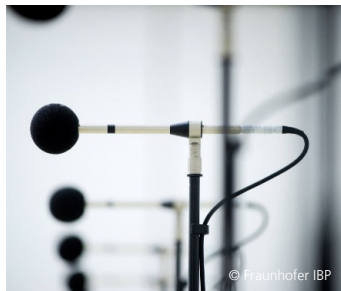


GERÜCHE IN INNENRÄUMEN - WIE WIRKEN SIE PHYSIOLOGISCH, PSYCHOLOGISCH UND CHEMISCH?

Im Rahmen des digitalen Symposiums „Menschen in Räumen“ am 28. Oktober 2020

Dr. rer. nat. Andrea Burdack-Freitag

Auf Wissen bauen



AKUSTIK



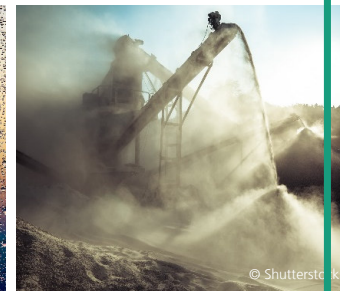
ENERGIEEFFIZIENZ
UND RAUMKLIMA



GANZHEITLICHE
BILANZIERUNG



HYGROTHERMIK



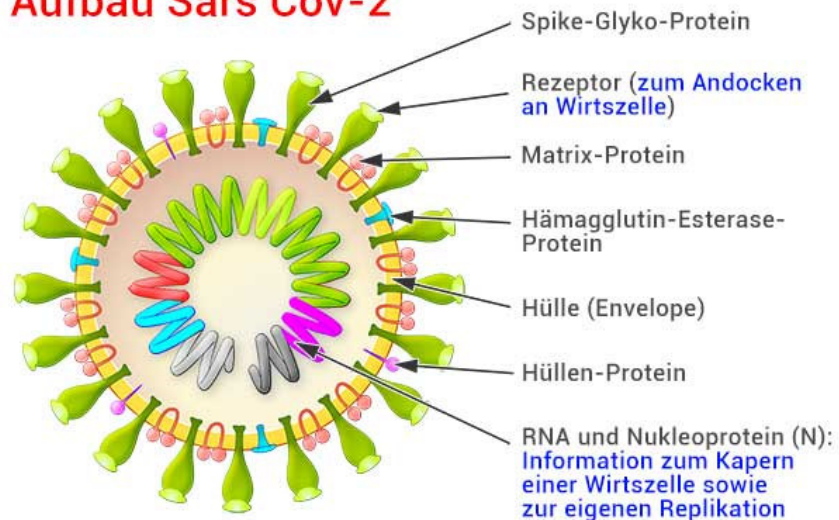
MINERALISCHE
WERKSTOFFE UND
BAUSTOFFRECYCLING



UMWELT, HYGIENE
UND SENSORIK

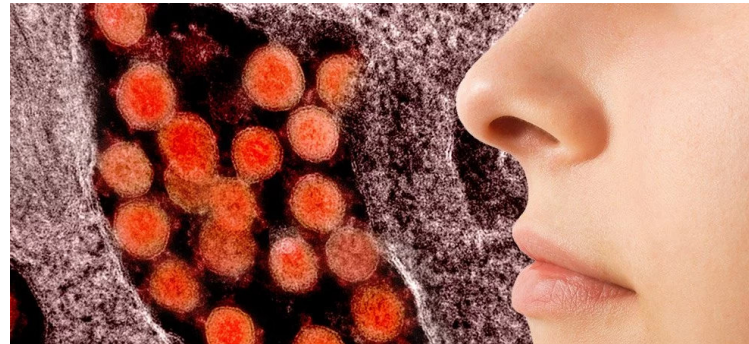
Aktueller den je: „Was ist Geruch?“

Aufbau Sars Cov-2



Grafik: Blutwert.net

<https://www.lichtmikroskop.net/coronavirus/>



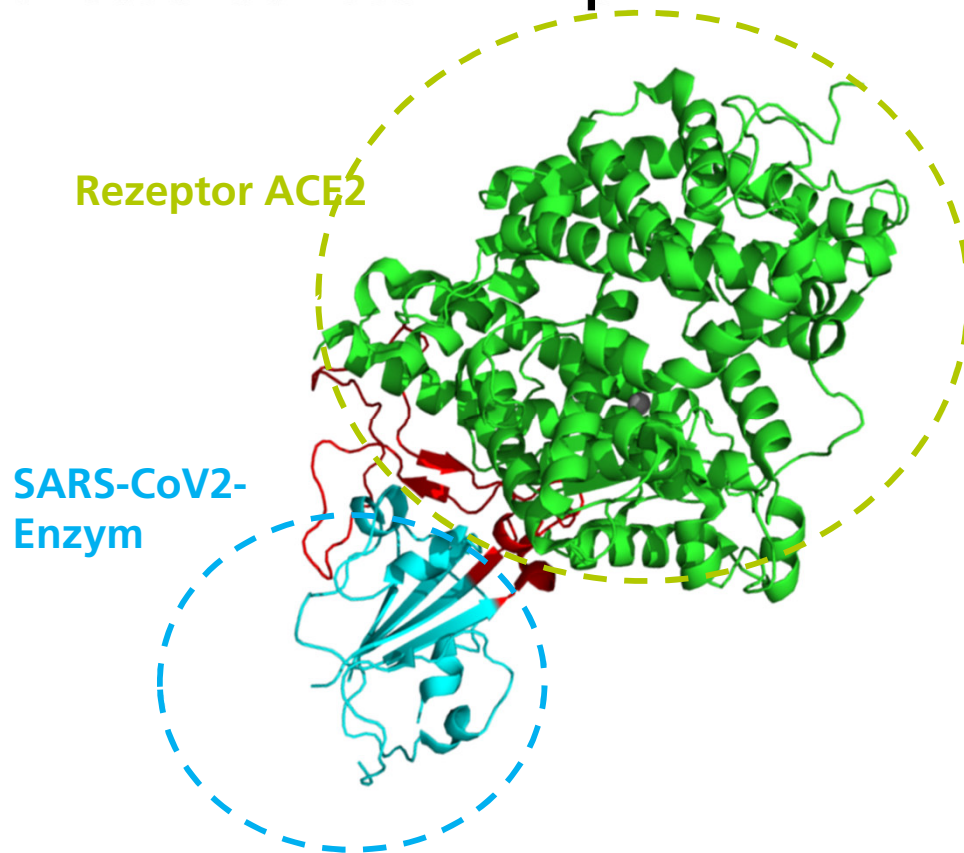
<https://www.scinexx.de/news/medizin/coronavirus-riechstoerung-kann-infektion-anzeigen/>

Heinsbergstudie „Covid19“:

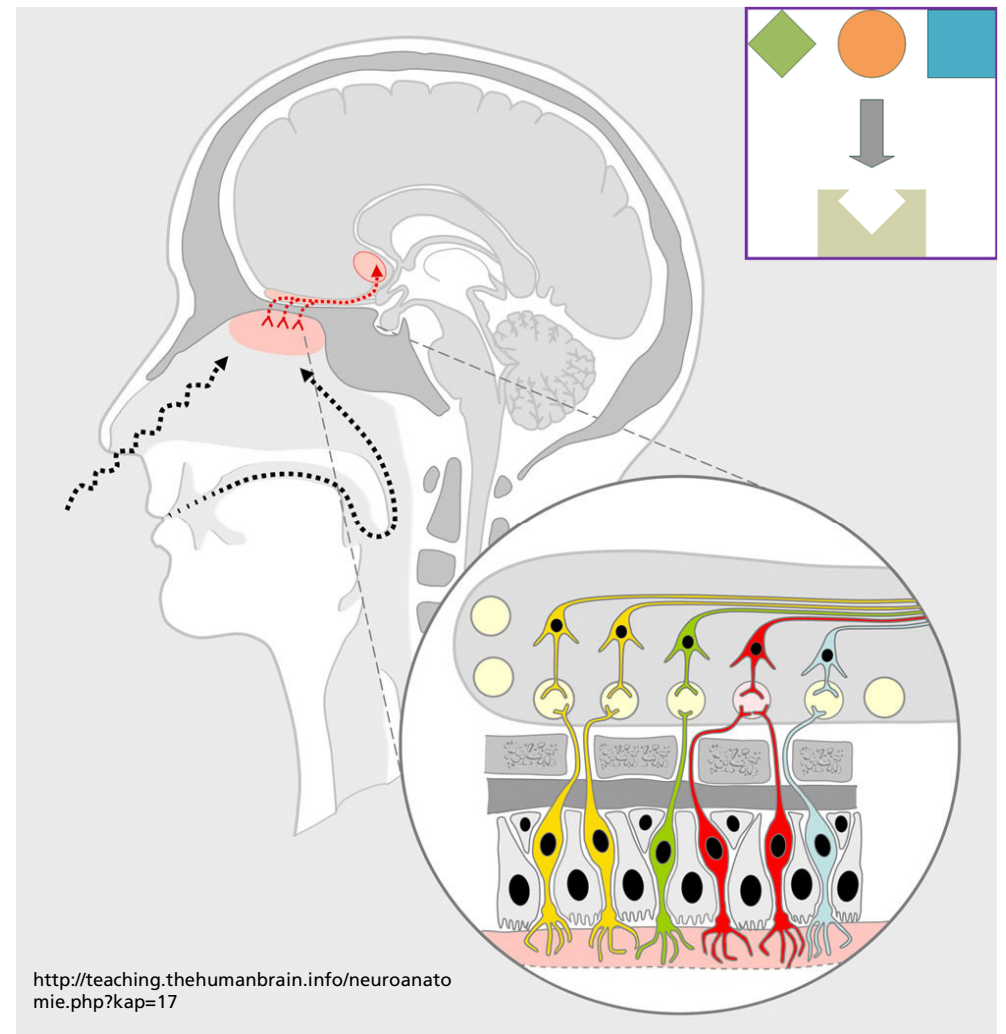
Der Bonner Virologe Hendrik Streeck, der rund hundert der mildereren Fälle in der besonders betroffenen Region Heinsberg in Nordrhein-Westfalen untersuchte berichtet davon, dass rund zwei Drittel der Infizierten einen mehrtägigen Geruchs- und Geschmacksverlust erlitten.

➤ Aufnahme in die Symptomliste des RKI

Physiologie und Entwicklung: Schlüssel-Schloss-Prinzip



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dd/RBD_in_complex_with_ACE2.png/375px-RBD_in_complex_with_ACE2.png



Physiologie und Entwicklung: Schlüssel-Schloss-Prinzip

- Schlüssel-Schloss-Prinzip gasförmiger Stoffe: chemische Interaktion mit gasförmigen Molekülen in der Nasenhöhle
- 2004 Nobelpreis für Medizin für Linda Buck und Richard Axel: Identifizierung von ca. 1000 Genen, die Geruchsrezeptoren kodieren, Aufklärung eines Kombinationscodes für 10.000 Gerüche
- Folgezeit: Identifizierung von ca. 400 humanen Riechrezeptoren und zugehörigen Geruchsstoffen
- Kombinatorische Kodierung mehrerer Riechrezeptoren auf einen Geruchsstoff/Geruchsstoffcluster
- 2014 Caroline Bushdid: vermutlich Unterscheidung von 1.000.000.000.000 Gerüchen möglich

Geruchsstoff	Rezeptor	Geruch
Diacetyl	OR10R2, OR10Z1, OR6Y1	Butter
Bourgonal	OR10J5	Maiglöckchen
Diallylsulfid	OR4K15	Zwiebel
Androstenon	OR7D4	Maskulin
Isoeugenol	OR8D4, OR10G9, OR10D3	Nelke
Buttersäure	OR13G1	Schweiß
Limonen	OR2D5	Zitrone

Psychologie und **Entwicklung**: Emotion

Verknüpfung mit limbischen System

- Beurteilt Sinnesreize (bekannt?, angenehm?, bedrohlich?...)
- Emotionales Zentrum, Lernzentrum, Belohnungszentrum, Raumorientierung, Tagesrhythmus
- Evolutionsgeschichtliche Basisgefühle: Wut, Ekel, Angst, Traurigkeit, Überraschung, Glück
- Bewirkt physiologische Vorgänge: Hormonausschüttung, Blutdruckänderung, Pupillenweite, Hautwiderstand



<http://www.planet-wissen.de/natur/sinne/riechen/index.htm>

Episodisches Gedächtnis

- Vertrautheit
- emotionale Verarbeitung
- episodischem Gedächtnisabruf
- multisensorischer Integration
- soziale Kognition

=> **Signifikant schnelleres Wiedererkennen**

Biofeedback-Messungen:

- Lavendel, Rosmarin: höhere Konzentration
- Pfefferminze: Steigerung von Kraft und Ausdauer
- Zitrone: Reduktion von Angst und Stress
- Ingwer: Reduktion von Übelkeit

Psychologie und **Entwicklung**: Evolution

Nicht nur beim Tier essentiell

- ❖ Identifizierung von Nahrung, v.a. bei Säuglingen
- ❖ Erkennung von Fäulnis und Giften (v.a. Geruchsempfindlichkeit während Schwangerschaft)
- ❖ Körpergeruch, Wahrnehmung von Aggression, Angst und Sympathie
- ❖ Pheromone – „Sich riechen können“
- ❖ Räumliche Orientierung

=> Geruchssinn ist originärer menschlicher Sinn für „Lebensqualität und Orientierung“



www.profamilia.de

Psychologie und Entwicklung: Hedonik

Bewertungsmethode („hedone“ = griech. Lust, Freude – psychologisch, emotionale Stellungnahme)

- Geruchswahrnehmung ohne Training ist in erster Linie hedonisch! (stärker als bei anderen Sinnesreizen)
- Wie angenehm - unangenehm, erfreulich – unerfreulich, lustvoll - abstoßend, usw. ist etwas?
- Olfaktorische Skala von „äußerst unangenehm“ bis „äußerst angenehm“

Faktoren

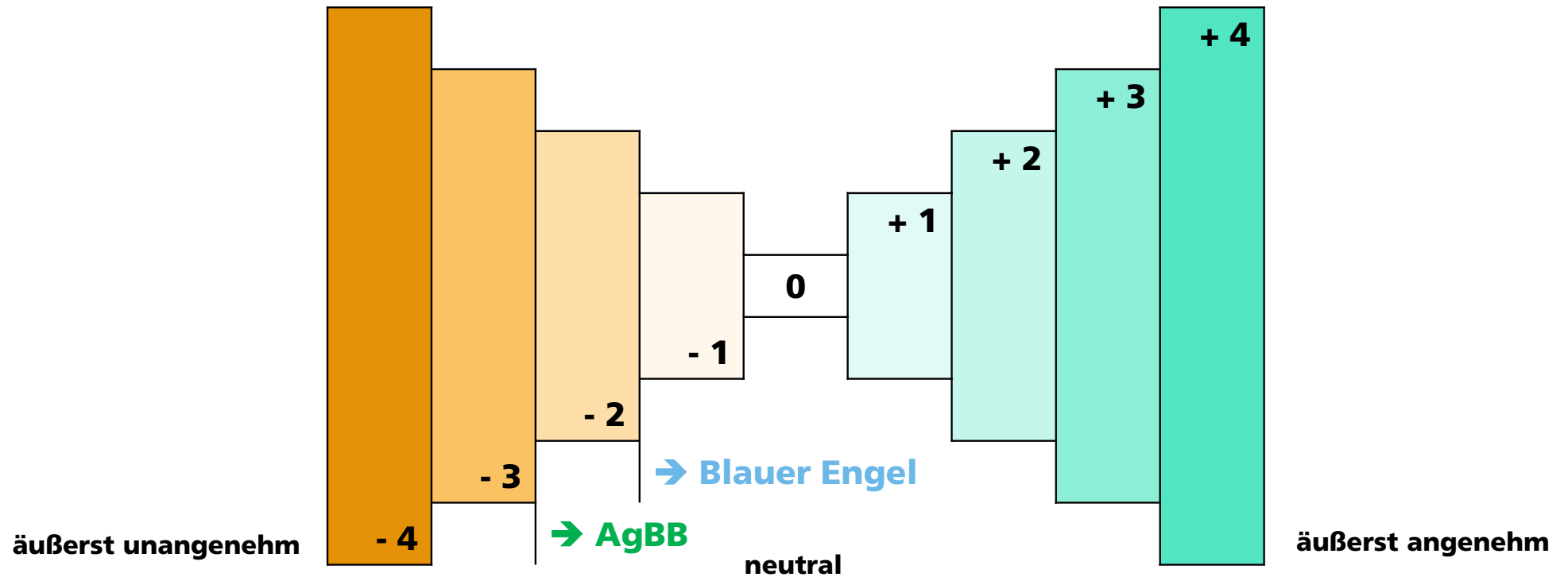
- (1) Intrinsisch: individuelle Chemosensorik (Zustand der Riechrezeptoren) beeinflusst Physiologie, Antrieb, Motivation, kognitive Muster, Gefühlswelt
- (2) Extrinsisch: soziale Akzeptanz, Kultur, Bedürfnisse, tages-/ jahreszeitliche Aspekte, Kontext

Subjektiven Meinungen: Manipulation möglich!

Psychologie und Entwicklung: Hedonik - Humansensorik

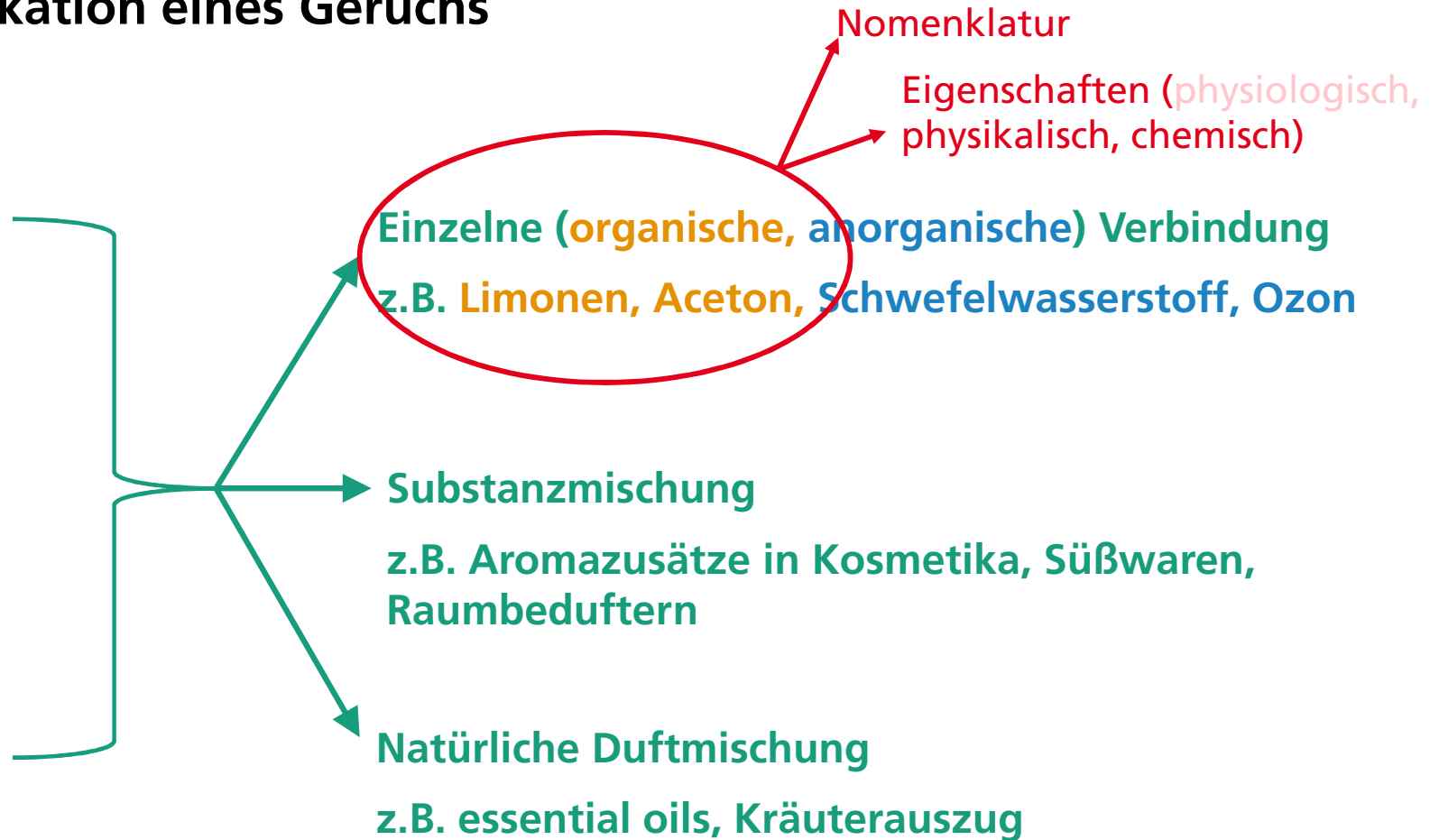
Wie angenehm riecht es?

Nach DIN ISO 16000-28/-30 / VDI 4302



Geruchsstoff: Implikation eines Geruchs

- Riechstoff
- Duftstoff
- Aromastoff
- Flavour
- Odorierungsmittel
- Odorant
- **Geruchsaktive Verbindung(en)**



Geruchsstoff: Nomenklatur

Klassifizierung (Zuordnung zu natürlichen oder chemischen Stoffen)

- Geruchsklassen nach Carl von Linné (18. Jhd.): aromatisch, duftend, amberartig, lauchig, bockig, garstig, ekelerregend
- Primärgerüche nach Amoore (1964): campherartig (Kampfer, Mottenpulver), moschusartig (15-Pentadecanoilid, Angelikawurzel), blumig (Phenylethylmethylmethanol, Rose), minzig (Menthol, Pfefferminze), ätherisch (1,2-Dichlormethan, Fleckenwasser), schweißig (Ameisensäure, Essig), faulig (1-Butanthiol, faule Eier)
- Grundgerüche nach Ohloff (1995)

Grundgeruch	Blumig	Fruchtig	Grün	Würzig	Holz	Harzig	Animalisch	erdig
Geruchsnoten	Jasmin Rose Veilchen Mimose Orangenblüte Maiglöckchen	Apfel Himbeere Erdbeere Ananas Passionsfrucht	Buchenblätter Gurke Heu Myrthe Galbanum	Zimt Anis Vanillin Nelke Pfeffer Kampfer	Sandleholz Zedernholz Süßgras Pathouli Konifere	Weihrauch Myrrhe Laudanum Kiefernholz Mastix	Ambra Moschus Bibergeil Schweiß Fäkalien	Erde Schimmel Ozean

Geruchsstoff: Nomenklatur

Verbalisierung

Alltagsgegenständen/ -erfahrungen
(30 Basisgerüche der dt. Sprache)



authentischen Referenzsubstanzen
(Beispiele)

Geruchsqualität	Substanz
Lösungsmittelartig	Aceton
Phenolisch	m-Kresol
Fischig	Butylamin
Plastikartig	1-Hexen-3-on
Latschenkieferartig	a-Pinen
Buttrig	2,3-Butandion (Diacetyl)
Knoblauchartig	Dimethyltrisulfid
Fettig	(E,E)-2,4-Decadienal
Malzig	3-Methylbutanal (Isovaleraldehyd)
Zitrusartig	Octanal
Vanilleartig	4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyd (Vanillin)

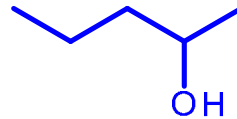
Beispiel: <http://thegoodscentscompany.com/data/rw1008451.html>

Geruchsstoff: physikalisch chemische Eigenschaften

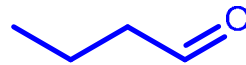
Vorbedingungen

- Struktur („Schlüssel-Schloss“) – einzelne Substanz oder funktionelle Gruppe
- Größe, molekulare Masse (bis max. 300 Kda)
- Flüchtigkeit, gasförmiger Zustand
 - Dampfdruck (20 °C), z.B.: **(1) 6,67 hPa, (2) 120 hPa, (3) 0,97 hPa, (4) 1,9 x 10⁻⁶ Pa**
 - Siedepunkt (ca. 30 bis 250 °C), z.B.: **(1) 118 °C, (2) 75 °C, (3) 164 °C, (4) 360 °C**

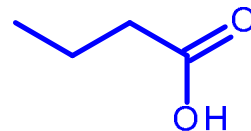
1 Butanol



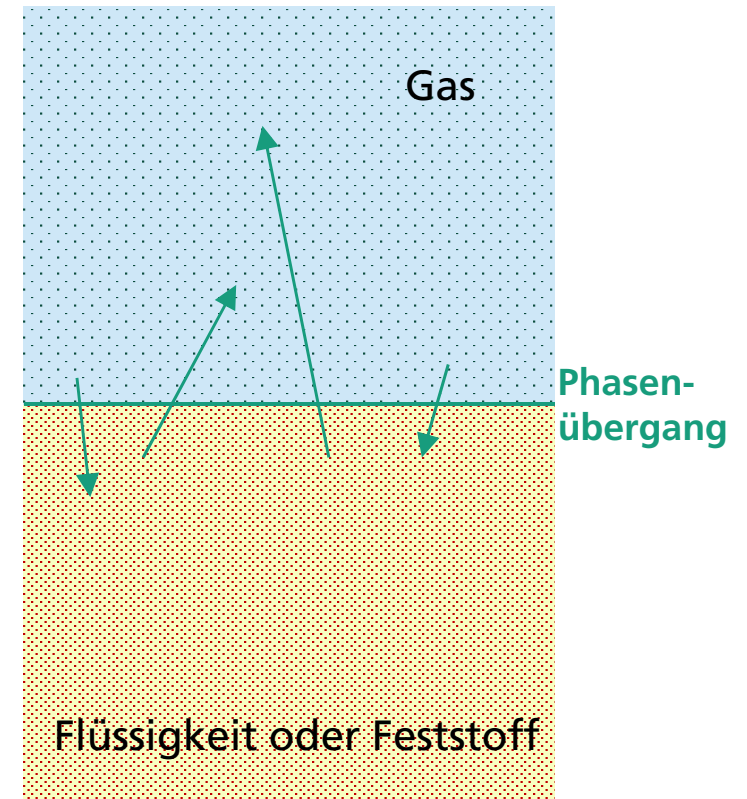
2 Butanal



3 Buttersäure

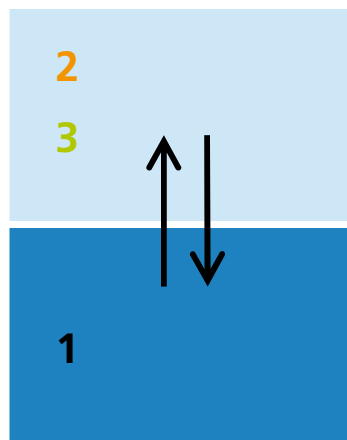


4 Ölsäure

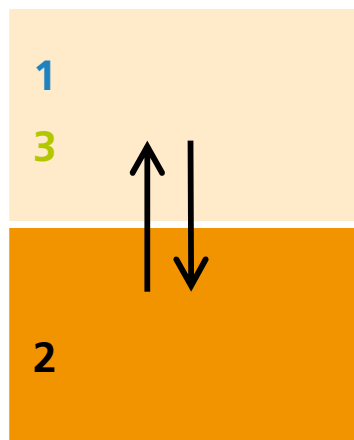
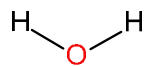


Geruchsstoff: physikalisch chemische Eigenschaften

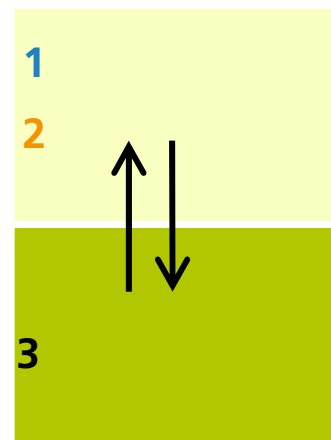
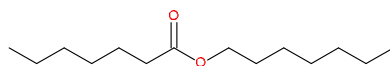
Flavour Release: Gleichgewicht zwischen Matrix und Headspace



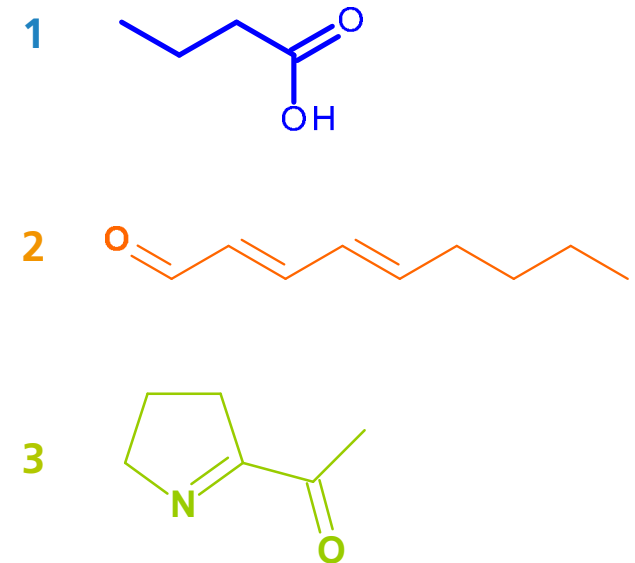
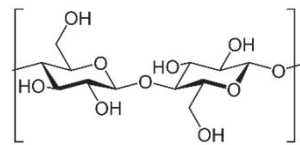
wasserlöslich



fettlöslich



„zuckerlöslich“



Geruchsschwelle und Intensität: Wahrnehmung und Erkennung

- 50 % der Testpersonen nehmen den Geruch wahr, 50 % nicht.
- **Wahrnehmungsschwelle:** geruchlicher Unterschied zu „neutral“ wahrnehmbar.
- **Erkennungsschwelle:** deutlich beschreibbarer geruchlicher Unterschied zu „neutral“ erkennbar.

Innenraum-relevanter Geruchsstoff	Geruchsqualität	Pot. Quellen	Geruchsschwellen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Beta-Pinen	latschen-kieferartig	Holzwerkstoffe, Wald	180
Dimethyltrisulfid	schweflig, verbrannt	Gips, Kaminöfen	0,06 - 1,2
Essigsäure	sauer	Mörtel, Putze, Wandfarben	1 - 2
Limonen	zitrusartig	Pflanzen, Reiniger, Parfüm	200
Trimethylamin	fischig	PU, Schaumstoffe, Dichtmassen	0,08

Geruchsschwelle und Intensität: Humansensorik

Empfundene Luftqualität (perceived intensity)

■ Aceton-Vergleichsmaßstab

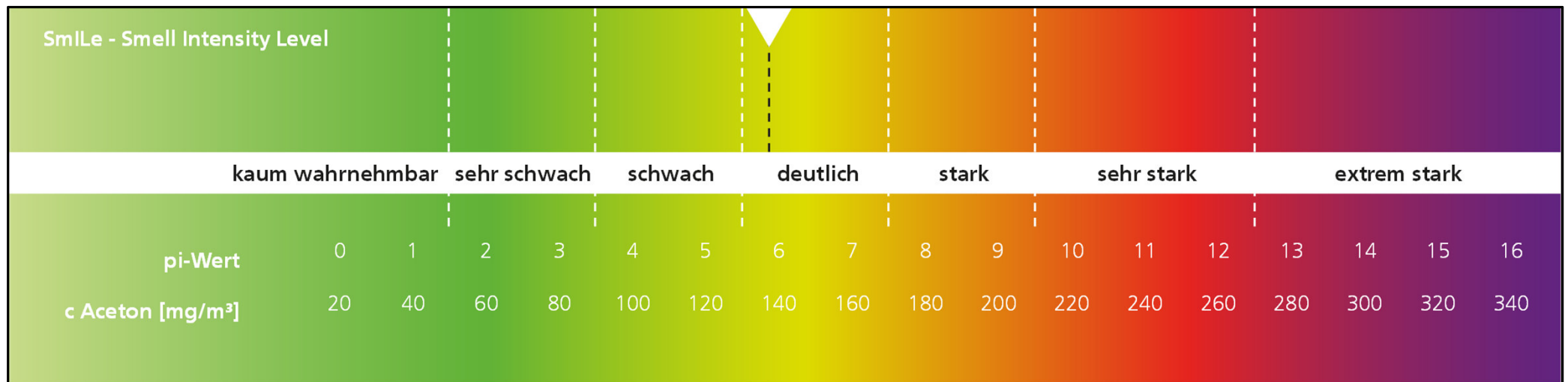
- Methode wurde in Studien und Ringversuch validiert
- Präsentation unterschiedlichen Aceton-Konzentrationen
- beginnend bei Aceton-Geruchsschwelle (20 mg/m³)
- endet bei sehr hoher, aufdringlicher Konzentration 16-fach über der Geruchs-schwelle (340 mg/m³)

Geruchsbewertung nach DIN ISO 16000-28/-30 / VDI 4302

pi-Wert	c Aceton [mg/m ³]
0	20
1	40
2	60
3	80
4	100
5	120
6	140
7	160 Schwelle
8	180 Blauer Engel
9	200 Vorschlag
10	220 AgBB
11	240
12	260
13	280
14	300
15	320
16	340

Geruchsschwelle und Intensität: Humansensorik

Geruchsbewertung – Fraunhofer SmiLe Skala ®



Humansensorik: Geruchsintensität

Wie intensiv riecht es?

Normative Anforderungen

■ Automobil

- VDA 270 (Geruchsverhalten von KFZ-Interieur)
- DIN ISO 12219-7 (Geruchsbestimmung im Innenraum von Straßenfahrzeugen)

■ Lebensmittel

- DIN EN ISO 13299 (Sensorische Analyse)
- BVL L 00.90-13 (Sensorische Prüfverfahren)

■ Außenluft

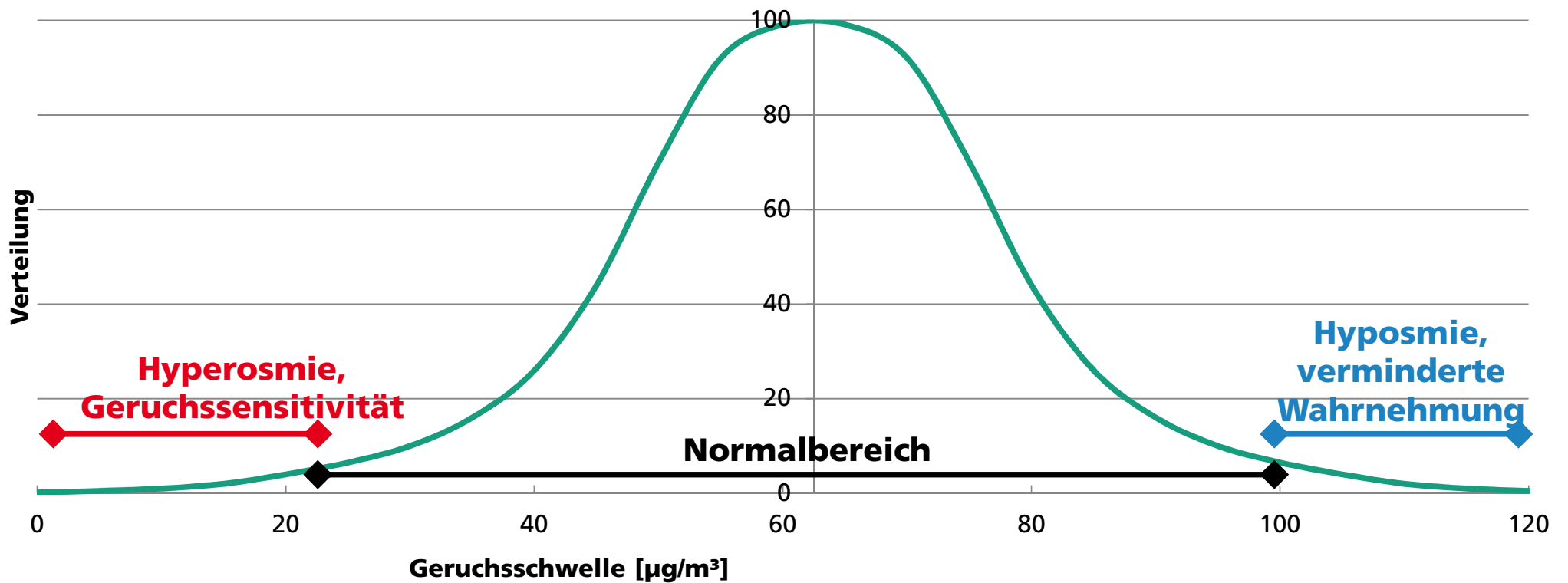
- GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie, Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen, betrifft Landwirtschaft, Industrie, Deponien, Klärwerke...)

■ Innenraumluf

- DIN EN 13725 (dynamische Olfaktometrie)
- DIN ISO 16000-28 (Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten)
- DIN ISO 16000-30 (sensorische Prüfung der Innenraumluf)
- VDI 3882-1 (Bestimmung der Geruchsintensität mittels Olfaktometrie)
- VDI 4302-1 (Geruchsprüfung von Innenraumluf)

Riechstörung und Adaption: Anosmie

Jeder Mensch hat vereinzelt Sensitivitäten oder Riechausfälle!

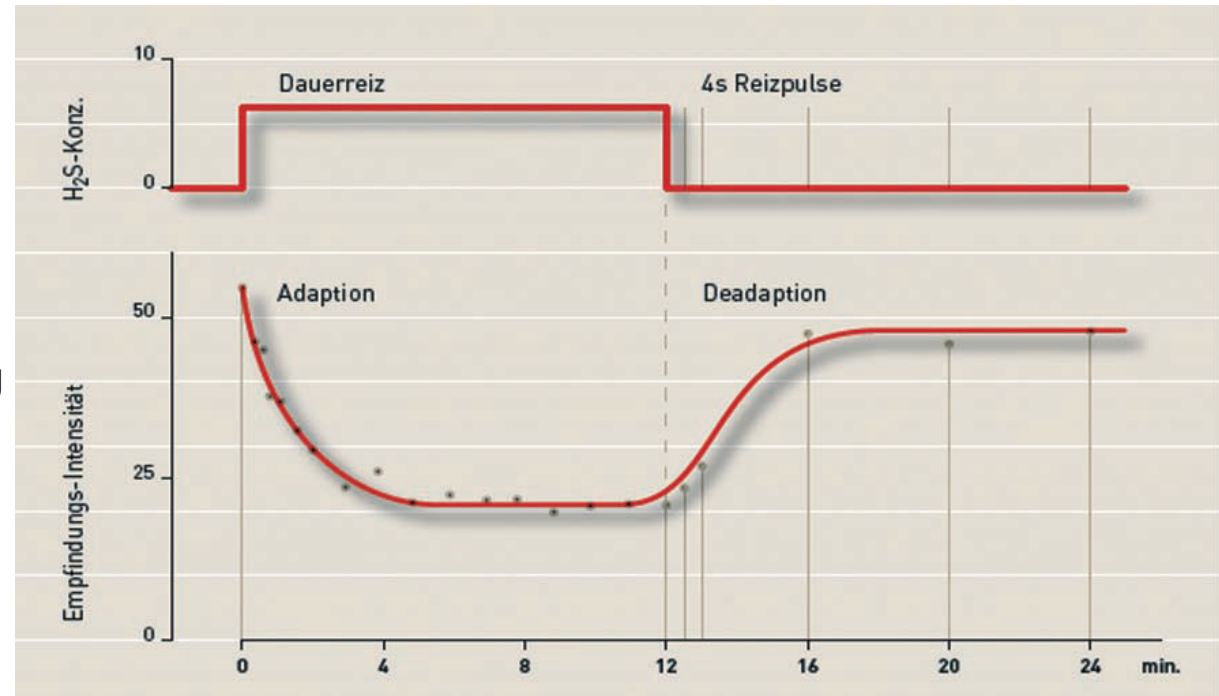


Riechstörung und **Adaption**

Gewöhnung auf neuronaler Ebene

Wird man längere Zeit einem Sinnesreiz ausgesetzt, so passt sich die Wahrnehmung an den Reiz an, bis er final nicht mehr wahrgenommen wird (gilt für olfaktorische, akustische und visuelle Reize).

1. Sowohl Adaptation als auch die Erholung des Rezeptors werden von der **Dauer der Reizdarbietung** beeinflusst.
2. Das Ausmaß der Adaptation ist abhängig von der **Konzentration des entsprechenden Duftstoffs**.
3. Die **Sensitivität oder wahrgenommene Intensität** des olfaktorischen Stimulus ist **reizspezifisch**.

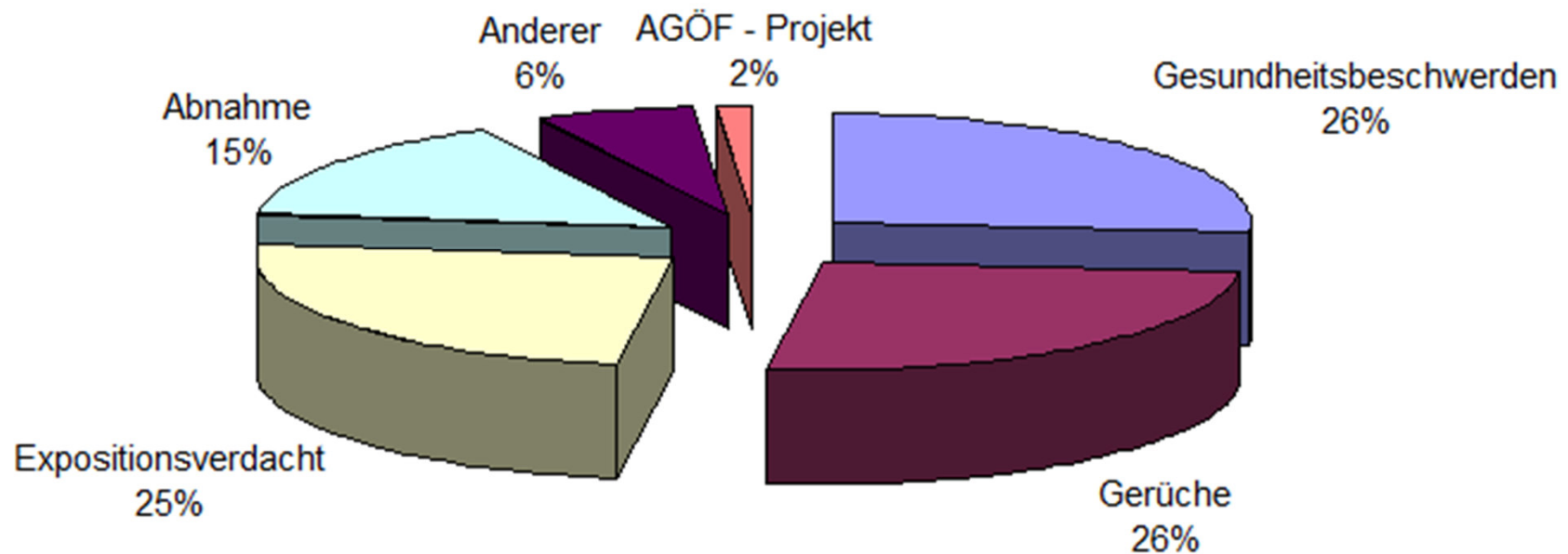


Hutter et al. 2007, Medizinische Fakten zur Beurteilung von Geruchsimmissionen

Bei mehrfacher, dauerhafter Geruchskonfrontation tritt Gewöhnung (Habituation) auf. Reiz wird nicht mehr beachtet!

Geruch = Schadstoff?

Anlässe für Innenraumuntersuchungen, Untersuchungen der AGÖF (Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V., Forschungsvorhaben 2006-2012, Anzahl der Befragten 6624)



<http://www.agoef.de/orientierungswerte/agoef-voc-orientierungswerte.html>

Geruch = Schadstoff?



Schadstoff (DIN EN ISO 16000-32:2014)

Stoff, der entweder selbst oder im Zusammenwirken mit anderen Stoffen oder durch seine Abbauprodukte oder Emissionen **Mensch oder Umwelt schädigen oder beeinträchtigen** kann

oder zu einer **Wertminderung bzw. Nutzungseinschränkung von Bauwerken** führen kann.



Geruch = Schadstoff?

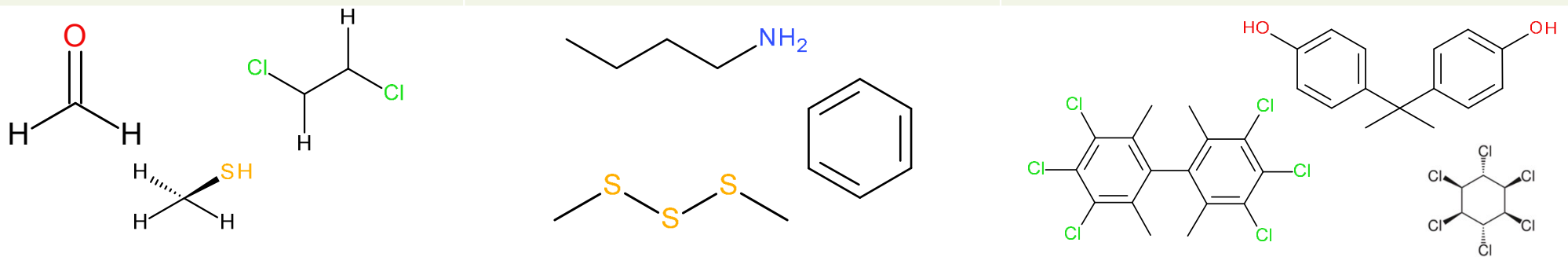
Stellungnahme des Umweltbundesamtes (UBA)

„Auch wenn eine erhebliche gesundheitliche Belästigungen **im toxikologischen Sinne keine gesundheitliche Gefährdung** darstellt, ist eine **erhebliche Belästigung zumindest im baurechtlichen Sinne** als eine regulatorisch relevante Eigenschaft anzusehen.“

In Bundesgesundheitsblatt 57/2014: „Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten“, Entwurf der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluftthygiene und der obersten Landesgesundheitsbehörde zur öffentlichen Diskussion bis Ende Dez. 2015.

Geruch = Schadstoff

VVOC	VOC	SVOC
Very volatile organic compounds	Volatile organic compounds	Semi volatile organic compounds
Siedepunkt < 50 °C	Sp. 50 – 260 °C	Sp. 260 – 400 °C
Kurzkettige Kohlenwasserstoffe aus Biomassefermentation, Treibmittel, giftige Mercaptane	Lösemittel, mikrobiell induzierte VOCs, Frostschutzmittel, Treibstoffe, sensitivierende Terpene	Biozide, Weichmacher, Flammschutzmittel, Holzschutzmittel, endokrine Disruptoren
Dichlorethylen, Formaldehyd, Methanthiol	Benzol, schwefelorganische Verbindungen, Amine	PCB, Lindan



Trainieren Sie Ihren Riechsinn - Hausaufgabe

1. Gehen Sie in den Wald und in den Garten und nehmen die Gerüche wahr.



2. Riechen Sie an Lebensmittel.



3. Reiben Sie mit der Hand an Innenraummaterialien und riechen daran (z.B. Wand, Schreibtisch, Holzboden) und vergleichen Sie mit 1.) und 2.).

4. Machen Sie einen Covid-Test, wenn Sie unter einer plötzlichen Riechstörung leiden!!!