

# Immer der Nase nach – Die Duftspuren der Pilze

HANS HALBWACHS, JOSEF SIMMEL

HALBWACHS H, SIMMEL J (2022) Just follow your nose – the scent marks of fungi. *Zeitschrift für Mykologie* 88(2):293-307.

**Short title:** The scent marks of fungi

**Abstract:** Like almost all living beings, fungi produce many diverse odours, often rather conspicuous ones. Consequently, fungal odours serve as an identifying character. However, relevant information in the literature is often ambiguous. Moreover, not all mycologists or mushroomers are able to correctly classify fungal odours because odour perception is strongly affected by the social context.

The ecological functions of the scents are exceedingly diverse. They serve in the intra- and interspecific communication, which can take a cooperative or an antagonistic role. Especially the function of fragrance combinations (“bouquets”) is often unclear. This question and, in addition, the issue of guild-specific odour characteristics deserve further clarification, above all with molecular methods.

**Keywords:** identification characteristic, secondary metabolism, fungal odours, aposematism, ecology, attractants, repellents, host communication, hyphal development, odour wheel

**Zusammenfassung:** Wie fast alle Lebewesen erzeugen auch Pilze mannigfache Geruchsstoffe, die teilweise sehr auffällig sind. Deshalb werden solche Gerüche als Bestimmungsmerkmal herangezogen. Allerdings sind diesbezügliche Literaturangaben häufig nicht ausreichend eindeutig. Zudem können nicht alle Mykologen oder Pilzsammler Pilzgerüche sicher einordnen, weil die Wahrnehmung von Gerüchen stark vom sozialen Umfeld beeinflusst wird.

Die ökologischen Funktionen der Duftstoffe sind außerordentlich vielfältig. Sie dienen der inner- und zwischenartlichen Kommunikation, die kooperativen oder antagonistischen Charakter haben kann. Insbesondere die Rolle von Duftkombinationen („Bouquets“) ist häufig unklar. Für diese Frage und bei der Analyse gildenspezifischer Geruchscharakteristika sind weitere Forschungsanstrengungen erforderlich, vor allem mit molekularen Methoden.

**Stichwörter:** Bestimmungsmerkmal, Sekundärmetabolismus, Pilzgerüche, Aposematismus, Ökologie, Lockstoffe, Abschreckung, Wirt-Kommunikation, Hyphenentwicklung, Duftträd

## Duftmarken

Nahezu alle Lebewesen erzeugen Duftstoffe. Tiere benutzen sie, um ihr Territorium zu markieren (JOHNSON 1973), Paarungsbereitschaft zu signalisieren (BLAUSTEIN 1981), Gruppenzugehörigkeit zu bestätigen und Fressfeinde abzuschrecken (PARSONS et al. 2018). Viele Pflanzen sondern Duftstoffe ab, um Herbivore abzuwehren oder Bestäuber anzulocken (PIECHULLA & POTT 2003). Die Duftstoffe sind meist Produkte des

---

**Anschriften der Autoren:** Hans Halbwachs, Danziger Str. 20, 63916 Amorbach, E-Mail: hans.waxcap@online.de (korrespondierender Autor); Josef Simmel, Abteilung Biowissenschaften Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe, Erbprinzenstraße 13, 76133 Karlsruhe, josef.simmel@smnk.de

sekundären Metabolismus. Es sind überwiegend flüchtige organische Verbindungen (Englisch: volatile organic compounds, kurz VOC) mit hoher Diversität (KESSELMEIER & STAUDT 1999). Besonders Blütenpflanzen produzieren meist nicht einzelne Verbindungen, sondern veritable Aromabouquets (KESSLER et al. 2008).

Die teilweise komplexen Düfte von Pilzen, z. B. Trüffeln, sind ebenfalls das Resultat einer Kombination von flüchtigen Verbindungen (VOLBRACHT 2020). Trüffeln enthalten mehr als 100 VOCs (BENNETT et al. 2012). Menschen können potenziell 10.000 unterschiedliche Gerüche unterscheiden, nehmen sie aber in unterschiedlicher Weise wahr. FLAMMER (2008) testete blind 20 Männer und Frauen mit sechs verschiedenen flüchtigen organischen Verbindungen, die aus Pilzen isoliert wurden. Das Ergebnis war desillusionierend. Zum Beispiel wurde 1-Octen-3-ol, der typische Steinpilzgeruch, nicht nur als pilzig eingeordnet, sondern u. a. auch wie nasses Holz, Hering, Rettich oder sogar wie Putzmittel riechend. Nur bei Benzaldehyd (Bittermandel) und Anisaldehyd (Anis) war man sich überwiegend einig. Geruch scheint also eine häufig subjektive Sinneswahrnehmung zu sein. Nicht nur, dass Gerüche unterschiedlich interpretiert werden, fast 6 % der Menschen haben Riechdefizite, können also einige Gerüche nicht wahrnehmen. Bei den über Sechzigjährigen sind es sogar 16 % (ROUBY et al. 2011). Mit zunehmendem Alter nimmt die Geruchsfähigkeit weiter ab, besonders bei Männern (DORY et al. 1991). Was das alles für die Pilzbestimmung bedeutet, beleuchten wir im folgenden Abschnitt.

Bei der Pilzbestimmung sind Gerüche nicht selten essentielle Erkennungsmerkmale der Arten. Im Zuge dieser wissenschaftlichen Beschäftigung mit Pilzen (und anderen Organismen) nehmen wir Gerüche wahr – allerdings gibt es dabei eine große Variabilität, denn die Einstufung etwa in „gute“ und „schlechte“ Gerüche hängt auch stark vom sozio-kulturellen Milieu ab, in dem man aufgewachsen ist und erzogen wurde (z. B. KARLSHØJ et al. 2007). Dasselbe gilt für die Verbalisierung von Gerüchen und entsprechend schwierig kann es sein, selbst wahrgenommene Gerüche so zu beschreiben, dass andere auch genau denselben Duft meinen (EBERLE 2001). Gesellschaft, Kultur und Herkunft haben einen ausgeprägten Einfluss darauf, wie wir Gerüche wahrnehmen, einordnen und benennen. Umgekehrt haben Gerüche auch einen Einfluss auf unser individuelles und soziales Verhalten und selbst unser Gedächtnis lässt sich durch das Einwirken bestimmter Gerüche modulieren (BARON 1981; MORRIN & RATNESHWAR 2000; ZEMKE & SHOEMAKER 2007; TSING 2018). In der organismischen Forschung setzte schon früh das Interesse an den individuellen Gerüchen der Arten ein, vgl. etwa RITTER VON JOSCH (1865) oder BADCOCK (1939). In der heutigen Forschung geht dies bis hin zum „Volatilome“, also der Gesamtheit der VOCs einer Art, die deren spezifischen Geruch ausmachen (z. B. RÜHL et al. 2018).

## Mykologische Duftspuren

Es gibt kaum eine Artbeschreibung bei Großpilzen, die keine Aussage über Geruchseigenschaften macht. Viele Arten haben charakteristische und deutliche Gerüche, z. B. Anis (u. a. *Agaricus arvensis* > Anis-Champignon) oder Knoblauch (u. a. *Hygrocybe*

*helobia* > Knoblauchsaftling). Gerüche schlagen sich nicht nur in deutschen Artbezeichnungen nieder, sondern auch häufig in wissenschaftlichen Namen (Tab. 1).

**Tabelle 1:** Einige wissenschaftliche Namen, die von ihren Gerüchen abgeleitet sind (aus GENAUST 2005)

Epiphet	Bedeutung
<i>alliaceus</i>	Allium (lat.) = Lauch
<i>brassicolens</i>	Brassica (lat.) = Kohl
<i>cucumis</i>	Cucumis (lat.) = Gurke
<i>farinaceus</i>	Farina (lat.) = Mehl
<i>foetens</i>	Foetens (lat.) = stinkend
<i>glyciosmus</i>	Glykia (gr.) = süß
<i>odorata, odora, odorifer etc.</i>	Odor (lat.) = Geruch
<i>pelargonium</i>	Pelargos (gr.) = Storch > Storchschnabelgewächse
<i>pyriodora</i>	Pirum (lat.), pyros (gr.) = Birne
<i>russocoriaceus</i>	Corium (lat.) = Leder
<i>saponaceum</i>	Sapuni (gr.) = Seife
<i>scorodoniis</i>	Scordo (gr.) = Knoblauch
<i>traganus</i>	Tragus (lat.) = Bocksgestank

Wie trügerisch Gerüche als Identifikationsmerkmal sind, lässt sich u. a. aus den bereits erwähnten menschlichen Riechdefiziten ableiten. Hinzu kommen sechs Aspekte. (i) Viele Autoren haben ihre subjektiven Geruchseindrücke nicht verifiziert, sodass in Bestimmungsbüchern regelmäßig Einträge zu lesen sind, die auf den Erstautor zurückgehen, gerade bei seltenen Pilzen möglicherweise eine Falle. (ii) Pilzgerüche variieren mit dem Alter des Fruchtkörpers (CORNISH 2020) und mit den Umweltbedingungen (Feuchte, Temperatur etc.) (O'LEARY 2018). Ein Beispiel ist der Doppelgeruch-Trichterling (!) (*Clitocybe diosma*) (MARQUA & SPECHT 2013). (iii) Einige Duftbezeichnungen sind offensichtlich aus der Zeit gefallen. Wer kennt heutzutage z. B. noch „Juchtenleder“ (*Hygrocybe russocoriaceus*), „Fensterkitt“ (*Entoloma hirtipes*) oder „Leucht- bzw. Kohlengas“ (*Tricholoma inamoenum*)? (iv) Sofern Autoren nicht voneinander abgeschrieben haben, kann es passieren, dass verschiedene Quellen verschiedene Duftnoten für ein und dieselbe Art anbieten, z. B. bei *Inocybe flocculosa*: gattungstypisch inocyboid ([www.pilzflora-ehingen.de](http://www.pilzflora-ehingen.de)), schwach nach Kräutern (COURTECUISSE & DUHEM 1994), spermatisch (BREITENBACH & KRÄNZLIN 2000), fruchtig bis mehlig (PHILLIPS 1990) oder nach Erbsen (<https://pilzbestimmer.de>). (v) Pilzaromen sind nicht immer eindeutig arttypisch, sie können sich selbst bei Fruchtkörpern vom gleichen Fundort unterscheiden. So entwickelt die Weiße Trüffel (*Tuber*

*magnatum*) ein komplexes Bouquet von Gerüchen, dessen Zusammensetzung variieren kann und damit den Geruchseindruck merklich beeinflusst (NIMI et al. 2021). (vi) Viele Pilze produzieren ihre Gerüche nach Bedarf, wenn sie z. B. verletzt werden (induzierte Abwehr: SPITELLER 2008), z. B. *Agaricus xanthodermus*, der – wenn gerieben – einen Geruch nach Tinte bzw. Phenol ausströmt (GILL & STRAUCH 1984).

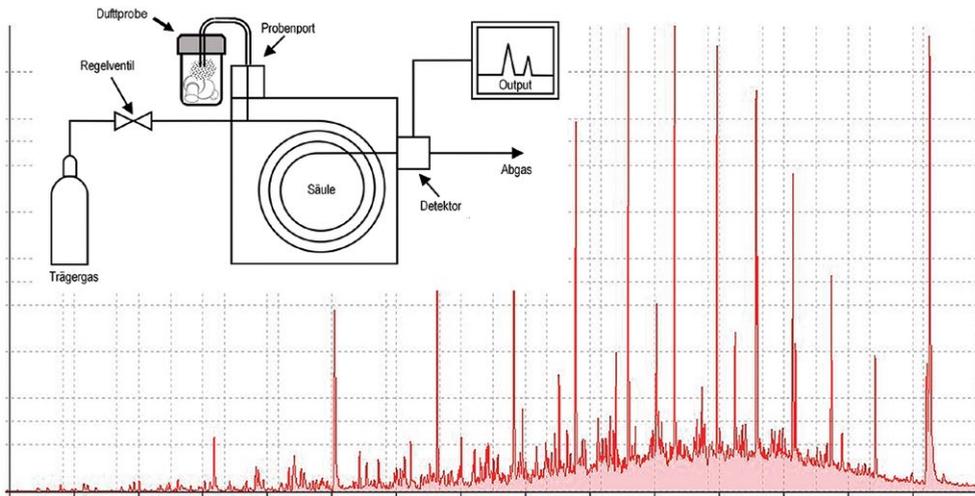
Trotz allem sind Pilzgerüche eine gute Bestimmungshilfe (siehe Tabelle im Annex), wenn man sich möglicher Fehlerquellen bewusst ist. Für Feldmykologen, die sich in systematischer Weise an das Thema herantasten möchten, ist ein „Geruchsrad“ möglicherweise hilfreich (Abb. 1).



**Abb. 1:** Schema ausgewählter Pilzdüfte (verändert nach HALLOCK & LABREQUE 2014)

Die Wissenschaft begnügt sich aber nicht mit subjektiven Geruchseindrücken, sie will messen. Dies gelingt z. B. mit Gaschromatographen, in denen Gemische flüchtiger Verbindungen in die einzelnen Komponenten aufgetrennt werden. Es entsteht ein Chromatogramm (siehe Abb. 2). Anhand von bekannten Verbindungen werden diese Komponenten identifiziert.

Die Geräte sind komplex und hochempfindlich. Deshalb müssen die Proben mit größter Sorgfalt aufbereitet werden. Trotzdem ist diese Technologie mittlerweile gut eingeführt und gehört zum Standardinstrumentarium bei der Analyse von Duftstoffen und letztlich zur ökologischen Relevanz von Pilzgerüchen



**Abb. 2:** Chromatogramm eines Gemisches flüchtiger Verbindungen (Quelle: [www.helmholtz-muenchen.de](http://www.helmholtz-muenchen.de)). Die einzelnen Peaks geben auf der x-Achse die Laufzeiten der Komponenten wieder, die verbindungstypisch sind. Die Höhe der Peaks (y-Achse) repräsentiert die jeweiligen Mengen. Eingebildet ist das vereinfachte Schema eines Gaschromatographen (Quelle: gemeinfrei). Die „Säule“ ist aus Platzgründen gewandelt und innen mit einer adsorbierenden, organischen Siliziumverbindung beschichtet. Das Trärgas wird mit der gasförmigen Probe aufgeladen und durch die Säule gedrückt. Je nach Struktur der Duftmoleküle bleiben sie unterschiedlich lange in der Säule (unterschiedliche Laufzeiten) und erzeugen Signale am Detektor, die zu einem Chromatogramm aufgezeichnet werden.

## Die Ökologie von Pilzgerüchen

Biogene Gerüche sind eine Form der Kommunikation zwischen Organismen ([www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/chemische-kommunikation/2055](http://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/chemische-kommunikation/2055)). Die Funktionen von Pilzgerüchen kann man zwei Kategorien zuordnen: innerartlicher und zwischenartlicher Kommunikation, und dabei jeweils antagonistisch oder kooperativ.

### Innerartlich

#### Kooperativ

- 1-Octen-3-ol, der verbreitetste pilzliche Duftstoff („Steinpilzaroma“) initialisiert Sporenkeimung und Mycelentwicklung (Hyphen-Vernetzung) bzw. Fruchtkörperbildung (LICHIOUS & LORD 2014; KÜES et al. 2018)
- Einer Fusion vorangehende Kommunikation zwischen kompatiblen Hyphen (Kreuzungstypen, sexuelle Reproduktion) (KÜES et al. 2018)
- Autoregulierung der Fruchtkörperbildung von z. B. *Agaricus bisporus*, um eine optimale Ressourcennutzung zu gewährleisten (KÜES et al. 2018)

## Antagonistisch

- Hemmung der Sporenkeimung und Hyphenentwicklung bei zu großer räumlicher Enge („Quorum sensing“) (BENNETT et al. 2012), wahrscheinlich um Nährstofferschöpfung vorzubeugen; zudem Erzwingung radialen Hyphenwachstums
- Hemmung der Verschmelzung nicht-kompatibler Hyphen/Mycelien (KÜES & NAVARRO-GONZÁLEZ 2009).

## Zwischenartlich

### Kooperativ

- Kommunikation zwischen Wurzeln und Sporen bzw. Hyphen ektotropher Pilze vor und während der Bildung des Mantels (Hartigsches Netz) (MINERDI et al. 2021)
- Förderung des Wuchses von Feinwurzeln ektotropher Pflanzen vor Kontaktaufnahme (DITENGOU et al. 2015) und mit saprotrophen Pilzen assoziierter Pflanzen als Nährstoffquelle (FARH & JEON 2020)
- Förderung des Wachstums von Pflanzen und Stärkung ihres Immunsystems (LI et al. 2016)
- Hefen agieren als Geruchsverstärker bei Trüffeln (VOLBRACHT 2020)
- Anlockung von Vektoren (v. a. Insekten und Säuger) u. a. bei *Phallus impudicus* (KÜES et al. 2018) oder *Tuber melanospermum* (Hunde, Schweine, Pilzfliegen: TALOU et al. 1990), teilweise sogar geschlechtsspezifisch (FÄLDT et al. 1999)
- Die Produktion von Lockstoffen kann vom Reifestadium abhängen: sind die Sporen unreif, werden nur wenige VOCs gebildet und Insekten angelockt. Sind die Sporen reif, steigt die VOC-Produktion z. B. in *Volvariella volvacea* stark an, sodass Insekten vermehrt anfliegen und Sporen verbreiten können (MAU et al. 1997; CORNISH 2020).
- Geruchs-Mimikry: einige Pflanzen setzen Pilzdüfte frei, um Pilzmücken und andere mykophile Insekten zur Bestäubung anzulocken (SLOT & KASSON 2021), während einige parasitische Pilze Blütenlockstoffe benutzen, um Bestäuber anzulocken, die weitere Wirtspflanzen infizieren (NGUGI & SCHERM 2006)

### Antagonistisch

- Kontaktvermeidung zwischen Mycelien oder Verdrängung eines konkurrierenden Mycels (BODDY & HISCOX 2016; O'LEARY 2018)
- Abwehr von Fungivoren (DAVIS et al. 2013)
- *Irpex lacteus* produziert ein VOC, das Schadpilze wie *Fusarium* oder *Botrytis* unterdrückt (HUNG et al. 2015)
- Nematophage Pilze „riechen“ ihre Beute und dirigieren damit Hyphenwachstum bzw. Ausbildung von Fangschlingen (HSUEH et al. 2013)

- Unterdrückung von Wurzel-assoziierten Nematoden durch VOCs von Holzpilzen (PIMENTA et al. 2017)
- Verdrängung konkurrierender Mikroorganismen im Substrat bei saprotrophen und parasitischen Pilzen (FARH & JEON 2020)
- Unterdrückung der Samenkeimung des Wachstums konkurrierender Pflanzen (LI et al. 2016)
- Manipulation der Verlagerung von Nährstoffen z. B. in Blättern durch parasitische Pilze zu ihrem Vorteil (MINERDI et al. 2021)
- „Olfaktorischer Aposematismus“: Warnung an Fressfeinde durch Duftstoffe (WELDON 2013). Giftige Pilze scheinen öfter „übel“ zu riechen als essbare (SHERRATT et al. 2005).

Im Boden findet ein fortwährendes Duftkonzert statt, das die beschriebenen ökologischen Funktionen kombiniert (WERNER et al. 2016).

Über die Frage, inwieweit sich die Gerüche von Pilzgilden unterscheiden, ergab eine erste „quick & dirty“ Auszählung bei häufigen saprotrophen ( $n = 69$ ) und Ektomykorrhiza-bildenden ( $n = 72$ ) Arten aus GUTHMANN et al. (2011) tatsächlich einen deutlichen Unterschied. Bei den Saprotrophen riechen ca. 50 % auffällig, während es bei den Ektotrophen nur 36 % sind. Das Ergebnis ist zwar statistisch signifikant ( $\text{Chi}^2 p < 0.02$ ), die Auswahl der Ektomykorrhiza-Arten in diesem Buch ist jedoch dickröhrlingslastig. Der Datensatz sollte im Rahmen einer separaten Studie deutlich erweitert werden inkl. der parasitischen Arten und ggf. unter Berücksichtigung der Verwandtschaftsgruppen. In den einzelnen Verwandtschaftslinien der Höheren Pilze haben unabhängig voneinander konvergente Entwicklungen stattgefunden (MATHEWY et al., 2006; NARANJO-ORTIZ & GABALDÓN, 2019), wobei sich fragen lässt, ob die verwandtschaftliche Beziehung oder die ökologische Einnischung die Geruchscomposition stärker beeinflusst (vgl. SÁNCHEZ-GARCÍA et al., 2020).

Insgesamt wird jedoch klar, dass pilzliche Geruchsstoffe eine häufig unterschätzte Rolle im Verhalten von Pilzen spielen. Dabei bedarf die Funktion von Duftkombinationen weiterer Aufklärung, u. a. mit molekularen Methoden (Genomics, Proteomics) und Studien, die Zusammenhänge mit biotischen und abiotischen Einflüssen herausarbeiten.

## Annex

Zusammenstellung von Gerüchen ausgewählter Pilze ohne Anspruch auf Vollständigkeit; beachte die Pilzarten, die nach mehr als einem Duftstoff riechen; Quellen: KNUDSEN & VESTERHOLD (2008); HALLOCK & LABREQUE (2014); BONIFACE (2020); [www.123pilze.de/DreamHC/Download/2006Pilzgerueche.htm](http://www.123pilze.de/DreamHC/Download/2006Pilzgerueche.htm); <https://pilzbestimmer.de/>; <https://pilzbuch.pilzwelten.de/>; <http://www.pilzflora-ehingen.de/>; <https://de.wikipedia.org>

Geruch	Pilzart(en)
Aas	<i>Clathrus</i> sp., <i>Mutinus caninus</i> , <i>Phallus impudicus</i> , <i>Rubroboletus satanas</i> (alt)
Alkalisch	<i>Clitocybe subspadicea</i>
Altes Heu	<i>Cystoderma carcharias</i>
Angenehm pilzartig	<i>Boletus edulis</i> , <i>Collybiopsis confluens</i> , <i>Kuehneromyces mutabilis</i>
Angenehm süßlich fruchtartig	<i>Hebeloma laterinum</i>
Anis	<i>Agaricus arvensis</i> , <i>Clitocybe fragrans</i> , <i>Clitocybe odora</i> , <i>Cortinarius odorifer</i> , <i>Lentinellus cochleatus</i>
Apfelkompott	<i>Russula fellea</i>
Apfelwein	<i>Geopora cooperi</i>
Aprikose	<i>Cantharellus cibarius</i>
Aufdringlich süßlich	<i>Clitocybe nebularis</i>
Bananen	<i>Russula atrorubens</i> , <i>Entoloma pleopodium</i>
Birnen	<i>Inosperma bongardii</i> , <i>Inocybe fraudans</i>
Bittermandel, Benzaldehyd	<i>Agaricus essettei</i>
Blattwanzenartig	<i>Lactarius fulvissimus</i> , <i>Lactarius quietus</i> , <i>Lactarius rostratus</i>
Blumen	<i>Phallus hadriani</i>
Brot	<i>Cortinarius pistorius</i> , <i>Russula camarophylla</i>
Camembert	<i>Russula amoenolens</i>
Chlor	<i>Mycena leptcephala</i>
Curry	<i>Lactarius helvus</i>
Erbsen	<i>Inocybe flocculosa</i>
Erde, Rote Bete	<i>Cortinarius variicolor</i>
Essigartig	<i>Hygrophorus cossus</i> , <i>Russula risigallina</i>
Fäkalien	<i>Hodophilus foetens</i> , <i>Coprinopsis picaceus</i> , <i>Phallus impudicus</i> , <i>Mutinus caninus</i> , <i>Clathrus</i> sp.
Faulender Kohl	<i>Gymnopus brassicolens</i> , <i>Paragymnopus perforans</i> , <i>Telephora palmata</i>
Fenchel	<i>Gloeophyllum odoratum</i>
Fensterkitt, Leinöl	<i>Macrocystidia cucumis</i>

<b>Geruch</b>	<b>Pilzart(en)</b>
Fisch	<i>Entoloma hirtipes</i> , <i>Lactarius volemus</i> , <i>Gliophorus laetus</i> , <i>Russula graveolens</i>
Frisch gemähtes Gras	<i>Cortinarius cephalixus</i>
Fruchtartig	<i>Cortinarius arcuatorum</i> , <i>Russula cavipes</i> , <i>Russula queletii</i>
Fruchtkaugummi	<i>Entoloma ameides</i>
Fußschweiß	<i>Cortinarius claricolor</i>
Gärende Früchte	<i>Cortinarius torvus</i>
Gebrannter Zucker	<i>Psathyrella sacchariolens</i>
Gekochter Mais	<i>Choiromyces meandriformis</i>
Gemüse	<i>Cortinarius saturninus</i>
Getrocknete Pflaumen	<i>Cortinarius torvus</i>
Grasartig	<i>Entoloma asprellum</i>
Gummi	<i>Ramaria largentii</i>
Gurken	<i>Calocybe gambosa</i> , <i>Limacellopsis guttata</i> , <i>Macrocyttidia cucumis</i>
Hefe	<i>Cortinarius claricolor</i> , <i>Cortinarius glaucopus</i> , <i>Octaviania asterosperma</i> (alt)
Heizöl	<i>Hygrophorus abieticola</i>
Hering	<i>Lactarius volemus</i> , <i>Russula xerampelina</i> , <i>Russula violeipes</i>
Holzartig	<i>Hypholoma radicosum</i>
Honig	<i>Cortinarius stillatitius</i> , <i>Hygrocybe reidii</i>
Hühnerleber	<i>Melanogaster broomeanus</i>
Hühnerstall	<i>Clitocybe phaeophthalma</i>
Hyazinthen	<i>Hygrophorus agathosmus</i>
Jodartig (Medizinschrank)	<i>Pholiota astragalina</i> (Stielbasis), <i>Ramaria largentii</i> , <i>Russula turci</i>
Kakao	<i>Hebeloma theobrominum</i>
Karbid	<i>Cortinarius traganus</i>
Kartoffelkeller, rohen Kartoffeln	<i>Amanita porphyria</i>
Käseartig	<i>Russula parazurea</i> (alt)
Knoblauch	<i>Hygrocybe helobia</i> , <i>Mycetinis scorodonius</i> , <i>Mycetinis alliaceus</i>
Kohl- bis knoblauchartig	<i>Paragymnopus perforans</i>

<b>Geruch</b>	<b>Pilzart(en)</b>
Kokosnuss	<i>Russula hydrophila</i> , <i>Russula silvestris</i>
Kokosöl (ranzig)	<i>Hygrophorus cossus</i>
Konfitüre, Marmelade	<i>Ripartites metrodii</i>
Krustentiere	<i>Russula xerampelina</i>
Kuhstall	<i>Cortinarius olivaceofuscus</i>
Kunsthonig, Kleeheu	<i>Amanita phalloides</i>
Lerchensporn (extrem süßlich)	<i>Leucocybe connata</i>
Lederartig	<i>Cuphophyllus russocoriaceus</i> , <i>Melanogaster broomeanus</i>
Maggi, Liebstöckel	<i>Lactarius camphoratus</i> , <i>Lactarius helvius</i>
Maiskolben	<i>Cortinarius argutus</i>
Majoran	<i>Cortinarius percomis</i>
Malzartig	<i>Tuber aestivum</i>
Mandarinen	<i>Cortinarius percomis</i> , <i>Hygrophorus eburneus</i>
Marzipan	<i>Hebeloma radicosum</i> , <i>Hygrophorus agathosmus</i>
Maschinenöl, Lokomotivengeruch	<i>Cortinarius callisteus</i>
Mäuseurin	<i>Atractosporocybe inornata</i> , <i>Entoloma incanum</i> , <i>Hebeloma radicosum</i> (Stielbasis und Rhizomorphen)
Mehl	<i>Calocybe gambosa</i> , <i>Clitocybe dealbata</i> , <i>Entoloma sinuatum</i> , <i>Galerina marginata</i> , <i>Limacellopsis guttata</i> , <i>Tricholoma aurantium</i> , <i>Tricholoma pardalotum</i>
Mehlartig, Gurken	<i>Clitopilus prunulus</i> , <i>Tricholoma ustaloides</i>
Mehlig, ranzig	<i>Clitocybe ditopa</i> , <i>Clitocybe nebularis</i>
Nagellack (-entferner)	<i>Entoloma pleopodium</i> , <i>Russula atrorubens</i>
Naphtalin, Mottenpulver	<i>Coprinopsis picacea</i> , <i>Hodophilus foetens</i>
Nasse Federn	<i>Clitocybe phaeophthalma</i>
Nitrös	<i>Entocybe nitida</i> , <i>Entoloma rhodopolium</i> , <i>Hygrocybe nitrata</i> , <i>Mycena leptcephala</i> , <i>Mycena renati</i>
Nussig	<i>Macrolepiota procera</i>
Obstartig	<i>Cortinarius anserinus</i>
Orangenblüten	<i>Hebeloma sacchariolens</i> , <i>Psathyrella sacchariolens</i>

Geruch	Pilzart(en)
Paniermehl	<i>Lanmaoa fragrans</i>
Parfüm	<i>Clitocybe nebularis, Inocybe corydalina, Inocybe tricolor, Lepista irina, Lepista nuda</i>
Pelargonien, Geranien	<i>Inocybe obscurobadia, Inocybe pelargonium, Cortinarius flexipes, Cortinarius olivaceofuscus</i>
Petroleum	<i>Hygrophorus abieticola</i>
Pferdeharn	<i>Inocybe haemacta</i>
Phenol	<i>Agaricus phaeolepidotus, Agaricus xanthodermus, Hodophilus foetens</i>
Quittenmarmelade	<i>Lactarius acerrimus</i>
Ranzig	<i>Russula foetens</i>
Rettich	<i>Cortinarius scutulatus, Cortinarius venetus, Hebeloma crustuliniforme, Hebeloma sinapizans, Mycena pelianthina, Mycena pura, Mycena rosea</i>
Rübenartig	<i>Tricholoma album</i>
Sandelholz	<i>Cuphophyllus russocoriaceus</i>
Säuerlich	<i>Laetiporus sulphureus, Paxillus involutus, Tapinella atrotomentosa</i>
Scheunenstaub	<i>Cystoderma carcharias</i>
Schokolade	<i>Hebeloma laterinum</i>
Schwefelig	<i>Tricholoma sulphureum</i>
Seifenartig	<i>Inocybe sindonia, Tricholoma saponaceum</i>
Sellerie	<i>Leucocortinarius bulbiger</i>
Senfsoße	<i>Russula solaris</i>
Spermatisch	<i>Inocybe asterospora, Russula pseudoaffinis</i>
Stadtgas, Leuchtgas, Kohlendgas	<i>Lepiota cristata, Scleroderma citrinum, Tricholoma sulphureum,</i>
Süßlich	<i>Hebeloma sacchariolens</i>
Süßlich-widerlich, Bahnhofsklo	<i>Tricholoma lascivum</i>
Tabak	<i>Mycena diosma</i>
Teer	<i>Tuber mesentericum, Tricholoma inamoenum</i>
Terpentin	<i>Hygrophorus abieticola, Hygrophorus pudorinus</i>

Geruch	Pilzart(en)
Tinte	<i>Agaricus phaeolepidotus</i> , <i>Agaricus xanthodermus</i> , <i>Hodophilus foetens</i>
Tomatenblätter	<i>Cortinarius aurilicis</i> , <i>Leucocybe houghtonii</i>
Topinambur	<i>Hygrophorus cossus</i> , <i>Russula amoenolens</i>
Urin, Harn	<i>Agaricus bernardii</i>
Veilchen	<i>Cortinarius ionosmus</i> , <i>Hygrophorus agathosmus</i> , <i>Lepista irina</i>
Verbrannte Plastikfolie	<i>Melanogaster ambiguus</i>
Vergammelter Fisch	<i>Russula foetens</i> (alt)
Waschküche	<i>Inocybe sindonia</i> , <i>Tricholoma saponaceum</i>
Waschmittel	<i>Sparassis brevipes</i>
Weihnachtsgebäck	<i>Cortinarius decipiens</i>
Wein Fassgeruch	<i>Russula adusta</i> , <i>Russula densifolia</i>
Zedernholz (Weihrauch)	<i>Cortinarius subtortus</i> , <i>Cortinarius violaceus</i> , <i>Russula maculata</i>
Ziegenbock	<i>Cortinarius camphoratus</i>
Zitrone	<i>Lactarius citriolens</i>
Zitronenmelisse	<i>Lactarius leonis</i>
Zwiebelartig	<i>Melanogaster ambiguus</i>

## Literatur

- BADCOCK EC (1939) Preliminary account of the odour of wood-destroying fungi in culture. Transactions of the British Mycological Society **23**(2): 188-198.
- BARON RA (1981) Olfaction and human social behaviour: effects of a pleasant scent on attraction and social perception. Personality and Social Psychology Bulletin **7**(4): 611-616.
- BENNETT J, HUNG R, LEE S, PADHI S (2012) Fungal and bacterial volatile organic compounds: an overview and their role as ecological signaling agents. In Hock B: Fungal associations - The Mycota IX, 2nd ed. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg: 373-393.
- BLAUSTEIN AR (1981) Sexual selection and mammalian olfaction. The American Naturalist **117**(6): 1006-1010.
- BODDY L, HISCOX J (2016) Fungal ecology: principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi. Microbiology spectrum **4**(6): 4.6. 17.
- BONIFACE T (2020) The use of odours in the identification of mushrooms and toadstools. Field Mycology **21**(1): 28-30.
- BREITENBACH J, KRÄNZLIN F (2000) Pilze der Schweiz, Vol. 5 Cortinariaceae. Verlag Mykologia, Luzern.
- CORNISH J (2020) Mushroom odours. Omphalina **XI**(4): 87-97.

- COURTECUISE R, DUHEM B (1994) Les champignons de France. ECLECTIS.
- DAVIS TS, CRIPPEN TL, HOFSTETTER RW, TOMBERLIN JK (2013) Microbial Volatile Emissions as Insect Semiochemicals. *Journal of Chemical Ecology* **39**(7): 840-859.
- DITENGOU FA, MÜLLER A, ROSENKRANZ M, FELTEN J, LASOK H, VAN DOORN MM, LEGUÉ V, PALME K, SCHNITZLER J-P, POLLE A (2015) Volatile signalling by sesquiterpenes from ectomycorrhizal fungi reprogrammes root architecture. *Nature Communications* **6**(Art.No.6279).
- DOTY RL, BARTOSHUK LM, SNOW J (1991) Causes of olfactory and gustatory disorders. In GETCHELL RL, BARTOSHUK LM, DOTY RL, SNOW J: *Smell and taste in health and disease*. Raven Press: 449-462.
- EBERLE, TS (2021) Die gesellschaftliche Konstruktion von Gerüchen. In EISEWICHT P, HITZLER R, SCHÄFER L: *Der soziale Sinn der Sinne*. Springer: 33-48.
- FÄLDT J, JONSELL M, NORDLANDER G, BORG-KARLSON A-K (1999) Volatiles of bracket fungi *Fomitopsis pinicola* and *Fomes fomentarius* and their functions as insect attractants. *Journal of chemical ecology* **25**(3): 567-590.
- FARH ME-A, JEON J (2020) Roles of Fungal Volatiles from Perspective of Distinct Lifestyles in Filamentous Fungi. *The plant pathology journal* **36**(3): 193-203.
- FLAMMER R (2008) Duftnoten im Reich der Pilze I. *Schweizerische Zeitschrift für Pilzkunde* **8**: 236-237.
- GENAUST H (2005) *Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen*. Nikol, Hamburg.
- GILL M, STRAUCH RJ (1984) Constituents of *Agaricus xanthodermus* Genevier: the first naturally endogenous azo compound and toxic phenolic metabolites. *Zeitschrift für Naturforschung C* **39**(11-12): 1027-1029.
- GUTHMANN J, HAHN C, REICHEL R (2011) *Taschenlexikon der Pilze Deutschlands: ein kompetenter Begleiter zu den wichtigsten Arten*. Quelle & Meyer.
- HALLOCK RM, LABREQUE M (2014) Distinct odors of mushrooms and an odor wheel to categorize them. *Fungi* **6**(5): 19-22.
- HSUEH Y-P, MAHANTI P, SCHROEDER FC, STERNBERG PW (2013) Nematode-trapping fungi eavesdrop on nematode pheromones. *Current Biology* **23**(1): 83-86.
- HUNG R, LEE S, BENNETT JW (2015) Fungal volatile organic compounds and their role in ecosystems. *Applied Microbiology and Biotechnology* **99**(8): 3395-3405.
- JOHNSON RP (1973) Scent marking in mammals. *Animal Behaviour* **21**(3): 521-535.
- KARLSHØJ K, VÆGGEMOSE N, ØSTENFELD LARSEN T (2007) Fungal volatiles: Biomarkers of good and bad food quality. In DIJKSTERHUIS J, SAMSON RA: *Food Mycology*. CRC Press: 279-303.
- KESSELMEIER J, STAUDT M (1999) Biogenic volatile organic compounds (VOC): an overview on emission, physiology and ecology. *Journal of atmospheric chemistry* **33**(1): 23-88.
- KESSLER D, GASE K, BALDWIN IT (2008) Field experiments with transformed plants reveal the sense of floral scents. *Science* **321**(5893): 1200-1202.
- KNUDSEN H, VESTERHOLD J (2008) *Funga Nordica*. Nordsvamp, Copenhagen.
- Kües U, KHONSUNTIA W, SUBBA S, DÖRNTE B (2018) Volatiles in communication of *Agaricomycetes*. In ANKE T, SCHÜFFLER A: *Physiology and genetics - The Mycota XV*. Springer: 149-212.

- KÜES U, NAVARRO-GONZÁLEZ M (2009) Communication of fungi on individual, species, kingdom, and above kingdom levels. In: Physiology and genetics - The Mycota XV. Springer: 79-106.
- LI N, ALFIKY A, VAUGHAN MM, KANG S (2016) Stop and smell the fungi: fungal volatile metabolites are overlooked signals involved in fungal interaction with plants. *Fungal Biology Reviews* **30**(3): 134-144.
- LICHIUS A, LORD KM (2014) Chemoattractive mechanisms in filamentous fungi. *The Open Mycology Journal* **8**(1).
- MARQUA J, SPECHT P (2013) Der Doppelgeruch-Trichterling *Clitocybe diosma* Einh. - eine verkannte, unbeachtete, aber wohl häufige Art. *Zeitschrift für Mykologie* **79**(1): 31-42.
- MATHENY PB, CURTIS JM, HOFSTETTER V, AIME MC, MONCALVO J-M, GE Z-W (insgesamt 25 Autoren), HIBBETT D (2006): Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia* **98**(6): 982-995.
- MAU J-L, CHYAU C-C, LI J-Y, TSENG Y-H (1997) Flavor compounds in straw mushrooms *Volvariella volvacea* harvested at different stages of maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **45**(12): 4726-4729.
- MINERDI D, MAGGINI V, FANI R (2021) Volatile organic compounds: from figurants to leading actors in fungal symbiosis. *FEMS Microbiology Ecology* **97**(5).
- MORRIN M, RATNESHWAR S (2000) The impact of ambient scent on evaluation, attention, and memory for familiar and unfamiliar brands. *Journal of Business Research* **49**(2): 157-165.
- NARANJO-ORTIZ MA, GABALDÓN T (2019): Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. *Biological Reviews* **94**: 2101-2137.
- NGUGI HK, SCHERM H (2006) Mimicry in plant-parasitic fungi. *FEMS microbiology letters* **257**(2): 171-176.
- NIIMI J, DEVEAU A, SPLIVALLO R (2021) Geographical-based variations in white truffle *Tuber magnatum* aroma is explained by quantitative differences in key volatile compounds. *New Phytologist* **230**(4): 1623-1638.
- O'LEARY J (2018) Multi-dimensional mycelia interactions, Doctoral thesis. Cardiff University.
- PARSONS MH, APFELBACH R, BANKS PB, CAMERON EZ, DICKMAN CR, FRANK AS, JONES ME, MCGREGOR IS, MCLEAN S, MÜLLER-SCHWARZE D (2018) Biologically meaningful scents: a framework for understanding predator-prey research across disciplines. *Biological Reviews* **93**(1): 98-114.
- PHILLIPS R (1990) *Der Kosmos-PilzAtlas*. Frankh-Kosmos, Stuttgart.
- PIECHULLA B, POTT MB (2003) Plant scents — mediators of inter- and intraorganismic communication. *Planta* **217**(5): 687-689.
- PIMENTA L, FERREIRA MA, PEDROSO MP, CAMPOS VP (2017) Wood-associated fungi produce volatile organic compounds toxic to root-knot nematode. *Scientia Agricola* **74**: 303-310.
- RITTER VON JOSCH E (1865) Ueber den Geruch der Pflanzen. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **15**(10): 312-317.
- ROUBY C, THOMAS-DANGUIN T, VIGOUROUX M, CIUPERCA G, JIANG T, ALEXANIAN J, BARGES M, GALLICE I, DEGRAIX J-L, SICARD G (2011) The Lyon Clinical Olfactory Test: Validation and Measurement of Hyposmia and Anosmia in Healthy and Diseased Populations. *International Journal of Otolaryngology* **2011**: 203805.

- RÜHL V, LOTZ-WINTER H, NEUSS A, PIEPENBRING M, ZORN H, RÜHL M (2018) Comprehensive analysis of the volatilome of *Scytinostroma portentosum*. *Mycological Progress* **17**: 417-424.
- SÁNCHEZ-GARCÍA M, RYBERG M, KALSOOM KHAN F, VARGA T, NAGY LG, HIBBETT D (2020) Fruiting body form, not nutritional mode, is the major driver of diversification in mushroom-forming fungi. *PNAS* **117**(51): 32528-32534.
- SHERRATT TN, WILKINSON DM, BAIN RS (2005) Explaining Dioscorides' "double difference": why are some mushrooms poisonous, and do they signal their unprofitability? *The American Naturalist* **166**(6): 767-775.
- SLOT JC, KASSON MT (2021) Ecology: Fungal Mimics Dupe Animals by Transforming Plants. *Current Biology* **31**(5): R250-R252.
- SPITELLER P (2008) Chemical defence strategies of higher fungi. *Chemistry-A European Journal* **14**(30): 9100-9110.
- TALOU T, GASET A, DELMAS M, KULIFAJ M, MONTANT C (1990) Dimethyl sulphide: the secret for black truffle hunting by animals? *Mycological Research* **94**(2): 277-278.
- TSING A (2018) *Der Pilz am Ende der Welt*. Matthes & Seitz Berling Verlag.
- VOLBRACHT C (2020) *Die Trüffel - Fake & Facts*. Tre Torri Verlag, Wiesbaden.
- WELDON PJ (2013) Chemical aposematism. *Chemoecology* **23**(4): 201-202.
- WERNER S, POLLE A, BRINKMANN N (2016) Belowground communication: impacts of volatile organic compounds (VOCs) from soil fungi on other soil-inhabiting organisms. *Applied Microbiology and Biotechnology* **100**(20): 8651-8665.
- ZEMKE DMV, SHOEMAKER S (2007) Scent across a crowded room. Exploring the effect of ambient scent on social interactions. *International Journal of Hospitality Management* **26**(4): 927-940.

### Hans Halbwachs

Besondere Interessen: Technische Methoden in der Pilzforschung (Pilzphysiologie, Umweltmesstechnik, Labortechniken); Ökologie der Pilze, v. a. Saftlinge und Mykorrhizapilze



### Josef Simmel

Leiter des Referats Botanik am Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe und Kurator mehrerer botanischer Sammlungen. Forschungsinteressen sind u. a. Zeigerwerte und funktionelle Merkmale mitteleuropäischer Arten, ökologische und vegetationsgeschichtliche Aspekte sowie Sukzessions- und Naturschutzbiologie.





Deutsche Gesellschaft für Mykologie e.V.  
German Mycological Society

Dieses Werk stammt aus einer Publikation der DGfM.

[www.dgfm-ev.de](http://www.dgfm-ev.de)

Über [Zobodat](#) werden Artikel aus den Heften der pilzkundlichen Fachgesellschaft kostenfrei als PDF-Dateien zugänglich gemacht:

- **Zeitschrift für Mykologie**  
Mykologische Fachartikel (2× jährlich)
- **Zeitschrift für Pilzkunde**  
(Name der Hefreihe bis 1977)
- **DGfM-Mitteilungen**  
Neues aus dem Vereinsleben (2× jährlich)
- **Beihefte der Zeitschrift für Mykologie**  
Artikel zu Themenschwerpunkten (unregelmäßig)

Dieses Werk steht unter der [Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz](#) (CC BY-ND 4.0).



- **Teilen:** Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen, sogar kommerziell.
- **Namensnennung:** Sie müssen die Namen der Autor/innen bzw. Rechteinhaber/innen in der von ihnen festgelegten Weise nennen.
- **Keine Bearbeitungen:** Das Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Es gelten die [vollständigen Lizenzbedingungen](#), wovon eine [offizielle deutsche Übersetzung](#) existiert. Freigebiger lizenzierte Teile eines Werks (z.B. CC BY-SA) bleiben hiervon unberührt.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für Mykologie - Journal of the German Mycological Society](#)

Jahr/Year: 2022

Band/Volume: [88\\_2022](#)

Autor(en)/Author(s): Halbwachs Hans, Simmel Josef

Artikel/Article: [Immer der Nase nach – Die Duftspuren der Pilze 293-307](#)