

SPECULUM

Geburtshilfe / Frauen-Heilkunde / Strahlen-Heilkunde / Forschung / Konsequenzen

Atzmüller M, Grammer K

Biologie des Geruchs: Die Bedeutung von Pheromonen für Verhalten und Reproduktion

*Speculum - Zeitschrift für Gynäkologie und Geburtshilfe 2000; 18 (1)
(Ausgabe für Schweiz), 12-12*

*Speculum - Zeitschrift für Gynäkologie und Geburtshilfe 2000; 18 (1)
(Ausgabe für Österreich), 12-18*

Homepage:

www.kup.at/speculum

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031112 M, Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21



Ab sofort in unserem Verlag

Thomas Staudinger
Maurice Kienel

ECMO

für die Kitteltasche

2. Auflage Jänner 2019
ISBN 978-3-901299-65-0
78 Seiten, div. Abbildungen
19.80 EUR

Krause & Pachernegg
GmbH

Bestellen Sie noch heute Ihr Exemplar auf
www.kup.at/cd-buch/75-bestellung.html



Biologie des Geruchs: Die Bedeutung von Pheromonen für Verhalten und Reproduktion

M. Atzmüller,
K. Grammer

Dieser Artikel geht der Frage nach dem Vorkommen und der Wirkung von Pheromonen beim Menschen nach. Es wird der Status quo der Geruchsforschung aufgezeigt und ein Überblick über die Voraussetzungen der Geruchskommunikation geboten. Über Beispiele aus dem Tierreich wird zu ihrem Vorkommen und ihrer Bedeutung beim Menschen geführt. So hat sich in den letzten Jahren gezeigt, daß besonders die Geruchsstoffe aus dem Schweiß das Potential besitzen, menschliches Verhalten nachweislich zu beeinflussen. Darüber hinaus zeigt sich, daß auch die menschliche Reproduktion dem Einfluß von Pheromonen zu unterliegen scheint. Die Bedeutung der Geruchskommunikation beim Menschen wird größtenteils noch immer unterschätzt, obwohl sie durchaus das Potential für zukünftigen medizinischen Einsatz zu bergen scheint.

Einleitung

Die Bedeutung des Geruchssinnes beim Menschen wurde in der Vergangenheit oft unterschätzt. Der Mensch mit seinen etwa 10 Millionen Sinneszellen im Epithel der Riechschleimhaut galt in seiner Geruchsfähigkeit anderen Säugetieren gegenüber unterlegen. So verfügen sogenannte makrosomate Säugetiere über eine weitaus größere Anzahl an Riechzellen, wie zum Beispiel der Hund (*Canis sp.*), in dessen Riech-

schleimhaut über 230 Millionen Sinneszellen sitzen. Der Mensch und andere Primaten galten als vom optischen Sinn dominierte „Augentiere“ mit hoch entwickeltem Sehvermögen. Durch die Entdeckung der Pheromone beim Menschen muß dieses Konzept neu überdacht werden, belegen doch zahlreiche Studien die Bedeutung dieser Geruchsstoffe sowohl für die Verhaltens- als auch für die Reproduktionsbiologie.

Das Riechen

Die Nasenschleimhaut des Menschen gliedert sich funktionell in zwei Bereiche: Die *Regio respiratoria* und die *Regio olfactoria*, in der die Sinneszellen lokalisiert sind.

Die *Regio olfactoria* liegt zu beiden Seiten des oberen Nasenseptums in den oberen Nasenmuscheln (Conchae nasales) und hat eine Größe von ungefähr 5 cm². Beim Hund, zum Vergleich, umfaßt die *Regio olfactoria* einen Bereich von 85 cm². Die Riechzellen der *Regio olfactoria* sind primäre Sinneszellen, was bedeutet, daß die Nervenzelle selbst direkt als Rezeptor fungiert und die Reizleitung ins Zentralnervensystem über das Axon ohne zwischengeschaltete Synapsen erfolgt. Somit bilden die Nervi olfactorii direkt das erste Neuron der Riechbahn. Die unmyelinisierten Axone treten durch die Lamina cribrosa des Siebbeins und enden synaptisch am Bulbus olfactorius des Riechhirns.

Die im Gegensatz zum Geschmackssinn große Anzahl an diskret unterscheidbaren wahrgenommenen Geruchsstoffen legt das Vorhandensein spezieller Geruchsrezeptoren in den Riechzellen nahe. Die Erregung des Axons entsteht durch Anlagerung eines Geruchsmoleküls an ein Rezeptorprotein in der Membran der olfaktorischen Cilien. Es ist bislang ungeklärt, ob die Fähigkeit des Menschen, einige Tausend verschiedene Geruchssubstanzen zu unterscheiden, durch eine ebenso große Anzahl spezifischer Rezeptoren, oder durch die gleichzeitige Stimulation verschiedener Rezeptoren durch einen bestimmten Geruchsstoff zustande kommt [1, 2].

Vom Bulbus olfactorius aus laufen die Nervenbahnen auf dem Tractus olfactorius zu den primären Riechzentren des Lobus olfactorius. Von dort aus verlaufen Projek-

tionsbahnen einerseits zum Thalamus und von dort aus weiter in orbitofrontale Bereiche des Neocortex, und andererseits zum Hypothalamus, also ins limbische System. Somit können Geruchsreize einerseits bewußt wahrgenommen und interpretiert werden, andererseits wirken sie direkt auf die Emotionen und über die Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-Achse auf den hormonellen Status des Riechenden. Interessant erscheint in diesem Zusammenhang die Verknüpfung zwischen Geruchsfähigkeit und Fortpflanzungsfähigkeit beim Menschen. Das bekannteste Beispiel dafür stellt das Kallmann-Syndrom dar. Patienten mit dieser Erkrankung weisen unterentwickelte Keimdrüsen auf. Bei den Männern sind die Hoden verkleinert und bilden keine Leydig'schen Zellen aus, sekundäre Geschlechtsmerkmale fehlen. Frauen mit Kallmann-Syndrom zeigen unterentwickelte Ovarien und sekundäre Geschlechtsmerkmale. Sowohl Männer als auch Frauen sind unfähig, Gerüche wahrzunehmen. Dieses Wahrnehmungsdefizit resultiert aus einer Unterentwicklung des Bulbus olfactorius während der Embryonalentwicklung. Schwanzel-Fukuda & Pfaff [3] haben darauf hingewiesen, daß die neurosekretorischen Zellen des Hypothalamus während der Embryonalentwicklung im Bulbus olfactorius entstehen und erst dann in den Hypothalamus wandern. Die Unterentwicklung des Bulbus olfactorius, die mit dem Kallmann-Syndrom einhergeht, verhindert diese Wanderung der neurosekretorischen Zellen und damit die Bildung von Gonadotropin Releasing-Hormonen (GnRH), die für die Steuerung der Sexualhormone verantwortlich sind [4].

Das Vomeronasalorgan

Das Vomeronasalorgan (VNO) oder Jacobson'sche Organ stellt einen speziellen Teil des olfaktorischen Systems dar und tritt bei den meisten Tetrapoden zumindest embryonal auf. Bei den meisten Säugetieren liegt es oberhalb des Gaumendaches an der Basis des Septum nasale. Es wird von paarigen, an der einen Seite blind endenden Schläuchen gebildet. Über 2 kleine Öffnungen steht es in Verbindung mit der Nasenhöhle. Bei manchen Säugern ist es über den Ductus nasopalatinus mit der Mundhöhle verbunden. Bei den meisten Säugetieren verfügt das Epithel des VNO über Rezeptorzellen, die im Unterschied zu den Nervenzellen der Regio olfactoria nicht mit

Cilien besetzt sind [5–7]. Die Axone laufen in den sogenannten akzessorischen Bulbus olfactorius, der direkt ins limbische System projiziert. Das Vomeronasalorgan stellt also ein akzessorisches olfaktorisches System dar [8], dessen Bedeutung in der direkten Umsetzung geruchlicher Signale in endokrine Antworten liegt.

Lange Zeit galt die Lehrmeinung, das VNO komme nur bei niederen Säugern und bei Primaten ausschließlich embryonal vor. Doch es zeigte sich, daß das VNO auch beim adulten Menschen zu finden ist [9]. Monti-Bloch & Grosser [10] konnten zeigen, daß das Epithel des Vomeronasalorgans auf geringste Mengen von Pheromonen der menschlichen Haut mit negativer Depolarisation reagiert. Diese Ergebnisse legen nahe, daß das Vomeronasalorgan, wie bei anderen Säugern auch, beim Menschen als ein spezielles Organ zur Perception von Pheromonen fungiert.

Pheromone

Der Begriff „Pheromon“ stammt aus dem Griechischen und setzt sich aus den Wörtern „pherein“ = tragen und „hormon“ = antreibend zusammen. Er wurde 1959 von Karlson & Luscher eingeführt [11]. Pheromone sind Ektohormone, das bedeutet, chemische Botenstoffe, die außerhalb des Körpers transportiert werden und im Organismus des Empfängers ganz bestimmte Reaktionen, wie physiologische Prozesse oder bestimmte Verhaltensweisen, auslösen können. Sie stellen also einen wichtigen Teil der interindividuellen Kommunikation dar. Die Wirkung der Pheromone ist stärker artspezifisch als die der Hormone, die ja – man denke zum Beispiel an Insulin – zum Großteil artübergreifend wirksam sind.

Nach ihrer unterschiedlichen physiologischen Wirkung kann man die Pheromone in zwei Klassen unterteilen: die „Signal-“ und die „Primer“-Pheromone [12]. Die Wirkweise der Signal-Pheromone ist kurzfristig. Sie generieren im Körper des Empfängers eine mehr oder minder sofortige physiologische Veränderung, wie die Ausschüttung von Neurotransmittern, die direkt auf das Verhalten des Empfängers wirken. Primer-Pheromone hingegen bewirken eine längerfristige Veränderung in der Physiologie des Empfängers. Sie wirken auf die Hypothalamus-Hypophysen-Gonaden-

Achse des Riechenden: Der Hypothalamus steuert über die sogenannten Gonadotropin Releasing-Hormone (GnRH) die Ausschüttung von gonadotropen Hormonen in der Adenohypophyse. Die gonadotropen Hormone Follitropin oder Follikelstimulierendes Hormon (FSH) und Lutropin oder Luteinisierendes Hormon (LH) wirken in beiden Geschlechtern auf die Keimdrüsen. FSH stimuliert im weiblichen Geschlecht die Follikelreifung in den Ovarien und die Sekretion der Östrogene. Im männlichen Geschlecht wird die Spermatogenese durch FSH stimuliert. Durch die Wirkung von LH wird im weiblichen Geschlecht die Entwicklung des Corpus luteum und die Erzeugung von Progesteron stimuliert. Im männlichen Geschlecht reguliert LH die Entwicklung der Leydig'schen Zellen der Testes und die Synthese von Testosteron.

Die Bedeutung von Geruchsstoffen in der innerartlichen Kommunikation ist besonders bei Insekten schon lange bekannt. Als klassisches Beispiel sei hier das Bombykol, der Sexuallockstoff des Seidenspinners (*Bombyx mori*) erwähnt, das erstmals 1959 von Butenandt [13] isoliert wurde. Bombykol wird in ausstülpbaren Duftdrüsen am Abdomen des Weibchens gebildet und an die Umwelt abgegeben. Das Männchen detektiert das Pheromon mit Sensillen an den Antennen und bewegt sich anhand des Duftstoffgradienten auf das Weibchen zu. Bereits ein Molekül Bombykol genügt, um beim Männchen eine Reizung der Rezeptorzellen auszulösen.

Der Körpergeruch des Menschen

Die Produktion von Geruchsstoffen beim Menschen ist eng an die apokrinen Drüsen der Haut gekoppelt. Diese finden sich in den Bereichen der Genitalien, des Nabels, der Brust, der Nase und der Stirn und vor allem der Achseln. Apokrine Drüsen sind, wie auch die Schweiß- und Talgdrüsen der Haut, an Haare assoziiert. Sie sind schlauchförmig und gewunden und können einen Durchmesser von bis zu 2 mm erreichen [14]. Apokrine Drüse werden beim Menschen schon embryonal angelegt, nehmen ihre Funktion aber erst mit dem Einsetzen der Pubertät auf [15]. Das gibt einen Hinweis darauf, daß ihre Funktion eng an die Sexualhormone gekoppelt ist. Die Sekretion erfolgt durch Abschnürung des mit Sekret gefüllten Endabschnittes einer Drüsenzelle (Apex). Nach erfolgter Sekretion rege-

neriert sich die Zelle. Das Sekret ist ölig und zähflüssig und kann farblos, milchig-weiß, rötlich, gelblich oder schwarz erscheinen [8]. Frisch produziertes apokrines Sekret ist völlig geruchlos [16] und wird durch Mikroorganismen zu Geruchsstoffen transformiert. Eine besonders hohe Konzentration von apokrinen Drüsen findet sich in der menschlichen Achsel, was dazu geführt hat, daß diese von zahlreichen Autoren als ein eigenständiges Duftorgan, das sogenannte „Axillarorgan“ beschrieben wird. Doch auch die Duftstoffe der Haut, des Speichels, des Urins und des weiblichen Vaginalsekrets tragen einen wichtigen Teil zum charakteristischen Körpergeruch des Menschen bei. Warum der Mensch über eine im Vergleich mit anderen Primaten stark erhöhte Geruchsproduktion verfügt, war lange Zeit ungeklärt. Vor allem durch die Entdeckung des funktionstüchtigen Vomeronasalorgans beim adulten Menschen wurde der kommunikative Aspekt des menschlichen Körpergeruchs erkannt.

Menschliche Pheromone

Um einen vom menschlichen Körper sekretierten Geruchsstoff als Pheromon bezeichnen zu können, muß dieser die Eigenschaft besitzen, im Organismus des Empfängers eine Veränderung in der Physiologie und/oder im Verhalten auszulösen. Beim Menschen trifft diese Definition neben den Geruchsstoffen des weiblichen Vaginalsekrets, den sogenannten Kopulinen, die eine Veränderung im Testosteronspiegel des Mannes hervorrufen [17, 18], vor allem auf die Sekrete des Axillarorgans zu. Bei diesen Sekreten handelt es sich vor allem um die sogenannten 16-Androstene, Metaboliten der Androgene, die von den apokrinen Drüsen sekretiert werden. Dorfman [19] vermutet, daß die 16-Androstene durch Dehydrierung des Testosterons entstehen. Besonders zwei Formen der 16-Androstene, der Alkohol 5 α -androst-16-en-3 α -ol (Androstenol) und das Keton 5 α -androst-16-en-3-on (Androstenon) sind charakteristisch für den Geruch des menschlichen Axillarorgans. Androstenol riecht moschusartig, während der Geruch von Androstenon an Urin erinnert. Dabei ist zu beachten, daß der charakteristische Geruch erst durch Mikroorganismen entsteht, die die geruchlosen Vorläufer der 16-Androstene transformieren [20]. Bei diesen Mikroorganismen handelt es sich um die aeroben Bakterien *Coryne-*

bacterium spp. Gower et al. [21] konnten zeigen, daß die coryneformen Bakterien *in vitro* 5 α -Androstenon aus den geruchlosen Vorläufern Androstadienol und Androstadienon transformieren. Wird die Achsel mit einer antibakteriellen Lösung gewaschen, nimmt die Produktion von Androstenon signifikant ab [22]. Im männlichen Achselschweiß findet man beinahe fünfmal mehr Androstenon als im weiblichen [23], was abgesehen von den Androgenwerten, die sich natürlich stark zwischen den Geschlechtern unterscheiden, auch durch eine unterschiedliche Bakterienflora erklärt werden könnte. Jackman & Noble [24] untersuchten die axilläre Bakterienflora von 163 männlichen und 122 weiblichen Versuchspersonen und konnten zeigen, daß bei einem Großteil der Männer die aeroben Bakterien (*Corynebacterium spp.*) in den Achseln vorherrschten, während bei den Frauen die axilläre Bakterienflora von *Micrococcaceae* dominiert wurde.

Verhaltensmodifizierende Wirkung der 16-Androstene

Androstenon spielt eine wichtige Rolle im Sozialverhalten der Schweine (*Sus scrofa*). Es wird beim Eber in den Testes gebildet und über den Blutstrom verteilt. Als Speicherorgane für Androstenon dienen das Fettgewebe und die Speicheldrüsen. Bei Erregung produziert der Eber schaumigen Speichel, durch den das Androstenon an die Umwelt abgegeben wird [25]. McGlone & Morrow [26] konnten zeigen, daß durch die Applikation von 0,5 Mikrogramm Androstenon auf die Schnauzen von männlichen Schweinen deren aggressives Verhalten drastisch reduziert wurde.

Der Nachweis der Pheromonwirkung der 16-Androstene bei anderen Säugern und ihr Vorkommen beim Menschen legten nahe, die Wirkung von Androstenol und Androstenon auf den Menschen zu untersuchen. Van Toller et al. [27] untersuchten den Einfluß von Androstenon auf den Hautleitwert von Versuchspersonen. Dabei zeigte sich, daß der Hautleitwert von Personen, die dem Einfluß von Androstenon ausgesetzt waren, bis zu eineinhalb mal höher war als der Hautleitwert der Personen in der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis gibt schon einen Hinweis auf die physiologischen Effekte von Androstenon. Weiters wurde die Wirkung der 16-Androstene auf das menschliche Sozialverhalten unter-

sucht. In einer Studie [28] trugen 38 Männer und 38 Frauen über Nacht eine Halskette, deren Anhänger Androstenol enthielt. Am nächsten Morgen wurden Anzahl und Intensität der sozialen Kontakte der Versuchspersonen, die die Kette getragen hatten, erfragt. Dabei zeigte sich, daß die Frauen, die unter dem Einfluß von Androstenol gestanden waren, im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant mehr und intensivere Kontakte mit Männern gehabt hatten. Dieses Ergebnis deutet auf einen kommunikativen Effekt der 16-Androstene hin.

Filsinger et al. [29] untersuchten den Einfluß von verschiedenen Geruchsstoffen auf die Bewertung von Photographien. 200 männliche und weibliche Versuchspersonen sollten unter dem Einfluß eines Geruchsstoffes die Photographie eines Mannes beurteilen und ihre eigene Stimmung dabei beschreiben. Dabei zeigte sich ein klarer Effekt unter dem Einfluß von Androstenon. Die Männer bewerteten den „Stimulusmann“ als passiv, die Frauen bewerteten ihre eigene Stimmung als weniger „sexy“. In einer nachfolgenden Studie zeigte sich, daß die Männer, die unter dem Einfluß von Androstenon standen, den Mann auf der Photographie positiv beurteilten, wenn sie den Geruch von Androstenon angenehm fanden [30]. In einem ähnlichen Versuch [31] bewerteten männliche und weibliche Versuchspersonen unter dem Einfluß von Androstenol Photographien von Menschen, Tieren und Gebäuden. Dabei zeigte sich, daß die Versuchspersonen, die Masken mit Androstenol trugen, die Frauen auf den Photos als attraktiver, stärker „sexy“ und freundlicher, die abgebildeten Männer als „wärmer“ und freundlicher beurteilten als die Personen in der Kontrollgruppe. Eine weitere Studie über den Einfluß der 16-Androstene auf das menschliche Wahlverhalten wurde 1980 von Kirk-Smith & Booth [32] durchgeführt. Sie besprühten Stühle in einem Warteraum mit Androstenon. Wenn Androstenon in hoher Konzentration verwendet wurde, zeigte sich der Effekt, daß Frauen die behandelten Stühle unbehandelten vorzogen, während bei Männern genau das Gegenteil der Fall war: Sie mieden die Stühle, die mit Androstenon besprüht worden waren. Eine kühne Interpretation dieser Ergebnisse könnte in Anlehnung an das Territorialverhalten vieler Säugetiere lauten, Androstenon diene Männern zur Markierung und Sicherung ihres Territoriums. Diesen Gedanken ver-

folgten wohl auch Gustavson, Dawson & Bennet [33], die ein ähnliches Experiment durchführten: Sie konnten zeigen, daß Kabinen in Herrentoiletten, die mit Androstenol besprüht worden waren, fünfmal weniger oft benutzt wurden als unbehandelte Kabinen. Widersprüchlich erscheint jedoch das Ergebnis, daß bei Kabinen, die mit Androstenon besprüht worden waren, kein Effekt auftrat.

Die Bedeutung der Pheromone für die Reproduktion

Vandenbergh [34] konnte zeigen, daß durch Pheromone weiblicher Ratten die Geschlechtsreife anderer Weibchen verzögert werden kann. Isolierte Weibchen wurden schneller geschlechtsreif als solche, die in Gruppen mit anderen Weibchen lebten.

Auch bei den Tamarins (*Sanguinus sp.*), südamerikanischen Krallenaffen, ist dieser Effekt bekannt. Bei Weibchen, die den Pheromonen anderer Weibchen ausgesetzt waren, trat der Zeitpunkt der ersten Ovulation später auf als in der Kontrollgruppe [35].

Michael & Keverne [36] beschrieben die Wirkung von Pheromonen auf das Sexualverhalten beim Rhesusaffen (*Macacca mulatta*). Weibliche Tiere, denen die Ovarien entfernt worden waren und die daher keine Östrogene mehr produzierten, waren für sexuell erfahrene männliche Tiere uninteressant. Ebenso verhielt es sich, wenn man den Weibchen Östrogene künstlich vaginal applizierte und den Männchen die Nase verstopfte. Nach der Entfernung der Nasenblockade waren dieselben Weibchen für die Männchen wieder sexuell attraktiv. Das bedeutet, daß die geruchlichen Metaboliten der Östrogene eine wichtige Voraussetzung für sexuelle Interaktion darstellen, da sie das Interesse der Männchen an der Paarung zu steuern scheinen.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Bedeutung der 16-Androstene, die ja auch beim Menschen vorkommen, so ist diese schon lange Zeit aus der Schweinezucht bekannt. Androstenon trägt die bezeichnenden Beinamen „pig pheromone“ und „boar taint“ und spielt eine wichtige Rolle in der Reproduktionsbiologie des Schweines (*Suidae*). Das Pheromon, das von den männlichen Tieren abgegeben wird, löst bei der Sau den Immobilisations-

effekt aus, der zur Kopulation nötig ist [37]. Dieser Effekt verdeutlicht die wichtige Rolle der innerartlichen Geruchskommunikation. Ohne den Einfluß des Pheromons Androstenon könnte es beim Schwein überhaupt nicht zur Fortpflanzung kommen.

Die eben genannten Beispiele verdeutlichen, daß Geruchsreizen in beiden Geschlechtern eine wichtige Rolle für das Sexualverhalten zukommt. Auch die menschliche Reproduktion scheint in ähnlicher Weise von Pheromonen beeinflusst und gesteuert zu werden. Grammer [38] weist auf die Rolle von Androstenon bei der Partnerwahl des Menschen hin. Er ließ 290 weibliche Versuchspersonen den Geruch von Androstenon beurteilen. Dabei zeigte sich eine Veränderung in der Bewertung mit dem Zyklus der Versuchspersonen. Zum Zeitpunkt der Ovulation bewerteten die Frauen den Geruch von Androstenon, dem prominentesten Geruchsstoff des männlichen Achselweißes, positiver als an anderen Zyklustagen. Androstenon könnte also ein Signal für die Frau darstellen, zum fertilen Zeitpunkt ihres Zyklus auf potentielle Sexualpartner anzusprechen.

Der Einfluß der Axillarpheromone auf den weiblichen Zyklus ist in den letzten Jahren eingehend untersucht worden. Den Ausschlag dafür lieferte eine Studie [39], in der gezeigt werden konnte, daß sich bei Studentinnen, die im Studentenheim gemeinsam ein Zimmer bewohnten, oder eng befreundet waren, im Laufe eines Semesters eine Synchronisation ihrer Menstruationszyklen einstellte. Anfang September menstruierten die Frauen noch zu völlig unterschiedlichen Zeiten, im folgenden April war der Beginn ihrer Menstruation signifikant zusammengerückt. Die Autorin äußerte damals die Vermutung, daß diese Synchronisation von Geruchsstoffen, Pheromonen, gesteuert würde. Dieses Ergebnis wurde von einer nachfolgenden Studie [40] überprüft und bestätigt. Von 5 Frauen mit regelmäßigen 29-Tage-Zyklen wurden täglich Proben ihres Achselweißes gewonnen. Die Essenzen dieser Geruchsspenderinnen wurden nun weiblichen Versuchspersonen 3 mal wöchentlich über einen Zeitraum von 4 Monaten hinweg auf die Oberlippe appliziert. Es zeigte sich, daß nach Abschluß der Versuchsreihe die Versuchspersonen signifikant häufiger zum selben Zeitpunkt wie die jeweilige Geruchsspenderin menstruierten, als die Frauen in der Kontrollgruppe. Somit war

erwiesen, daß die Zyklussynchronisation der Frauen durch den Einfluß von Pheromonen aus dem Achselschweiß gesteuert wurde.

Parallel dazu wurde auch der Einfluß männlicher Geruchsstoffe auf den weiblichen Zyklus untersucht [41]. Geruchsproben männlichen Achselschweißes wurden wiederum weiblichen Versuchspersonen auf die Oberlippe appliziert. Die Frauen, die zu diesem Zeitpunkt keinen Sexualpartner hatten, wiesen vor Beginn des Versuchs unregelmäßige Menstruationszyklen auf. Es zeigt sich am Ende der Untersuchung nach 4 Monaten, daß sich beim Großteil der Versuchspersonen nun ein regelmäßiger Zyklus von $29,5 \pm 3$ Tagen eingestellt hatte. Es zeigt sich also, daß männliche Pheromone eine stark regulatorische Wirkung auf den weiblichen Zyklus ausüben. Pheromone scheinen also über hormoninduzierende Mechanismen direkt in die menschliche Reproduktionsbiologie einzugreifen. Diese Erkenntnisse aus der Geruchsforschung könnten einen Grundstock für neue medizinische Methoden in der Zukunft darstellen. Doch während sich die Parfumindustrie in jüngster Zeit dieser Erkenntnisse bedient, ist der medizinische Einsatz der Pheromone bis dato noch nicht angelaufen.

LITERATUR

1. Burchell B. Turning on and turning off the sense of smell. *Nature* 1991; 350: 16–7.
2. Freedman DH. In the realm of the chemical. *Discover* 1993; 14: 69–76.
3. Schwanzel-Fukuda M, Pfaff DW. Origin of luteinizing hormone-releasing hormone neurons. *Nature* 1989; 138: 161–4.
4. Schwanzel-Fukuda M, Blick D, Pfaff DW. Luteinizing hormone-releasing hormone (LHRH) expressing cells do not migrate normally in an inherited hypogonadal (Kallmann) syndrome. *Mol Brain Res* 1989; 6: 311–26.
5. Moran DT, Jafek BW, Rowley III JC. Ultrastructure of the human olfactory mucosa. In: Laing DG, Doty RL, Breipohl W (eds). *The Human Sense of Smell*. Springer-Verlag, Berlin, 1992; 3–28.
6. Morrison EE, Constanzo RM. Morphology of the human olfactory epithelium. *J Comp Neurol* 1990; 297: 1–13.
7. Vacarezza OL, Sepich LN, Tramezzani JH. The vomeronasal organ of the rat. *J Anat* 1981; 132: 167–185.
8. Stoddart DM. *The scented ape: the biology and culture of human odour*. Cambridge University Press 1990.
9. Moran DT, Jafek BW, Rowley III JC. The vomeronasal (Jacobson's) organ in man: Ultrastructure and frequency of occurrence. *J Steroid Biochem Mol Biol* 1991; 39: 522–45.
10. Monti-Bloch L, Grosser BI. Effect of putative pheromones on the electrical activity of the human vomeronasal organ and olfactory epithelium. *J Steroid Biochem Mol Biol* 1991; 39: 573–82.
11. Karlson P, Luscher M. Pheromones: a new term for a class of biologically active substances. *Nature* 1959; 183: 55–6.
12. Kohl JV, Francoeur RT. *The Scent of Eros*. The Continuum Publishing Company, 1995; 41.
13. Butenandt A, Bechman R, Stamm D, Hecker E. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners *Bombyx mori*. Reindarstellung and Konstitution. *Z Naturforsch* 1959; 14: 283–4.
14. Craigmyle MBL. *The apocrine gland and the breast*. Wiley, Chichester, 1984.
15. Cohn BA. In search of human skin pheromones. *Arch Dermatol* 1994; 130: 1048–51.
16. Shehadeh N, Kligman AM. The effect of topical antibacterial agents on the bacterial flora of the axilla. *J Invest Dermat* 1963; 40: 61–71.
17. Michael RP, Bonsall RW, Kutner M. Volatile fatty acids, „copulines“, in human vaginal secretions. *Psychoneuroendocrinology* 1975; 1: 153–63.
18. Jütte A. *Weibliche Pheromone – Wirkung und Rolle von synthetischen „Kopulinen“ bei der versteckten Ovulation des Menschen*. Diplomarbeit an der Universität Wien, 1995.
19. Dorfman RI. A system for evaluating the functional status of the adrenal cortex. *Metabolism* 1961; 10: 902–16.
20. Gower DB, Nixon A, Jackman PJH, Mallet AI. Transformation of steroids by axillary coryneform bacteria. *Int J Cosmetic Sci* 1986; 8: 149–58.
21. Gower DB, Holland KT, Mallet AI, Rennie PJ, Watkins WJ. Comparison of 16-androstene steroid concentrations in sterile apocrine sweat and axillary secretions: interconversions of 16-androstenes by the axillary microflora – a mechanism for axillary odour production in man? *J Steroid Biochem Molec Biol* 1994; 48: 409–18.
22. Bird S, Gower DB. Axillary androstenone, cholesterol and squalene in men: preliminary evidence for androstenone being a product of bacterial action. *J Steroid Biochem* 1982; 17: 517–22.
23. Gower DB, Bird S, Sharma P, House FR. Axillary androstenone in men and women: relationships with olfactory acuity to odorous 16-androstenes. *Experientia* 1985; 41: 1134–6.
24. Jackman PJH, Noble WC. Normal axillary skin microflora in various populations. *Clin Exp Dermatol* 1983; 8: 259–68.
25. Claus R, Hoffmann B, Karg H. *J Anim Sci* 1971; 33: 1293–7.
26. McGlone JJ, Morrow JL. Reduction of pig agonistic behavior by androstenone. *J Anim Sci* 1988; 66: 880–4.
27. Van Toller C, Kirk-Smith M, Wood N, Lombard J, Dodd GH. Skin conductance and subjective assessment associated with the odour of androstenone. *Biol Psychol* 1983; 16: 85–107.
28. Cowley JJ, Brooksbank BWL. Human exposure to putative pheromones and changes in aspects of social behaviour. *J Steroid Biochem Molec Biol* 1991; 39: 647–59.
29. Filsinger EE, Braun JJ, Monte WC, Linder DE. Human (*Homo sapiens*) responses to the pig (*Sus scrofa*) sex pheromone 5 alpha-androst-16-en-3-one. *J Comp Psychol* 1984; 98: 219–22.
30. Filsinger EE, Braun JJ, Monte WC. Sex differences in response to the odor of alpha androstenone. *Perceptual and Motor Skills* 1990; 70: 216–8.
31. Kirk-Smith M, Booth DA, Carroll D, Davies P. Human social attitudes affected by androstenol. *Res Commun Psychol Psychiat Behav* 1978; 3: 379–84.

32. Kirk-Smith M, Booth DA. Effect of androstenone on choice of location in others' presence. In: van der Starre H (ed). *Olfaction and taste*. VII. ed. IRL Press, Oxford, 1980; 397–400.
33. Gustavson AR, Dawson ME, Bennett DG. Androstenol, a putative human pheromone, affects human (*Homo sapiens*) male choice performance. *J Comp Psychol* 1987; 101: 210–2.
34. Vandenberg JG. Pheromones and mammalian reproduction. In: Knobil E, Neill JD (eds.). *Physiology of reproduction*. Raven, New York, 1988; 1679–89.
35. Savage A, Ziegler TE, Snowdon CT. Sociosexual development, pair bond formation, and mechanisms of fertility suppression in female cotton-top tamarins (*Sanguis oedipus oedipus*). *Am J Primatol* 1988; 14: 345–59.
36. Michael RP, Keverne EB. Pheromones in the communication of sexual status in primates. *Nature* 1968; 218: 746–9.
37. Melrose DR, Reed HCB, Patterson RLS. Androgen steroids associated with boar odour as an aid to the detection of oestrus in pig artificial insemination. *Brit Vet* 1971; 127: 497–501.
38. Grammer K. 5 alpha-androst-16-en-3-one: A Male Pheromone? A Brief Report. *Ethol Sociobiol* 1993; 14: 201–8.
39. McClintock MK. Menstrual synchrony and suppression. *Nature* 1971; 229: 244–5.
40. Preti G, Cutler WB, Krieger A, Huggins GR, Garcia CR, Lawley RJ. Human axillary secretions influence women menstrual cycle: the role of donor extract from women. *Hormones Behavior* 1986; 20: 463–73.
41. Cutler WB, Preti G, Krieger A, Huggins GR, Garcia CR, Lawley RJ. Human axillary secretions influence women's menstrual cycle: the role of donor extract from men. *Hormones Behavior* 1986; 20: 474–82.

**M. Atzmüller**

Geboren 1973. Studium der Zoologie und Humanbiologie an der Universität Wien. 1998 Diplomarbeit zum Thema „Der Einfluß von Androstenon auf männliches Kooperationsverhalten“. Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Ludwig-Boltzmann-Institut für Stadtethologie in Wien. Seit 1999 Doktoratsstudium der Biologie, Dissertation mit dem Schwerpunkt des Einflusses von Sexualhormonen auf männliches Verhalten.

Wissenschaftliche Schwerpunkte: Menschliche Pheromone, Einfluß von Sexualhormonen auf das menschliche Verhalten.

Korrespondenzadresse:

Mag. rer. nat. Michaela Atzmüller
Ludwig Boltzmann-Institut für Stadtethologie
c/o Institut für Humanbiologie
A-1090 Wien, Althanstraße 14
E-mail: a9103490@unet.univie.ac.at

Mitteilungen aus der Redaktion

Abo-Aktion

Wenn Sie Arzt sind, in Ausbildung zu einem ärztlichen Beruf, oder im Gesundheitsbereich tätig, haben Sie die Möglichkeit, die elektronische Ausgabe dieser Zeitschrift kostenlos zu beziehen.

Die Lieferung umfasst 4–6 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Das e-Journal steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) zur Verfügung und ist auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung kostenloses e-Journal-Abo](#)

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)