexual desire after olfactory loss: Quantitative and qualitative reports of patients with smell disorders. *Physiology & behavior* 2019; 201: p 64–69
- [36] Janeway CA Jr et al. The major histocompatibility complex and its functions, in *Immunobiology: The Immune System in Health and Disease*. 5th edition. Garland Science 2001
- [37] Wegner KM et al. Parasite selection for immunogenetic optimality. *Science* 2003; 301: p 1343–1343
- [38] Leinders-Zufall T et al. MHC class I peptides as chemosensory signals in the vomeronasal organ. *Science* 2004; 306: p 1033–1037
- [39] Wedekind C et al. MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 1995; 260: p 245–249
- [40] Wedekind C, Furi S. Body odour preferences in men and women: do they aim for specific MHC combinations or simply heterozygosity? *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 1997; 264: p 1471–1479
- [41] Havlíček J, Winternitz J, Roberts SC. Major histocompatibility complex-associated odour preferences and human mate choice: near and far horizons. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 2020; 375: p 20190260
- [42] Croy I et al. Marriage does not relate to major histocompatibility complex: a genetic analysis based on 3691 couples. *Proceedings of the Royal Society B* 2020; 287: p 20201800
- [43] Havlicek J, Lenochova P. The effect of meat consumption on body odor attractiveness. *Chem Senses* 2006; 31: p 747–752
- [44] de Groot JHB, Semin GR, Smeets MAM. On the Communicative Function of Body Odors: A Theoretical Integration and Review. *Perspectives on Psychological Science* 2017; 12: p 306–324
- [45] Haze S et al. 2-Nonenal newly found in human body odor tends to increase with aging. *Journal of investigative dermatology* 2001; 116: p 520–524
- [46] Sorokowska A, Sorokowski P, Szmajke A. Does personality smell? Accuracy of personality assessments based on body odour. *European Journal of Personality* 2012; 26: p 496–503
- [47] Smeets MA et al. Chemical fingerprints of emotional body odor. *Metabolites* 2020; 10: p 84
- [48] Chen D, Haviland-Jones J. Human olfactory communication of emotion. *Perceptual and motor skills* 2000; 91: p 771–781
- [49] Ackerl K, Atzmueller M, Grammer K. The scent of fear. *Neuroendocrinology Letters* 2002; 23: p 79–84
- [50] de Groot JH et al. Chemosignals communicate human emotions. *Psychological science* 2012; 23: p 1417–1424
- [51] Prehn-Kristensen A et al. Induction of empathy by the smell of anxiety. *PLoS One* 2009; 4: p e5987

- [52] Pause BM et al. Positive emotional priming of facial affect perception in females is diminished by chemosensory anxiety signals. *Chemical senses* 2004; 29: p 797–805
- [53] Mutic S et al. You smell dangerous: communicating fight responses through human chemosignals of aggression. *Chemical senses* 2016; 41: p 35–43
- [54] Singh PB et al. Smelling anxiety chemosignals impairs clinical performance of dental students. *Chemical Senses* 2018; 43: p 411–417
- [55] Croy I et al. Agreeable smellers and sensitive neurotics—correlations among personality traits and sensory thresholds. *PLoS One* 2011; 6: p e18701
- [56] Bendas J, Hummel T, Croy I. Olfactory function relates to sexual experience in adults. *Archives of Sexual Behavior* 2018; 47: p 1333–1339
- [57] Ravreby I, Snitz K, Sobel N. There is chemistry in social chemistry. *Science Advances* 2022; 8: p eabn0154
- [58] Croy I et al. Learning about the functions of the olfactory system from people without a sense of smell. *PloS one* 2012; 7: p e33365
- [59] Oleszkiewicz A et al. Consequences of undetected olfactory loss for human chemosensory communication and well-being. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 2020; 375: p 20190265
- [60] Kohli P et al. The association between olfaction and depression: a systematic review. *Chemical senses* 2016; 41: p 479–486
- [61] Pabel LD et al. The impact of severity, course and duration of depression on olfactory function. *Journal of Affective Disorders* 2018; 238: p 194–203
- [62] MacLean PD. Psychosomatic disease and the “visceral brain”; recent developments bearing on the Papez theory of emotion. *Psychosomatic medicine* 1949
- [63] MacLean PD. The limbic system (visceral brain) and emotional behavior. *AMA Archives of Neurology & Psychiatry* 1955; 73: p 130–134
- [64] Wilson DA et al. Cortical odor processing in health and disease. *Progress in brain research* 2014; 208: p 275–305
- [65] Gottfried JA. Smell: central nervous processing. *Taste and smell* 2006; 63: p 44–69
- [66] Sobel N et al. Time course of odorant-induced activation in the human primary olfactory cortex. *Journal of Neurophysiology* 2000; 83: p 537–551
- [67] Soudry Y et al. Olfactory system and emotion: common substrates. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases* 2011; 128: p 18–23
- [68] Kurth F et al. A link between the systems: functional differentiation and integration within the human insula revealed by meta-analysis. *Brain Structure and Function* 2010; 214: p 519–534
- [69] Song C, Leonard BE. The olfactory bulbectomized rat as a model of depression. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 2005; 29: p 627–647
- [70] Carlson JM, Cha J, Mujica-Parodi LR. Functional and structural amygdala–anterior cingulate connectivity correlates with attentional bias to masked fearful faces. *Cortex* 2013; 49: p 2595–2600
- [71] Negoias S et al. Reduced olfactory bulb volume and olfactory sensitivity in patients with acute major depression. *Neuroscience* 2010; 169: p 415–421
- [72] Negoias S et al. Olfactory bulb volume predicts therapeutic outcome in major depression disorder. *Brain imaging and behavior* 2016; 10: p 367–372
- [73] Han P et al. Olfactory loss is associated with reduced hippocampal activation in response to emotional pictures. *Neuroimage* 2019; 188: p 84–91