

Duftende Impressionen: Die Welt der Riech- und Duftstoffe*

Enno Logemann

Speckbacherweg 3, D-79111 Freiburg/Br.

*„Glück ist wie Blütenduft, der dir vorüberfliegt
Du ahnest dunkel Ungeheures, dem keine Worte dienen –
schließt die Augen, wirfst das Haupt zurück –
und, ach! vorüber ist‘ s.“*

Christian Morgenstern (1891-1914)

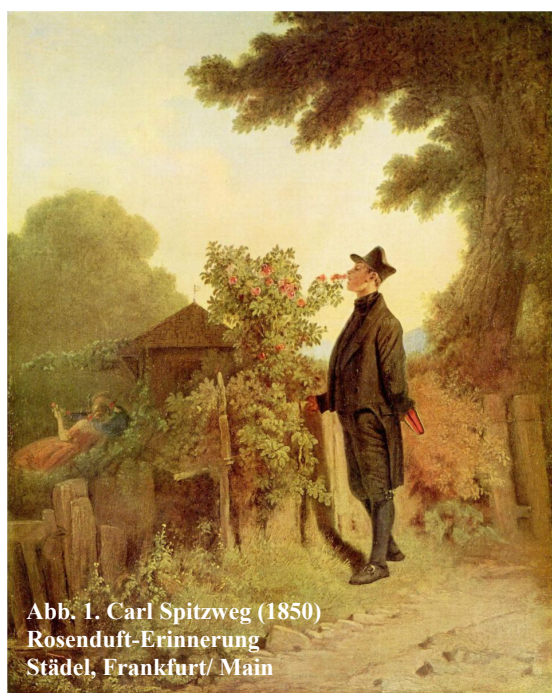


Abb. 1. Carl Spitzweg (1850)
Rosenduft-Erinnerung
Städel, Frankfurt/Main

Der menschliche Geruchssinn ist in der Lage, eine ungeheure Vielfalt von Substanzen zu erkennen und zu differenzieren [1-6]. Laut Wikipedia-Definition umfassen "Riechstoffe (Geruchstoffe) alle natürlichen und synthetischen Stoffe, die einen Geruch entwickeln, wenn sie olfaktorisch wahrgenommen werden. Dabei ist der Geruch keine Eigenschaft des Stoffes, sondern wird ihm erst durch den Riechenden zuteil. Der Begriff Duftstoff wird oft synonym gebraucht, doch ist dieser auf Riechstoffe beschränkt, die von Pflanzen oder Tieren gebildet werden..." [6]. Eine wichtige Eigenschaft von Riech- und Duftstoffen ist ihre Flüchtigkeit. Es handelt sich um relativ kleine, stark hydrophobe Moleküle, die mit der Atemluft an das im oberen Nasendach lokalisierte Riechepithel (*regio olfactoria*) herangeführt werden [1,2].

Der Geruchssinn von Tieren ist im Allgemeinen stärker ausgeprägt als der des Menschen. Bei Polizei- und Zolldienststellen werden Hunde eingesetzt, um illegale Drogen und Explosivstoffe aufzuspüren und bei Katastrophenfällen, um Verschüttete zu suchen. Speziell ausgebildete Hunde sind in der Lage, an Hand von menschlichen Atemproben bzw. des Geruchs von menschlichen Urinproben zu signalisieren, ob die betreffenden Personen an einem Tumor erkrankt sind [7]. Im Vergleich zum Menschen, der ein Riechepithel mit ca. 30 Millionen Riechsinneszellen (olfaktorische Rezeptorzellen) auf einer Fläche von ca. 2 x 5 cm² besitzt, haben Hunde ca. 220 Millionen Riechzellen auf einer Fläche von ca. 150 cm² [1,2,6]. Hunde riechen stoßweise, damit das Riechepithel nicht ermüdet.

Auch bei Insekten, Würmern, Fischen und Amphibien spielen Botenstoffe der Informationsübertragung eine große Rolle. Karlson und Lüscher prägten den Begriff Pheromon (griechisch *pherein* = Hormon) [8,9]:

"Pheromone sind Substanzen, die von einem Individuum nach außen abgegeben werden und bei einem anderen Individuum der gleichen Art spezifische Reaktionen auslösen."

Peter Karlson, Martin Lüscher (1959)

*Herrn Privatdozent Dr. Rolf Giebelmann, Greifswald, zum 80. Geburtstag gewidmet.

Das erste Insektenpheromon: Bombykol wurde von A. Butenandt (Nobelpreis 1939) aus den Abdominaldrüsen von etwa einer halben Million weiblichen Faltern isoliert und chemisch charakterisiert [10]. Im modernen Pflanzenschutz, bei der selektiven Bekämpfung von Schadinsekten spielen Pheromone eine große Rolle, da keine Gefahr der Resistenzbildung besteht. In Obstplantagen beispielsweise legt man Leimfallen aus, die mit einem Pheromon-Lockstoff versehen sind [9,10].

Man bezeichnet den Geruchssinn (wie auch den Geschmacksinn) als „chemischen Sinn“, weil (im Gegensatz zum Sehen und zum Gehör) diese Sinneseindrücke durch direkte Einwirkung sensorisch aktiver Verbindungen mit dem exogenen Rezeptorsystem Geruch (bzw. Geschmack) entstehen [1,2]. „Dank ihrer beispiellosen Lage sind Riechzellen die einzigen Nervenzellen, die das menschliche Gehirn direkt mit der Außenwelt verbinden“ [1,2]. Der Geruchssinn, auch olfaktorischer Sinn (lateinisch *olfacere* = riechen) genannt, ist sehr komplex. Wie kann der Mensch mehr als 10.000 Gerüche erkennen, sie unterscheiden und sich später noch an viele erinnern? Die Funktionsweise des Geruchsinns auf molekularbiologischer Basis war lange ein Mysterium naturwissenschaftlicher Forschung. Das große Geheimnis wurde gelüftet durch die Entdeckung einer Erbgutfamilie bestehend aus etwa 1000 Riech-Genen Anfang der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts. Der Molekularbiologe Richard Axel und seine ehemalige Postdoktorandin Linda Buck wurden für ihre Forschungsergebnisse auf diesem Gebiet im Jahr 2004 mit dem Medizin-Nobelpreis ausgezeichnet [1,2,11-13].

Die Entdeckung einer Vielzahl von Riech-Genen zeigt die enorme Bedeutung des Geruchsinns auch für den Menschen [1,2]. Auf fast allen Chromosomen des Menschen finden sich Bereiche mit Duftstoffrezeptor-Genen [12]. Die Frage: „Wie kann nun eine begrenzte Anzahl von ca. 1000 Rezeptoren ein Vielfaches, nämlich mehr als 10.000, ja sogar 1 Billion verschiedene Düfte identifizieren?“ wurde durch die Forschungsarbeit von Linda Buck im Jahr 1999 dadurch gelöst, dass die Sensoren der Nase sich wie Buchstaben eines Alphabets verhalten. Sie können in verschiedenen Kombinationen „Wörter bilden“ und somit verschiedene Düfte decodieren, d. h. entschlüsseln [14,14a].

Duftstoffe, Riechstoffe

Die Geschichte der Duftstoffe ist so alt wie die menschliche Kultur. In der Bibel werden zahlreiche orientalische Düfte und Räucherharze erwähnt: Weihrauch (lat. *Olibanum*), Myrrhe (lat. *Myrrha*), Stakte (hebräisch: *nataph* = ein Tropfen; wahrscheinlich handelt es sich um das Harz des Styraxbaumes *Styrax officinalis*), das Wurzelöl der Narde (*Nardostachys jatamansi*), Galbanum (eingetrockneter Milchsafte der persischen Pflanze *Ferula erubescens*), Aloe, Zedernholz... Myrrhe und Weihrauch benutzten schon die alten Ägypter bei der kultischen Einbalsamierung ihrer Toten. In Gräbern ägyptischer Mumien fand man Duftbehälter und Salbentöpfe [2]. Aus archäologischen Funden wissen wir, dass bereits in der Steinzeit wohlriechende Harze und Hölzer verbrannt wurden, vermutlich um bei sakralen Handlungen das Wohlgefallen der Götter zu erreichen [1,2,4]. Auch hat man bei archäologischen Grabungen in Persien Gefäße gefunden, die darauf schließen lassen, dass bereits im 3. Jahrtausend v. u. Z. die Technik der Destillation zur Gewinnung von Duftstoffen prinzipiell bekannt war [4]. Das Zweistromland zwischen Euphrat und Tigris gilt als eines der Ursprungsländer der Parfümherstellung (Parfum; lat. *per fumum* = durch den Rauch) [2]. Die Duftstoffe des indischen und fernöstlichen Kulturraumes sind so vielfältig, dass ihre Aufzählung den Rahmen dieser Abhandlung weit übersteigen würde. An dieser Stelle sei nur erwähnt, dass Weihrauch in der indischen Ayurvedamedizin bereits seit ca. 5000 Jahren volksheilkundlich verwendet wird [15]. Die wichtigsten ätherischen Öle und chinesischen Duftpflanzen sind in der Monographie von Roth und Kormann aufgelistet [4].

Bei allen Kulturen des Altertums waren die Grenzen zwischen Religion und Medizin fließend. Auch im Mittelalter wurden die Fortschritte der Heilkunde wesentlich von Nonnen und Mönchen geprägt. Benedikt von Nursia (um 480-547) schrieb in seinen Ordensregeln (Regula Benedicti), dass die Fürsorge um die Kranken über allem stehen muss. Bei der Entwicklung der Heilkunde im Mittelalter spielten Klostergärten eine große Rolle. Viele Duftpflanzen sind gleichzeitig auch Heilpflanzen. Das älteste im deutschsprachigen Raum erhaltene Buch der Klostermedizin, das "Lorscher Arzneibuch" ist um das Jahr 795 entstanden. Es wird heute in der Staatsbibliothek Bamberg verwahrt und gehört seit Juni 2013 zum UNESCO Weltkulturerbe [16].

Die mittelalterliche Klostermedizin und die Klostergärten haben in der Geschichte der Medizin, der Pharmazie und der Duftstoffgewinnung eine große Bedeutung, weil die Mönche die Herstellung von hochprozentigem Alkohol (im Prinzip bereits im Altertum bekannt) perfektionierten und die Technik beherrschten, fettlösliche Wirkstoffe aus pflanzlichen Drogen anzureichern. Alkoholische Tinkturen sind oft stärker wirksam als entsprechende wässrige Teezubereitungen. Die Methode der Alkoholextraktion von Pflanzen ist heutzutage noch ein wichtiges Verfahren zur Gewinnung von Phytopharmaka und Duftstoffen. Anstelle von Alkohol werden als Extraktionsmittel u. a. auch Isopropanol, aliphatische Kohlenwasserstoffe (z. B. Butan) und halogenierte Kohlenwasserstoffe verwendet. Ein besonders schonendes, umweltverträgliches Verfahren stellt die Hochdruckextraktion mit überkritischem Kohlendioxid als Solvens dar.

Als weitere Methoden zur Duftstoffgewinnung aus Pflanzenmaterialien sind zu nennen:

- a) Die direkte Pressung, ein einfaches Verfahren, das insbesondere zur Gewinnung von ätherischen Ölen aus Schalen von Zitrusfrüchten angewendet wird. Das Verfahren gilt als schonend, da die ätherischen Öle keiner Hitzeeinwirkung ausgesetzt sind.
- b) Die Wasserdampfdestillation, bei der die ätherischen Öle in einer geschlossenen Apparatur durch Einleiten von Wasserdampf aus den Pflanzenteilen herausgetrieben werden und dann nach Kühlung als Kondensat aufgefangen werden.
- c) Die Enfleurage, bei der die Duftstoffe mit hochreinem, insbesondere geruchsfreiem Fett aus den Pflanzenteilen herausgelöst werden. Es handelt sich um eine der ältesten Methoden (mehr als 2000 Jahre alt) der Duftstoffgewinnung. Man unterscheidet zwischen der „enfleurage à froid“, einer Fettextraktion bei Raumtemperatur und einer „enfleurage à chaud“, auch Mazeration genannt, bei der die Pflanzenteile mit heißem Tierfett extrahiert werden [17]. Anmerkung: Nach der Definition von Roth und Kormann [4] handelt es sich bei dem Verfahren der Mazeration um einen Auszug duftender Pflanzensubstanzen mittels fetter Öle bei Raumtemperatur. Findet der gleiche Vorgang bei 50-70⁰C statt, spricht man von einer Infusion (z. B. Pomadenherstellung).

Die Isolierung von Duftstoffen aus Pflanzenmaterialien ist naturgemäß oft wenig ergiebig, aufwändig und deshalb kostspielig. Etwa seit Mitte des 19. Jh. haben Chemiker große Anstrengungen unternommen, nicht nur einen der vielen Naturdüfte nachzuahmen, sondern auch neue chemische Verbindungen mit völlig neuen Phantasiegerüchen zu synthetisieren und "einfach durch Riechen" neue Struktur-Wirkungsbeziehungen zu erforschen [5]. Dem Schöpfer von "Chanel N°5", Ernest Beaux, wird 1952 folgendes Zitat zugeschrieben:

"Wir müssen auf die Chemiker zählen, neue Substanzen zu finden, wenn wir wirklich neue und originelle Noten kreieren wollen. Ja, die Zukunft der Parfümerie liegt tatsächlich in den Händen der Chemie." (zitiert in [5]).

Das Parfum "Chanel N°5", im Jahr 1921 lanciert, gilt als der erfolgreichste Damenduft aller Zeiten und ist auch heute noch weltweit unter den Top 10 der meistverkauften Parfums auf

den vordersten Plätzen vertreten [18]. Das Parfum soll ursprünglich aus 31 Parfum-Rohstoffen (Basen nicht aufgeschlüsselt) bestanden haben. Die Urformel wurde im Laufe der Jahre mehrfach geändert und den Marktanforderungen angepasst. In Frauenzeitschriften wurde immer wieder von 80 oder gar 250 Bestandteilen berichtet [18].

Die chemische Analyse eines handelsüblichen Parfüms, d. h. die chemische Strukturaufklärung aller in ihm enthaltenen Bestandteile ist erwartungsgemäß nur mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden. Ein Chemiestudent lernt bereits während seines Studiums, dass im Gegensatz zur anorganischen Analyse, bei der im Trennungsgang nur relativ wenige Schwermetallionen aufgetrennt werden müssen, bei den organischen Analysen eine erheblich größere Anzahl an chemischen Verbindungen (theoretisch mehrere Millionen) zur Auswahl steht [19]. Zur sicheren Identifizierung bedarf es deshalb hochauflösender Analysemethoden, insbesondere gaschromatographische, hochdruck-flüssigchromatographische Methoden mit massenspektrometrischer Detektion, spektroskopische und Kernresonanz-spektrometrische Analyseverfahren. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass isomere Riechstoffe, d. h. Verbindungen mit gleicher Molmasse und verschiedener chemischer Struktur, unterschiedliche Geruchsempfindungen auslösen können. Auf die große Vielfalt der bekannten Riech- und Duftstoffe kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Es sei auf die eingangs erwähnten Reviews verwiesen [1-6].

Das Maiglöckchen Phänomen

Das heimische Maiglöckchen, *Convallaria majalis* (lat. *convallis* = Talkessel; *majus* = Mai), eine ausdauernde krautige Pflanze mit Wuchshöhen von ca. 10 bis 30 cm, weißen glockenartigen Blüten und erbsengroßen Beeren, wurde zur Giftpflanze des Jahres 2014 auserkoren [20,21]. Alle Pflanzenteile sind giftig, da sie herzaktive Glykoside enthalten [20]. Bereits bei direktem äußerlichen Kontakt mit der Pflanze können Haut- und Augenreizungen auftreten. Die Blüten des Maiglöckchens verströmen einen intensiv süßlichen, blumigen Duft. Maiglöckchen sind als Brautstrauß sehr beliebt. Der 1. Mai ist in Paris unter anderem der Tag des Maiglöckchens („la journee du muguet“). Am 1. Mai 1561 erhielt König Charles IX einen Strauß Maiglöckchen als Glücksbringer und Frühlingsbote geschenkt. Da entschied er, seinen Hofdamen von nun an jedes Jahr einen Strauß Maiglöckchen zu schenken [22].

In der christlichen Kunst des Mittelalters wurden Maiglöckchen mit ihren weißen, glockenartigen Blüten als sog. Marienblumen abgebildet und waren Symbol für keusche Liebe, Demut und Bescheidenheit. Das Maiglöckchen findet sich auch auf Ärztebildnissen und Wappen.



So hält Nikolaus Kopernikus (1473-1543), der in Padua Medizin studierte, auf einem Bild von Tobias Stimmer (1534-1584) ein Maiglöckchen in der linken Hand und demonstriert hiermit seine Zugehörigkeit zum Ärztestand. Das Bild hängt im Straßburger Münster neben der bekannten astronomischen

Uhr aus dem 16. Jh. [21,23]. Es fand Eingang in die, anlässlich des 500. Geburtstages von Kopernikus herausgegebene, oben gezeigte Briefmarke.

Abb. 2. Nikolaus Kopernikus mit Maiglöckchen auf einer alten Briefmarke.

Als Hauptwirkstoff des Maiglöckchen-Duftes wurde der aromatische Aldehyd Bourgeonal (3-(4-tert-Butylphenyl)-propanal) identifiziert. Nach Literaturangaben ist Bourgeonal der (einzige?) Riechstoff, für den Männer (im Mittel) empfindlicher sind als Frauen [24]. In einer *in vitro* Studie wurde gezeigt, dass Bourgeonal als Lockstoff für menschliche Spermien wirkt, indem es in den Kalziumhaushalt der Spermien eingreift [25]. Dieser Effekt wird als „Maiglöckchen-Phänomen“ bezeichnet. [26]. Nach neuen Studien Bonner Wissenschaftler in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich handelt es sich jedoch bei dem Maiglöckchen-Phänomen um ein Labor-Artefakt: einen Riech Signalweg gibt es bei Spermien offenbar nicht [27].

Ein synthetischer Duftstoff, der dem Duft des Maiglöckchens nahe kommt, kann in einer Diels-Alder-Reaktion aus Myrcenol mit Acrolein synthetisiert werden. Bei dieser Reaktion entstehen zwei Isomere des Hydroxymethylpentylcyclohexencarboxaldehyds, die unter der Kurzbezeichnung Lyrals[®] in zahlreichen Cremes, Shampoos, Seifen, Eau-de-Toilette-Produkten, Rasierwässern und Deodorants enthalten sind [28-30]. Lyrals[®] ist einer der am weitesten verbreiteten Riechstoffe in der Kosmetikbranche. Leider kann dieser wohlriechende Riechstoff - wie auch einige andere Duftstoffe - bei vielen Menschen Nebenwirkungen in Form einer ausgedehnten Kontaktdermatitis auslösen. Das Umweltbundesamt und die zuständige EU-Kommission warnen deshalb Allergiker vor der Anwendung von Kosmetika, die Lyrals[®] und andere Duftstoffe mit allergener Wirkung enthalten.

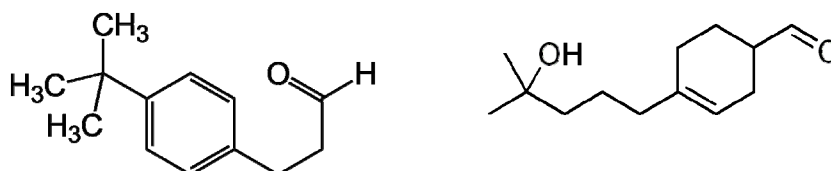


Abb. 3. Strukturformeln von Bourgeonal, links aus [24] und Lyrals[®], rechts aus [28].

Die Internationale INCI-Nomenklatur

Seit dem Jahr 1997 ist in der Europäischen Union die Angabe der Inhaltsstoffe von Kosmetika gesetzlich vorgeschrieben: International Nomenclature of Cosmetic Ingredients INCI [31]. Man beachte, dass diese Liste keinen Anspruch auf die Auflistung aller erlaubten Inhaltsstoffe erhebt, und dass das Fehlen eines Eintrags kein Hinweis auf die Unzulässigkeit dieses Stoffes bedeutet [31]. Im US-amerikanischen Raum wird eine ähnliche Nomenklatur verwendet, die sich in Einzelheiten unterscheidet [31]. Mit der deutschen Bundesrechtsverordnung „Verordnung über kosmetische Mittel“ vom 16.12.1977 (BGBl I S. 2589; Art. 1 ÄndVO vom 21.12.2012, BGBl 2013 I S. 2) wurde die EG-Verordnung in deutsches Recht umgesetzt [31-33]. Die Kosmetik-Verordnung enthält in den Anlagen eine umfangreiche Listung von Stoffen, die für die Herstellung oder Behandlung von kosmetischen Mitteln verboten sind (Anlage 1), in der Anlage 2 Stoffe, die mit Einschränkungen zugelassen sind, in der Anlage 3 zugelassene Farbstoffe mit Höchstmengen und Verwendungsbeschränkungen, in der Anlage 6 die zugelassenen Konservierungsstoffe und in der Anlage 7 die zugelassenen UV-Filter. Die Inhaltsstoffe „Ingredients“ jedes kosmetischen Präparates werden in der Regel auf der äußeren Verpackung und/oder auf dem Behältnis, ggf. auf einem Beipackzettel angegeben. Inhaltsstoffe mit über 1% des Inhalts, werden nach Gewichtsteil in abnehmender Reihenfolge gelistet. Bei geringerer Konzentration und bei Farbstoffen muss diese Reihenfolge nicht eingehalten werden. Farbstoffe werden in der Regel mit der Colour-Index-Nummer aufgeführt, pflanzliche Inhaltsstoffe mit dem lateinischen Namen (nach Linné). Riechstoffe heißen im Allgemeinen „Parfum“, Aromastoffe „Aroma“.

Die INCI-Nomenklatur ist kein Qualitätssiegel. Ihre Angaben sind auch nicht immer eindeutig. Die INCI-Kennzeichnung soll nur Transparenz und Klarheit schaffen. Insbesondere listet die Verordnung über kosmetische Mittel Stoffe auf, die allgemein verboten bzw. nur eingeschränkt zugelassen sind. Weiterhin kann nach § 5a der Kosmetik-Verordnung zum Schutz der Rezeptur anstelle eines Bestandteils eine Registriernummer angegeben werden, wenn diese auf Antrag von der zuständigen Behörde eines Mitgliedsstaates der Europäischen Union aus Gründen der Vertraulichkeit zugeteilt worden ist [31]. In der INCI-Liste sind für Parfüms 26 potentiell allergene Riechstoffe namentlich aufgeführt. Allergiker können somit anhand dieser Liste erfahren, ob unter den dort aufgezählten Verbindungen auch Stoffe verzeichnet sind, die für sie besondere Gesundheitsgefahren bedeuten (Tab. 1).

Tab. 1. Allergene Duftstoffe nach INCI [31].

Alpha-Isomethyl Ionone	Coumarin (Cumarin)
Amyl Cinnamal	Eugenol
Amylcinnamyl Alcohol	Evernia Prunastri Extract (Eichenmoosextrakt)
Anise Alcohol (Anisalkohol)	Evernia Fufuracea Extract (Baummoosextrakt, "mousse d'arbre")
Benzyl Alcohol (Phenylmethanol)	Farnesol
Benzyl Benzoate	Geraniol
Benzyl Cinnamate	Hexyl Cinnamal
Benzyl Salicylate	Hydroxycitronellal
(Salicylsäurebenzylester)	
Butylphenyl Methylpropional	Hydroxyisohexyl 3-Cyclohexene-Carboxaldehyde (Lyrall [®])
Cinnamal (Zimtaldehyd)	Isoeugenol
Cinnamyl Alcohol (Zimtalkohol)	Limonen
Citral	Linalool
Citronellol	Methyl 2 Octynoate

Ausblick

Nicht alle gasförmigen Stoffe sind an ihrem Geruch erkennbar. So sind z. B. Stickstoff, Sauerstoff, die Edelgase, Kohlendioxid und das toxische Kohlenmonoxid geruchlos. Manche flüchtigen Substanzen können auch einen recht unangenehmen Geruch verbreiten. Dieser üble Geruch, Gestank, warnt den Menschen vor Gefahren, beispielsweise vor einem verdorbenen Essen, vor Leichenfäulnis, vor toxischen Brandgasen... Das unangenehm riechende biogene Amin Putrescin (lat. *putrescere* = faulen; chemische Formel: 1,4-Diaminobutan) entsteht durch Decarboxylierung der Aminosäure Ornithin. Das ebenfalls bei der Eiweißzersetzung durch Decarboxylierung der Aminosäure Lysin entstehende Cadaverin (chemische Formel: 1,5-Diaminopentan) leitet seinen Namen von dem lateinischen Wort *cadaver* = Leiche ab.

Ein Sprichwort besagt „*Ein Fisch fängt am Kopf an zu stinken*“. Auch bei der chemischen Verbindung Skatol (griechisch = Kot, Mist), Abbauprodukt der Aminosäure L-Tryptophan handelt es sich um eine übelriechende Verbindung. Skatol kommt im menschlichen und tierischen Kot vor, findet sich aber auch als Bestandteil des Blütenduftes vieler Pflanzen [34]. Skatol kann vom Menschen noch in einer Verdünnung von einem Milligramm in 250.000 Kubikmetern Luft am Geruch erkannt werden [34]. Interessanterweise wird Skatol in Spuren (!) auch in der Parfümerie verwendet [34].

Zum Thema: Liebe, Tod, Geruch und Parfum veröffentlichte Patrick Süskind im Jahr 1985 einen Kriminalroman mit dem Titel "Das Parfum – Die Geschichte eines Mörders", der zum Bestseller und im Jahr 2006 verfilmt wurde [35,36]. Der historische Roman spielt in Frankreich im 18. Jh. Die Hauptfigur Jean-Baptiste Grenouille hat, obwohl er keinen eigenen Körpergeruch besitzt, ein außergewöhnliches Geruchsempfinden. Er lernt bei einem Parfü-

meur verschiedene Techniken zur Herstellung von Düften, möchte das ultimative, perfekte Parfum, einen menschenähnlichen Duft herstellen, weil er Akzeptanz und Liebe in der menschlichen Gesellschaft sucht und wird dadurch zum Mörder... [35,36].

Das folgende Beispiel soll zeigen, dass ein Riechstoff, der in niedriger Konzentration eine durchaus angenehme Duftwirkung verbreitet, in höherer Konzentration eine unangenehme Geruchsbelästigung entfalten kann: In der Nacht zum 11. Juni 2013 wurden bei einem Betriebsunfall einer Firma in Neuss 4 kg des Wirkstoffs Sotolon über einen 120 m hohen Schornstein freigesetzt [37]. Als Folge davon wurde in den Großstädten Köln und Düsseldorf ein intensiver Geruch nach „Maggi“ wahrgenommen („Maggikalyse“). Es waren demnach mehrere hunderttausend Menschen unfreiwillig einer Geruchsbelästigung ausgesetzt. Bei Sotolon handelt es sich um einen niedermolekularen Aromastoff (3-Hydroxy-4,5-dimethylfuran-2-(5H)-on), der in höherer Konzentration recht intensiv nach Liebstöckel (*Levisticum officinale*) oder Bockshornklee (*Trigonella foenum-graecum*) riecht [37].

Abgesehen von solchen – glücklicherweise recht seltenen – Unfällen werden wir täglich mit zahlreichen Riech- und Duftstoffen konfrontiert. Sie sollen in Parfüms, Kosmetika, Seifen, Haushaltsmitteln und Waschmitteln einen angenehmen Geruch verbreiten, in technischen Produkten den oft unangenehmen Eigengeruch überlagern, und bei vielen Produkten des täglichen Lebens einen charakteristischen Eigengeruch evozieren. Ein Leben ohne Riechstoffe ist in unserer heutigen „zivilisierten“ Welt nicht denkbar. Für das Jahr 2006 wurde der weltweite Umsatz an Riech- und Aromastoffen auf ca. 18 Mrd. US-Dollar geschätzt [6]. Man kann vermuten, dass diese Zahl sich inzwischen noch weiter erhöht hat.

Wir leben in einer Zeit des Klimawandels. Die durchschnittliche Temperatur auf der Erde hat sich im Laufe der letzten Jahrzehnte erhöht und wird voraussichtlich in naher Zukunft noch weiter steigen („global warming“). Da Riech- und Duftstoffe als niedermolekulare Substanzen eine hohe Flüchtigkeit besitzen, ist zu erwarten, dass sich ihre Konzentration in der Atmosphäre zukünftig erhöhen wird. Es sei angemerkt, dass zwei Wissenschaftler der Universitäten Bonn und Hannover sich bereits Gedanken über den Einfluss der globalen Klimaerwärmung auf das Bier gemacht haben. Sie haben über die Ergebnisse ihrer Überlegungen in einer - nicht ganz ernst zu nehmenden - Publikation berichtet [38].

Am verführerischsten wirkt immer noch der Duft frisch gedruckter Tausender.
(Kalenderspruch; <https://www.aphorismen.de>)

Literatur

- [1] Ohloff G. Pickenhagen W. Kraft P. Scent and Chemistry, The Molecular World of Odors, Verlag Helvetica Chimica Acta, Wiley-VCH, Zürich (2012).
- [2] Ohloff G. Düfte, Signale der Gefühlswelt, Verlag Helvetica Chimica Acta, Zürich (2004).
- [3] Janistyn H. Handbuch der Kosmetika und Riechstoffe. Band 1, Die kosmetischen Grundstoffe, 3. Aufl. (1978); Band 2, Die Parfümerie in der Kosmetik, 2.Aufl. (1969); Band 3, Die Körperpflegemittel, 2. Aufl. (1973), Dr. A. Hüthig Verlag, Heidelberg .
- [4] Roth L. Kormann K. Duftpflanzen, Pflanzendüfte; Ätherische Öle und Riechstoffe. ecomed, Landsberg (1996).
- [5] Kraft P. Bajgrowicz JA Denis C. Fräter G. Allerlei Trends: die neuesten Entwicklungen in der Riechstoffchemie. Angew. Chemie 112: 3106-3138 (2000).
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Riechstoff>; <http://de.wikipedia.org/wiki/Riechschleimhaut>
- [7] Willis CM Church SM Guest CM Cook WA McCarthy N. Bransbury AJ Church MRT Church JCT Olfactory detection of human bladder cancer by dogs: proof of principle study. BMJ 329, 712 (2004). <http://www.bmj.com/content/329/7468/712>
- [8] Karlson P. Lüscher M. “ Pheromones”: a New Term for a Class of Biologically Active Substances. Nature 183, 55-56 (1959).

- [9] Bestmann HJ Vostrowsky O. Chemische Informationssysteme der Natur: Insektenpheromone. *Chemie in unserer Zeit* 27, 123-133 (1993).
- [10] Butenandt A. Hecker E. Synthese des Bombykols, des Sexual-Lockstoffes des Seidenspinners, und seiner geometrischen Isomeren. *Angew. Chemie* 73, 349-353 (1961).
- [11] Buck L. Axel R. A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell* 65, 175-187 (1991).
- [12] Buck LB Unraveling The Sense Of Smell, Nobel Lecture, Dec. 8, 2004 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2004/buck-lecture.pdf
- [13] Axel R. Scents and Sensibility: A Molecular Logic Of Olfactory Perception. Nobel Lecture, Dec.8,2004. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2004/axel-lecture.pdf
- [14] Cromie WJ Researchers Sniff Out Secrets Of Smell. *The Harvard University Gazette*, (April 8, 1999). <http://www.news.harvard.edu/gazette/1999/04.08/smell.html>
- [14a] Bushdid C, Magnasco MO, Vosshall LB, Keller A. Humans can discriminate more than 1 Trillion olfactory stimuli. *Science* vol. 343 no. 6177 pp.1370-1372 (2014).
- [15] <http://www.de.wikipedia.org/wiki/Weihrauch>
- [16] Faksimile: *Das Lorscher Arzneibuch*, G. Keil (Hrsg), Wiss. Verlagsgesellschaft Stuttgart (1989).
- [17] http://www.planet-wissen.de/alltag_gesundheit/duefte/parfum/index.jsp
- [18] http://de.wikipedia.org/wiki/Chanel_N°_5
- [19] Staudinger H. Kern W. *Anleitung zur organischen qualitativen Analyse*, 5. Aufl., Springer, Berlin (1948).
- [20] Roth L. Daunderer M. Kormann K. *Giftpflanzen Pflanzengifte*, 4.Aufl. Nikol, Hamburg (1994).
- [21] <http://de.wikipedia.org/wiki/Maigl%C3%B6ckchen>
- [22] <http://www.linternaute.com/actualite/societe-france/1er-mai-les-origines-de-la-fete-du-muguet-et-du-travail.shtml>
- [23] <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/903149>
- [24] <http://de.wikipedia.org/wiki/Bourgeonal>
- [25] Spehr M. Gisselmann G. Poplawski A. Riffell JA et al. Identification of a Testicular Odorant Receptor Mediating Human Sperm Chemotaxis. *Science* 299 Nr. 5615, 2054-2058 (2003).
- [26] Hatt H. Dee R. *Das Maiglöckchen-Phänomen. Alles über das Riechen und wie es unser Leben bestimmt*. Piper, München (2008).
- [27] Presseinformation der Max-Planck Gesellschaft vom 24. Febr. 2012: Das Ende des „Maiglöckchen-Phänomens“ in der Spermienforschung? Spermien können keine Düfte riechen (und dort zit. *EMBO J. Online-Publikation* vom 21. Februar 2012; doi:10.1038/emboj.2012.30); http://www.mpg.de/5046501/lockstoff_spermien
- [28] <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroxymethylpentylcyclohexenecarboxaldehyde>
- [29] <http://www.chemikalienlexikon.de/aroinfo/lyral.htm>
- [30] DFG: *Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe MAK*; 39. Lieferung, Wiley (2004). <http://online.library.wiley.com/doi/10.1002/3527600418.mb3190604d0039/pdf>
- [31] Offizielle INCI-Liste der EU. siehe auch: http://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Nomenklatur_f%C3%BCr_kosmetische_In...
- [32] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: *Verordnung über kosmetische Mittel* <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/kosmetikv/gesamt.pdf>
- [33] Reinhart A. *Praxishandbuch Kosmetische Mittel; Stoffe-Sicherheit-Kennzeichnung-Wirkung*; aktual. Loseblattwerk, Behr's Verlag Hamburg ISBN: 978-3-89947-662-0
- [34] <http://de.wikipedia.org/wiki/Skatol>
- [35] Süskind P. *Das Parfum – Die Geschichte eines Mörders*. Diogenes, Zürich (1985).
- [36] http://de.wikipedia.org/wiki/Das_Parfum
- [37] <http://de.wikipedia.org/wiki/Sotolon>
- [38] Hoffmann H. Zutz K. Climate-Change-Driven Beer Warming: Threats and Opportunities. *The Journal of Irreproducible Results* 52 (2), 26-27 (December 2013).