

Stand: August 2005

Gerüche und Geruchsbelästigungen

Wir sind überall Gerüchen ausgesetzt: in Industriegebieten, auf dem Land, in Innenräumen. Einige empfinden wir als angenehm, andere als Belästigung. Häufig haben wir auch Sorge vor gesundheitlichen Belastungen, zumal unser gestiegenes Bewusstsein über Schadstoffe in der Umwelt auch unsere Aufmerksamkeit gegenüber Gerüchen erhöht. In jedem Fall reagieren wir stark auf Gerüche, denn sie sind eng mit Erinnerungen und Emotionen verknüpft.

In dieser Publikation finden Sie einige Informationen zum Thema Gerüche, Stoffeigenschaften, Wahrnehmung und Bewertung, Quellen und Minderungsmaßnahmen.

1 Geruchsstoffe: Eigenschaften und Entstehung

1.1 Einzelsubstanzen

Geruchsstoffe sind chemische Verbindungen, die den Geruchssinn ansprechen und Geruchsempfindungen auslösen. Dazu zählen mehrere tausend Einzelsubstanzen. Bislang ist jedoch noch unklar, welche Strukturmerkmale die geruchstragenden Eigenschaften bedingen. Z.B. können strukturell unterschiedliche Verbindungen eine fast identische Geruchsempfindung auslösen, wohingegen ähnliche Stoffe geruchlich mitunter sehr verschieden wirken. Dieses Fehlen einheitlicher Merkmale behindert die chemisch-analytische Erfassung und Bewertung von Gerüchen.

Es gibt jedoch einige grundlegende Eigenschaften von Geruchsstoffen (s. Kasten 1): Die Stoffe müssen leicht flüchtig sein, um in die Nase zu gelangen. Nur ausreichend wasserlösliche Stoffe können das wässrige Milieu der Nasenschleimhaut durchdringen und die Geruchsrezeptoren erreichen. Um in die Membranen der Riehzellen einzudringen, müssen die Stoffe zudem ausreichend fettlöslich sein.

Sehr viele Geruchsstoffe sind organische Verbindungen, z.B. aliphatische, aromatische oder halogenierte Kohlenwasserstoffe sowie sauerstoff-, schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen. Darüber hinaus zählen zu den geruchsintensiven Stoffen auch anorganische Substanzen wie Schwefelwasserstoff und Ammoniak. (Weitere Beispiele s. Anhang).

Kasten 1: Typische Stoffeigenschaften

- Geringes Molekulargewicht
- Leicht flüchtig
- Gut wasserlöslich
- Gut fettlöslich
- Funktionelle Gruppen: z.B. aliphatische, aromatische, halogenierte Kohlenwasserstoffe
- Struktur: z.B. haben die sog. aromatischen Verbindungen oft einen charakteristischen „aromatischen“ Geruch

1.2 Stoffgemische

Gerüche setzen sich fast immer aus einer Vielzahl von Komponenten zusammen. In ihrer Wirkung sind sie kaum quantitativ zu beschreiben, da die einzelnen Bestandteile häufig nicht eindeutig chemisch-analytisch identifizierbar sind. Außerdem können sich die Komponenten überlagern oder gegenseitig beeinflussen, so dass die Geruchswirkung u.U. aufgehoben oder verstärkt wird. Einzelne Geruchsstoffe können sich mit der Zeit verändern, wenn sie z.B. durch Luftsauerstoff oder Lichteinwirkung chemisch umgewandelt werden. Damit kann sich auch die Geruchswirkung eines Stoffgemisches ändern.

Gemische von Geruchsstoffen entstehen bei vielen biochemischen und technischen Prozessen. Wichtige Prozesse sind z. B.:

- **Gärung:** Organische Substanzen werden in Anwesenheit von Sauerstoff zersetzt (aerober Abbau). Insbesondere wenn Kohlenhydrate und Eiweiße zersetzt werden, entstehen geruchsinensitive Stoffe. Dies sind v.a. niedrige Fettsäuren, Aldehyde, Alkohole, Ester, stickstoff- oder schwefelhaltige Verbindungen (Amine bzw. Mercaptane). Aerobe Prozesse laufen z. B. im Abwasser von Kläranlagen oder bei der Kompostierung ab.
- **Fäulnis:** Organische Substanzen werden ohne Sauerstoff zersetzt (anaerober Abbau). Dabei entstehen neben flüchtigen Fettsäuren, Aminen und Mercaptanen auch Sulfide, Disulfide und viele heterocyclische Verbindungen. Beispiele sind Schwefelwasserstoff, dessen Geruch nach faulen Eiern unverkennbar penetrant ist, und Ammoniak (s. Publikation [Ammoniak und Ammonium](#)). Anaerobe Verhältnisse findet man z.B. im Schlamm von Kläranlagen, in Kompostmieten oder in Deponien. Auch bei der Papierherstellung kann es zu Faulprozessen kommen.
- **Zersetzung:** Bei zu starker Erhitzung zersetzen sich die Ausgangsstoffe. Die Zersetzungsprodukte riechen meist leicht „angebrannt“. Dies kommt z. B. in der Kunststoffherstellung häufig vor, u.a. bei der Extrusion, der Formung oder beim Aufschäumen von Kunststoffen. Aber auch beim Schneiden von Polystyrol-Schaumstoffen mit heißem Draht können die Zersetzungsprodukte wie Styrol entstehen. Ebenso entstehen beim starken Erhitzen von Fett Geruchsstoffe, z. B. Acrolein.

1.3 Freisetzung von Geruchsstoffen

Für die Freisetzung von Geruchsstoffen an die vorbeiströmende Luft ist die Differenz des Dampfdrucks¹ zwischen der Stoffquelle und der Luft maßgeblich. Dabei stellt sich ein dynamisches Gleichgewicht ein: Ändern sich die Umgebungsbedingungen, ändert sich auch die Dampfdruckdifferenz und damit die Freisetzungsrates des Geruchsstoffes. In welcher Menge Geruchsstoffe emittiert werden, hängt also sehr stark von der Prozess- und Umgebungstemperatur, vom Stoffübergangskoeffizienten und von den Strömungsgeschwindigkeiten ab. Darüber hinaus wird angenommen, dass sich die Emissionen proportional zur Austauschfläche erhöhen.

¹ Dampfdruck: Jedes Gasgemisch übt einen Druck auf seine Umgebung aus, beispielsweise den Luftdruck. Dieser Gesamtdruck setzt sich aus der Summe der Partialdrücke der Komponenten zusammen. Der maximal mögliche Dampfdruck wird als Sättigungsdampfdruck bezeichnet. Der Dampfdruck hängt z.B. stark von der Temperatur ab.

2 Geruchssinn

Der Geruchssinn wird als der "verlorene" Sinn des Menschen bezeichnet, denn zwei Drittel der Riechrezeptoren gingen im Verlauf der Evolution verloren, während sie bei anderen höheren Säugetieren noch vorhanden sind. Dennoch ist die größte Genfamilie des menschlichen Genoms für den Geruchssinn zuständig.

Der menschliche Geruchssinn ist allen heute bekannten chemischen Methoden zur Geruchsanalytik überlegen: Er ist immer „eingeschaltet“ und häufig auch sensibel für sehr geringe Geruchsstoffkonzentrationen. Dies nutzt man, indem man z.B. dem Erdgas schwefelorganische Verbindungen zusetzt, die nicht toxisch sind, aber bereits in sehr geringen Konzentrationen wahrgenommen werden. So kann jedermann eventuelle Undichtigkeiten in den Gasversorgungsleitungen sofort feststellen.

Der Geruchssinn liefert uns lebenswichtige Informationen, z.B. über Stoffumwandlungen. So prüfen wir unsere Nahrung gewohnheitsmäßig vor und während des Essens und schützen uns damit instinktiv vor der Aufnahme verdorbener, ungenießbarer Stoffe (s. Kasten 2). Bekömmliche Speisen regen über ihren appetitlichen Geruch die Speichel- und Magensaftsekretion an. Gerüche informieren uns auch über soziale Beziehungen, denn wir erkennen Bezugspersonen und Orte auch am Geruch.

Kasten 2: Aufgaben des Geruchssinnes

- Auslösung von Ekel als Warnung vor verdorbenen Speisen
- Auslösung der Speichel- und Magensaftsekretion durch angenehme Gerüche
- Überwachung der Hygiene
- Vermittlung sozialer Informationen
- Beeinflussung des Sexualverhaltens
- Auslösen von Lust- oder Unlustgefühlen

Die Geruchsstoffe können in der Nase zwei Organe aktivieren, die Geruchsempfindungen an das Gehirn vermitteln. Die meisten Geruchsstoffe aktivieren beide Organe gleichzeitig:

- **Riechschleimhaut:** In der oberen Nasenhöhle liegt die Riechschleimhaut (Riechepithel) mit 10 – 20 Mio. Geruchsrezeptoren.
- **Nervus trigeminus:** Die Nervenenden sind über die ganze Nasenhöhle verteilt. Sie vermitteln Reiz- und Temperaturempfindungen.

Die Geruchsreize werden als Impulse über die Bahnen mehrerer Nerven zum „primären Riechzentrum“ im Gehirn geleitet. Von dort gelangen sie zu anderen Gehirnbereichen, u.a. zum limbischen System (s. Abb. 1).

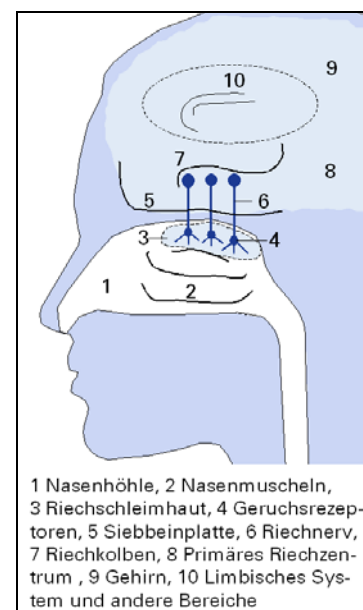


Abb. 1: Aufnahme und Weiterleitung von Geruchsreizen. Quelle: www.medizin.uni-koeln.de/kliniken/hno/Patinfo_riech.htm, verändert

Das **Limbische System** ist für Emotionen und Affekte wichtig. Manche Autoren bezeichnen diesen in der Evolution sehr früh entstandenen Gehirnteil als „Eingeweide-Gehirn“, weil es weitgehend unabhängig vom Bewusstsein arbeitet. Hier wird das „Geruchsbild“ sofort mit unseren Erfahrungen verglichen, die wir uns im Lauf unseres Lebens angeeignet haben. Diese Erfahrungen werden immer wieder aktualisiert und fortlaufend unbewusst genutzt. Sie sind sehr subjektiv und sogar emotionale Erfahrungen können mit bestimmten Gerüchen verknüpft werden. Daher kann eine Situation mit den entsprechenden Gefühlen wachgerufen werden, wenn wir einen bestimmten Geruch wieder riechen. Generell wirken angenehme Gerüche stimulierend und verbessern das Lebensgefühl, unangenehme und fremdartige Gerüche führen zu schlechter Stimmung, Aggressivität, Nervosität oder wecken den Fluchtinstinkt.

3 Wahrnehmung und Bewertung von Gerüchen

3.1 Geruchsschwelle und Geruchsintensität

Die meisten Menschen haben eine mittlere Geruchssensibilität, während einige einen sehr guten oder einen sehr schlechten Geruchssinn haben (entspricht mathematisch einer Normalverteilung). Z.B. können manche Menschen bereits sehr viel geringere Geruchsstoff-Konzentrationen wahrnehmen als andere. Die wahrgenommenen Konzentrationen unterscheiden sich dabei um bis zu Faktor 100.

Die **Geruchsschwelle (Wahrnehmungsschwelle)** ist die Konzentration eines Geruchsstoffes, die eine eben merkbare Geruchsempfindung auslöst. Nach der Konvention ist dies die Konzentration, bei der ein Proband für die Hälfte aller Proben eine Geruchsempfindung angibt. Die Geruchsschwelle (Wahrnehmungsschwelle) liegt meist um den Faktor 2 – 3 niedriger als die Schwelle, ab der er erkannt werden kann (Erkennungsschwelle). Geruchsschwellen können nur für Einzelstoffe angegeben werden.

Die wahrgenommene **Geruchsintensität** nimmt i.d.R. mit zunehmender Konzentration des Geruchsstoffes zu. Das ist jedoch nicht in allen Konzentrationsbereichen gleich stark ausgeprägt: Bei geringeren Konzentrationen genügt eine geringere Zunahme als bei höheren Konzentrationen, um z.B. eine Verdopplung der Intensität zu bewirken. Außerdem nimmt die Intensität bei verschiedenen Geruchsstoffen unterschiedlich stark zu. Daher sind Überschreitungen der Geruchsschwelle nicht ausschließlich nach der Konzentration zu bewerten, vielmehr muss immer auch die wahrgenommene Intensität (Wirkungsseite) berücksichtigt werden.

Adaption: Bei andauernder Exposition nimmt die Geruchsstärke-Empfindung ab, man gewöhnt sich also an den Geruch. Diese Adaption geht wieder zurück, wenn der Geruch nachlässt. Bei hohen Konzentrationen der Geruchsstoffe passt sich der Geruchssinn schneller an.

3.2 Geruchsqualität, Hedonik

Wir alle bewerten Gerüche als angenehm oder unangenehm. Diese gefühlsspezifische Wirkung bezeichnet man als Geruchsqualität oder Hedonik. Sie wird auf einer neunstelligen Bewertungsskala zwischen „angenehm“ und „unangenehm“ erfasst. Sie ist sehr stark von subjektiven Faktoren beeinflusst (s. Abschnitt 2):

- Persönliche Erfahrungen und Erinnerungen prägen sehr stark die Bewertung von Gerüchen. Ein alltägliches Beispiel ist ein Bauernhof: Der dort vorherrschende Geruch wird vom Landwirt als „normal“, von den Nachbarn hingegen oft als Belästigung empfunden. Stadtbewohner bewerten ihn in einem breiten Spektrum von „Gestank“ bis „gesunde Landluft“.
- Die Bewertung von Gerüchen kann sich im Lauf der Zeit verändern. Kinder haben z.B. eine andere Einschätzung von Gerüchen als Erwachsene. „Aromatische“ Gerüche werden manchmal mit der Zeit lästig.
- Die gesundheitliche, physische und psychische Verfassung haben erhebliche Auswirkung auf die Geruchswahrnehmung und –bewertung.

Zusätzlich kann die Geruchsqualität auch von der Geruchsstoffkonzentration abhängen. So werden manche Geruchsstoffe in geringer Dosierung als angenehm, bei hohen Konzentrationen jedoch als unangenehme Belästigung empfunden.

3.3 Geruchsnote

Es gibt eine Vielzahl an Klassifizierungssystemen für Gerüche. Eines der am häufigsten verwendeten unterscheidet sieben Grundgerüche (s. Tabelle 1). Alle anderen Gerüche bestehen aus Mischungen dieser Grundgerüche.

Tabelle 1: Grundgerüche nach AMOORE

Grundgeruch	Geruchsstoff	Beispiel
Kampferähnlich	Kampfer	Mottengift
Moschusartig	Pentadekanolazeton	Engelwurz
Blumenduftartig	Phenylethylmethylethylkarbinol	Rosenduft
Mentholartig	Menthone	Minze
Ätherisch	Ethylendichlorid	Trockenreinigungsmittel
Beißend	Ameisensäure	Weinesssig
Faul	Buthylmerkaptan	Faules Ei

4 Physiologische und psychologische Wirkungen

Geruchsreize wirken als Signal für erhöhte Aufmerksamkeit. Daher rufen Gerüche **physiologische Reaktionen** hervor: Immer wenn sie „Alarmsignale“ setzen, aktivieren sie den Organismus. Sie rufen z.B. Stressreaktionen hervor, die den Körper auf Kampf oder Flucht vorbereiten, wie Pupillenerweiterung oder Verengung der peripheren Blutgefäße.

Belästigungen, also **psychologische Wirkungen**, sind die wichtigste Wirkungskategorie. Generell wirkt ein schwacher, eher angenehmer Geruch viel weniger belästigend als ein starker, unangenehmer. Dabei können persönliche Merkmale wie Lebensalter, Gesundheitszufriedenheit oder Stressverarbeitungsstile die Belästigungsreaktion erheblich dämpfen oder verstärken. Für größere Personengruppen ist die Geruchshäufigkeit ein guter Indikator für die Belästigung. Daher wird sie häufig ermittelt, wenn die Belästigung der Anwohner durch eine geruchsemitternde Anlage beurteilt werden soll (s. Abschnitte 5.2 und 7).

Häufig ruft eine Geruchswahrnehmung toxikologisch nicht begründete Ängste vor einer Schadstoffbelastung hervor. Werden Gerüche als Signale der Bedrohung aufgefasst, können sie Sorge, Angst oder Aggression auslösen. Dann kann eine ernst zu nehmende Gesundheitsgefährdung entstehen. Bei den sog. **Toxikopien** entwickeln die Patienten Krankheitsbilder oder pathologische Symptome, die für eine Vergiftung typisch sind, ohne dass der entsprechende Giftstoff vorhanden ist. Die Patienten interpretieren Gerüche als Anzeichen einer drohenden Vergiftung und reagieren darauf z.B. mit Erbrechen, z.T. aber auch mit spezifischeren Reaktionen. Gerüche können insofern tatsächlich gesundheitsbeeinträchtigende Wirkung haben, ohne toxisch zu sein.

Dagegen wurde bislang **keine unmittelbar krankmachende Wirkung** von Gerüchen nachgewiesen. Nicht einmal bei toxischen Substanzen sagt eine Geruchswahrnehmung verlässlich etwas darüber aus, ob tatsächlich toxische Wirkungen zu erwarten sind (s. Anhang 1):

- Die meisten geruchserzeugenden Gifte oder Schadstoffe nimmt der Mensch bereits bei Konzentrationen wahr, die noch keine gesundheitsschädliche oder gar tödliche Wirkung haben. Ein Beispiel ist Schwefelwasserstoff, den man bereits in sehr geringen Konzentrationen riechen kann, wenn er noch nicht toxisch wirkt. Im Bereich der tödlichen Dosis ist Schwefelwasserstoff für den Menschen jedoch geruchlos.
- Viele toxische Luftschadstoffe sind geruchlos, z.B. Kohlenmonoxid.
- Für einige Verbindungen sind bereits bei Konzentrationen im Bereich des Geruchsschwellenwertes Gesundheitsgefährdungen anzunehmen, z.B. bei Acrolein, Chloroform, p-Dichlorbenzol, 1,1,1-Trichlorethan und Ozon (s. Publikation [Bodennahes Ozon](#)).

5 Geruchsemissionen aus technischen Anlagen

5.1 Quellen

Viele technische, chemische und biochemische Prozesse können zur Emission von Geruchsstoffen führen. Erfahrungsgemäß kommt es jedoch in einigen Wirtschaftsbereichen häufiger zu Geruchsemissionen (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Häufige Quellen von Geruchsemissionen. Quelle: Wichmann et al. 1994

Wirtschaftsbereich	Beispiele für Anlagen, in denen häufig Geruchsemissionen entstehen:
Abfallwirtschaft	Kläranlagen, Deponien, Kompostieranlagen, Biogasanlagen, Altölaufbereitung
Landwirtschaft, Tierkörperverwertung	Tierhaltungen, Gülleausbringung, Schlachthöfe, Fettschmelzen, Knochenverarbeitung
Nahrungs-, Genussmittelindustrie	Brauereien, Röstereien (Kaffee, Kakao), Tabakfabriken, Schnitzelrübentrocknung
Chemische Industrie	Agrarchemie, Fettchemie, Petrochemie, Kunststoffchemie
Kohle-, Stahlindustrie	Kokereien, Gießereien, Lackierereien
Gummi-, Papierindustrie	Vulkanisierbetriebe, Reifenherstellung, Viskoseherstellung, Papierfabriken

Beispiel: Biogasanlagen

Zu den geruchsintensiven Stoffen bei Biogasanlagen zählen u.a. Ammoniak, niedermolekulare Aminverbindungen, organische Säuren, Phenole und Schwefelwasserstoff. Dabei hängen die Geruchsemissionen stark von der Zusammensetzung der Einsatzstoffe ab. Beispielsweise variiert die Zusammensetzung der Gülle sehr stark je nach Tierart, Stalltechnik, Fütterung und Wasserverbrauch bei der Reinigung des Stalles (Verdünnung). Auch die mitvergorenen Substrate beeinflussen die Geruchsemissionen (Kofermente wie Fettabseider, Speiseabfälle, Schlachtabfälle). Generell werden die geruchsbildenden Substanzen durch die Vergärung in der Biogasanlage verringert (ca. -30 %). Dennoch können Geruchsemissionen entstehen, z.B. beim Transport, bei der Lagerung, beim Zusatz von Kofermenten, bei Betriebsstörungen mit Gasaustritt, bei der Nachgärung von nicht ausreichend vergorenen Einsatzstoffen im Endlager oder bei Verunreinigungen im Annahme-/Abgabebereich der Biogasanlage. Zu Geruchsbelästigungen kann es auch bei Einspülverfahren für Kofermente im offenen System kommen, wie sie früher häufiger eingesetzt wurden. (Weitere Informationen zu Emissionen aus der Tierhaltung finden Sie in unserer Publikation [Ammoniak und Ammonium](#).)

Beispiel: Brauereien

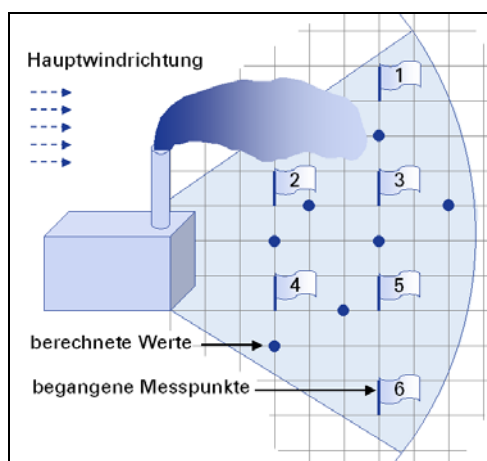
Beim Bierbrauen wird das geschrotete Malz mit Wasser zu Maische vermischt. Diese Maische wird in der Maischepfanne verzuckert und anschließend in Würze und Treber getrennt. Die Würze wird mit Hopfen versetzt und in der Würzepfanne gekocht. Sowohl in der Maische- als auch in der Würzepfanne entstehen organische Geruchsstoffe, z.B. Terpene, Ester, Carbonyle und Alkohole. Außerdem fault der Treber leicht, so dass auch hier Belästigungen für die Anwohner entstehen können. Allerdings werden Brauereigerüche insgesamt leichter akzeptiert als Gerüche aus anderen industriellen Anlagen.

5.2 Bestimmung von Geruchsemissionen

Bei der Bestimmung von Geruchsemissionen werden häufig Probandenbegehungen und Ausbreitungsrechnungen verwendet:

Probandenbegehung

Mit diesem Verfahren bestimmen Probanden, wie oft Gerüche in der Umgebung eines Emittenten zu riechen sind. Über einen längeren Zeitraum hinweg „schnüffeln“ die Testpersonen zu vorab festgelegten Zeiten an den ausgewählten Orten. Dabei unterscheidet man zwischen:



- **Fahnenbegehung:** Meist soll so die Ausdehnung der Abluffahne bestimmt werden. Ziel kann auch die Kalibrierung von Ausbreitungsmodellen sein.
- **Rasterbegehung:** Um die Vorbelastung mit Gerüchen zu ermitteln, werden Rasterpunkte regelmäßig aufgesucht. Dieses Verfahren wird z.B. in Wohngebieten häufig angewendet (s. Abb. 2).

Abb. 2: Schema einer Rasterbegehung, Quelle: Brauchle 2003, verändert

Ausbreitungsrechnung

Mithilfe von Ausbreitungsrechnungen werden die Immissionen in der Umgebung eines Geruchsstoffemittenten prognostiziert. Insbesondere wird berechnet, wie häufig vorgegebene Werte an Aufpunkten überschritten werden. Diese Prognosen sind für die Planung und Genehmigung von geruchsstoffemittierenden Anlagen erforderlich. In die Ausbreitungsrechnung gehen zahlreiche Größen ein, z.B.

- Geruchsstoffstrom (GE/m^3), ermittelt aus Emissionsmassenstrom (m^3/h) und Geruchsstoffkonzentration in der Abluft (Geruchseinheiten GE/h)
- Emissionsdaten, z.B. Quelhöhe, Abgastemperatur, Austrittsgeschwindigkeit
- Meteorologische Daten, z.B. Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Turbulenzen (s. Publikation [Umweltmedium Luft](#))

5.3 Minderungsmaßnahmen

Grundsätzlich sollten Produktionsverfahren so ausgelegt werden, dass das Entstehen von Geruchsstoffen minimiert wird. Denn Maßnahmen, die entstandene Gerüche vermindern sollen, sind meist teurer. Mögliche Maßnahmen können sein:

- Mindestabstände zu Wohngebieten, z.B. bei Schweine- oder Hühnerställen (s. Publikation [Ammoniak und Ammonium](#)).
- **Verdünnung** des Abluftstroms durch Zufuhr von Umgebungsluft: Wird v.a. bei kleineren Betrieben angewendet, z.B. Bäckereien oder Tischlereien.
- Anpassen der **Schornsteinhöhe**: Bei einer höheren Ableitung der Abluft werden die Geruchsstoffe besser verdünnt (s. Publikation [Umweltmedium Luft](#)).
- **Abluftreinigung**: Oft werden biologische Verfahren eingesetzt, z.B. Bio- oder Kompostfilter. Auch thermische Verfahren sind geeignet, z.B. die katalytische oder thermische Nachverbrennung.

6 Gerüche in Innenräumen

In Innenräumen sollten nur Gerüche vorkommen, die beim bestimmungsgemäßen Gebrauch normalerweise entstehen, z.B. typische Küchengerüche. Andere Gerüche können ein Indiz für das Vorhandensein chemischer Stoffe sein. Diese Substanzen können – seltener – aus dem Baumaterial und – häufiger – von Schimmelpilzen ausgehen oder aus Farben, Bodenbelägen, Klebstoffen oder aus Einrichtungsgegenständen stammen. Auch in Fahrzeuginnenräumen werden häufig störende Gerüche bemerkt.

Der Vielzahl der Quellen entspricht eine Vielzahl an Labels, mit denen geruchsarme Produkte gekennzeichnet werden. In den folgenden Abschnitten haben wir einige beispielhaft herausgegriffen.²

² Weitere Produktkennzeichnungen und Informationen über die Labels finden Sie im Internet (www.label-online.de).

6.1 Bausubstanz

Gerüche in Innenräumen stammen eher selten aus der Bausubstanz. Daher beschreibt das folgende Beispiel diesen Problembereich anhand eines Einzelfalls:

Beispiel: Geruchsbelästigung in einem Altbau durch chlorierte Naphthaline

Nach der Renovierung einer Grundschule klagten Schüler und Lehrer über einen unangenehmen, mottenkugelartigen, dumpfen Geruch, der allerdings nur in einzelnen Räumen und nur episodenhaft auftrat, v.a. in Zeiten feuchter Witterung. Als Ursache konnten chlorierte Naphthaline ermittelt werden, die durch ihren ausgeprägten Geruch stark belästigend wirken und gesundheitsgefährdend sein können. Eine baugeschichtliche Recherche ergab, dass das Gebäude im Krieg beschädigt worden war und dass im Zuge der damaligen Sanierungsmaßnahmen Hölzer eingebaut worden waren, die mit Holzschutzmittel behandelt worden waren (z.B. Träger, Latten, Dielen).³ Die behandelten Bauteile waren aber weitgehend eingekapselt worden. Erst nach der Renovierung und Freilegung emittierten sie unangenehme Gerüche. Durch Ausbau und Kapselung der kontaminierten Hölzer konnte die Raumluftbelastung gesenkt werden.

6.2 Schimmelpilze

Ein häufigeres Problem ist die Belastung mit Schimmelpilzen. Der Befall kann offen sichtbar sein, oft ist er jedoch auch verdeckt, z.B. in Hohlräumen hinter Verschalungen, Decken oder Wänden. Dann kann man ihn manchmal am typischen, modrig-muffigen Geruch erkennen. Diesen Verdacht sollte man jedoch durch eine Bestimmung der Sporenkonzentration in der Raumluft abklären lassen. Ein verdeckter Befall kann auch mit einem Schimmelspürhund gefunden werden (s. Publikation [Schimmel im Innenraum](#)).

6.3 Farben, Lacke

In Farben und Lacken sind flüchtige organische Verbindungen (VOC) enthalten, die zu Gerüchen führen können. Um die VOC-Emissionen zu senken, sollte man generell „lösemittelfreie“ Produkte wählen.

Für emissionsarme Farben und Lacke gibt es mehrere Prüfzeichen (s. Abb. 3).

Abb. 3: Einige Labels für schadstoffarme Lacke. Quelle: www.label-online.de



Allerdings bedeutet „lösemittelfrei“ nur, dass keine Stoffe enthalten sind, die einen Siedepunkt < 200 °C haben. Schwerer flüchtige Stoffe können durchaus enthalten sein (z.B. als Lösemittel, Weichmacher, Konservierungsstoff, Emulgator, Verdünner...). Die Ausgasung von leichtflüchtigen VOC klingt mit der Zeit ab, während schwerer flüchtige Substanzen in geringerer Konzentration, dafür über längere Zeit ausgasen. Daher können auch bei „lösemittelfreien“ Produkten Gerüche entstehen.

³ Monochlornaphthalin wurde v.a. in den 70er Jahren als Holzschutzmittel verwendet, und zwar fast ausschließlich produktionsseitig zur Herstellung verleimter Holzwerkstoffe, insbesondere in Spanplatten und Furnierholz für den Bau. Diese Holzwerkstoffe wurden sowohl für den Außenbereich als auch in Innenräumen verwendet, z.B. als Fußbodenplatten, auf den ein Fußbodenbelag verklebt werden konnte, sowie in geringerem Maß als Wand- und Deckenplatten.

6.4 Bodenbeläge, Bodenbelagsklebstoffe

Häufig gehen Gerüche in Innenräumen von **Bodenbelägen** aus. Beim Kauf sollten Sie daher unbedingt auch auf den Geruch der Bodenbeläge achten. Ein Bodenbelag sollte zwar nach höchstens acht Wochen den typischen Neugeruch weitgehend verlieren. Wenn Sie den Neugeruch jedoch überhaupt nicht ausstehen können, ist zu befürchten, dass Ihr Wohlbefinden auch darüber hinaus beeinträchtigt wird. Es gibt mehrere Siegel z.B. für Teppiche, Korkböden oder Linoleum, die auch auf Gerüche prüfen (s. Abb. 4).



Abb. 4: Einige Labels für Bodenbeläge, bei deren Vergabe Geruchsprüfungen durchgeführt werden. Quelle: www.label-online.de. (Dort finden Sie weitere Labels für schadstoffarme Produkte.)

Auch **Bodenbelagsklebstoffe** riechen oft sehr unangenehm, insbesondere Parkettkleber. Besonders die lösemittelfreien oder –armen Dispersionsvorstriche und –klebstoffe führen häufig zu Geruchsbelästigungen. Dennoch sollten diese Produkte aus Gründen des Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzes gewählt werden. Denn die stark lösemittelhaltigen Neoprenekleber verursachen zwar seltener unangenehme Gerüche, es kommt aber beim Arbeiten mit diesen Produkten zu sehr hohen Lösemittelkonzentrationen.

Generell sollte man bei der Wahl von Klebern, Spachtelmassen oder Vorstrichen lösemittelfreie Produkte wählen. Dabei kann man sich z.B. an der EMICODE-Kennzeichnung orientieren. (s. Abb. 5).



Abb. 5: EMICODE-Kennzeichnung für emissionsarme Kleber. Quelle: www.label-online.de

Alternative Verlegungsmethoden sind die beste Möglichkeit, den Eintrag von Chemikalien in Innenräumen zu vermindern (s. Kasten 3). Gleichzeitig wird damit die Entstehung von Gerüchen vermieden. Z.B. werden in den USA über 90 % aller textilen Beläge verspannt, während es in Deutschland nur 0,5 % sind.

Kasten 3: Verlegen ohne Klebstoffe

- Loses Verlegen
- Fixieren mit Klebeband
- Verspannen von Bodenbelägen
- Parkett nageln, schrauben oder klammern

6.5 Möbel

Möbel können Geruchsstoffe abgeben, wie Formaldehyd oder VOC. Quelle kann das Trägermaterial sein, z.B. Holz oder Span- und Faserplatten. Auch das Beschichtungsmaterial kann Lösemittel abgeben und so Gerüche hervorrufen. Zudem können bei Oxidationsprozessen in der Gesamtmatrix geruchsintensive Verbindungen entstehen.

Einige Prüfinstitute führen bei ihrer Siegelvergabe auch Prüfungen auf Gerüche durch (s. Abb. 6). Neben dem Geruch werden u. a. auch die Emissionen von VOC und Formaldehyd geprüft.

Abb. 6: Gütezeichen für Möbel, bei deren Vergabe auch eine Geruchsprüfung durchgeführt wird. Quelle: www.label-online.de. (Dort finden Sie weitere Labels für schadstoffarme Produkte.)



6.6 Fahrzeuginnenräume

Galt früher der typische Neuwagengeruch geradezu als Statussymbol, wird er heute immer weniger akzeptiert. Die Autoindustrie arbeitet daran, geruchsneutrale Neuwagen auf den Markt zu bringen. (Zu Schadstoffen in Fahrzeuginnenräumen s. Publikation [Benzol](#).)

7 Rechtliche Regelungen

In der **Außenluft** müssen nach dem **Bundes-Immissionsschutzgesetz** (BImSchG) erhebliche Belästigungen durch Gerüche vermieden werden. Errichtung und Betrieb von Anlagen, die erhebliche Umwelteinwirkungen haben können, müssen durch die Behörden genehmigt werden. Errichtung und Betrieb einer Anlage kann erst dann zugestimmt werden, wenn dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Vorkehrungsmaßnahmen zur Emissionsbegrenzung getroffen wurden.

In Bayern ist derzeit keine spezielle Richtlinie vorgeschrieben, anhand derer die Geruchsimmissionen zu bewerten sind. In entsprechenden Fällen wird i.d.R. die **Geruchsimmissions-Richtlinie** (GIRL) des Landes Nordrhein-Westfalen als Erkenntnisquelle herangezogen.

Als Maß für die Geruchsbelastung von Anwohnern nennt die GIRL die **Häufigkeit von Gerüchen**, die erkennbar und klar abgrenzbar aus Anlagen oder -gruppen stammen (s. Kasten 4). Als Geruchsstunde gilt dabei, wenn der Proband innerhalb von zehn Minuten mindestens sechs Einzelbeurteilungen mit Gerüchen feststellt, die vom untersuchten Betrieb ausgehen.

Kasten 4: Einige Bewertungsgrundlagen der GIRL des Landes Nordrhein-Westfalen

- **Jahresstunden mit Geruch:** Zulässig sind 10 % in Wohn- und Mischgebieten bzw. 15 % in Gewerbe- und Industriegebieten. Ausnahmen bilden Ekel oder Übelkeit auslösende Gerüche.
- Die **Gesamtbelastung** darf den Immissionswert nicht überschreiten, der für ein Gebiet jeweils zulässig ist. Bei Überschreitungen sind Minderungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik erforderlich. Reichen diese Maßnahmen nicht aus, ist die neu geplante Anlage i.d.R. nicht genehmigungsfähig.
- Bei **Zusatzbelastungen** < 2 % der Jahresstunden kann die Anlage ohne weitere Prüfung genehmigt werden. Bei höheren Zusatzbelastungen muss die Vorbelastung durch andere Emittenten abgeschätzt und gegebenenfalls durch Rasterbegehungen oder Immissionsprognosen ermittelt werden.

Die Vorgehensweise der GIRL bietet den Vorteil, dass der subjektive Charakter der Geruchsbelästigung weitgehend berücksichtigt wird, anders als z.B. bei einer Bewertung ausschließlich anhand von Mindestabständen.

Bis heute fehlt in der **Innenraumhygiene** eine einheitliche gesetzliche Vorgabe in Bezug auf Geruchsbelästigungen.

Weitere Informationen:

- **Kennzeichnung von Möbeln, Teppichen, Farben, Lacken, Klebstoffen:** Eine Beschreibung und Bewertung verschiedener Label finden Sie unter www.label-online.de (→ Stichwortsuche)
- **Duftstoffe, Duftöle:** [Weihnachts- und Sylvesterartikel](#), Publikation der Umweltberatung Bayern
- **Labore und Sachverständige:** [Schadstoffuntersuchungen in Innenräumen – Labore und Sachverständige](#), Publikation der Umweltberatung Bayern
- **Gutachter:** IHK-Sachverständigenverzeichnis, <http://www.svv.ihk.de/>

8 Literatur

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg., 2004): Biogashandbuch Bayern – Materialienband. <http://www.bayern.de/lfu/abfall/biogashandbuch/index.html>

Brauchle G. (2003): Geruchsbelästigungen. Begriffsbestimmungen, Auswirkungen und Erhebungsverfahren. Unterrichtsmaterialien zur Fortbildung von Amtsärzten. alpS-Zentrum für Naturgefahrenmanagement, Innsbruck

Deutsche Forschungsgemeinschaft (2003): MAK- und BAT-Werte-Liste 2004. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 40.

Hutter H.-P. (1998): Ärztliches Vorgehen und Abhilfestrategien bei Geruchsbeschwerden im Innenraumbereich. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Gerüche in der Umwelt. Innenraum- und Außenluft. Tagungsband. VDI-Bericht 1373. VDI-Verlag, Düsseldorf

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg., 1998): Gerüche in der Umwelt. Innenraum- und Außenluft. Tagungsband. VDI-Bericht 1373. VDI-Verlag, Düsseldorf

Martinec M., Hartung E., Jungbluth T. (1998): Daten zu Geruchsemissionen aus der Tierhaltung. Zusammenfassung und Analyse veröffentlichter Daten. KTBL-Arbeitspapier 260. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup

Pluschke P. (1996): Luftschadstoffe in Innenräumen. Ein Leitfaden. Springer Verlag, Berlin u.a.

Prinz B. (1994): Gerüche. In: Wichmann, Schlipkötter, Füllgraf (Hrsg.): Handbuch Umweltmedizin. Ecomed Verlag, Landsberg am Lech

Schön M., Hübner R. (1996): Geruch. Messung und Beseitigung. Vogel Buchverlag, Würzburg

Schult N., Salthammer T. (2004): Beurteilung von Bauprodukten durch chemische und sensorische Prüfung. In: Gefahrstoffe: Reinhaltung der Luft 03/2004 <http://www.ivth.org/publikat/aif-12445.pdf>

Welzbacher U. (2004): Gefahrstoffe, Vorschriften, Arbeitshilfen, Stoffinformationen. Neue Datenblätter für gefährliche Arbeitsstoffe nach der Gefahrstoffverordnung. CD-Rom, WEKA-Media GmbH, Kissing

Winneke G. (1994): Geruchsstoffe. In: Wichmann, Schlipkötter, Füllgraf (Hrsg.): Handbuch Umweltmedizin. Ecomed Verlag, Landsberg am Lech

Richtlinien und gesetzliche Regelungen

- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) i.d.F. der Bek. vom 26.09.2002, BGBl. I S. 3830, zuletzt geändert durch Art. 2 G v. 22.12.2004 I 3704
<http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bimschg/gesamt.pdf>
- Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie - GIRL -) in der Fassung vom 21. September 2004
<http://igsvtu.lua.nrw.de/vtu/oberfl/de/dokus/6/dokus/61101.pdf>
- Technische Regeln für Gefahrstoffe: Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz "Luftgrenzwerte" (TRGS 900)
<http://www.baua.de/prax/ags/trgs900.pdf>

Internet

- Aromatische Wahrnehmung – nur mit der Nase: http://www.medizin.uni-koeln.de/kliniken/hno/Patinfo_riech.htm
- Deutsche Gütegemeinschaft Möbel e.V. (DGM). Goldenes M: <http://www.dgm-moebel.de/>
- Deutsches Teppich-Forschungsinstitut e.V.: <http://www.tfi-online.de/de/index.htm>
- Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlegewerkstoffe (GEV). EMICODE: <http://www.emicode.com/>
- GESTIS-Stoffdatenbank, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz: <http://www.hvbg.de/d/bia/fac/stoffdb/>
- Informationen des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen: http://www.lua.nrw.de/map_allgelu.html#geru

Publikationen des LfU

- Gerüche in der Umwelt. Fachtagung am 7. November 2000: <http://www.bayern.de/lfu/bestell/gerueche.pdf>

Weiterführende Publikationen der Umweltberatung Bayern

- [Ammoniak und Ammonium](#)
- [Bodennahe Ozon](#)
- [Labore und Sachverständige für Schadstoffuntersuchungen in Innenräumen](#)
- [Organische Luftschadstoffe in Innenräumen – eine Übersicht](#)
- [Organische Luftschadstoffe in Innenräumen – Probe-
nahme, Messung und Bewertung](#)
- [Schimmel in Innenräumen](#)
- [Umweltmedium Luft](#)

9 Anhang

MAK-Werte und Geruchsschwellenwerte für eine Reihe von Schadstoffen, die entweder direkt gasförmig anfallen oder gasförmige, geruchsintensive Komponenten emittieren. Die Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Quelle: Ochs (1999), aktualisiert anhand von Welzbacher (2004) und TRGS 900

Geruch auslösender Schadstoff	Überwiegender Entstehungsbereich				Geruchsschwellenwert mg/m ³ *ml/m ³	MAK-Wert mg/m ³
	In- dustrie	Phar- mazie	Lebens- mittel	Farben, Lacke		
Aceton	x			x	0,2 – 1.600	1.200
Acetylen	x				620 – 670	-
Allylglycidether	x				44 – 47	-
Ameisensäure	x	x	x		0,045 – 94	9,5
Ammoniak	x				0,013 – 50	35
Amylalkohol		x			0,024 – 128	360
Benzol	x				1,5 – 900*	3,25
1-Butanol	x			x	0,012 – 150	310
Isobutanol	x			x	0,003-225	310
n-Butylacetat	x			x	1,9 – 95	480
Isobutylacetat	x			x	0,009 – 90	480
Chlorbenzol	x	x		x	0,4 – 280	47
Chlormethan	x				21	100
Cyclohexan	x			x	1,4 – 88	700
Diacetonalkohol	x				1,3 – 480	96
Dichlormethan	x				88 – 2.160	350
Diethylamin	x	x			0,06 – 114	15
Diethylether	x	x			1 – 27	1200
Diisocyanatoluol	x			x	0,2 – 17	0,035
Diisopropylether	x				0,07 – 1.260	850
Essigsäure	x	x	x	x	0,6 – 250	25
Ethanol	x	x	x		0,34 – 9.690	960
2-Ethoxyethanol	x			x	1,1 – 185	19
Ethylacetat	x			x	0,2 – 665	1.500
Ethylenoxid	x	x			1,5 – 1.400	2
Formaldehyd	x	x	x		1,3 – 74	0,62
2-Hexanon	x			x	0,32 – 3	21
Isobuttersäure	x				29,2	-
Isopropenylbenzol	x			x	0,25 – 960	490
Methanol	x			x	4,3 – 7.800	270

Geruch auslösender Schadstoff	Überwiegender Entstehungsbereich				Geruchsschwellenwert mg/m ³ *ml/m ³	MAK-Wert mg/m ³
	In- dustrie	Phar- mazie	Lebens- mittel	Farben, Lacke		
Methylacetat	x		x		500 – 915.000	610
Dimethylamin	x	x			0,1 – 56	3,7
Methylmethacrylat	x			x	0,21 – 85	210
Nitrobenzol	x				0,0182 – 146*	5
Propanal	x	x			0,023 – 0,4	-
2-Propanol	x				2,5 – 490	500
Propionsäure	x		x		0,0008 – 60	31
n-Propylacetat	x				0,21 – 105	420
Pyridin	x	x			0,0004 – 66	16
Schwefeldioxid	x		x		0,0022 – 13	1,3
Styrol	x				0,02 – 3,2	86
Tetrahydrofuran	x				6 – 177	150
1,1,1 Trichlorethan	x				110 – 3.800	1.100
Vinylacetat	x				0,36 - 72	36

Autorin: Dr. Katharina Stroh (LfU)

Ergänzungen und Aktualisierungen dieser Publikation finden Sie gegebenenfalls im Internet.

Ansprechpartner:

Umweltberatung Bayern im Bayerischen Landesamt für Umwelt

Tel. 0821 / 9071 – 5671

mailto: umweltberatung@lfu.bayern.de

<http://www.bayern.de/lfu/umwberat/index.html>

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg