

# **Leitfaden**

## **Medizinische Fakten zur Beurteilung von Geruchsimmissionen**

Aktualisierte Fassung 2016

## **Dieser Leitfaden wurde aktualisiert im Auftrag von**

MMag. Ute Pöllinger  
Umweltanwältin des Landes Steiermark  
Stempfergasse 7  
8010 Graz

### **Projektleitung:**

OA Assoz.-Prof. PD Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter (ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt, Institut für Umwelthygiene, ZPH, Medizinische Universität Wien)

### **AutorInnen:**

Dr. Dieter Altenburger, MSc, Rechtsanwalt (Jarolim | Flitsch Rechtsanwälte GmbH, Wien)

Dr. Nicole Bauer (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Forschungseinheit Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Gruppe Sozialwissenschaftliche Landschaftsforschung, Birmensdorf, Schweiz)

Ass.-Prof. Ing. Dr. Renate Cervinka (ehem. Institut für Umwelthygiene, ZPH, MUW)

Ao. Univ.-Prof. Dr. Cem Ekmekcioglu (Institut für Umwelthygiene, ZPH, MUW)

Karl Kociper (ehem. Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien)

Univ.-Prof. Dr. Michael Kundi (Institut für Umwelthygiene, ZPH, MUW)

Doz. Dr. Hanns Moshhammer (ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt, MUW)

Mag. Ernst Neudorfer (ehem. Institut für Umwelthygiene, ZPH, MUW)

Ao. Univ.-Prof. Dr. Günther Schauburger (WG Environmental Health, Abteilung für Physiologie und Biophysik, Veterinärmedizinische Universität Wien)

Mag. Dr. Robert Schlacher (Amt der Stmk. Landesregierung, Abteilung 15)

DI Peter Tappler (IBO Innenraumanalytik OG)

Dr. Peter Wallner (ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt; ExpertInnengruppe Medizin und Umweltschutz)

### **ÄrztInnen für eine gesunde Umwelt**

Große Mohrengasse 39/6  
1020 Wien  
[www.aegu.net](http://www.aegu.net)

ISBN 3-9501832-4-8

### **Wien, März 2016**

Die AutorInnen der vorliegenden Publikation haben sich um eine geschlechtersensible Schreibweise bemüht. An manchen Stellen wurde nur die männliche Form verwendet, hier sind selbstverständlich Frauen miteingeschlossen.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>  <b>EINLEITUNG</b></b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>  <b>GERUCHSSTOFFE – CHEMISCHE GRUNDEIGENSCHAFTEN UND CHARAKTERISIERUNG</b></b> .....	<b>8</b>
2.1.	BILDUNG VON GERUCHSSTOFFEN UND SPEZIFISCHE EIGENSCHAFTEN .....	8
2.2.	CHARAKTERISIERUNG VON AUS DER NUTZTIERHALTUNG STAMMENDEN GERÜCHEN UND CHEMISCHEN VERBINDUNGEN .....	10
2.3.	BEWERTUNG VON GERUCHSIMMISSIONEN AUS DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN NUTZTIERHALTUNG IM VERGLEICH ZU GERÜCHEN AUS INDUSTRIE/GEWERBE .....	14
2.4.	ZUSAMMENFASSUNG .....	16
<b>3.</b>	<b>  <b>GERUCHSSINN UND WAHRNEHMUNG</b></b> .....	<b>17</b>
3.1.	DER GERUCHSSINN .....	17
3.2.	GERUCHSWAHRNEHMUNG – WEITERLEITUNG – VERARBEITUNG .....	18
3.3.	INTER- UND INTRAINDIVIDUELLE SCHWANKUNGEN.....	24
3.4.	WAHRNEHMBARKEIT VON GERÜCHEN (GERUCHSSCHWELLEN) .....	25
3.5.	INTENSITÄT VON GERÜCHEN .....	27
3.6.	ADAPTATION UND HABITUATION.....	29
3.7.	GERUCHSQUALITÄTEN .....	32
3.8.	KOMBINATION MEHRERER GERÜCHE.....	34
3.9.	PHYSIOLOGISCHE EFFEKTE VON GERUCHSWAHRNEHMUNGEN .....	35
3.10.	ZUSAMMENFASSUNG .....	36
<b>4.</b>	<b>  <b>GERÜCHE: PSYCHOLOGISCHE UND SOZIALE ASPEKTE UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON GERÜCHEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG</b></b> .....	<b>42</b>
4.1.	SENSIBILISIERUNG .....	42
4.2.	ERINNERLICHKEIT VON GERÜCHEN .....	42
4.3.	HEDONISCHE WIRKUNG VON GERÜCHEN .....	43
4.4.	VON DER WAHRNEHMUNG ÜBER DIE BELÄSTIGUNG ZUR BESCHWERDE.....	45
4.5.	BELÄSTIGUNG, BEWÄLTIGUNGSVERHALTEN (COPING) UND GESUNDHEITSRELEVANTE SYMPTOME .....	51
4.6.	GERUCHSBELÄSTIGUNG UND BESCHWERDEBEREITSCHAFT .....	56
4.7.	GERUCH UND ANDERE UMWELTSTRESSOREN (STAUB, LÄRM ETC.).....	57
4.8.	TOXIKOPIE .....	58
4.9.	BEWERTUNG VON UND EINSTELLUNG ZU GERÜCHEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG .....	59
4.10.	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN GERUCHSEXPOSITION, GEBIETSNUTZUNG UND DEM PROZENTSATZ STARK GERUCHSBELÄSTIGTER PERSONEN IN INTENSIV LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTEN GEBIETEN.....	61
4.11.	KOMMUNIKATIVE MAßNAHMEN BEI FORMALEN GENEHMIGUNGS- ODER ÜBERWACHUNGSVERFAHREN UND BEI KONFLIKTEN IM BEREICH INTENSIVER NUTZTIERHALTUNG.....	66
4.12.	ZUSAMMENFASSUNG .....	69
<b>5</b>	<b>  <b>GERÜCHE AUS DER NUTZTIERHALTUNG UND GESUNDHEIT</b></b> .....	<b>75</b>
5.1.	EMISSIONEN UND IHRE WIRKUNGEN.....	75
5.2.	GERUCH: EIN RISIKOFAKTOR FÜR DIE GESUNDHEIT? .....	79
5.3.	GESUNDHEIT – KRANKHEIT – ERHOLUNG – GESUNDHEITSFÖRDERUNG .....	80
5.4.	ZUSAMMENFASSUNG .....	85

<b>6.</b>	<b>MESSEN VON GERÜCHEN .....</b>	<b>86</b>
6.1.	GERUCHSINTENSITÄT UND HEDONIK .....	86
6.2.	IMMISSIONSPROGNOSE .....	90
6.3.	MESSUNG DER GERUCHSBELÄSTIGUNG .....	90
6.4.	GERUCHSEXPOSITION UND IHRE BEWERTUNG .....	96
6.5.	GERUCHSHÄUFIGKEIT .....	100
6.6.	GERUCHSBELÄSTIGUNG .....	101
6.7.	ZUSAMMENFASSUNG .....	101
<b>7.</b>	<b>DER GESUNDE, NORMAL EMPFINDENDE MENSCH AUS RECHTLICHER SICHT .....</b>	<b>103</b>
7.1.	DIE ROLLE DES MEDIZINISCHEN SACHVERSTÄNDIGEN AUS RECHTLICHER SICHT .....	103
7.2.	RECHTLICHE GRUNDLAGEN DES NACHBARSCHUTZES .....	105
7.3.	„GEFÄHRDUNG DES LEBENS UND DER GESUNDHEIT“ .....	109
7.4.	BELÄSTIGUNG, BEEINTRÄCHTIGUNGEN ODER NACHTEILIGE EINWIRKUNGEN UND DAS NORMMASS .....	112
7.5.	ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG .....	114
<b>8.</b>	<b>MEDIZINISCHE BEURTEILUNG VON GERUCHSIMMISSIONEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG AUF DEN MENSCHEN .....</b>	<b>116</b>
8.1.	ASPEKTE ZUR BELÄSTIGUNG DURCH GERÜCHE .....	116
8.2.	DEFINITIONEN UND BEGRIFFSBESTIMMUNG AUS MEDIZINISCHER SICHT .....	117
8.3.	DER GESUNDE, NORMAL EMPFINDENDE MENSCH AUS ÄRZTLICHER SICHT .....	118
8.4.	RICHTWERTE DER GERUCHSBELASTUNG/GERUCHSBELÄSTIGUNG .....	121
8.5.	KRITERIEN DER ZUMUTBARKEIT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE GERUCHSIMMISSIONEN .....	125
8.6.	EFFEKTE DER SPEZIFISCHEN GERUCHSIMMISSIONEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER VORBELASTUNG (IST-ZUSTAND) .....	127
8.7.	DEFINITION DES AUSMAßES ZULÄSSIGER GERUCHSIMMISSIONEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG IM ZUSAMMENHANG MIT BELÄSTIGUNG/BEEINTRÄCHTIGUNG DES WOHLBEFINDENS, GESUNDHEITSGEFÄHRDUNG UND GESUNDHEITSSCHÄDIGUNG .....	128
8.8.	BEURTEILUNG VON GERÜCHEN AUS TIERHALTUNGEN .....	131
8.9.	EMPFEHLUNGEN AUS UMWELTMEDIZINISCHER SICHT .....	132
<b>9.</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>134</b>
	<b>WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN ZUM THEMA (LANDWIRTSCHAFTLICHE) GERÜCHE .....</b>	<b>155</b>
	<b>ZUSÄTZLICHE LITERATUR.....</b>	<b>156</b>

# 1. EINLEITUNG

Geruch – Geruchsreize – Geruchswahrnehmung - Beurteilung von Gerüchen sind wesentliche ungelthygienische Themen. Zweifellos spielen durch Geruchsstoffe ausgelöste Geruchswahrnehmungen in unserer Gesellschaft eine große Rolle: Geruchsstoffe dienen der Markierung, Signalisierung und Orientierung. Geruch kennzeichnet bestimmte stoffliche, prozessbezogene oder soziale Zustände. Die Bildung von Gerüchen erfolgt zumeist durch stoffliche Umwandlungsprozesse. Die Bedeutung der Gerüche für uns Menschen leitet sich aus unserer Entwicklungsgeschichte ab. Gerüche lösen unwillkürlich Reaktionen aus. Das olfaktorische System ist immer „aktiviert“, es kann nicht wie das optische „ausgeschaltet“ werden. Geruchliche Eindrücke geben Auskunft über den Zustand der Nahrung und der Umwelt. Gerüche werden in der Regel als angenehm, neutral oder unangenehm bewertet. Unangenehme oder üble Gerüche werden auch als „Gestank“ bezeichnet. Angenehme Gerüche wirken etwa anregend und verbessern die Befindlichkeit, unangenehme Gerüche wirken befindlichkeitsverschlechternd, lösen Belästigungen sowie - je nach Stärke und Ausprägung des Gestankes - Abwehr und Fluchtreaktionen aus.

Geruchsbelästigungen im Umfeld von landwirtschaftlichen Betrieben, Industrie, Gewerbe und kommunalen Einrichtungen sind an sich nichts Neues (Payer 1997; Schön 1996). Im Gegensatz zu früher ist aber zu beobachten, dass sie zunehmend weniger toleriert werden, zu Beschwerdeverhalten, Konflikten und sogar Umweltängsten führen können (z.B. Dirmaier 2015; Radon 2005; Cervinka u. Neudorfer 2003; Environment Agency UK 2002a; van Harrefeld et al. 2001; Herr et al. 2003a, 2004; Luginaah et al. 2000; Kofler 1993; Strauß u. Cervinka 1987).

Geruchsbelästigungen gehören nach Lärm zu den am meisten genannten Beeinträchtigungen durch die Umwelt. In der letzten Mikrozensus-Erhebung, welche im 2011 in Österreich durchgeführt wurde, gaben 18,1 % der Befragten an, sich im Wohnbereich durch Geruch gestört zu fühlen. Abgesehen von lokalen Geruchsquellen ist nach wie der Verkehr einer der Hauptverursacher von Gestank (Statistik Austria 2013).

Solange Gerüche von Einzelpersonen oder Anrainergruppen als unaufdringlich oder angenehm eingeschätzt werden, sind sie für die umweltmedizinische Beurteilung von nachrangiger Bedeutung. Führen sie aber zu Belästigungen, Beeinträchtigungen, Störungen des physischen, psychischen und sozialen Wohlbefindens, Minderung der örtli-

chen Lebensqualität und/oder zu körperlichen Symptomen und Ängsten, werden sie relevant und sind im Rahmen von medizinischen Beurteilungen genau zu betrachten.

Die Beurteilung von Geruchsimmissionen stellt den medizinischen Sachverständigen im Behördenverfahren immer wieder vor große Herausforderungen. Die Umweltschutzbehörde Steiermark hat daher bereits 2008 die erste Ausgabe dieses Leitfadens veröffentlicht.

Die vorliegende Arbeit ist als Hilfestellung für (medizinische) Sachverständige gedacht. Dazu wurden von uns Berichte aus der Praxis, wissenschaftliche Untersuchungen sowie eigene Erfahrungen in Begutachtung und Richtlinienerstellung herangezogen und die Erkenntnisse zusammengestellt. Der Schwerpunkt liegt auf Geruchsimmissionen aus der Nutztierhaltung.

Während die potenziellen Auswirkungen einer beruflichen Exposition in der Landwirtschaft gut untersucht sind, bestehen bislang Unklarheiten über die Effekte einer Nachbarschaftsexposition gegenüber Bioaerosolen aus Anlagen der „Veredelungswirtschaft“. Obwohl nach wie vor keine Aussage zu Dosis-Wirkungs-Zusammenhängen und folglich auch keine wirkungsbezogenen Richtwerte definiert werden können, wird eine Überschreitung der Bioaerosol-Hintergrundbelastung als „nicht erwünscht“ angesehen (Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL 2014).

Für Bewertungen wichtig sind (abgesehen von rechtlichen Regulationen) auch die Art, die Größe und die Form der zu beurteilenden Nutztierhaltung. In den letzten Jahrzehnten zeichnete sich ein internationaler Trend zur Vergrößerung, Vereinheitlichung des Tierbestandes und Industrialisierung einerseits, sowie zu Biobetrieben mit Freilaufställen andererseits, ab. Strauß und Cervinka berichteten 1987 über die Immissionsbelastung im Umfeld von Intensivtierhaltungen. Die dabei untersuchten Stallobjekte nahmen sich winzig aus im Vergleich zu den heute gängigen Tierhaltungsanlagen - vor allem in den flachen Regionen Europas und Amerikas. Aber auch in Österreich findet sich der Trend zu größeren Einheiten.

Unter der Leitung von Haider erarbeiteten Cervinka und Friza schon im Jahre 1990 wissenschaftliche Grundlagen für die Erstellung umweltmedizinischer Richtlinien zur Begutachtung von Immissionen aus Tiermast- und Zuchtbetrieben. Schon damals erhoben sie die Forderung nach einer Vereinheitlichung bzw. Angleichung der zugrundeliegenden rechtlichen Regelungen und der der Beurteilung zugrundeliegenden umwelttechnischen Methodik. Sie erarbeiteten neun wesentliche Schritte zur Erarbeitung einer umweltmedizinischen Beurteilung. Weiters wiesen sie darauf hin, dass neben den direkten

Auswirkungen von Geruchsimmissionen auch auf indirekte Auswirkungen unter Berücksichtigung von Sensibilisierungs- und Konditionierungsphänomenen zu achten wäre. Bereits damals betonten sie die Bedeutung psychosozialer Aspekte, die dabei zu berücksichtigen sind. Die seither durchgeführte Forschung auf internationaler Ebene unterstützt die bereits damals erhobenen Forderungen.

Die vorliegende, nun aktualisierte Arbeit bietet Ihnen umfassende Unterlagen, die zur Beurteilung von Geruchsimmissionen aus der Nutztierhaltung für MedizinerInnen unerlässlich sind. Sie ist eine wissenschaftlich fundierte Grundlage (State of the Art), die in Zukunft als Leitfaden für die mit der Beurteilung von Geruchsimmissionen aus der Nutztierhaltung befassten medizinischen Sachverständigen dienen soll.

Dazu wurde eine systematische Suche nach wissenschaftlichen Studien, Übersichtsartikeln und Regelwerken zum Thema durchgeführt. Jeder Beitrag wurde kritisch begutachtet und geprüft. Bei der Literaturrecherche wurden u.a. Datenbanken (PubMed-Datenbank, Medline, Science Direct) und Fachbibliotheken herangezogen. Telefonische Gespräche mit internationalen Fachleuten rundeten die Literaturrecherche ab.

Die vorliegende Publikation umfasst sowohl eine Überblicksarbeit als auch die Darstellung und Verwertung eigener Erfahrungen. In der Überblicksarbeit bilden internationale Erfahrungen, besonders aber Erfahrungen aus Deutschland und Holland, den Schwerpunkt. In den Text flossen weiters auch Erfahrungen, welche die VerfasserInnen als Gutachter sammelten, ein.

Nicht zuletzt finden sich rechtliche Informationen sowie stark erweiterte technische Überlegungen und Methoden zur Darstellung der Immissionssituation. Diese Beschreibungen sollen dem medizinischen Sachverständigen einen gewissen Einblick in die Vorteile und Limitationen bestimmter gängiger Methoden geben, Letztlich fußen die Beurteilungen – neben den Eindrücken im Rahmen eines Ortsaugenscheins/von Ortsaugenscheinen – auf den technischen Unterlagen. Ein gewisses Verständnis bez. Immissionsprognosen, etc. erleichtert aus unserer Erfahrung nicht nur die Kommunikation zwischen Medizinern und Technikern, sondern auch die eigene medizinische Beurteilung.

Die Hinweise zu den Originalquellen finden sich im Literatur- und Linkverzeichnis.

**Insgesamt stellt diese Publikation eine weitere Vertiefung und Aktualisierung der ersten umfassenden wissenschaftlichen Arbeit für die Beurteilung von Gerüchen durch den medizinischen Sachverständigen, die in Österreich verfasst wurde, dar.**

## **2. GERUCHSSTOFFE – CHEMISCHE GRUNDEIGENSCHAFTEN UND CHARAKTERISIERUNG**

Geruch kann aus zweierlei Blickwinkeln beschrieben werden: als Eigenschaft einer Quelle, aus der „Geruch entströmt“ und als durch Geruchsstoffe ausgelöste Sinneserregungen (und deren Interpretation). Als Geruch wird daher die Eigenschaft unterschiedlicher Quellen bezeichnet, bei Tieren und Menschen das Riechorgan anzusprechen. Das Riechorgan des Menschen ist die Nase. Der Geruchseindruck entsteht durch das Zusammenwirken verschiedener Areale im Gehirn. Voraussetzung dafür, dass die komplexe Kaskade von der Geruchswahrnehmung bis zur Bewertung des Geruchseindrucks überhaupt ablaufen kann, sind spezielle Eigenschaften verschiedenster Stoffe sowie Prozesse während chemischer Reaktionen.

### **2.1. Bildung von Geruchsstoffen und spezifische Eigenschaften**

Alles Lebendige ist in der Lage, Geruchsstoffe zu erzeugen. Es kann aber auch die chemische Reaktion anorganischer Verbindungen zur Bildung von Geruchsstoffen führen. In unserer Umwelt gibt es eine kaum fassbare Zahl natürlicher oder technischer Stoffumwandlungsprozesse, die in Form eines typischen Geruchs wahrgenommen werden können. Wenn nicht bereits die Ausgangsstoffe (primäre Geruchsstoffe) einer Stoffumwandlung einen typischen Geruch aufweisen, dann entstehen Geruchsstoffe sehr häufig als Zwischen-, Neben- oder Endprodukte einer Reaktion (sekundäre Geruchsstoffe) (Schön 1996).

Die Art der Reaktionspartner und die vorherrschenden Milieubedingungen sind ausschlaggebend für den Verlauf sowie die Intensität einer Stoffumwandlung und somit auch für die Geruchsstoffbildung. Das Entstehen bestimmter Geruchsstoffe verleiht somit dem jeweiligen Stadium einer Gesamtreaktion eine charakteristische Geruchsnote bzw. können anhand der Geruchsbildung Rückschlüsse auf den Status, etc. einer bestimmten Stoffumwandlung gezogen werden (Schön 1996).

Zum Beispiel entstehen bei der Kompostierung organischer Abfälle in jeder Phase des Rotteprozesses typische Geruchsstoffe. Obwohl nicht alle Geruchskomponenten nachgewiesen werden können, sind rund 180 Einzelsubstanzen identifizierbar. Im ersten Abschnitt des Kompostierungsprozesses (Vorrotte), in dessen Verlauf Eiweiße, Fette und

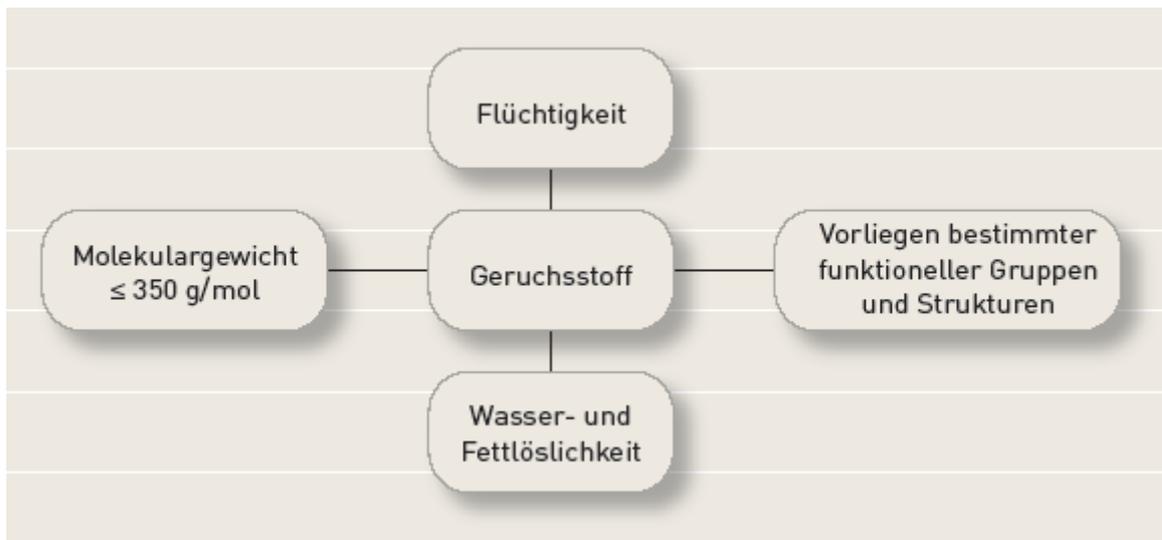
Kohlenhydrate gespalten werden und sich ein saures Milieu einstellt, dominiert die Bildung von niedrigen Alkoholen und Carbonsäureestern (Schön 1996). Mit fortschreitender Rotte prägen die beim Eiweißabbau entstehenden schwefelorganischen Verbindungen den Geruchseindruck, und in der Phase der Nachrotte ist insbesondere Ammoniak von Bedeutung. Durch entsprechende Maßnahmen der Prozesskontrolle können Art und Umfang der gebildeten Geruchsstoffe beeinflusst werden.

Von den bekannten chemischen Verbindungen lassen sich mehrere tausend Substanzen – abhängig von der Konzentration – als Geruch wahrnehmen. Für Geruchsstoffe ist dabei keine chemische Eigenschaft typisch. So können etwa strukturell unterschiedliche Verbindungen eine fast identische Geruchsempfindung auslösen, während isomere Stoffe mitunter sehr unterschiedlich wirken (Schön 1996). Dieses Fehlen eines einheitlichen (physikalischen oder chemischen) Merkmals, das mit der Geruchswirkung eines Stoffes bzw. eines Stoffgemisches korreliert, behindert die Möglichkeit einer chemisch-analytischen Erfassung und Bewertung von Gerüchen. Hinzu kommt, dass Geruchsstoffe strukturellen und stofflichen Veränderungen unterliegen können, die auch die Geruchsqualität verändern. Dennoch lassen sich verschiedene Eigenschaften zusammenfassen, die Geruchsstoffe kennzeichnen.

So lautet etwa eine bekannte Definition, dass es sich bei Geruchsstoffen in der Regel „um organische Verbindungen (aliphatische, aromatische und halogenierte Kohlenwasserstoffe sowie sauerstoffhaltige, schwefelhaltige und stickstoffhaltige Verbindungen) handelt, aber auch einige anorganische Substanzen, wie zum Beispiel Schwefelwasserstoff und Ammoniak, sind geruchsintensiv“ (z.B. in Rossmann 2004).

„Bis heute ist es noch weitgehend ungeklärt, was ein Molekül zu einem ‘Geruchsstoffmolekül’ macht. Obwohl keine allgemeingültigen Strukturmerkmale angegeben werden können, müssen Stoffe zumindest hinreichend flüchtig und zudem wasserlöslich sein, um das wässrige Milieu, das die Rezeptoren umgibt, durchdringen zu können. Weiters müssen die Stoffe lipidlöslich sein, damit das Molekül in die lipidhaltige Membran der Riechzellen eindringen kann und so eine Rezeptorbindung möglich ist“ (Steinheider 1997; Winneke 1994; Plattig 1994).

Molekülgröße und -struktur der Geruchsstoffe beeinflussen über die Flüchtigkeit indirekt die Eigenschaften der Stoffe. Die meisten Geruchsstoffe haben ein Molekulargewicht < 350 g/mol (Rossmann 2004).



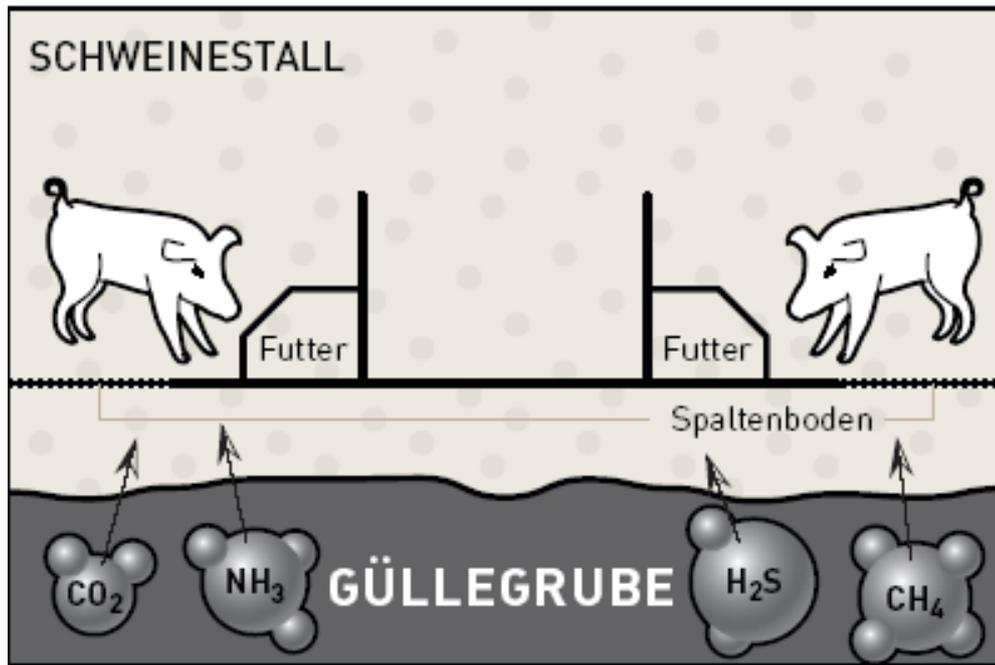
**Abb. 1:** Charakteristische Eigenschaften von Geruchsstoffen (nach: Kuchta u. Jäger 1993, zitiert nach Schön 1996).

Durch äußere und innere Einflüsse können sich Eigenschaften und Wirkung eines Geruchsstoffes ändern. Geruchsstoffe können z.B. mit dem Luftsauerstoff reagieren oder durch die Einwirkung von Licht umgewandelt werden. Außerdem wird der Geruchseindruck häufig durch eine Mischung verschiedener Geruchsstoffe verändert. Die Komponenten dieser Mischung beeinflussen sich gegenseitig. So können sich z.B. in einem Zweistoffgemisch die Geruchsstoffe in ihrer Geruchswirkung verstärken oder kompensieren (Rossmann 2004).

## 2.2. Charakterisierung von aus der Nutztierhaltung stammenden Gerüchen und chemischen Verbindungen

Typische Emissionsquellen in einem Schweinestall sind in Abbildung 2 beschrieben. Aus der Abbildung ist zu entnehmen, dass die Gerüche in der Nutztierhaltung immer aus dem Zusammenwirken verschiedenster geruchsaktiver Substanzen entstehen.

Im Stall frei werdende Geruchsstoffe ( $\text{NH}_3$ ) stammen überwiegend von den Ausscheidungen der Tiere und werden mit der Abluft emittiert. Tierausscheidungen, die den geringeren Teil der Geruchsstoffe ausmachen, sind von dem verwendeten Futter und den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen im Stall abhängig.



**Abb. 2:** Typische Emissionsquellen in einem Schweinestall (nach: Radon et al. 2005).

Bei der Lagerung von Fest- und Flüssigmist bilden sich weitere Geruchsstoffe (z.B.  $\text{H}_2\text{S}$ ), die sich unter anaerobem Abbau vermehrt bilden. Bei Flüssigmistlagern entstehen Geruchsemissionen an der Oberfläche, beim Ablassen von Staukanälen und beim Umpumpen.

Bei der Räumung eines Mistlagers entstehen ebenfalls Geruchsstoffemissionen ( $\text{H}_2\text{S}$ ) z.B. durch Mischen (Homogenisieren) des Flüssigmistes und durch Befüllen der Transportfahrzeuge, besonders bei mangelnder Sauberkeit und durch undichte Verschlüsse und Ventile.

Bei der Futteraufbereitung werden Geruchsstoffe besonders bei der Verwendung von Abfällen und geruchsintensiven Futtermitteln freigesetzt.

Geruchsstoffe treten in der Tierhaltung stets als Stoffgemische auf. Es handelt sich dabei um ein komplexes Gemisch von ca. 150 verschiedenen Spurengasen in unterschiedlichen Konzentrationen. Quantitativ sind Ammoniak, Amine, Schwefelwasserstoff, Mercaptane und Fettsäuren von Bedeutung. Je nach Tierart und Haltungsform entstehen qualitativ unterschiedliche, jedoch spezifische Tierhaltungsgerüche.

## **Beschreibung der wichtigsten Einzelsubstanzen, die bei der Tierhaltung vorkommen:**

### ▪ **Ammoniak NH<sub>3</sub>**

Ammoniak ist ein farbloses Reizgas mit ätzenden Eigenschaften und einem scharfen, intensiven und stechenden Geruch. Ein sehr stechender Geruch ist charakteristisch für trocknenden Urin.

Ammoniak wirkt durch seine leichte Löslichkeit in Wasser wie andere Laugen ätzend auf Haut und Schleimhäute. Hauptangriffsort für das gut wasserlösliche Gas ist der obere Respirationstrakt (Nasen-Rachenraum, Kehlkopf, Luftröhre). Weiters trägt Ammoniak (als Vorläufersubstanz sog. sekundärer Partikel) zur Feinstaubbelastung bei (Umweltbundesamt 2015).

Laut Schätzungen sind in Deutschland 95 % der jährlichen Ammoniak-Emissionen auf die Landwirtschaft zurückzuführen. Wichtigster Verursacher sind dabei die Tierhaltung und die damit verbundenen Prozesse, (Lagerung von Gülle, Jauche, Mist sowie deren Ausbringung) (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein 2012). Döhler et al. (2002) zitiert nach Hartung (2002) geben an, dass die Viehhaltung mit circa 82 % der größte Emittent von Ammoniak in der Landwirtschaft ist. Auf die Rinderhaltung entfallen ca. 60 % der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen, auf die Schweinehaltung ca. 27 % und auf die Geflügelhaltung ca. 9 %.

Transmission und Deposition von Ammoniak sind in Dämmgen und Erisman (2002) näher beschrieben. Detaillierte Darstellungen für die einzelnen Landkreise Niedersachsens über NH<sub>3</sub>-Emissionsdichten aus Schweine- und Hühnerhaltung getrennt wie auch für die Tierhaltung insgesamt finden sich in Radon et al. (2005).

Haupteinflussfaktor auf den tages- und jahreszeitlichen Verlauf der Ammoniak-Emission sind die Witterung bzw. die Lufttemperatur (und die damit verbundene Substrattemperatur von Kot und Harn) und die sich insbesondere bei freien Lüftungssystemen stark verändernde Luftströmung im Stall (Hartung 2002).

Ammoniak und seine Derivate scheinen eine Signalfunktion zu besitzen, was bei der psychologischen und medizinischen Beurteilung von Geruchsstoffen von großer Bedeutung ist.

- **Amine**

Als Amine werden organische Derivate des Ammoniaks bezeichnet. Die Wasserstoffatome des Ammoniaks werden dabei durch Alkyl- (aliphatische Amine) oder Arylgruppen (aromatische Amine) ersetzt. Je nachdem wie viele Wasserstoff-Atome gegen organische Molekülgruppen ausgetauscht wurden, unterscheidet man primäre, sekundäre und tertiäre Aminogruppen.

- **Schwefelwasserstoff H<sub>2</sub>S**

Schwefelwasserstoff ist ein farbloses Gas, das extrem unangenehm riecht. In geringen Konzentrationen riecht H<sub>2</sub>S nach verdorbenen Eiern und in höheren Konzentrationen süßlich. Ab Konzentrationen von mehr als 250-300 ppm H<sub>2</sub>S sind aufgrund der Betäubung der Geruchsrezeptoren keine Geruchswahrnehmungen mehr zu erwarten.

Schon bei relativ niedrigen Konzentrationen von Schwefelwasserstoff kommt es zur Reizung der Schleimhäute der oberen und tieferen Atemwege. Auch Hautreizungen können auftreten.

H<sub>2</sub>S sollte generell nicht oder nur in Spuren in der Stallung vorkommen. Es entsteht zu meist beim Aufrühren der Gülle und hat dabei schon zu Todesfällen bei Tieren und auch bei Landwirten geführt (Waldmann u. Wendt 2004, Schauburger G., persönliche Mitteilung 2007).

- **Mercaptane**

Mercaptane werden auch als Thiole oder Thioalkohole bezeichnet. Sie sind den Alkoholen entsprechende organische Verbindungen, bei denen der Sauerstoff durch Schwefel ersetzt ist. Mercaptane sind schwach sauer reagierende Gase, Flüssigkeiten oder Feststoffe. Den meisten Mercaptanen wird ein äußerst widerlicher Geruch zugeschrieben.

- **Fettsäuren**

Fettsäuren sind aliphatische, einbasige, organische Säuren (Monocarbonsäuren), die in tierischen und pflanzlichen Fetten an Glycerin gebunden und am Aufbau weiterer Naturstoffe beteiligt sind.

- **Skatol**

Skatol (3-Methylindol) findet sich u.a. in Gülle (Fäulnisstoff). Es riecht nach Fäkalien und hat eine sehr niedrige Geruchsschwelle.

**Stoffe, die in der Landwirtschaft vorkommen, für den Umweltschutz von großer Bedeutung sind, aber für die Geruchsbeurteilung keine Relevanz besitzen:**

Wie etwa die FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) festgestellt hat, spielt die Viehzucht eine bedeutende Rolle, was die Produktion von Treibhausgasen (vor allem Methan und Lachgas) betrifft (Gerber et al. 2013).

▪ **Methan CH<sub>4</sub>**

Methan ist ein farb- und geruchloses Gas. Es ist nach Kohlenstoffdioxid das zweitwichtigste anthropogene Treibhausgas, dessen Konzentration seit 1870 sich mehr als verdoppelt hat (IPCC 2013).

▪ **Distickstoffoxid (Lachgas) N<sub>2</sub>O**

Distickstoffoxid ist ein farbloses Gas, welches geruchlos ist oder auch leicht süßlich riechen kann. Lachgas schädigt die Ozonschicht und trägt zum Klimawandel bei.

**Weitere Emissionen**

Die Luft in und um landwirtschaftliche Veredelungsbetriebe beinhaltet neben Geruchsstoffen auch große Mengen an Staub, Bioaerosolen und Endotoxinen (siehe Kapitel 5).

### **2.3. Bewertung von Geruchsimmissionen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung im Vergleich zu Gerüchen aus Industrie/Gewerbe**

Die Geruchsimmissionen aus landwirtschaftlichen Anlagen werfen in der Genehmigungs- und Überwachungspraxis immer wieder Probleme auf (Mücke und Lemmen 2011; Sucker et al. 2006; Pürmayr 2005a; Environmental Protection Agency Ireland 2001). Dabei wird immer wieder die Ortsüblichkeit angesprochen (und die damit verbundene höhere Akzeptanz der ländlichen Bevölkerung gegenüber landwirtschaftlichen Gerüchen im Vergleich zu industriellen Gerüchen).

Experimentelle und epidemiologische Untersuchungen zu dieser Fragestellung wurden vor allem von holländischen Gruppen durchgeführt. So reanalysierten Miedema et al. (2000) Daten aus Geruchsbelästigungsstudien der Periode zwischen 1984 und 1996. Die AutorInnen konnten zeigen, dass Gerüche aus Schweinefarmen konzentrationsunabhängig eher als unangenehm beurteilt wurden und in die Gruppe unangenehmer Gerüche aus industriellen Quellen eingereiht werden können. Eine Zusammenstellung ver-

schiedener holländischer Forschungsergebnisse findet sich in den Berichten der Environment Agency des UK (2002a) und der EPA Ireland (2001).

Eine Gruppe von Fachkräften, die im Bereich Geruchsmanagement in den Niederlanden tätig waren, beurteilte verschiedene Gerüche (Tab. 1). Die Urteile wurden dann in eine Reihung gebracht. Es zeigte sich so wie bei den Ergebnissen von Miedema et al. (2000), dass Tierhaltungsgerüche aus industriellen Anlagen als wenig angenehm eingestuft wurden. Sie entsprechen in etwa den Gerüchen von Kläranlagen und Raffinerien bzw. dem Geruch von Sauerkraut oder nasser Wolle.

Natürliche Gerüche	Ranking	Künstliche Gerüche	Ranking
Rosen	3,4	Brotfabrik	1,7
Kaffee	4,6	Kaffeerösterei	4,6
Orange	5,8	Schokoladefabrik	5,1
Zimt	6,0	Brauerei	8,1
Gemähter Rasen	6,4	Parkhaus	8,3
Seife	7,3	Kohleerzeugung	9,4
Heu	7,5	Pommes frites-Erzeugung	9,6
Brandy	7,8	Aal-Räucherei	9,8
Rosinen	7,9	Autolackiererei	9,8
Bier	9,3	Zuckerfabrik	9,8
Kork	10,5	Duftstoffproduktion	9,8
Erdnussbutter	11,1	Asphalt	11,2
Reinigungsmittel	12,1	<b>Intensiv-Tierhaltung</b>	<b>12,8</b>
Sauerkraut	12,8	Abwasserbehandlungsanlage	12,9
Nasse Wolle	14,1	Futtermittelproduktion	13,2
Farbe	14,4	Raffinerie	13,2
Essig	14,8	Kompostieranlage	14,0
Schweiß	17,2	Deponie	14,1
Saure Milch	17,5	Fettproduktion	15,7
Katzenurin	19,4	Schlachthaus	17,0

**Tab. 1:** Durchschnittliches Ranking von 20 natürlichen und 20 Umweltgerüchen in Bezug auf „mögen“ (like) bzw. „nicht mögen“ (dislike) (aus: EPA Ireland 2001).

Gerüche unterschiedlicher Tier- und Haltungsarten weisen ein unterschiedliches Belästigungspotenzial auf. Der Geruch von Rindern wirkt im Vergleich zu Schweinen weniger belästigend (Strauß und Cervinka 1987, Sucker et al. 2006). Am unangenehmsten werden Geflügelgerüche eingeschätzt. Allerdings zeigte sich dieses Ergebnis nicht in allen Studien (EPA Ireland 2001). Unterschiede in der Geruchsqualität verschiedener Tierarten spiegeln sich auch in der „Vorläufigen Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen“ wider (Schauberger et al. 1995).

In der deutschen GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie) wurden 2008 Gewichtungsfaktoren für verschiedene Tierarten eingeführt. Abgesehen von Intensität und Häufigkeit der

Geruchsimmissionen von Tierhaltungsbetrieben spielen für die medizinische Beurteilung Faktoren wie z.B. die Qualität des Geruches, die Art der Tierhaltung, die Ästhetik der Anlage, ihre Geschichte, ihr Konfliktpotenzial, die „Ortsüblichkeit“ und die Zusammensetzung der betroffenen Bevölkerung eine Rolle. (Weiterführende Ausführungen dazu sind im Kapitel „Belästigung“ zu finden).

## 2.4. Zusammenfassung

Gerüche bilden sich im Zuge von Stoffumwandlungen unabhängig davon, ob es sich um eine chemische Auf- oder Abbaureaktion handelt. Die charakteristischen Eigenschaften geruchsaktiver Substanzen sind:

- Flüchtigkeit
- Molekulargewicht < 350 g/mol
- Funktionelle Gruppen und Strukturen (z.B. Schwefel- und Stickstoffverbindungen)
- Wasserlöslichkeit
- Fettlöslichkeit

Geruchsstoffe in der Nutztierhaltung entstehen durch Futtermittel, im Stall durch die Ausdünstung der Tiere und deren Exkremente sowie bei der Lagerung, Behandlung und der Ausbringung von Kot.

Die bedeutsamsten chemischen Einzelsubstanzen sind  $\text{NH}_3$  und  $\text{H}_2\text{S}$ . Tierhaltungen sind besonders relevant für die Belastung der Ökosysteme mit Ammoniak. Der tierspezifische Eigengeruch kommt jedoch immer durch eine Mischung unterschiedlichster geruchsaktiver Substanzen zu Stande. Die Luft in und um landwirtschaftliche Veredelungsbetriebe(n) beinhaltet neben Geruchsstoffen auch Staub, Bioaerosole und treibhausaktive Substanzen.

Die Geruchsimmissionen aus der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung sind mit denjenigen gewerblicher und industrieller Anlagen vergleichbar. Gerüche aus industriellen Schweinehaltungen gehören zu den unangenehmen Gerüchen und sind in etwa vergleichbar mit solchen aus Kläranlagen oder Raffinerien.

In der deutschen Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL) wurden 2008 Gewichtungsfaktoren für verschiedene Tierarten eingeführt.

### 3. GERUCHSSINN UND WAHRNEHMUNG

Geruch ist eine Wahrnehmung, die durch den Geruchssinn aktivierende Substanzen ausgelöst wird. Die Sinneswahrnehmung von Gerüchen weist nach VDI EN 13725 (2006) vier Hauptdimensionen auf:

- die Wahrnehmbarkeit von Geruchsstoffen (Geruchsschwellen)
- die Intensität (wahrgenommene Stärke der Geruchsempfindung)
- die Qualität (wonach riecht eine Substanz) und
- die hedonische Wirkung (Bewertung von Gerüchen anhand der Dimension angenehm-unangenehm).

Das *Belästigungspotential* eines Geruchs wurde als weitere, fünfte, Dimension vorgeschlagen (van Harreveld et al. 1999). Derzeit gibt es allerdings noch keine einheitliche Methode, um das Belästigungspotential eines Geruches zu charakterisieren und zu interpretieren (Näheres siehe Kapitel Belästigung).

Nach der Darstellung des Geruchssinns und der physiologischen Grundlagen der Geruchswahrnehmung werden in den folgenden Kapiteln die einzelnen Hauptdimensionen näher beschrieben.

#### 3.1. Der Geruchssinn

Der Geruchssinn zählt (zusammen mit dem Geschmackssinn) zu den chemischen Sinnen, da er auf bestimmte chemische Moleküle aus der Außenwelt reagiert. Der menschliche Geruchssinn wird nur selten alleine tätig. Bei vielen physiologischen Tätigkeiten (Essen, Trinken, Sexualkontakte, etc.) wirkt er in Kombination mit dem zweiten chemischen Sinn, Geschmack, sowie mit den Sinnen für Tast-, Temperatur- und Schmerzempfindungen im Mund-Nasenbereich.

Der Geruchssinn gehört zu den phylogenetisch ältesten Sinnen des Menschen. Aus stammesgeschichtlicher Sicht erzeugen olfaktorische Reize Signale, die zu einem Vermeidungs- oder Annäherungsverhalten führen, sowohl in Bezug auf Ernährung als auch Sozialverhalten. Durch die unmittelbare Verbindung des Geruchssinns mit dem limbischen System haben Gerüche auch eine starke emotionale Komponente. Bis heute weiß man allerdings nur wenig über die genaue Beziehung zwischen Olfaktion und

Emotion. Bekannt ist zum Beispiel, dass Gerüche lang vergessene, emotional besetzte Erinnerungen wachrufen können. Emotion und Olfaktion hängen vom selben Teil des zentralen Nervensystems ab und stehen daher in enger Verbindung miteinander (Klinke et al. 2010; Ehrlichman u. Bastone 1992).

Die stark emotionsbeladene Komponente von Gerüchen hat bereits Marcel Proust in seinem Klassiker „Auf der Suche nach der verlorenen Zeit“ beschrieben, wo beim Duft einer in Lindenblütentee eingetauchten Madeleine die Erinnerungen des Protagonisten Swann an seine Jugend zurückkehren (Jellinek 2004).

Während es beim Geschmack im Wesentlichen nur fünf Qualitäten gibt (sauer, bitter, salzig, süß, umami), kann das menschliche Geruchssystem Tausende von verschiedenen Duftstoffen unterscheiden. Allerdings ist es bislang - im Gegensatz etwa zum Geschmack - nicht gelungen, Geruchsqualitäten scharf voneinander abzugrenzen. Gerüche sind nur schwer zu benennen und örtlich kaum zu lokalisieren, wenn nicht Zusatzreize aus anderen Sinnen vorhanden sind. Außerdem ist die Adaptation auf Geruchsreize sehr ausgeprägt (Birbaumer u. Schmidt 1999).

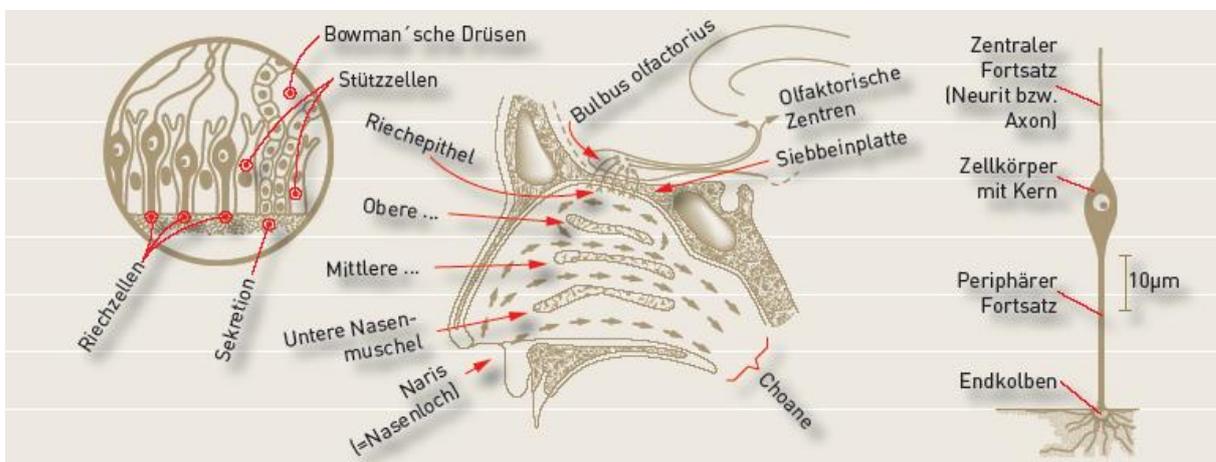
Der menschliche Geruchssinn ist bis heute allen bekannten chemischen Methoden zur Geruchsanalytik überlegen: Er ist immer „eingeschaltet“ und häufig auch sensibel für sehr geringe Geruchsstoffkonzentrationen.

Der Mensch ist ein sogenannter Mikrosmat, die Ratte ist 8- bis 50-mal und der Hund 300- bis 10.000-mal geruchsempfindlicher. Trotzdem kann auch der Mensch Geruchsstoffe in z.T. sehr geringen Konzentrationen erkennen. Bei Tieren hat der Geruchssinn große Bedeutung im sozialen Bereich, z.B. über die Markierung von Jagdrevieren mit Hilfe von Geruchsstoffen, bei der Fortpflanzung sowie für das rechtzeitige Erkennen von Feinden. Obwohl der Geruchssinn des Menschen im Vergleich zu anderen Säugetieren eher unterentwickelt ist, können Störungen des Geruchssinns das Wohlbefinden und die Lebensqualität empfindlich beeinträchtigen.

### **3.2. Geruchswahrnehmung – Weiterleitung – Verarbeitung**

Wesentliche Textpassagen dieses Abschnittes sind einem Manuskript von Kirsten Sucker (2005) zum Thema „Prüferpsychologie“ entnommen. Der Text wurde als Vorentwurf für die VDI-Richtlinie 3940 Blatt 3 erarbeitet. Zusätzlich wurden als Quellen neben aktuellen wissenschaftlichen Publikation auch etablierte Lehrbücher der Physiologie (Schmidt u. Lang 2007; Klinke et al. 2010) herangezogen.

Die Geruchswahrnehmung beginnt in der Riechschleimhaut, die sich vorwiegend am Dach der oberen Nasenmuschel befindet und eine Fläche von etwa 4 bis 5 cm<sup>2</sup> aufweist. Beim Menschen befinden sich hier insgesamt ca. 20 bis 30 Millionen Riechsinneszellen, die ca. alle 20 bis 40 Tage erneuert werden (Schmidt u. Lang 2007; Klinka et al. 2010). Der Mensch besitzt ca. 300-400 unterschiedliche Riechsinneszellen (Niimura u. Nei 2003). Da eine Sinneszelle immer nur mit einem bestimmten Rezeptortyp ausgestattet ist (Chess et al. 1994), ist die Zahl der unterschiedlichen Sinneszellentypen und der Rezeptortypen gleich. Die Rezeptoren für die Geruchsstoffmoleküle sitzen auf den Sinneshaaren der Riechzelle, die in die wässrige Schleimschicht der Nasenschleimhaut hineinragen (siehe auch Abb. 3).



**Abb. 3:** (a) Längsschnitt durch die Nase sowie (b) einzelne Riechzelle in starker Vergrößerung (nach: Plattig 1994).

Die Rezeptoren weisen ein molekulares Erkennungsvermögen auf. Sie reagieren nicht, wie ursprünglich vermutet (Amoore 1963), allein auf die Molekülgestalt (Größe, Form), so dass sich auch nicht nur auf diese Weise die Qualität des Geruchs erschließt. Vielmehr reagieren mehrere Rezeptoren auf die unterschiedlichen chemischen Eigenschaften eines Geruchsmoleküls wie z. B. Kettenlänge, Anzahl und Anordnung der funktionellen Gruppen, etc. (Araneda et al. 2000; Kaeppler u. Mueller 2013). Durch Einbeziehen von hunderten strukturellen Charakteristika von Duftstoffen kann die Akzeptanz des Duftes berechnet bzw. geschätzt werden (Khan et al. 2007).

Die Rezeptoren haben eine hohe Spezifität (bevorzugte Empfindlichkeit) für bestimmte Molekulareigenschaften, aber auch eine hohe Toleranz gegenüber weiteren chemischen Merkmalen. Daraus ergibt sich, dass ein Rezeptor nicht, wie bisher angenom-

men, auf einen bestimmten Geruchsstoff, sondern auf mehrere Geruchsstoffe reagiert und ein einzelner Geruchsstoff durch mehrere Rezeptoren registriert wird.<sup>1</sup>

Die Geruchsmoleküle werden mit der Atemluft über die Nase zur Riechschleimhaut transportiert. Auch über die Mund-Rachenhöhle können Duftstoffe über die sogenannte retronasale Passage das Riechepithel erreichen. Daher beeinflussen Gerüche unsere Geschmackswahrnehmung und vice versa.

Am Rezeptor angekommen, löst ein Geruchsstoffmolekül in der Zelle einen elektrischen Impuls aus. Ähnlich wie bei einem Analog/Digital-Umsetzer wird die Information über die Reizung einer Riechzelle mit einem Geruchsstoff in Form von zeitlich aufeinanderfolgenden Signalen (Spikes) über Fortsätze (Axone) der Riechsinneszellen direkt ins Gehirn weitergeleitet. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit einer Rezeptorwechselwirkung und das Zustandekommen eines elektrischen Impulses und im Folgenden die Frequenz der Signale abhängig von den Merkmalen und der Anzahl der Moleküle (Geruchsstoffkonzentration).

In Abhängigkeit von den chemischen Eigenschaften der Moleküle sowie ihrer Anzahl wird eine bestimmte Reihe von Rezeptoren jeweils unterschiedlich stark aktiviert. Dabei entsteht ein einmaliges Aktivierungsmuster, eine Art „Signatur“ oder Code. Dieser Code besteht nicht nur aus an- oder ausgeschalteten Rezeptoren, sondern aus mehr oder weniger stark aktivierten Rezeptoren. Dieser Code ist vergleichbar mit einem 3D-Strichcode mit unterschiedlich dicken und unterschiedlich hohen Strichen.

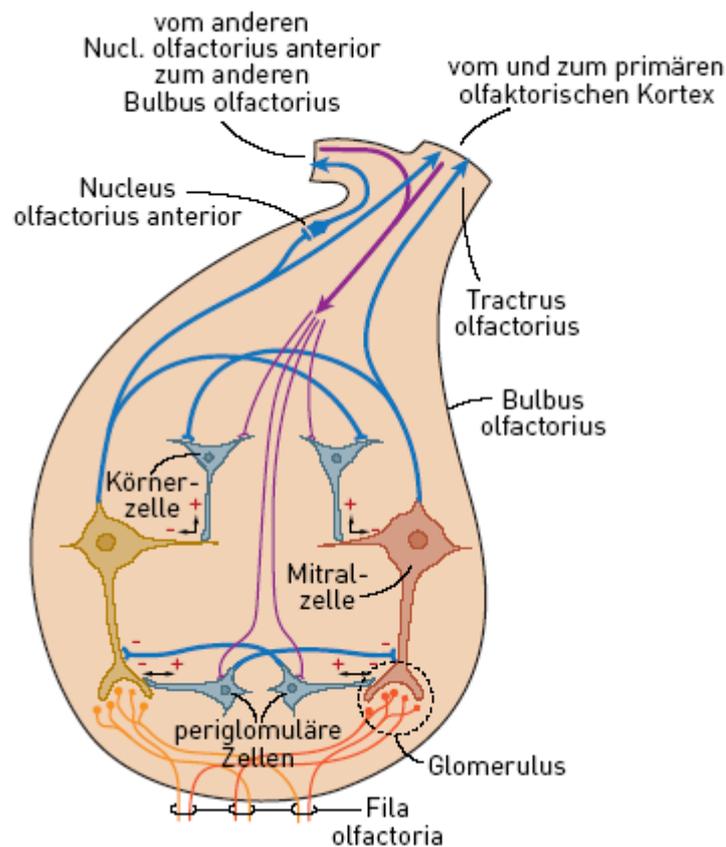
Während die chemischen Merkmale von Geruchsstoffmolekülen auf der Basis der Riechzellen in ein räumlich-zeitliches Aktivierungsmuster übersetzt werden, finden die Empfindung der Geruchsstärke und die hedonische Geruchswirkung nicht auf der Rezeptorebene statt. „Die Geruchswahrnehmung ist eine Interpretationsleistung des Gehirns und kein bloßer Messvorgang in der Riechschleimhaut“ (Boeker 2003).

Die gebündelten Fortsätze (Axone) der Riechsinneszellen enden als Nervus olfactorius in den Riechkolben (Bulbus olfactorius), wo die zentralnervöse Verarbeitung der Geruchsinformation beginnt. Hier befinden sich ca. 30.000 kugelige Schaltzentren, die sogenannten Glomeruli. In einem Glomerulus werden die Informationen aus 1000 bis 2000

---

<sup>1</sup> Die menschliche Nase ist deshalb in der Lage, so genannte Enantiomere, also Stoffe, die vom chemischen Aufbau fast völlig identisch sind und sich lediglich in ihrer dreidimensionalen Struktur zueinander verhalten wie Bild und Spiegelbild, geruchlich zu unterscheiden. Limonen, ein Naturstoff aus der Gruppe der Terpene mit der chemischen Summenformel C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, ist eine solche chirale Substanz. In der (S)-Form riecht dieser Stoff nach Zitrone und in der spiegelbildlichen (R)-Form nach Orange. Ein anderes Beispiel zeigt, dass sich bei der Wahrnehmung gespiegelter Geruchsstoffe auch die wahrgenommene Geruchsstärke ändern kann. Der Stoff p-Methen-8-thiol riecht sehr intensiv nach Grapefruit, wogegen die gespiegelte Form nicht zu riechen ist. Menschen sind für diesen Stoff „geruchsblind“, da sie für die Erkennung dieser veränderten Moleküleigenschaften keinen Rezeptor besitzen.

Riechzellen des gleichen Typs gebündelt. Jeder Glomerulus steht für einen Rezeptortyp und für ein charakteristisches Ansprechverhalten auf ein Molekülmerkmal. Riechzellen, die nahe beieinanderliegen, senden ihre Signale zu nahe beieinanderliegenden Glomeruli. Auf diese Weise wird das räumliche Verteilungsmuster aktivierter Rezeptoren auf die Ebene aktivierter Glomeruli übertragen. Die spezifische Verbindung zwischen einem Glomerulus und den dazugehörenden Riechzellen ist genetisch festgelegt und wird immer wieder in gleicher Art und Weise neu gebildet, wenn sich die Riechzellen erneuern. Die enorme Bündelung (Redundanz) der Riechzellensignale hat den Vorteil, dass die Geruchswahrnehmung weiterhin möglich ist, auch wenn größere Teile der Riechschleimhaut z. B. bei einer Infektion geschädigt werden. Die räumliche Anordnung der Glomeruli, die nicht wie die Riechzellen erneuert werden, ist bei allen Menschen gleich. Das bedingt, dass gleiche Geruchsstoffe von verschiedenen Menschen in gleicher Art und Weise wahrgenommen werden.



**Abb. 4:** Grundverschaltung der Neurone im Bulbus olfactorius. Die apikalen Mitralzeldendriten in den Glomeruli sammeln die Information von Tausenden von Riechzellen und senden ihre Signale direkt zum Riechhirn. Über die Körnerzellen und periglomerulären Zellen werden lokale Hemmungen und Fernhemmungen wirksam. Körnerzellen haben keine Axone; sie knüpfen mit den basalen Dend-

riten der Mitralzellen dendrodendritische Synapsen, die gegensinnig in beiden Richtungen wirken (nach: Klinke u. Silbernagl 2003).

Das neuronale Aktivierungsmuster, das auf der Basis der Glomeruli gebildet wird, stellt die eigentliche Grundlage für die Geruchswahrnehmung dar. Die räumliche und die zeitliche Charakteristik des Musters ist spezifisch für den wahrgenommenen Geruchsstoff.

Im Riechkolben finden jedoch noch weitere Prozesse der Signalverarbeitung statt. Mit Hilfe von hemmenden oder aktivierenden zusätzlichen Nervenzellen wird das neuronale Aktivierungsmuster so modelliert, dass eine Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes erreicht wird. Man vermutet, dass über die in den Glomeruli einlaufenden Signale aus den Riechzellen (ca. 1000:1) ein Mittelwert gebildet wird.

Außerdem werden die Signale in Form einer Intensitätskompression vorverarbeitet, d.h. dass hohe Intensitätsunterschiede logarithmisch an die höheren Gehirnzentren weitergegeben werden. Auf diese Weise werden eine hohe Empfindlichkeitssteigerung bei gleichen Gerüchen und ein schärferes Unterscheidungsvermögen bei verschiedenen Gerüchen erreicht (Pearce et al. 2001; Pearce 1997a, 1997b). Ein bekanntes Beispiel für dieses als „Hyperacuity“ bezeichnete Phänomen ist die Fähigkeit des visuellen Systems auf der Basis von nur drei Rezeptortypen (blau, rot, grün) mehrere tausend Farben zu unterscheiden.

Das im Riechkolben erzeugte neuronale Aktivierungsmuster wird weitergeleitet ins sogenannte Riechhirn. Dieses besteht aus mehreren Feldern im älteren Teil des Großhirns.

Die Nervenimpulse werden außerdem zum sogenannten limbischen System, einem in der Evolution sehr alten Gehirnareal, weitergeleitet. Im Mandelkern (Amygdala) wird dann die gefühlsmäßige Reaktion auf die eintreffenden Geruchsinformationen erzeugt. Dies verweist auf die emotional-affektive Bedeutung des Geruchssinns. Der hedonische Eindruck (angenehm/unangenehm) wird im orbitofrontalen Kortex verarbeitet und der Intensitätseindruck in der Amygdala (Anderson et al. 2003). Verbindungen gibt es auch zur Formatio reticularis, welche den Wachheitszustand steuert. Damit scheint dem Geruchssinn auch eine wichtige Alarmfunktion zuzukommen (Hellbrück u. Fischer 1999). Außerdem greift der Geruchssinn in die Steuerung der Nahrungsaufnahme ein (Klinke et al. 2010). Wenn der Geruch intensiv genug ist, werden ferner parallel zur unterbewussten Verarbeitung der Geruchsinformationen Impulse in höhere und entwicklungs-geschichtlich jüngere Gehirnzentren gesendet.

Ähnlich wie in der Musik scheint das olfaktorische System eine Kombination von unterschiedlich stark aktivierten Rezeptoren (Akkorden) zu nutzen, um mit den „wenigen“ (Hundertern) verschiedenartigen Rezeptortypen (Noten) die Vielzahl von ca. 10.000 unterschiedlichen Gerüchen identifizieren und unterscheiden zu können. Auf diese Weise ist das System auch in der Lage gänzlich neue Geruchsstoffe zu erkennen.

Das Erkennen eines Geruchsstoffs beruht jedoch auf einem Lernprozess. In der Riechrinde wird das charakteristische neuronale Aktivierungsmuster mit der Quelle des Geruchstoffes verbunden und gespeichert. Wenn der Geruch erneut auftaucht, wird diese Verbindung in der Riechrinde abgerufen und der Geruch erkannt. Diesen Prozess kann man als olfaktorische Gestaltwahrnehmung bezeichnen und mit Hilfe von mathematischen Modellen aus der Chaos-Theorie beschreiben (Freeman 1991).

Bei der Identifikation eines Geruchsstoffs werden in der Regel nicht alle Einzelkomponenten benötigt, sondern es reichen wenige sogenannte Leitsubstanzen aus. Beim Kaffeeduft ist es eine charakteristische Mischung von ca. 15 Einzelstoffen. Die Leitsubstanz für Rosenduft ist beispielsweise Geraniol. Allerdings merkt man bei der Wahrnehmung von Geraniol, dass im Unterschied zum Geruch einer echten Rose noch etwas fehlt.

Wie bereits erwähnt, liegt die eigentliche Grundlage für die Geruchswahrnehmung im Riechkolben. Die Informationen über Intensität und Qualität des Geruchsstoffs sind in dem neuronalen Aktivierungsmuster, das sich über den gesamten Riechkolben erstreckt, enthalten und nicht in einer Teilmenge spezifisch aktivierter Nervenzellen.

Die Qualität eines Geruchsstoffs ist repräsentiert durch die räumliche Struktur des Aktivierungsmusters. In Abhängigkeit von den Eigenschaften der Geruchsstoffmoleküle werden bestimmte Glomeruli stark, andere schwach und wieder andere gar nicht aktiviert.

Mit steigender Geruchsstoffkonzentration (Anzahl der Moleküle) nimmt die Zahl der aktivierten Glomeruli zu. Vergleichbar mit der Lautstärkeregelung kann auf diese Weise, so wird vermutet, eine Veränderung der Intensität unabhängig von der Qualität wahrgenommen werden. Bei zunehmender Konzentration können jedoch aufgrund der unterschiedlichen Affinität der einzelnen Rezeptoren zu bestimmten Moleküleigenschaften weitere, bisher nicht angesprochene Riechzellen aktiviert werden. Dadurch kann sich die Charakteristik des Aktivierungsmusters so verändern, dass eine andere Qualität wahrgenommen wird. So wird beispielsweise die Qualität des Geruchsstoffs Indol bei einer geringen Konzentration als blumig, bei einer höheren Konzentration jedoch als

faulig bzw. fäkalienartig beschrieben. In diesem Fall würde man davon sprechen, dass Intensität und Qualität nicht unabhängig voneinander wahrgenommen werden.

Das Aktivierungsmuster, das bei der mehrmaligen Exposition desselben Geruchsstoffs erzeugt wird, ist nicht immer genau gleich. Aufgrund der unterschiedlichen Bindungsdauer an den Rezeptoren hat die räumliche Struktur des Aktivierungsmusters auch eine zeitliche Komponente, so dass eine Wahrnehmung die nachfolgende Wahrnehmung beeinflusst. Auf diese Weise können Gewöhnungs- oder auch Sensibilisierungseffekte zustande kommen.

Neben dem olfaktorischen System ist auch das trigeminale System an der Geruchswahrnehmung beteiligt (Burdach 1987; Pinto 2011). Die Nervenenden des Nervus trigeminus, die über die ganze Nasenhöhle verteilt sind, reagieren ebenso wie die Zellen der Riechschleimhaut mit Geruchsstoffen. Die sensiblen Neurone des Nervus trigeminus übertragen v.a. Schmerz-, Temperatur-, Berührungs- sowie Druckempfindungen. Typisch für das nasal-trigeminale System sind stechende, beißende und kühle Empfindungen (Burdach 1987). Solche Wahrnehmungen kommen näher an eine Schmerzempfindung heran als an eine reine Geruchswahrnehmung und bedeuten an sich eine stärkere Bedrohung des Individuums.

Die meisten geruchlichen Substanzen aktivieren sowohl das trigeminale als auch das olfaktorische System (Kobal u. Hummel 1991). Die Rezeptoren des Nervus trigeminus sprechen bei sehr viel höheren Konzentrationen an als die Riechschleimhaut. Generell können aber beide Wahrnehmungen bei entsprechender Qualität und Intensität Befindlichkeitsstörungen auslösen. Interessant ist ferner, dass die Wahrnehmung eines Duftstoffs im Gehirn auch von seinem Weg zur Nasenhöhle abhängt. Wird z.B. der Duft von Schokolade über die Nasenlöcher aufgenommen, aktiviert er andere Gehirnregionen, als wenn er aus dem Mund in die Nasenhöhle strömt (Small et al. 2005).

### **3.3. Inter- und intraindividuelle Schwankungen**

So wie bei anderen Sinneswahrnehmungen sind auch bei der Geruchswahrnehmung neben den Reizcharakteristika (Reizqualität, Reizintensität) auch physiologische Eigenschaften der Person sowie psychosoziale Aspekte für die Art der Geruchswahrnehmung und ihre Bewertung verantwortlich (Keller et al. 2012). Nach Analyse mehrerer Studien nennt Shusterman (1992) vor allem drei Faktoren, die die Geruchswahrnehmung beeinflussen:

- Alter (ältere Personen haben verringerte olfaktorische Fähigkeiten)
- Rauchverhalten (herabgesetzte Empfindlichkeit von RaucherInnen) und
- Geschlecht (in den meisten Studien sind Frauen geruchsempfindlicher).

Darüber hinaus wurden in Studien (z.B. van Harreveld et al. 2001; Steinheider 1997; Winneke et al. 1990; Kastka 1976; Hohm 1976) zahlreiche psychosoziale Variablen angeführt, die die Wahrnehmung von Gerüchen beeinflussen können, wie beispielsweise:

- Gesundheitszufriedenheit (geringere Zufriedenheit geht mit höherer Sensitivität einher)
- Geruchsempfindlichkeit (die Fähigkeit, einen bestimmten Geruch zu riechen, ist in der Bevölkerung normalverteilt)
- Art der Stressbewältigung (Personen mit einem problemzentrierten Copingverhalten sind zumeist höher belastigt)
- Umweltangst
- ökonomische Abhängigkeit vom Emittenten (dies reduziert die Geruchsbelastigung)
- Wohnzufriedenheit (eine höhere Wohnzufriedenheit geht mit einem geringeren Belastigungsgrad einher)
- Chemikaliensensibilität
- kulturelle Unterschiede.

Weiters spielen auch genetische Faktoren und Krankheiten, wie v.a. respiratorische Infekte, bei der Geruchsempfindlichkeit eine Rolle (Keller et al. 2012).

### **3.4. Wahrnehmbarkeit von Gerüchen (Geruchsschwellen)**

Ob ein Geruchsreiz eine Geruchsempfindung auslöst, ist von der Empfindlichkeit des Rezeptors für die entsprechende Substanz abhängig. Die Bewertungsgröße für diese Empfindlichkeit ist die sogenannte Reizschwelle, wobei zwischen der Wahrnehmungsschwelle und der Erkennungsschwelle (bei der eine Substanz eindeutig zugeordnet werden kann) unterschieden werden muss (Birbaumer u. Schmidt 1999). Bei sehr niedrigen Konzentrationen kommt es nämlich bei vielen Stoffen zunächst zu einer unspezifischen Geruchswahrnehmung, die erst bei höheren Konzentrationen in eine spezifische Geruchswahrnehmung übergeht. Diese Schwellen sind bei jeder Substanz verschieden, ebenso die Differenz zwischen Wahrnehmungs- und Erkennungsschwelle. Man unterscheidet eine individuelle und eine kollektive Geruchswahrnehmungsschwelle. Die individuelle Wahrnehmungsschwelle ist die kleinste Konzentration eines Geruchsstoffes in der Luft, die bei einer Person zu einem Geruchseindruck führt. Die kollektive Geruchs-

wahrnehmungsschwelle ist die Geruchsstoffkonzentration, bei der von 50 % einer Population Geruch wahrgenommen wird. Als Erkennungsschwelle ist jene Geruchsstoffkonzentration definiert, bei der der Stoff identifiziert bzw. eindeutig einer spezifischen Quelle zugeordnet werden kann (Haider et al. 1994).

Der Mensch hat eigentlich einen guten, jedoch nicht selten unterschätzten Geruchssinn. Der schwefelhaltige Geruchsstoff Ethyl-Merkaptan z.B., der des öfteren als Warnsubstanz zu geruchlosem Erdgas oder Campinggas beigemischt wird, kann bereits bei einer Konzentration unter 0.2 ppb (Teile pro Milliarde) erkannt werden (Sela u. Sobel 2010). Diese Konzentration entspricht in etwa 3 Tropfen des Stoffs in einem olympischen Schwimmbecken (Sela u. Sobel 2010). Äußerst geringe Erkennungsschwellen wurden auch für die Geruchsstoffe D-Limonen und Ozon (Cain et al. 2007) beschrieben. Die geringste Erkennungsschwelle beim Menschen weist Isoamyl-Merkaptan auf (Sela u. Sobel 2010).

Die Erkennung von verschiedenen Stoffen wird außerdem durch wiederholte Exposition verbessert (Sela u. Sobel 2010; Dalton et al. 2002).

Auch die Unterscheidung verschiedener Geruchsstoffe voneinander wird durch Lernen und Erfahrungen verbessert (Sela u. Sobel 2010). Z.B. können Personen, die in Parfümerien arbeiten, besser Geruchsstoffe voneinander abgrenzen als Personen, die nicht in einem solchen Umfeld tätig sind (Hummel et al. 2004). Auch Weintester schnitten besser bei der Differenzierung von Gerüchen ab als Kontrollpersonen (zusammengefasst in Sela u. Sobel 2010).

Studien zeigten ferner, dass z.B. Freiwillige rein durch den Geruch ihr eigenes T-Shirt von 100 anderen, identischen T-Shirts, die von Fremden getragen wurden, unterscheiden können (Lord u. Kasprzak 1989). Seit langem ist auch bekannt, dass Babies frühzeitig den Geruch ihrer Mütter erkennen können (zusammengefasst in Sela u. Sobel 2010).

Die meisten Menschen haben eine mittlere Geruchssensibilität, während einige einen sehr guten oder einen sehr schlechten Geruchssinn aufweisen (entspricht mathematisch einer Normalverteilung). Z.B. können manche Menschen bereits sehr viel geringere Geruchsstoffkonzentrationen wahrnehmen als andere. Die wahrgenommenen Konzentrationen unterscheiden sich dabei um einen Faktor von bis zu 100 (Bayrisches Landesamt für Umwelt 2005). Schwellenwert-Studien zeigten außerdem, dass Personen ab dem 55. Lebensjahr mit verringerten olfaktometrischen Fähigkeiten rechnen müssen. Bei Untersuchungen im Feld führen jedoch wahrscheinlich Sensibilisierungsphänomene

dazu, dass sich ältere Personen stärker belästigt fühlen. Personen über 70 Jahre besitzen bereits eine 2- bis 10-mal höhere Wahrnehmungsschwelle als 20-Jährige. Die Höhe der Schwelle steigt auch mit zunehmendem Alter, Krankheiten und Medikamentengebrauch (Schiffman 1992). Auch Nimmermark (2004) berichtete von großen Schwankungen bei den Messungen von Geruchsschwellen. Frauen hatten dabei eine signifikant geringere Geruchswahrnehmungsschwelle als männliche Probanden, während ältere Versuchspersonen über 40 Jahren im Durchschnitt eine höhere Geruchswahrnehmungsschwelle aufwiesen als Probanden unter 40 Jahren. Studien zeigten auch, dass z.B. die Geruchswahrnehmung von Frauen vom Menstruationszyklus abhängt (Pause et al. 1996).

Während bei der Bestimmung von Geruchsintensität (Empfindungsstärke) und hedonischer Geruchswirkung (Bewertungsskala angenehm - neutral - unangenehm) subjektive Messverfahren zur Anwendung kommen, handelt es sich bei der Geruchsschwellenbestimmung um eine gemäß ISO 5492 (2008) objektivierte Messung.

In der ÖNORM EN 13725 („Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie“ 2006) wird die Geruchsschwellenbestimmung beschrieben. Dabei wird die Geruchsstoffkonzentration durch Bestimmung des Verdünnungsfaktors gemessen, der zum Erreichen der Wahrnehmungsschwelle erforderlich ist.

Geruchsschwellen sind für viele Arbeitsstoffe bestimmt worden, in der Regel mit weit differierenden Ergebnissen. Sie spiegeln die Schwierigkeiten wider, denen man in der Praxis bei der qualitativen, und noch mehr bei der quantitativen Bewertung von Gerüchen begegnet: Gewöhnung, Interferenz mit anderen Stoffen, subjektive Einstellung zum Geruch usw. Aus diesen Gründen werden z.B. in der MAK-Werteliste der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft keine Geruchsschwellen mehr angegeben (Brauer 1996).

Für einige Reizmittel kann die Reizschwelle auch unter der geruchlichen Wahrnehmungsschwelle liegen. Das ist jedoch eine unübliche Situation. Für die große Mehrheit der industriellen Gerüche gilt, dass die Wahrnehmung des Geruchs der Reizung vorausgeht (Shusterman 2001).

### **3.5. Intensität von Gerüchen**

Unter Geruchsintensität versteht man die wahrgenommene Stärke der Empfindung, die durch einen Geruchsreiz ausgelöst wird (ÖNORM EN 13725, 2006). Von besonderer

Bedeutung für die Geruchswahrnehmung ist, dass zwischen der wahrgenommenen Geruchsstärke und der Geruchsstoffkonzentration kein linearer Zusammenhang besteht (Schön u. Hübner 1996). Die Intensität der Geruchsempfindung hängt üblicherweise vom Logarithmus der Geruchsstoffkonzentration ab:  $I = k_w \log(c/c_0)$ , wobei  $c_0$  die Geruchsstoffkonzentration an der Geruchsschwelle,  $c$  die Geruchsstoffkonzentration sowie  $k_w$  der Weber-Fechner-Koeffizient der physiologischen Wahrnehmung ist. Dies bedeutet unter anderem, dass etwa eine Verringerung der Geruchsstoffkonzentration um 50 % nicht in gleichem Maße eine Verringerung der Geruchsintensität (im Sinne einer Halbierung) bedeutet (Richter et al. 2003; siehe auch: Paduch et al. 1995).

Je höher die Geruchsbelastung ist, umso stärker müssen Immissionsverminderungen sein, damit sie wahrgenommen werden können (Haider et al. 1994). Neben dem Weber-Fechner'schen Gesetz gibt es auch eine Beschreibung der Beziehung zwischen Konzentration und Intensität nach Stevens (Exponentialfunktion):

$$I = k c^n \quad (n = \text{Stevens-Exponent, üblicherweise kleiner 1, z.B. 0,4; } k = \text{Konstante})$$

Für praktische Belange ergeben beide Modelle (bei Wahl realistischer Konstanten) ähnliche Ergebnisse.

Außerdem wird in der wissenschaftlichen Literatur die Hill-Gleichung als geeignetes Modell zur Darstellung der Intensitäts-Konzentrations-Beziehung beschrieben. Die Hill-Gleichung scheint insbesondere bei größeren Konzentrationsbereichen geeignet zu sein (Chastrette et al. 1998; Mainland et al. 2014).

$$I = I_{\max} \cdot \frac{C^n}{(K^n + C^n)}$$

Dabei ist  $I_{\max}$  die maximale Geruchsintensität,  $C$  die Geruchsstoffkonzentration,  $K$  die Konzentration am Wendepunkt der Kurve und  $n$  der Hill Exponent.

Die Unterscheidungsfähigkeit für Geruchsintensitäten ist bei den meisten Menschen relativ wenig ausgebildet: Die Konzentration einer geruchserzeugenden Substanz muss fast immer um ca. 30 % erhöht werden, ehe ein Unterschied festgestellt werden kann. Es wird angenommen, dass der durchschnittliche Mensch nur fähig ist eine geringe Anzahl (< 10) von Intensitätsabstufungen zu unterscheiden (Brauer 1996; Haider et al. 1994).

Mit welcher Intensität ein Geruchseindruck beschrieben wird, hängt bei gleicher Geruchsstoffkonzentration unterschiedlicher Proben davon ab, wie groß der Weber-Fechner-Koeffizient  $k_w$  ist. Unter der Voraussetzung, dass der Zusammenhang zwischen Geruchsstoffkonzentration und Geruchsintensitätsverlauf eines Abgases spezifi-

scher Herkunft (Anlagenart, Verfahrensart) durch einen bestimmten, reproduzierbaren Weber-Fechner-Koeffizienten dargestellt werden kann, ist allein durch Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration eines Abgases ein Rückschluss auf die Geruchsintensität dieses Abgases bei verschiedenen Verdünnungen möglich (Winneke et al. 1995).

Im Gegensatz zur Geruchsschwelle, die alleine noch keine Bewertung einer eventuellen Belästigung zulässt, liefert der Intensitätsverlauf Anhaltspunkte für das Belästigungspotenzial. Weitere Faktoren, wie z.B. die hedonische Wirkung, sind aber auch noch zu berücksichtigen. Während sich z.B. die hedonische Wirkung eines Biofiltergeruchs mit steigender Konzentration nur unwesentlich ändert, wird der Geruch einer Tierkörperverwertung zunehmend unangenehmer (Winneke et al. 1995).

Die Geruchsintensität wird mit Hilfe des Olfaktometers ermittelt, indem die Riechproben überschwellig angeboten werden und die Probanden die Stärke ihrer Geruchsempfindung auf einer Skala von null (kein Geruch wahrnehmbar) bis sechs (extrem starker Geruch) einordnen (ÖNORM EN 13725, 2006).

Derzeit existiert noch kein Modell aus dem die Intensität von Gerüchen basierend auf ihrer chemischen Struktur vorhergesagt werden kann (Mainland et al. 2014). Hoch potente Geruchsstoffe scheinen aber gewisse physikochemischen Eigenschaften zu besitzen, wie z.B. ein hohes Ausmaß an Verflüchtigung sowie eine intermediäre Wasser-Fett-Verteilung (Mainland et al. 2014). Jedoch variiert auch bei Geruchsstoffen mit ähnlichen Eigenschaften die Geruchsintensität erheblich.

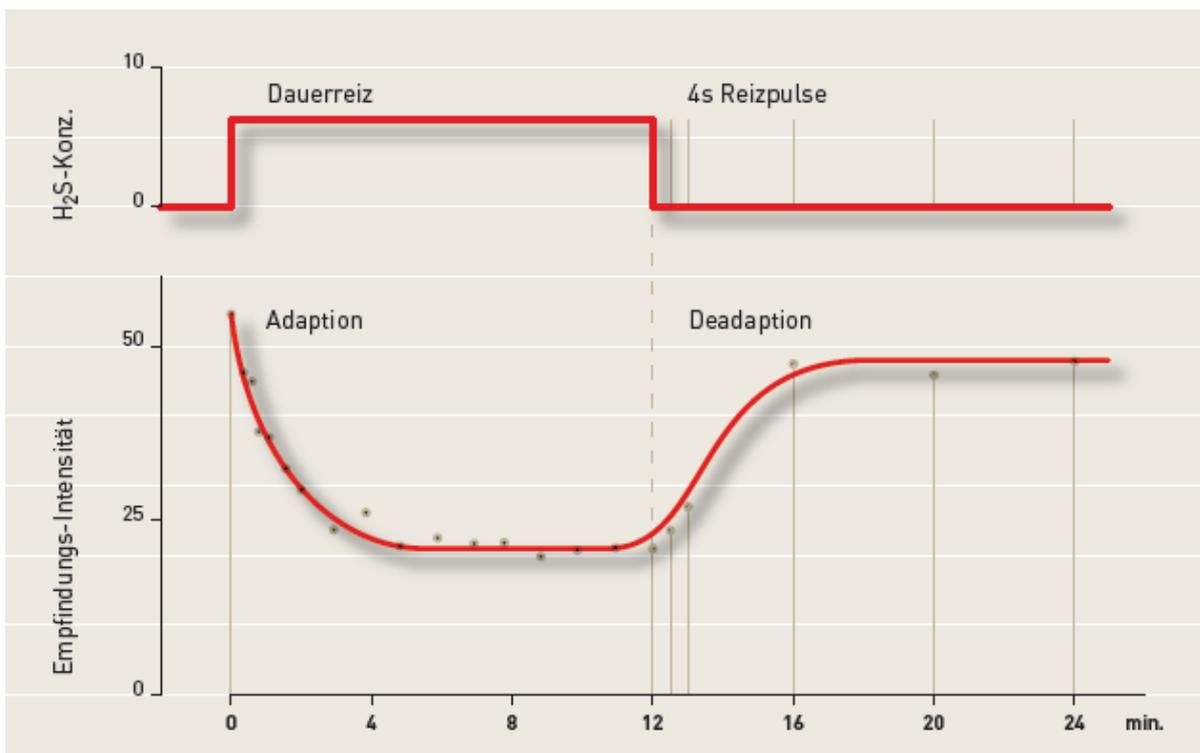
### **3.6. Adaptation und Habituation**

Mit den Begriffen Adaptation und Habituation werden Prozesse der Verminderung der Geruchswahrnehmung beschrieben. Die beiden Begriffe sind allerdings schwer voneinander zu unterscheiden, da beide zu einer Desensibilisierung führen und oft gemeinsam auftreten. Dennoch lassen sie sich - zumindest theoretisch - voneinander abgrenzen (Burdach 1987). Beide Phänomene scheinen bis zu einem gewissen Grad individuell zu variieren, ebenso können psychologische und soziale Determinanten einen Einfluss haben (Plattig 1994). Adaptations-, Habituations- und Sensibilisierungsprozesse (siehe auch Kapitel 4) beeinflussen die Geruchsbewertungen hinsichtlich Belästigungsgrad und Folgewirkungen wesentlich.

## ADAPTATION

Wenn die Intensität eines Duftreizes über einen gewissen Zeitraum hinweg in etwa gleichbleibt, dann kommt es zu einer allmählichen Verminderung der Empfindungsintensität (= Adaptation): Es entsteht der Eindruck, als ob der Geruch langsam schwächer würde (Burdach 1987). In vielen Fällen kann die Adaptation so vollständig sein, dass wir den Duftstoff nicht mehr erkennen können (Birbaumer u. Schmidt 1999). Nach Beendigung der Duftstimulation kommt es langsam wieder zur Erholung, wobei die ursprüngliche Sensibilität wieder aufgebaut wird.

Im Vergleich zu anderen Sinnen ist die Adaptation beim Geruchssinn (und auch beim Geschmackssinn) besonders ausgeprägt. Die Erregung in den afferenten Bahnen sinkt noch während des Reizes stark ab, dementsprechend erlischt z.B. die Geruchswahrnehmung häufig bereits nach kurzem Aufenthalt in einer duftstoffhaltigen Umgebung. Die Adaptation ist auf den gerade wahrgenommenen Geruch beschränkt, während die Schwelle für andere Gerüche unverändert bleibt (Brauer 1996).



**Abb. 5:** Adaptationsverlauf bei Dauerreizung mit Schwefelwasserstoff (6,4 ppm). Oben sind die Stimuli, unten die von vier Versuchspersonen in je 10 Versuchen angegebenen Empfindungsintensitäten dargestellt (nach: Zimmermann 1980 zitiert nach Burdach 1987).

Im Gegensatz zu früher, wo Adaptation als sensorische Ermüdung angesehen wurde, ist man heute der Auffassung, dass Riechadaptation eine nützliche, wenn nicht sogar lebensnotwendige Funktion der Informationsverarbeitung ist. Duftstoffe, die längere Zeit

als konstant wahrgenommen werden, sind grundsätzlich weniger bedeutsam als solche, die neu oder in veränderter Intensität hinzukommen und möglicherweise rasche Verhaltensänderungen erfordern (Burdach 1987).

Vermutet wird, dass sich eine Änderung der Geruchswahrnehmung im Verlauf der ersten Minuten einer Exposition nur auf die Adaptation des Geruchssinns begründet. Die trigeminale Wahrnehmung unterliegt dagegen offenbar keiner adaptativen Wirkung. Die Nichtgewöhnung an gefährliche Reizstoffe in der Atemluft erscheint sinnvoll. Eine Wahrnehmung, die eine Gefahr signalisiert, kann so nur dann an Wirkung verlieren, wenn entweder die Gefahr beseitigt wird oder man sich von ihr entfernt (Thiel et al. 1998).

## **HABITUATION**

Im Gegensatz zur Adaptation, bei der es sich um eine reizseitig determinierte Herabsetzung der Empfindlichkeit handelt, die in erster Linie von der Reizdauer abhängt, geht es bei der Habituation um einen erfahrungsabhängigen Sensibilitätsverlust, dessen Ausprägung mit der Anzahl (und Regelmäßigkeit) der Assoziation von olfaktorischen und sonstigen Reizcharakteristika zunimmt (Burdach 1987).

Im Gegensatz zur Adaptation, die bereits bei einmaliger andauernder Stimulierung entsteht, ist Habituation („Gewöhnung“) das Ergebnis einer Vielzahl von Konfrontationen mit einem bestimmten Duftreiz. Lernprozesse bewirken, dass ein solchermaßen vertrauter Duftreiz weniger Beachtung findet als ein unerwarteter Geruch (Burdach 1987).

Das Unterscheiden von „guten“ und „schlechten“ Gerüchen ist wichtig, da gute und schlechte Gerüche unterschiedliche Verhaltensantworten verlangen. Schlechte Gerüche warnen uns vor Gefahren, schlechter Luftqualität, Giften und sogar vor Krankheiten. Jede dieser Warnungen verlangt nach einer sofortigen Entscheidung und einer durchzuführenden Handlung wie zum Beispiel Vermeidung oder Rückzug. Auf der anderen Seite verlangen gute Gerüche nicht nach unmittelbaren Entscheidungen oder Handlungen.

Weiters zeigte sich, dass die Adaptations- bzw. Habitutionsraten für gute und schlechte Gerüche unterschiedlich sind. Die Erkennungskurve der schlechten Gerüche beginnt sehr flach und wird mit steigender Stimulusstärke zunehmend steiler. Die Erkennungskurve der guten Gerüche hingegen beginnt relativ steil und verändert sich nicht maßgeblich. Jedoch gibt es bei niedriger Stimulusstärke eine viel schnellere Adaptation bei schlechten als bei guten Gerüchen. Daraus resultiert, dass der Geruchssinn viel sensibler gegenüber Veränderungen von schlechten Gerüchen als Veränderungen von guten Gerüchen ist (Jacob et al. 2003).

### 3.7. Geruchsqualitäten

Unter der Geruchsqualität (oft auch mit Geruchscharakteristik bezeichnet) versteht man die verbale Beschreibung eines Geruchs auf der Basis von Geruchserfahrungen, wobei meistens Adjektive (z.B. süß, minzig, faulig) oder Substantive verwendet werden, die die vermutete Quelle nennen (es riecht z.B. nach: Rauch, Kohl oder Rosen). Diese Geruchsbeschreibungen sind nicht mit der hedonischen Wirkung zu verwechseln (Winneke et al. 1995).

Die Geruchsqualität wird durch die chemische Struktur der geruchsaktiven Substanzen bestimmt. Dabei werden spezifische Wechselwirkungen zwischen Rezeptormolekülen an der Zellmembran und den Oberflächenstrukturen der jeweiligen Moleküle angenommen, welche einen Sinnesreiz induzieren. Es besteht eine sehr große Anzahl von Geruchsqualitäten. Boeckh (1972) spricht von etwa 10.000 unterscheidbaren „Grundduftnoten“. Bedenkt man, dass man durch Mischung dieser Grundgerüche neue Gerüche erzeugen kann, so wird die Anzahl potenzieller qualitativ unterscheidbarer Gerüche unabschätzbar (Haider et al. 1994). Eine rezente Studie spricht von mehr als einer Billion olfaktorischer Stimuli, die der Mensch unterscheiden kann (Bushdid et al. 2014). Es ist leicht einzusehen, dass eine Systematisierung solch komplexer Beschreibungen kaum möglich ist.

Im Laufe der wissenschaftlichen Erforschung der Gerüche wurde dennoch immer wieder versucht, die beinahe unüberschaubare Geruchswelt in klar abgrenzbare, elementare Bausteine zu zerlegen. Parallel zu den Versuchen, die chemischen und physikalischen Grundlagen des Riechvorgangs zu erklären, entstand im 19. Jahrhundert die Theorie, dass es eine geringe Anzahl von fundamentalen Gerüchen geben müsse, aus denen sich alle anderen Gerüche als Mischungen zusammensetzen.

Es gibt zahlreiche Versuche von Geruchsklassifikationen. Jedoch blieben all diese Klassifikationen unbefriedigend. Ein häufig zitiertes Klassifizierungssystem ist das von Amoore (1963), demzufolge es sieben Grundgerüche gibt und alle anderen Gerüche aus Mischungen dieser Grundgerüche bestehen (Tabelle 2).

Grundgeruch	Geruchsstoff	Beispiel
Kampferartig	Campher	Mottenpulver
Moschusartig	Hydroxypentadecansäurelacton	Angelikawurzelöl
Blumig	Phenylethyl-methyl-ethyl-carbinol	Rose
Minzig	Menthone	Pfefferminzbonbon
Ätherisch	Ethylendichlorid	Fleckenwasser
Schweißig	Buttersäure	Schweiß
Faulig	Buthylmercaptan	Faules Ei

Tab. 2: Klassifikation der Gerüche nach Amoore. Übernommen aus: Mücke u. Lemmen (2010).

Jedoch ist die Klassifikation von Amoore nicht unumstritten (Kaeppler u. Mueller 2013), da mittlerweile mehr als 300 Geruch-Rezeptorsubtypen entdeckt wurden und die Annahme, dass Rezeptoren alleine auf die Molekülgestalt (Größe, Form) reagieren, nicht mehr in dieser Form gültig ist. Amoore selbst hat später seine Hypothese der sieben Grundgerüche auf mindestens 32 Basiskategorien erweitert (Amoore 1977).

Der schwierige Versuch einer endgültigen Geruchsklassifikation macht daher deutlich, dass sich bei einer Beschäftigung mit Gerüchen sofort die fundamentale Frage stellt, wie denn nun Geruchswahrnehmungen in Sprache übersetzt werden können. Die Unterschiede in der olfaktorischen Wahrnehmung sowie das stets Flüchtige, Dynamische, das Gerüchen anhaftet, mögen dafür ausschlaggebend gewesen sein, dass sich in der deutschen Sprache - und soweit bekannt auch in anderen Sprachen - kein differenziertes Vokabular für Geruchsempfindungen herausbildete. So ist man darauf angewiesen, sich dem Reich der Gerüche mit Hilfe von Vergleichen, Metaphern und Symbolen zu nähern. Man bedient sich dabei meist der Angabe der Geruchsquelle selbst oder zieht Vergleiche mit ähnlichen, im Alltag üblichen Geruchsquellen. So spricht man beispielsweise von blumig, holzig, pfefferminzartig etc. (Payer 1997).

Die Geruchsempfindungen lassen sich in Gruppen entsprechend gewisser Ähnlichkeiten ordnen, sodass Duft- und Qualitätsklassen abgegrenzt werden können. Diese Einteilung entspricht in ihrer Schärfe jedoch keineswegs der klaren Qualitätsgliederung beim Geschmackssinn. Die Unsicherheit der Abgrenzung ist schon daraus zu ersehen, dass die Anzahl der Klassen von verschiedenen AutorInnen sehr unterschiedlich angegeben wird. Qualitäten und chemisch definierbare Reizmerkmale entsprechen sich noch weniger als beim Geschmackssinn (Brauer 1996).

Die persönlich-subjektive qualitative Bewertung von Geruchsereignissen kann sich mit der Zeit auch ändern. Ein als „aromatisch“ empfundener Geruch kann nach einer gewissen Zeit, in der er ständig wahrgenommen wird, zur Belästigung werden. Auch die psychische Verfassung der Person hat einen Einfluss auf die Geruchswahrnehmung und -bewertung (Schön u. Hübner 1996). Die eindeutige Unterscheidung und Beschreibung bestimmter Geruchsqualitäten hängt sehr wesentlich auch vom Umfang der bislang diesbezüglich gesammelten Erfahrungen ab. So ist es etwa möglich, dass ein und derselbe Geruchsstoff von verschiedenen Personen unterschiedlich bewertet wird (Schön u. Hübner 1996). Ein Bauer z.B. wird die Gerüche von seinem Hof als normal bewerten; wohingegen Außenstehende sie möglicherweise als Gestank beurteilen würden.

Generell werden in wissenschaftlichen Studien bekannte, vertraute Düfte als angenehmer klassifiziert (Kaepler u. Mueller 2013; Ayabe-Kanamura et al. 1998). Erfahrungen und kulturelle Faktoren spielen hier eine wichtige Rolle.

### **3.8. Kombination mehrerer Gerüche**

*„Liegen mehrere Gerüche gleichzeitig vor, was in größerer Entfernung von einem Emitenten fast immer der Fall ist, so kann es zu wesentlichen Änderungen der wahrgenommenen Reizqualitäten und Reizintensitäten kommen. Hinzu kommt, dass häufig erst das Zusammenwirken von mehreren Substanzen zu einer Geruchswahrnehmung führt. Werden die Einzelfaktoren weiterhin als erkennbare Einzelgerüche wahrgenommen, so spricht man von heterogenen Geruchsgemischen. Dabei können Geruchsleitsubstanzen vorhanden sein. In homogenen Geruchsgemischen verschmelzen die verschiedenen Geruchskomponenten vollständig zu einem neuen Geruch, der als Einheit empfunden wird. Über die Geruchsqualität von Geruchsmischungen liegen bisher kaum Untersuchungen vor (Frechen 2001). Die aus Geruchsmischungen resultierende, empfundene Intensität kann niedriger oder höher als die der Einzelkomponenten sein: Die Wirkung der Geruchsgemische kann synergistisch (Kombinationswirkung stärker als Summe der Einzelwirkung) oder antagonistisch (Kombinationswirkung geringer als Summe der Einzelwirkungen) oder additiv (Kombinationswirkung entspricht der Summe der Einzelwirkung) sein. Kombinationswirkungen dürften u.a. auch die Ursache dafür sein, dass etwa gleiche  $H_2S$ -Konzentrationen als unterschiedlich stark eingestuft werden, je nachdem, welche Begleitsubstanzen vorhanden sind. In diesen Bereich fällt auch das Problem der Maskierung von Gerüchen. So wird z.B. manchmal versucht, unangenehme Gerüche mit stärkeren, entsprechend der hedonischen Geruchsqualität als angenehm bewerteten Gerüchen zu kombinieren, um dadurch das Belästigungspotential herabzusetzen. Solche Versuche sind im Umweltbereich als sehr fragwürdig zu beurteilen, da Informations- und Warnfunktionen von Gerüchen damit unterdrückt werden können“ (Haider et al. 1994).*

Der Trend Innenräume zu beduften, u.a. um unangenehme Gerüche zu übertönen, wird mittlerweile von mehreren Institutionen kritisch bewertet (Straff 2005; UBA 2004).

Wie vorhin dargestellt, werden Gerüche in der Nutztierhaltung immer von Stoffgemischen verursacht.

### 3.9. Physiologische Effekte von Geruchswahrnehmungen

Geruchsreize wirken als Signal für erhöhte Aufmerksamkeit. Daher rufen Gerüche physiologische Reaktionen im Sinne von Orientierungsreaktionen hervor, die den Körper aktivieren. Immer wenn sie als „Alarmsignale“ fungieren, bereiten sie den Organismus auf spezifische physiologische Reaktionsmuster vor. Sie lösen z. B. Stressreaktionen aus, die den Körper auf Kampf oder Flucht vorbereiten, wie Pupillenerweiterung oder Verengung der peripheren Blutgefäße.

Da der Geruchsnerv Verbindungen zum Hypothalamus hat, ist eine Beeinflussung von körperlichen Funktionen wie Blutdruck, Herzfrequenz oder Muskelanspannung durch Gerüche theoretisch begründbar. In Laboruntersuchungen konnten Reaktionen auf Geruchsreize auf das autonome und das zentrale Nervensystem nachgewiesen werden. So führt etwa eine sensorische Stimulation im EEG (Elektroenzephalogramm) in der Regel zu einer Abnahme von langsamen Wellen wie Alpha und Theta. Angenehme Gerüche lösen dabei eine vermehrte Theta-Aktivität aus (Steinheider 1997).

Eine spezifische Reaktion (im Sinne einer psycho-physiologischen Wechselwirkung) auf Gerüche stellt das von Kofler (1993) als Toxikopie (= Kopie einer Vergiftung) bezeichnete Phänomen dar. Darunter wird das Auftreten manifester Symptome verstanden, die solchen bei Vergiftungen vergleichbar sind, ohne dass jedoch relevante Giftbelastungen erfasst werden können (siehe Kapitel 4.6).

Wir riechen nicht nur mit den Riechnerven (Arts et al. 2006). Vielmehr wird der Geruchseindruck auch durch Reize an den Nervenendigungen des Trigemini (im Sinne von Schmerzreizen) wahrgenommen (stechende Geruchskomponente). Zum Teil kann daher ein Geruchseindruck selbst bereits Ausdruck einer irritativen Einwirkung sein (Reizgase!). Doch unabhängig von den zugrundeliegenden Mechanismen der Reizwahrnehmung scheinen Geruchsstimuli unmittelbare Auswirkungen auf die Atmung zu haben, wobei reflektorische und kognitive Vorgänge eine Rolle spielen dürften. Die Reaktion hängt dabei von der hedonischen Bewertung des Geruches ab mit einer Vertiefung und Verlangsamung der Atmung bei angenehmen Gerüchen und dem Gegenteil bei unangenehmen Gerüchen. Außerdem sind die Effekte bereits knapp oberhalb der Geruchsschwelle voll ausgeprägt und ohne deutliche überschwellige Dosis-Wirkungsbeziehung (Gudziol et al. 2006).

#### **Effekte von (unterschwellig) Duftreizen auf Stimmung, Kognition etc.**

Mit unterschwelligen Duftreizen werden oft Pheromone assoziiert (Sela u. Sobel 2010). Im Gegensatz zum Tierreich, hier insbesondere Insekten, werden Existenz und Wirkun-

gen der Pheromone beim Menschen noch diskutiert. Nichtsdestotrotz gibt es mittlerweile einige Untersuchungen, die darauf hinweisen. Schweiß von Frauen z.B. kann den Menstruationszyklus bzw. die Ovulation von anderen Frauen beeinflussen (Stern u. McClintock 1998). Weiters zeigten verschiedene Studien, dass Schweiß oder Schweißinhaltsstoffe einen Einfluss auf Hormone, Gehirnaktivität oder Stimmung von Empfängern aufweisen. Letztere Effekte macht sich die Aromatherapie zu nutze, wobei z.B. ein Orangenduft in einer Zahnarztpraxis die Stimmung von Patientinnen verbesserte und deren Angstwerte reduzierte (Lehrner et al. 2000). Patchouli wirkte in Studien entspannend und angstlösend (Fukui et al. 2009) und Lavendel schlafinduzierend (Angelucci et al. 2014).

Andererseits können Düfte, die während stressreichen Situationen appliziert wurden, bei erneuter Verabreichung Angstgefühle hervorrufen (Kirk-Smith et al. 1983). Das deutet auf die wichtige Komponente von Erinnerungen in der Physiologie des Geruchssinns hin.

Unterschwellige Duftreize scheinen ferner in der Lage zu sein das soziale Urteilsvermögen zu beeinflussen. Versuchspersonen z.B., die einem unterschweligen bzw. nicht bewusst wahrgenommen angenehmen Duftreiz ausgesetzt wurden, gefielen fremde Gesichter besser im Vergleich zu einer Versuchsanordnung, in der ein unangenehmer Duft verabreicht wurde (Li et al. 2007).

Auch die kognitive Performance wird durch Duftreize beeinflusst, wie Studien zeigen konnten (Chen et al. 2006; Epple u. Herz 1999).

### 3.10. Zusammenfassung

Geruch ist eine Wahrnehmung, die durch den **Geruchssinn** aktivierende Substanzen ausgelöst wird. Der Geruchssinn zählt (zusammen mit dem Geschmackssinn) zu den chemischen Sinnen. Der menschliche Geruchssinn wird nur selten alleine tätig. Bei vielen physiologischen Tätigkeiten (Essen, Trinken, u.a.) wirkt er in Kombination mit dem zweiten chemischen Sinn, Geschmack, sowie mit den Sinnen für Tast-, Temperatur- und Schmerzempfindungen im Mund-Nasenbereich. Der Geruchssinn gehört zu den phylogenetisch ältesten Sinnen des Menschen. Aus stammesgeschichtlicher Sicht erzeugen olfaktorische Reize Signale, die zu einem Vermeidungs- oder Annäherungsverhalten führen. Durch die unmittelbare Verbindung des Geruchssinns mit dem **limbischen**

**System** haben Gerüche auch eine starke emotionale Komponente. Gerüche können bekanntlich lang vergessene, emotional besetzte Erinnerungen wachrufen.

Das menschliche Geruchssystem kann Tausende von verschiedenen Duftstoffen unterscheiden. Gerüche sind schwer zu benennen und örtlich zu lokalisieren. Bei dieser Aufgabe helfen anderssinnliche Zusatzreize.

Der menschliche Geruchssinn ist bis heute allen bekannten chemischen Methoden zur Geruchsanalytik überlegen: Er ist immer „eingeschaltet“ und häufig auch sensibel für sehr geringe Geruchsstoffkonzentrationen.

Die Geruchswahrnehmung beginnt in der **Riechschleimhaut**. Die Geruchsmoleküle werden mit der Atemluft zur Riechschleimhaut transportiert. Auf einer Fläche von 4-5 cm<sup>2</sup> befinden sich die Riechsinneszellen, die ca. alle 20-40 Tage erneuert werden. Der Mensch besitzt ca. 300 bis 400 unterschiedliche Riechsinneszellen. Die Rezeptoren für die Geruchsstoffmoleküle sitzen auf den Sinneshaaren der Riechzelle, die in die wässrige Schleimschicht der Nasenschleimhaut hineinragen.

Die Rezeptoren weisen ein molekulares Erkennungsvermögen auf. Mehrere Rezeptoren reagieren auf die unterschiedlichen chemischen Eigenschaften eines Geruchsmoleküls. Die Rezeptoren haben eine hohe Spezifität für bestimmte Molekulareigenschaften, aber auch eine hohe Toleranz gegenüber weiteren chemischen Merkmalen. Daraus ergibt sich, dass ein Rezeptor nicht auf einen bestimmten Geruchsstoff, sondern auf mehrere Geruchsstoffe reagiert und ein einzelner Geruchsstoff durch mehrere Rezeptoren registriert wird.

Am Rezeptor angekommen, löst ein Geruchsstoffmolekül in der Zelle einen elektrischen Impuls aus. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit das Zustandekommen eines elektrischen Impulses abhängig von den Molekülmerkmalen und der Geruchsstoffkonzentration.

Während die chemischen Merkmale von Geruchsstoffmolekülen auf der Basis der Riechzellen in ein räumlich-zeitliches Aktivierungsmuster übersetzt werden, finden die Geruchsstärke-Empfindung und die hedonische Geruchswirkung nicht auf der Rezeptorebene statt.

Die Axone der Riechsinneszellen enden in den **Riechkolben** (Bulbi olfactorii), wo die zentralnervöse Verarbeitung der Geruchsinformation beginnt. Hier befinden sich ca. 30.000 Schaltzentren (Glomeruli). In einem Glomerulus werden die Informationen aus 1.000 bis 2.000 Riechzellen des gleichen Typs gebündelt. Die spezifische Verbindung zwischen einem Glomerulus und den dazugehörenden Riechzellen ist genetisch festgelegt und wird immer wieder in gleicher Art und Weise neu gebildet, wenn sich die Riech-

zellen erneuern. Die große Redundanz der Riechzellensignale hat den Vorteil, dass die Geruchswahrnehmung weiterhin möglich ist, auch wenn größere Teile der Riechschleimhaut z. B. bei einer Infektion geschädigt werden. Die räumliche Anordnung der Glomeruli, die nicht wie die Riechzellen erneuert werden, ist bei allen Menschen gleich. Das bedingt, dass gleiche Geruchsstoffe von verschiedenen Menschen in gleicher Art und Weise wahrgenommen werden.

Das neuronale Aktivierungsmuster basierend auf den Glomeruli stellt die eigentliche Grundlage für die Geruchswahrnehmung dar. Die räumliche und die zeitliche Charakteristik des Musters ist spezifisch für den wahrgenommenen Geruchsstoff.

Im Bulbus olfactorius finden jedoch noch weitere Prozesse der Signalverarbeitung statt. Mit Hilfe von hemmenden oder aktivierenden zusätzlichen Nervenzellen wird das neuronale Aktivierungsmuster so modelliert, dass eine Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes erreicht wird. Man vermutet, dass über die in den Glomeruli einlaufenden Signale aus den Riechzellen (ca. 1000:1) ein Mittelwert gebildet wird.

Außerdem werden die Signale in Form einer Intensitätskompression vorverarbeitet, d.h. dass hohe Intensitätsunterschiede logarithmisch an die höheren Gehirnzentren weitergegeben werden. So wird eine hohe Empfindlichkeitssteigerung bei gleichen Gerüchen und schärferes Unterscheidungsvermögen bei verschiedenen Gerüchen erreicht.

Das im Riechkolben erzeugte neuronale Aktivierungsmuster wird ins sogenannte **Riechhirn** weitergeleitet, wo ein bewusster Geruchseindruck entsteht und das Erkennen des Geruchsstoffs stattfindet. Das Erkennen eines Geruchsstoffs beruht auf einem Lernprozess. In der Riechrinde wird das charakteristische neuronale Aktivierungsmuster mit der Quelle des Geruchstoffes verbunden und gespeichert. Wenn der Geruch erneut auftaucht, wird diese Verbindung in der Riechrinde abgerufen und der Geruch erkannt. Diesen Prozess kann man als **olfaktorische Gestaltwahrnehmung** bezeichnen.

Die Nervenimpulse werden außerdem zum Limbischen System, einem evolutionär gesehen sehr alten Gehirnareal, weitergeleitet. Im Mandelkern wird die gefühlsmäßige Reaktion auf die eintreffenden Geruchsinformationen erzeugt. Dies verweist auf die emotional-affektive Bedeutung des Geruchssinns. Der hedonische Eindruck (angenehm/unangenehm) wird im orbitofrontalen Kortex verarbeitet. Verbindungen gibt es auch zur Formatio reticularis, die den Wachheitszustand des Organismus steuert. Damit kommt dem Geruchssinn auch eine wichtige Alarmfunktion zu.

Mit steigender Geruchsstoffkonzentration (Anzahl der Moleküle) nimmt die Zahl der aktivierten Glomeruli zu. Eine Veränderung der Intensität kann unabhängig von der Qualität wahrgenommen werden. Bei zunehmender Konzentration kann sich die Charakteristik des Aktivierungsmusters jedoch so verändern, dass eine andere Qualität wahrgenommen wird.

Intensität und Qualität werden nicht unabhängig voneinander wahrgenommen. Aufgrund der zeitlichen und räumlichen Struktur des Aktivierungsmusters können Gewöhnungs- oder auch Sensibilisierungseffekte zustande kommen.

Neben dem olfaktorischen System ist auch das **trigeminale System** an der Geruchswahrnehmung beteiligt. Die Nervenenden des Nervus trigeminus sind über die ganze Nasenhöhle verteilt. Sie übertragen v.a. Schmerz-, Temperatur-, Berührungs- sowie Druckempfindungen. Typisch für das nasal-trigeminale System sind stechende, beißende und kühle Empfindungen. Solche Wahrnehmungen kommen näher an eine Schmerz-wahrnehmung heran als an eine reine Geruchswahrnehmung und bedeuten an sich eine stärkere Bedrohung des Individuums. Die meisten geruchlichen Substanzen aktivieren sowohl das trigeminale als auch das olfaktorische System.

So wie bei anderen Sinneswahrnehmungen sind auch bei der Geruchswahrnehmung neben den Reizcharakteristika (Reizqualität, Reizintensität) **physiologische Eigenschaften der Person und psychosoziale Aspekte** (z.B. Alter, Geschlecht, Rauchverhalten, Stressbewältigungsverhalten, Gesundheitszufriedenheit, Geruchsempfindlichkeit, Umweltangst, Wohnzufriedenheit, Chemikaliensensibilität, Kultur, ökonomische Abhängigkeit vom Emittenten, Krankheiten) für die Art der Geruchswahrnehmung und ihre Bewertung verantwortlich.

Ob ein Geruchsreiz eine Geruchsempfindung auslöst, ist von der **Reizschwelle** abhängig. Unterschieden werden muss zwischen der Wahrnehmungsschwelle und der Erkennungsschwelle. Man unterscheidet ferner eine individuelle und eine kollektive Geruchswahrnehmungsschwelle. Schwellenwert-Studien zeigen, dass Personen ab dem 55. Lebensjahr mit verringerten olfaktometrischen Fähigkeiten rechnen müssen.

Frauen weisen zumeist eine geringere Geruchswahrnehmungsschwelle als Männer auf. Für jede Substanz gibt es eine Minimalkonzentration in der Luft, unter der ihr Geruch nicht wahrnehmbar ist. Zur Geruchsschwellenbestimmung liegt die ÖNORM EN 13725 („Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie“) vor.

Unter Geruchsintensität versteht man die wahrgenommene Stärke der Empfindung, die durch einen Geruchsreiz ausgelöst wird. Die Intensität der Geruchsempfindung hängt

üblicherweise vom Logarithmus der Geruchsstoffkonzentration ab:  $I = k_w \log (c/c_0)$ , wobei  $c_0$  die Geruchsstoffkonzentration an der Geruchsschwelle,  $c$  die Geruchsstoffkonzentration sowie  $k_w$  der Weber-Fechner-Koeffizient der physiologischen Wahrnehmung ist.

Weitere Faktoren, wie z.B. die **hedonische Wirkung** (angenehm – unangenehm), sind zu berücksichtigen. Während sich z.B. die hedonische Wirkung eines Biofiltergeruchs mit steigender Konzentration nur unwesentlich ändert, wird der Geruch einer Tierkörperverwertung zunehmend unangenehmer.

Mit den Begriffen **Adaptation** und **Habituation** werden Prozesse der Verminderung der Geruchswahrnehmung beschrieben. Adaptations-, Habituations- und Sensibilisierungsprozesse beeinflussen die Geruchsbewertungen hinsichtlich Belästigungsgrad und Folgewirkungen wesentlich.

Unter der **Geruchsqualität** versteht man die verbale Beschreibung eines Geruchs auf der Basis von Geruchserfahrungen, wobei meistens Adjektive (z.B. süß, minzig) oder Substantive verwendet werden, die die vermutete Quelle nennen. Es besteht eine sehr große Anzahl von Geruchsqualitäten. Die deutsche Sprache verfügt über kein differenziertes Vokabular für Geruchsempfindungen, zumeist werden Vergleiche gezogen (z.B. blumig, nach Tierstall). Die qualitative Bewertung von Geruchseignissen kann sich mit der Zeit auch ändern.

Ein und derselbe Geruchsstoff kann von verschiedenen Personen unterschiedlich bewertet werden. Bei der Kombination mehrerer Gerüche können homogene oder heterogene (Einzelfaktoren werden weiterhin als erkennbare Einzelgerüche wahrgenommen) Geruchsgemische entstehen. Die Wirkung der Geruchsgemische kann synergistisch (Kombinationswirkung stärker als Summe der Einzelwirkung) oder antagonistisch (Kombinationswirkung geringer als Summe der Einzelwirkungen) oder additiv (Kombinationswirkung entspricht der Summe der Einzelwirkung) sein. Gerüche in der Nutztierhaltung werden immer von Stoffgemischen verursacht.

Geruchsreize wirken als Signal für erhöhte Aufmerksamkeit. Daher zählen zu den physiologischen Reaktionen auf Gerüche u. a. **Orientierungsreaktionen**, die den Organismus aktivieren und ihn auf Kampf oder Flucht vorbereiten (Pupillenerweiterung, Verengung der peripheren Blutgefäße, Veränderungen im Elektroenzephalogramm).

Unter Geruchsintensität versteht man die wahrgenommene Stärke der Empfindung, die durch einen Geruchsreiz ausgelöst wird. Die Intensität der Geruchsempfindung hängt üblicherweise vom Logarithmus der Geruchsstoffkonzentration ab:  $I = k_w \log$

( $c/c_0$ ), wobei  $c_0$  die Geruchsstoffkonzentration an der Geruchsschwelle,  $c$  die Geruchsstoffkonzentration sowie  $k_w$  der Weber-Fechner-Koeffizient der physiologischen Wahrnehmung ist.

Weitere Faktoren, wie z.B. die **hedonische Wirkung** (angenehm – unangenehm), sind noch zu berücksichtigen. Während sich z.B. die hedonische Wirkung eines Biofiltergeruchs mit steigender Konzentration nur unwesentlich ändert, wird der Geruch einer Tierkörperverwertung zunehmend unangenehmer.

Mit den Begriffen **Adaptation** und **Habituation** werden Prozesse der Verminderung der Geruchswahrnehmung beschrieben. Adaptations- Habituations- und Sensibilisierungsprozesse beeinflussen die Geruchsbewertungen hinsichtlich Belästigungsgrad und Folgewirkungen wesentlich.

Unter der **Geruchsqualität** versteht man die verbale Beschreibung eines Geruchs auf der Basis von Geruchserfahrungen, wobei meistens Adjektive (z.B. süß, minzig) oder Substantive verwendet werden, die die vermutete Quelle nennen. Es besteht eine sehr große Anzahl von Geruchsqualitäten (etwa 10.000 unterscheidbaren „Grundduftnoten“). Die deutsche Sprache verfügt über kein differenziertes Vokabular für Geruchsempfindungen, zumeist werden Vergleiche gezogen (z.B. blumig, nach Tierstall). Die qualitative Bewertung von Geruchsereignissen kann sich mit der Zeit auch ändern.

Ein und derselbe Geruchsstoff kann von verschiedenen Personen unterschiedlich bewertet werden. Bei der Kombination mehrerer Gerüche können homogene oder heterogene (Einzelfaktoren werden weiterhin als erkennbare Einzelgerüche wahrgenommen) Geruchsgemische entstehen. Die Wirkung der Geruchsgemische kann synergistisch (Kombinationswirkung stärker als Summe der Einzelwirkung) oder antagonistisch (Kombinationswirkung geringer als Summe der Einzelwirkungen) oder additiv (Kombinationswirkung entspricht der Summe der Einzelwirkung) sein. Gerüche in der Nutztierhaltung werden immer von Stoffgemischen verursacht.

Geruchsreize wirken als Signal für erhöhte Aufmerksamkeit. Daher zählen zu den physiologischen Reaktionen auf Gerüche u. a. **Orientierungsreaktionen**, die den Organismus aktivieren und ihn auf Kampf oder Flucht vorbereiten (Pupillenerweiterung, Verengung der peripheren Blutgefäße, Veränderungen im Elektroenzephalogramm).

## **4. GERÜCHE: PSYCHOLOGISCHE UND SOZIALE ASPEKTE UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG VON GERÜCHEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG**

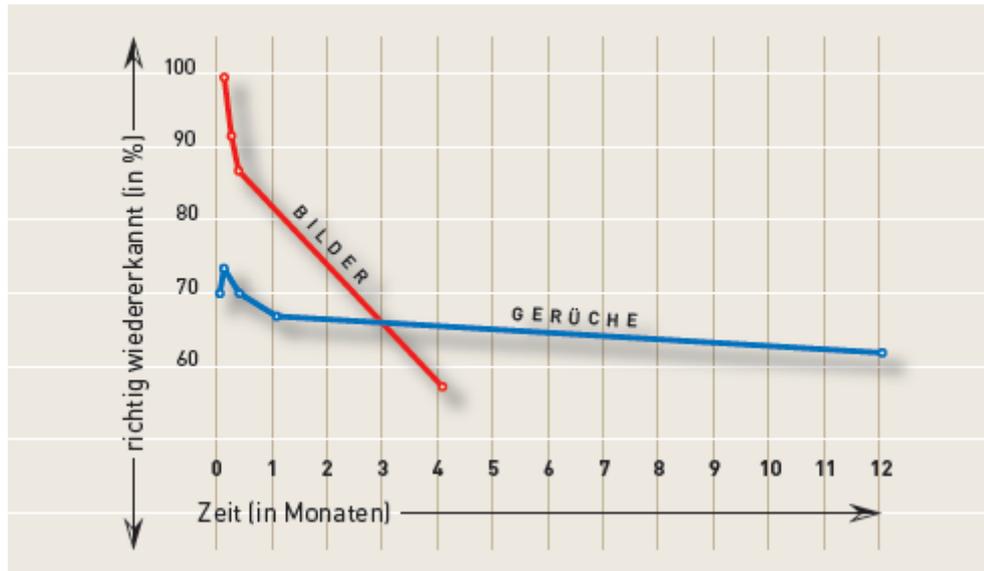
### **4.1. Sensibilisierung**

Mit den Begriffen Adaptation und Habituation wurden in Kapitel 3 Prozesse der Verminderung der Geruchswahrnehmung beschrieben. Beide Phänomene führen zu einer Desensibilisierung, treten oft gemeinsam auf und scheinen bis zu einem gewissen Grad individuell zu variieren; ebenso können psychologische und soziale Determinanten einen Einfluss haben (Plattig 1994). Adaptations- und Habituationsprozesse beeinflussen Belästigungsgrad etc.

Ein rein psychologisches Phänomen ist das der Sensibilisierung. Unter Sensibilisierung versteht man eine Steigerung der subjektiven Empfindlichkeit gegenüber Geruchsstoffen. Bei konstanter Geruchsstoffkonzentration werden die Geruchsintensität stärker und die hedonische Geruchsqualität zunehmend als unangenehmer eingestuft (Haider et al. 1994).

### **4.2. Erinnerlichkeit von Gerüchen**

Die Wiedererkennungsrate von Gerüchen ist höher als die von visuellen Stimuli, wie aus Abbildung 8 hervorgeht. Gerüche sind oftmals stark mit Emotionen verbunden; so kann z.B. ein bestimmter Geruch sogar lang vergangene Situationen mit den entsprechenden Gefühlen wachrufen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2015). Die enge Verknüpfung von olfaktorischen Sinneseindrücken und Emotionen wird auf die zahlreichen Verbindungen zurückgeführt, die die Riechbahn in höheren Abschnitten ausbildet (Burdach 1987).



**Abb. 8:** Die Vergessenskurven für Bilder und Gerüche. Auf der Ordinate ist der prozentuale Anteil der richtig wiedererkannten Stimuli aufgetragen, auf der Abszisse die Zeitachse (nach: Engen 1982; zitiert nach Burdach 1987).

### 4.3. Hedonische Wirkung von Gerüchen

Neben der Geruchsstoffkonzentration und der Geruchsintensität eines Reizes (Wirkungsseite) ist auf Empfängerseite die wahrgenommene Geruchsqualität, die auch als hedonische Geruchswirkung bezeichnet wird, ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung von Gerüchen. Bei der hedonischen Bewertung wird eine Geruchsprobe auf einer neunstufigen Skala von „äußerst unangenehm“ bis „äußerst angenehm“ (nach VDI 3882/2) eingeschätzt. Die hedonische Wirkung ist stark von subjektiven Faktoren, wie z.B. den Erfahrungen und Erinnerungen einer Person beeinflusst und daher interpersonell unterschiedlicher als z.B. die Einschätzungen zur Geruchsintensität. Ein alltägliches Beispiel ist ein Bauernhof: Der dort vorherrschende Geruch wird vom Landwirt als „normal“, von den Nachbarn hingegen oft als Belästigung empfunden. StadtbewohnerInnen bewerten ihn in einem breiten Spektrum von „Gestank“ bis „gesunde Landluft“ (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2015).

Die hedonische Bewertung liefert in besonderer Weise eine Aussage über das Belästigungspotential, da die Einordnung „angenehm“ bzw. „unangenehm“ für die Beurteilung der Wirkung einer Geruchsimmission mitbestimmend ist. Die hedonische Beschreibung eines Geruches ist grundsätzlich nicht identisch mit der Ermittlung der Belästigungswirkung, der Zumutbarkeit oder ähnlicher Bewertungen, denn auch als angenehm einge-

stufte Gerüche können Anlass für Belästigungen geben. Ein Beispiel hierfür sind „aromatische“ Gerüche, die manchmal mit der Zeit lästig werden.

Zudem kann sich die Bewertung von Gerüchen über die Lebensspanne verändern. Kinder haben eine andere Einschätzung von Gerüchen als Erwachsene. Auch die gesundheitliche, physische und psychische Verfassung haben erhebliche Auswirkungen 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 unangenehm empfunden (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2015).

Ob ein Geruch als „angenehm“ oder „unangenehm“ bewertet wird, hängt mit den Erfahrungen zusammen, mit denen er verknüpft ist. Diese Erfahrungen beginnen schon vor der Geburt im Mutterleib. Der menschliche Fötus nimmt über die Nabelschnur Geschmacks- und auch Geruchsstoffe aus den Speisen der Mutter auf. Aus der Forschung ist bekannt, dass es große kulturelle Unterschiede bei der Bewertung einzelner Gerüche gibt. So ist beispielsweise der Geruch von Käse für Menschen aus Deutschland eher angenehm, für Personen aus Japan jedoch unangenehm. Umgekehrt verhält es sich mit dem Geruch von getrocknetem Fisch (Sucker 2005; Plattig 1998; Ferdenzi et al. 2013). Die Unterschiede in der Bewertung von Gerüchen werden neben den unterschiedlichen Erfahrungen in den letzten Jahren vermehrt auch der unterschiedlichen genetischen Ausstattung von Menschen zugeschrieben (Keller et al. 2007).

Die Bewertung eines Geruchsreizes hinsichtlich seiner hedonischen Wirkung ist ein Teilaspekt einer gefühlsmäßigen (emotionalen) Reaktion, die eng mit kognitiven Informationsverarbeitungsprozessen verknüpft ist (Janke 1976). Trotz der Subjektivität und der damit einhergehenden interpersonellen Variabilität von Geruchsbewertungen gibt es hinsichtlich bestimmter Geruchsreize sehr stark übereinstimmende Urteile. So werden etwa schweißig oder faulig riechende Substanzen wie Buttersäure oder Schwefelwasserstoff praktisch ausnahmslos als unangenehm wahrgenommen, während blumige Stoffe wie Lavendel weitgehend positiv besetzt sind (Raab 2001).

Lediglich ein geringer Teil (etwa 20 %) der bekannten Düfte werden als angenehm empfunden, der Rest wird entweder als neutral oder unangenehm eingestuft (Burdach 1987).

Im Rahmen des Projektes „Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung“ (Hedonik-Projekt, Sucker et al., 2003), wurde untersucht, ob die hedonische Bewertung eines Geruchs

(angenehm/unangenehm) und die Geruchsintensität (empfundene Geruchsstärke) eine wesentliche Rolle bei der Ausprägung der Geruchsbelästigungsreaktion von betroffenen AnrainerInnen spielen. Dafür wurden sechs Anlagen mit unterschiedlicher hedonischer Geruchswirkung ausgesucht (angenehm: Zwieback- und Bonbonfabrik, neutral: Textilveredelung und Ölmühle, unangenehm: Eisengießerei und Fettproduktion). An diesen Anlagen wurde die Geruchsbelastung (Geruchshäufigkeit) durch Rastermessungen im Umkreis der Anlagen bestimmt und anschließend die Belästigung durch AnrainerInnenbefragung in persönlichen Interviews mittels eines standardisierten Fragebogens erhoben. Als wesentliches Ergebnis zeigte sich, dass die auf Geruchsstunden basierenden Geruchshäufigkeiten grundsätzlich eine hinreichende Beschreibung des Belästigungsgrades von AnrainerInnen möglich machen und die Berücksichtigung der Hedonik nur im Falle von eindeutig angenehmen Gerüchen erforderlich ist. Diese Erkenntnisse fanden Berücksichtigung in der Geruchsimmissions-Richtlinie (z.B. GIRL M-V vom 15. August 2011). Für die Bewertung von Gerüchen aus Betrieben der Veredelungswirtschaft spielt die Hedonik für die Anlagenbeurteilung praktisch keine Rolle, da es sich bei den dabei zur Diskussion stehenden Gerüchen durchwegs um unangenehme Gerüche handelt. Allerdings kann die standardisierte Erfassung und Diskussion der Hedonik im Rahmen von Dialog-Prozessen dazu genutzt werden, die Kommunikation zwischen den AnlagenbetreiberInnen und den betroffenen AnrainerInnen zu verbessern (Sucker et al. 2006).

Im Bericht der Environment Agency UK (2002a) wurden verschiedene epidemiologische Studien über (bio-)industrielle Emittenten aus den späten 1980er und 1990er Jahren sowie eine neuere Studie über Gerüche aus der Schweineproduktion analysiert. Dabei zeigte sich, dass die Ausprägung der Belästigung von AnrainerInnen, die einem einzelnen Emittenten ausgesetzt waren, höher war als bei jenen Personen, die zwei oder mehr Emittenten ausgesetzt waren. Weiters ergab die Untersuchung, dass der Prozentanteil belästigter Personen am besten vorhergesagt werden konnte, wenn nur der dominante Geruchsverursacher betrachtet wurde.

#### **4.4. Von der Wahrnehmung über die Belästigung zur Beschwerde**

Jeder Reiz löst, wie im vorherigen Kapitel dargestellt, physiologische Reaktionsmuster aus, die mit psychologischen Bewertungsprozessen einhergehen. Das Erleben von Geruchsbelästigung ist die am häufigsten beschriebene psychosoziale Folge von Ge-

ruchsemissionen und Voraussetzung für die von den AnrainerInnen geäußerten Beschwerden.

In einem Überblick über Forschungsergebnisse zu Wirkungen von Umweltbelastungen kommen etwa Bullinger u. Meis (1996) zu dem Schluss, dass Geruchsbelastung zu Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und Auswirkungen auf das Sozialverhalten führen. In einer neueren Studie zur Geruchsbelastung eines Wohngebietes durch NH<sub>3</sub> wurden neben der Belästigung die wahrgenommene Gesundheitsgefährdung und die berichtete Verhaltenseinschränkung (z.B. Vermeidung von Aktivitäten im Außenraum) analysiert (Blanes-Vidal et al. 2014). Die AutorInnen fanden eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen der Geruchsbelastung und den besagten psychosozialen Effekten.

Dies verdeutlicht, dass es bei der Beurteilung von Geruchsimmissionen wesentlich ist, neben Dosis, Ausbreitungsbedingungen, etc. auch personale Faktoren sowie soziale und situative Kontextfaktoren und deren Bewertung zu berücksichtigen.

Zentral für die Beurteilung von geruchlich wahrnehmbaren Emissionen ist das komplexe Thema der „Belästigung“. Das Verständnis von „Belästigung“ hängt vom jeweiligen Stand der Forschung ab. Im Folgenden sind verschiedene Definitionen von Belästigung zusammengefasst:

- Lindvall u. Radford (1973): Belästigung ist ein subjektiver Zustand des Unbehagens, der durch Stoffe oder Umstände hervorgerufen wird, von denen nach Ansicht der Betroffenen negative Wirkungen ausgehen.
- Guski (1994): Bei der Geruchsbelästigung handelt es sich im allgemeinen Sinne um die negative Bewertung einer fremdbestimmten, durch unerwünschte Geruchsempfindungen geprägten Situation, die von einem Gefühl der Verärgerung über eine Behinderung erwünschter Aktivitäten (z.B. Entspannen, Lüften, Freunde einladen) begleitet wird.
- Nach der älteren Definition der TA Luft (1986) sind Belästigungen Störungen des körperlichen oder seelischen Wohlbefindens, die nicht mit einem Schaden für die Gesundheit verbunden sind (VDI 3883). Demgegenüber wird von einigen Autoren – in Übereinstimmung mit der WHO-Gesundheitsdefinition (WHO 1987) – die Geruchsbelästigung zusätzlich zu den durch sie (indirekt) ausgelösten Symptomen als ein negativer Gesundheitseffekt per se beschrieben (Blanes-Vidal 2015).
- Van Harreveld (2001): *Annoyance* is the complex of human reaction that occurs as a result of an immediate exposure to an ambient stressor (odour) that, once perceived, causes negative cognitive appraisal that requires a degree of coping.

*Nuisance* is the cumulative effect on humans, caused by repeated events of annoyance over an extended period of time, that leads to modified or altered behaviour. This behaviour can be active (e.g. registering complaints, closing windows, keeping “odour diaries”, avoiding use of the garden) or passive (only made visible by different behaviour in test situations, e.g. responding to questionnaires or different responses in interviews).

Odour nuisance can have a detrimental effect on our sense of well-being, and hence a negative effect on health. Nuisance occurs when people are affected by an odour they can perceive in their living environment (home, work environment, recreation environment) and

- the appraisal of the odour is negative;
- the perception occurs repeatedly;
- it is difficult to avoid perception of the odour;
- the odour is considered a negative effect on their well-being.

Die Definitionen beinhalten den prozesshaften Charakter von Belästigung und ihrer negativen Folgen. In der Definition von van Harreveld (2001) wird der entsprechende Prozess von der Geruchswahrnehmung zum Erleben einer Belästigung, der wiederholten Konfrontation mit der unerwünschten fremdbestimmten Situation, ihrer „Unausweichlichkeit“, über die erlebte Beeinträchtigung von Wohlbefinden und Lebensqualität bis zum Anstoß zum Handeln und dem Führen einer Beschwerde beschrieben. Auch der negative Effekt auf die Gesundheit, über die Beeinträchtigung des Wohlbefindens verlaufend, wird erwähnt.

Gemäß den Definitionen von van Harrefeld (2001) ist zwischen „Annoyance“ (Belästigung) und „Nuisance“ (kumulierte, über die Zeit entwickelte starke Belästigung/Störung), welche zu wiederkehrender oder andauernder Beeinträchtigung des psychischen, physischen und körperlichen Wohlbefindens sowie zu Verhaltensveränderungen führt, zu unterscheiden. Für diese starke Belästigung/Störung, der sich der Mensch meist „hilflos“ ausgesetzt fühlt, gibt es in der deutschen Sprache kein entsprechendes Wort. Als Hilfskonstruktion kann der Begriff „Belästigung/Störung“ als Umschreibung verwendet werden.

Geruchliche Reize und die sie begleitenden Kontextfaktoren lösen die komplexen psychischen Prozesse bis zum Einreichen von Beschwerden bei den Verantwortlichen aus. Dieser Ablauf ist schematisch in Abbildung 9 dargestellt und wird im Folgenden detaillierter beschrieben:



**Abb. 9:** Weg von der Geruchsentstehung bis zum Vorbringen von Beschwerden (nach: EPA Ireland 2001)

Nach ihrer Entstehung gelangen die geruchsaktiven Substanzen über die Luft zu der im Umkreis angesiedelten Wohnbevölkerung. Die Geruchsimmission löst je nach Häufigkeit, Dauer und Intensität Wahrnehmungs- und Bewertungsprozesse mit unterschiedlichem Ergebnis aus. Das Erleben der Belästigung kann dabei schon durch die erste Geruchswahrnehmung ausgelöst werden. Unterschieden werden muss dabei zwischen Personen, die mit den Gerüchen aufgewachsen sind und für die die Gerüche zum Umfeld gehören und solchen Personen, für die die Gerüche neuartig sind, die also keine örtlich geprägte „Geruchswahrnehmungsgeschichte“ aufweisen. Grundsätzlich sind Kinder Gerüchen gegenüber toleranter als Erwachsene.

Wichtig für die erste Bewertung sind weitere Kontextfaktoren wie z.B. die Beziehung zum/zur VerursacherIn, die Tageszeit der Einwirkung und die durch den Geruch hervorgerufenen Erinnerungen oder Assoziationen sowie die Unvermeidbarkeit der Exposition. Ob nun die Belästigung sich zu einer starken Belästigung/Störung weiterentwickelt, hängt (1.) von den Kontextfaktoren wie z.B. weiteren quellenbezogenen oder anderen Umweltstressoren, etwa aus der Tierhaltung, wie z.B. Lärm oder Staub ab, (2.) von den Eigenschaften der betroffenen Personen, wie etwa der subjektiven Gesundheitswahrnehmung, den Bewältigungsstrategien, der Einstellung zum „Status quo“, der wirtschaftlichen Beziehung zu den VerursacherInnen und (3.) vom sozialen Umfeld ab. Ob es nach der Belästigung/Störung tatsächlich zur einer Beschwerde bei den Behörden kommt, hängt zudem vom Zugang zu Beschwerdestellen, der Erwartung hinsichtlich der Wirkung der Beschwerde und dem Zugang zu rechtlichen Mitteln ab (siehe Abb. 9).

Schauberger et al. (2006) verglichen den Zeitpunkt der Beschwerden von AnwohnerInnen von Tiermastbetrieben mit den Ergebnissen eines Ausbreitungsmodells für die Vorhersage der Wahrnehmung von Gerüchen. Diesem Modell zufolge sollte die Geruchswahrnehmung zu Mittag (bei Nordwind) und in der Nacht (bei Südwind) am wahrscheinlichsten sein. Diese Zeitmuster stimmten jedoch nicht mit den Zeiträumen der Beschwerden überein, diese erfolgten am Nachmittag und am Abend bei mildem Wetter, wenn die Leute draußen waren. Die Autoren folgern, dass das Störpotential von Gerüchen auch an den Aktivitäten der Nachbarn und den Tages- und Jahreszeiten auszurichten ist und diese Faktoren in die Grenzwerte einbezogen werden sollen.

Grundsätzlich kann man also festhalten, dass die Mechanismen, die von einer Geruchsstoffemission zu starken Geruchsbelästigungen/Störungen führen, äußerst komplex sind und nur vereinfacht in einem linearen Schema wiederzugeben sind.

Starke Belästigungen/Störungen sind in der Regel eine Folge von wiederholten Expositionen, wobei sowohl physikalische, physiologische, soziale als auch psychologische

Faktoren die Reaktionen des betroffenen Individuums bestimmen. Van Harreveld (2001) weist darauf hin, dass, wenn einmal die „Balance“ gekippt ist und der Tierhaltungsgeruch zur starken Belästigung/Störung geworden ist, es sehr schwierig wird den Prozess umzukehren. Was einmal ein unangenehmer Geruch war, wird jetzt zum Auslöser für das Belästigungserlebnis - und längerfristig - seiner Folgen. Wenn erst einmal Beschwerde über die üblen Gerüche eingebracht wurde, wird es für alle Betroffenen wesentlich schwieriger als vorher, die mit der Geruchsbelästigung einhergehenden Probleme wieder zu bereinigen.

Die irische Umweltschutzbehörde (2001) fasst die wesentlichen Faktoren wie folgt zusammen:

- (1) Die Charakteristik der freigesetzten Gerüche (Wahrnehmbarkeit, Intensität, Hedonik, Belästigungspotenzial).
- (2) Veränderliche Verteilung in der Atmosphäre durch meteorologische Bedingungen (Windrichtung, -geschwindigkeit, etc.).
- (3) Art und Zusammensetzung der Bevölkerung, Mobilität der Bevölkerung, im Freien verbrachte Zeit, etc.
- (4) Kontext der Wahrnehmung (z.B. Vorhandensein weiterer Umweltstressoren, generelle Haltung gegenüber der Agroindustrie, ökonomische Gegebenheiten).
- (5) Charakteristik der Einzelperson (Expositionsgeschichte, Risikobewertung, Tätigkeit während der Exposition, psychologische Bewältigungsmechanismen, Gesundheitswahrnehmung und wahrgenommene Gesundheitsbeeinträchtigungen).

Für praktische Zwecke im Rahmen von Begutachtungsverfahren werden meist einfache Modelle für die Beschreibung des Zusammenhanges zwischen Exposition (Dosis) und Wirkung (Belästigung, Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Lebensqualität, körperliche Symptome, Beschwerde bei den VerursacherInnen oder bei BehördenvertreterInnen) benutzt. Da für die medizinische Beurteilung aber eine detaillierte Kenntnis der Zusammenhänge vor allem bei der Entstehung körperlicher Symptome notwendig erscheint, sollen in der Folge die damit einhergehenden Prozesse im Detail besprochen werden.

#### **4.5. Belästigung, Bewältigungsverhalten (Coping) und gesundheitsrelevante Symptome**

Das in der Geruchsforschung aktuelle Wirkungsmodell nach Cavalini (1992), Steinheider et al. (1998), Cervinka und Neudorfer (2007) und der VDI-Richtlinie 3883/Blatt 1 (neueste Version von 2015) ist in der folgenden Abbildung 10 dargestellt.

Dieses Konzept basiert auf Ergebnissen und Vorstellungen der Stress- und Attributionsforschung und der Anwendung dieser Konzepte auf die Lärm- und Geruchswirkungsforschung. Zwischen der Reizbelastung als einem olfaktorischen Merkmal der Außenluft und der resultierenden Reaktion ist, wie im vorherigen Kapitel dargestellt, keine einfache Beziehung gegeben. Vielmehr wirken mehrere Faktoren bei der Entstehung von Belästigung verstärkend oder abschwächend auf das Belästigungserleben des Individuums. Moderierende Faktoren haben sowohl einen Einfluss auf die Entstehung von Belästigungen als auch auf die Entstehung geruchsassoziierter Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und gesundheitsrelevanter Symptome.

Das gesteigerte Bewusstsein der Gesellschaft für Schadstoffe in der Umwelt hat auch die Aufmerksamkeit gegenüber Gerüchen erhöht (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2015). Die Sorge vor gesundheitlichen Auswirkungen von Geruchsemissionen/Umweltbesorgniszählen zu den besten Prädiktoren für Belästigung/Störung.

Belästigung ist nach Lindvall u. Radford (1973) ein subjektiver Zustand des Unbehagens, der durch Stoffe oder Umstände hervorgerufen wird, von denen nach Ansicht der Betroffenen oder Wirkungsempfänger negative Auswirkungen auf das Individuum oder Gruppen ausgehen. Aus zahlreichen Publikationen zur geruchsbezogenen Belästigung geht hervor, dass das Erleben von Belästigung mit unterschiedlichen Arten von Bewältigungsverhalten (Coping) einhergeht (Cavalini et al. 1991; Cavalini 1992; Steinheider und Winnecke 1993; van Harrefeld 2001).

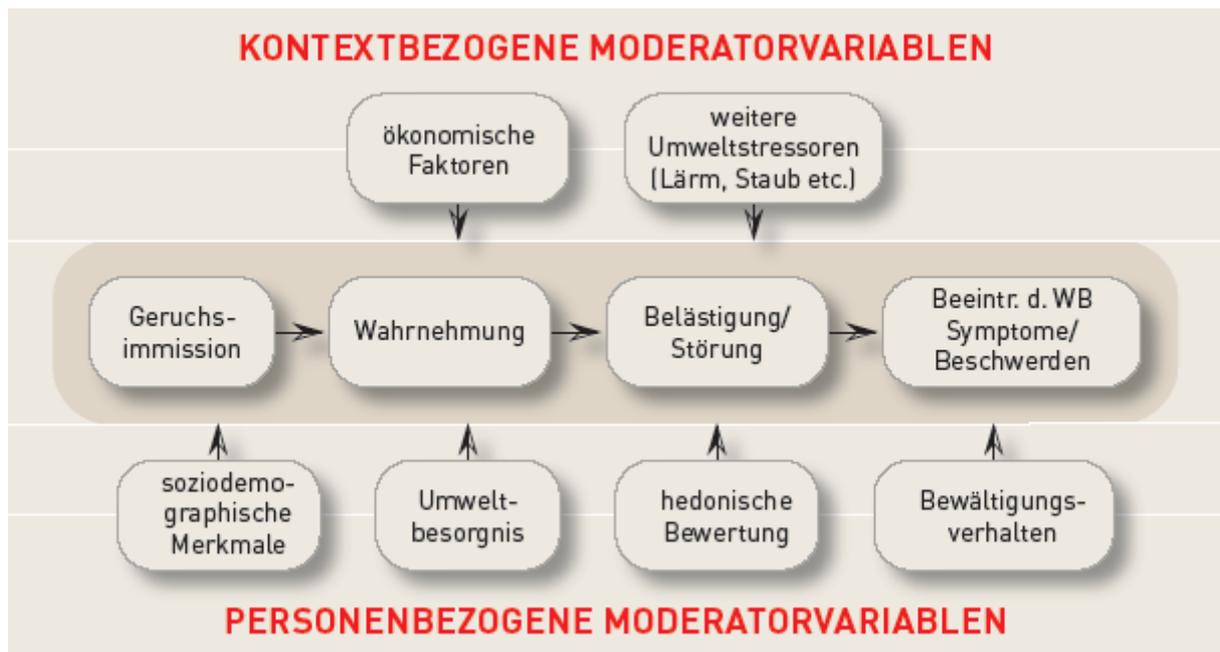
Die Forschung zu Coping (Folkman u. Lazarus 1980) hat eine lange Tradition, und Überblicksartikel zeigen, dass Menschen zahlreiche Arten von Bewältigungsmechanismen anwenden, um stressreiche Situationen zu meistern (Folkman u. Moscovitz 2004).

Nach dem Transaktionalen Stress- und Coping- Modell (Lazarus u. Folkman 1984) sind die Reaktionen auf Stressoren beeinflusst durch individuelle Unterschiede in der sensorischen Wahrnehmung, der Bewertung des Stressors und den Bewältigungsstrategien. Bewältigungsstrategien können problemorientiert oder emotionsorientiert sein. Die problemorientierte Strategie kann z.B. darin bestehen, die Geruchsexposition durch Verhaltensweisen wie „Fenster schließen“ oder „nicht hinaus gehen“ zu minimieren. Die emo-

tionsorientierte Bewältigungsstrategie besteht z.B. im Reduzieren der emotionalen Belastung durch beruhigende Kognitionen zum Gesundheitseffekt (Blanes-Vidal et al. 2012; Nimmermark 2004). Typischerweise verwenden Menschen problemzentriertes Coping dann, wenn Probleme als kontrollierbar wahrgenommen werden (Probleme in Zusammenhang mit der Arbeit, familiäre Probleme). Stressoren, die als wenig oder nicht kontrollierbar wahrgenommen werden (z.B. gesundheitliche Probleme), führen häufiger zu emotionszentriertem Coping (Taylor 1998).

Gerade bei alltäglichen und permanenten Umweltbelastungen („ambient stressors“) ist ein adäquater Umgang schwierig, da solche Belastungen für den Einzelnen oftmals unvorhersehbar und auch unkontrollierbar sind. Besonders Personen, die sich aktiv und problemorientiert mit einer Umweltbelastung auseinandersetzen, leiden darunter am meisten: Solche Personen fühlen sich stärker durch die Gerüche belästigt, fühlen sich weniger wohl und gesund und befürchten stärkere Auswirkungen der Geruchsbelastung auf Wohlbefinden und Gesundheit als Personen, die überwiegend versuchen, die Situation emotionsfokussiert zu bewältigen. In zahlreichen Untersuchungen konnte der belästigungsverstärkende Einfluss von geruchsspezifisch problemzentrierten Copingstrategien nachgewiesen werden (Cervinka u. Neudorfer 2007; Ewers 2001; Winneke et al. 1996; Steinheider u. Winneke 1993; Cavalini 1992). Wenn eine Person wenig Kontrolle über die Quelle hat und gleichzeitig den Eindruck hat, die einzige Möglichkeit die Geruchsbelastung zu vermeiden besteht darin, eigene Pläne (z.B. „sich draußen aufhalten“) zu verändern, dann kann die Situation zu einer zweiten Quelle von Verstimmung und Beeinträchtigung werden. So kann das problembezogene Coping selbst zu einem Ärgernis werden, selbst wenn die Geruchsbelastung dadurch erfolgreich vermieden wird (Blanes-Vidal et al. 2012).

Cervinka und Neudorfer (2007) sowie Luginah et al. (2002) zeigten auf, dass geruchs-exponierte Anrainergruppen mit problemorientiertem Coping vermehrt gesundheitsbezogene Beschwerden nannten. Diese Gruppe stellt somit aus medizinischer Sicht eine „Risikogruppe“ dar. Personen mit problemorientiertem Coping machen gemäß Cervinka und Neudorfer (2007) etwa 10 % der Bevölkerung aus. Im Rahmen von Geruchsbeurteilungen ist diese Gruppe daher besonders zu berücksichtigen.



**Abb. 10:** Modell für Wirkungszusammenhänge zwischen Exposition, Belästigung, Beeinträchtigungen des Wohlbefindens (WB) und Symptomen/Beschwerden mit wesentlichen Einflussgrößen (modifiziert nach Cavalini 1992; Winneke u. Steinheider 1998; van Harrefeld 2001).

In Abbildung 10 ist ein Arbeitsmodell zur Entstehung von Belästigung und gesundheitsbezogener Symptome dargestellt. Gesundheitsrelevante Symptome stehen sowohl mit den Geruchsbelästigungen als auch mit den moderierenden Faktoren in eindeutigem Zusammenhang. Godbout et al. (2009) resümierten, dass die Zusammenhänge zwischen Symptomen der AnwohnerInnen und der Anwesenheit von Gerüchen z.B. aus der Schweinehaltung noch weiter erforscht werden müssen. Nimmermark (2004) geht in seinem Überblicksartikel davon aus, dass auch mit den Gerüchen gleichzeitig auftretende Elemente wie Staub oder Gase gemeinsam mit der Geruchsbelästigung wirken und die Symptomentstehung begünstigen können. Blanes-Vidal (2015) berichtet aus einer neuen Studie über Biogutvergärungsanlagen, dass die Belästigung durch Gerüche bei geringer bis mittlerer Geruchsexposition eine wichtige Mediatorvariable ist, also den Zusammenhang zwischen dem wahrgenommenen Geruch und den berichteten unspezifischen Gesundheitseffekten beeinflusst. Hinweise auf somatische Wirkungen von Geruchsbelastung fanden Steinheider et al. (1993) nachweisen. Bei entsprechend exponierten Personen waren die Cortisolspiegel im Urin (als hormonelle Stressparameter) erhöht Campbell ging schon 1983 davon aus, dass dauerhafte Umweltbelastungen als chronische Stressoren zu bezeichnen sind.

Intensive Gerüche können Übelkeit und Erbrechen auslösen (Steinheider et al. 1993) und diese ekel- und übelkeitserregenden Gerüche sind daher an sich gesundheitsbeeinträchtigend. Zahlreiche Studien belegen, dass AnrainerInnen von landwirtschaftlichen Schweinemastbetrieben häufig über körperliche Symptome und gesundheitliche Probleme klagen (Radon et al. 2005; Thu 2002; Wing u. Wolf 2000; Schiffman et al. 2000; Schiffmann u. Williams 2005; Sidhu et al. 1997; Keller u. Ball 2000). Symptome wie Reizungen in der Nase, den Augen und im Hals, Verkühlung, Kurzatmigkeit, Heiserkeit, Benommenheit, Kopfweh, Übelkeit, Herzklopfen, Schlafstörungen, Schwindel oder Stimmungsveränderungen wie Depressionen und Besorgnis werden häufig berichtet. Shusterman (1992) berichtet im Hinblick auf landwirtschaftliche Gerüche über vermehrte Beschwerden, z.B. von Übelkeit, Durchfall, Augen- und Halsreizungen, Kopfweh und Kurzatmigkeit bei AnrainerInnen. Spezifische Personengruppen (Risikogruppen) sind durch Gerüche besonders betroffen. Bei Geruchsexposition kann es z.B. bei Patienten mit Bronchialasthma zur Verschlechterung oder Triggerung des Zustandsbildes kommen (Shusterman 2001; Haider et al. 1994). In der NiLS-Studie von Radon et al. (2005) wurden im Umfeld von Betrieben der Veredelungswirtschaft Lungenfunktionseinschränkungen der Wohnbevölkerung gefunden. Diese Einschränkungen der Lungenfunktion dürften mit den sonstigen landwirtschaftlichen Emissionen (Bioaerosolen) im Zusammenhang stehen bzw. verlangen nach weiterer wissenschaftlicher Überprüfung. Es zeigte sich in der NiLS-Studie eine Assoziation zwischen erhöhter Symptom- und Erkrankungsprävalenz sowie einem verminderten körperlichen und emotionalen SF-12-Score<sup>2</sup> mit der selbstberichteten Geruchsbelästigung in der Wohnumgebung. Keine statistisch signifikanten Zusammenhänge fanden sich hingegen zwischen der subjektiven Geruchsbelästigung und den klinischen Befunden. Sucker et al. (2009) berichteten aus ihrer umfangreichen Feldstudie mit mehr als 1.000 Befragten, die in der Nähe von landwirtschaftlichen Betrieben leben, dass der Zusammenhang zwischen der Geruchsexposition und den Symptomen sehr stark von der hedonischen Bewertung der Gerüche beeinflusst war, während die Intensität keinen zusätzlichen prädiktiven Wert hatte. In der NiLS-Studie nahmen die selbstberichteten Asthmasymptome mit der selbstberichteten Geruchsbelästigung zu, während jedoch die selbstberichtete Belastung und die Ergebnisse der klinischen Messungen (z.B. Lungenfunktionstest) nur schwach korrelierten (Radon et al. 2007).

Generell ist das krankmachende Potenzial von Gerüchen nach wie vor Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion.

---

<sup>2</sup> Der SF-12-Kurzfragebogen (SF: Short Form) dient der Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität.

Die Bewertung von Gerüchen scheint für die Angabe von körperlichen Beschwerden entscheidend zu sein, die Gerüche rufen eine Belästigungsreaktion und/oder chronische Stressreaktionen hervor und verursachen auf diese Weise die Symptome.

## **BELÄSTIGUNG UND BEFINDLICHKEITSSTÖRUNGEN**

Befindlichkeitsstörungen stellen ein wichtiges (und eher komplexes) Thema der Umweltmedizin dar. Unter Befindlichkeit versteht Bullinger (1992) die Verfassung einer Person zu einem bestimmten Zeitpunkt, die zwischen subjektivem Wohlbefinden und Unbehagen liegen kann. Diese Verfassung setzt sich zusammen u.a. aus einer psychischen (z.B. Angst), einer körperlichen (z.B. Schmerzen) und einer funktionalen Dimension (z.B. Konzentrationsunfähigkeit). Befindlichkeitsstörungen sind demnach Veränderungen in der Befindlichkeit, die von den Betroffenen als beeinträchtigend erlebt werden (Bullinger 1992). Die Wirkungen von Umweltgerüchen werden häufig als Befindlichkeitsstörungen behandelt.

Im Unterschied zur Befindlichkeit ist die Belästigung immer an einen Reiz gekoppelt. Belästigungsreaktionen haben - als mögliche Vorläufer von Befindlichkeitsstörungen - Eingang in das Umweltrecht und in die Umweltwirkungsforschung gefunden. Der Grad der subjektiven Belästigung ist die am häufigsten untersuchte und wichtigste psychologische Wirkung von Umweltgerüchen (Steinheider 1998).

## **AUSWIRKUNGEN AUF DAS SOZIALVERHALTEN**

Zu Auswirkungen von Gerüchen auf das Sozialverhalten existieren nur wenige Studien. Feldstudien im Bereich des Freizeitverhaltens konnten zeigen, dass in Abhängigkeit von der erhöhten Konzentration von Schwefeldioxid die Häufigkeit und Aufenthaltsdauer von BesucherInnen in Naherholungsgebieten in New York abnahm (Bullinger 1996). Sozialpsychologische Experimente unter Laborbedingungen konnten bei männlichen und weiblichen Nichtraucher aggressives Verhalten durch Zufuhr von unangenehmen Geruchsstoffen provozieren. Laut Blanes-Vidal et al. (2014) verändern 20 % der Anwohner einer Biomüllvergärungsanlage ihre täglichen Aktivitäten. Tajik et al. (2008) und Lowmann et al. (2013) berichten von Verhaltensänderungen und gestörten Möglichkeiten zur sozialen Interaktion mit Freunden und Familien für BewohnerInnen, die durch Schweinemastbetriebe oder ausgebrachten Klärschlamm geruchlich belästigt werden. Von vergleichbaren Auswirkungen von Geruchsbelästigungen auf das Sozialverhalten berichtet z.B. eine Untersuchung von Ewers (2001). AnrainerInnen eines geruchsemitierenden Abwasserkanals wurden nach den Auswirkungen der Geruchsbelästigung be-

fragt. Zu den häufigsten Auswirkungen der Gerüche auf das Sozialverhalten zählen: „nicht zu Hause sein wollen“ (51,3 % der AnrainerInnen gaben an, aufgrund des Geruchs manchmal bis sehr oft nicht zu Hause sein zu wollen), „keine Freunde einladen wollen“ (42 %) und „in den Freizeitaktivitäten gestört sein“ (53,7 %).

#### **4.6. Geruchsbelästigung und Beschwerdebereitschaft**

Beschwerden von AnrainerInnen von Nutztierhaltungsbetrieben über Geruchsbelästigung und gesundheitliche Beeinträchtigung stellen für die Betriebe ein teilweise großes Problem dar. Beschwerden sind zumeist der Hauptgrund dafür, dass Maßnahmen in Angriff genommen werden. Wenn es in bestimmten Gebieten Beschwerden gibt, zeigt dies an, dass eine Belästigung vorliegt; eine qualitative Einschätzung des Problems ist damit aber noch nicht möglich (Guski 1994; Lindvall u. Redford 1973). Das Vorliegen von Beschwerden bei Behörden oder Betrieben ist deshalb kein brauchbarer Gradmesser, da eine Reihe intervenierender Variablen den Zusammenhang zwischen subjektiver Belästigung und getätigter Beschwerde bestimmen. Beschwerden treten nur bei massiven Reizbelastungen auf. Außerdem hängt das Beschwerdeverhalten von der Persönlichkeit der jeweils Betroffenen sowie von der Zugänglichkeit zu den Behörden oder dem Glauben an die Wirksamkeit von Beschwerden ab (Kastka 1976). Beschwerden können allerdings gute Indikatoren für plötzlich auftretende Ereignisse (z.B. Störfälle in Betrieben) sein. Wenn auch oftmals nur wenige Menschen die Möglichkeit einer Beschwerde wahrnehmen, so zeigen doch Studien, dass die Entfernung zwischen Emittent und Betroffenen eine bemerkenswert hohe Prädiktionskraft für telefonische Geruchsbeschwerden hat (Guski 1994). Lindvall u. Radford (1973) berichten zum Beispiel von britischen und amerikanischen Untersuchungen, in denen sich lediglich 20-30 % derjenigen, die in ihrer Umgebung eine große Belastung wahrnahmen, auch bei offiziellen Stellen beschwert haben.

Ist eine Wohngegend mit Umweltbelastungen konfrontiert, so ist die Gruppe jener Personen, die sich aktiv und problemorientiert mit dieser Belastung auseinandersetzt, zumeist in der Minderheit. Diese Personen sind sowohl sensorisch als auch emotional hoch betroffen bzw. sensibilisiert. Problemzentrierte BewältigerInnen, d.h. BeschwerdeführerInnen, werden von Behörden oftmals als schwierige BürgerInnen eingestuft, da diese eine Belästigung mit Umweltstressoren nicht mehr als selbstverständlich ansehen und mit Beschwerden und sonstigen Aktionen für Unruhe sorgen. Diese Personen sollten aber ernstgenommen und vor allem bei Partizipationsprozessen (Umweltmediation,

Einbindung der Bevölkerung bei Sanierungsvorhaben) gezielt eingebunden werden. Ohne ein professionell begleitendes Beschwerdemanagement, inklusive ausreichender Information und Aufklärung von Betroffenen, ist es schwierig, technische Lösungen erfolgreich umzusetzen.

#### **4.7. Geruch und andere Umweltstressoren (Staub, Lärm etc.)**

Zusätzlich zu den Gerüchen spielen Bioaerosole, Stäube und Lärm der Anlage sowie Verkehrslärm noch eine Rolle als Umweltstressoren im Umkreis von Nutztierhaltungen.

##### **STAUB**

Staub entsteht im Wesentlichen bei der Trockenfütterung mit mehligem Futtermitteln, durch Aufwirbelung von Einstreu- und Kotstaub, durch Abrieb von Tieren und Bauanlagen sowie beim Betrieb von Förder- und Siloanlagen.

Staub hat die Eigenschaft, Geruchsstoffe anzulagern oder durch Zersetzung zu bilden. Weiters sind im Staub der Stallluft Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze, Sporen und Viren enthalten.

Die Staubimmissionen aus Stallanlagen sind in der Regel so gering, dass unzulässige Immissionen (bezogen auf die Gesamtstaubmasse) eher nicht zu erwarten sind.

Trotzdem können von Keimemissionen (etwa von antibiotikaresistenten Bakterien) gesundheitliche Gefahren ausgehen. Auch andere biogene Aerosole (Endotoxine = Zellwandbestandteile von Bakterien) müssen berücksichtigt werden. Vermutlich spielen auch die Emissionen von Feinstaub und von antibiotikaresistenten Keimen eine wichtige Rolle in der negativen Bewertung von (Massen-)Tierhaltungsanlagen durch die AnrainerInnen. Zum Thema „Staub“ siehe auch das Kapitel 5.

##### **BIOAEROSOLE**

Dazu gehören Pilze, Bakterien, Viren sowie deren Stoffwechselprodukte und Zellwandbestandteile (z.B. Endotoxine). Hier gibt es Hinweise auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen (siehe Kapitel 5).

##### **LÄRM**

Lärm wirkt nach Jungbluth et al. (2005) als Moderator für Geruchsbelästigungen aus der Tierhaltung.

## 4.8. Toxikopie

Neben direkten Geruchswirkungen (vor allem Belästigungen, Störungen des Wohlbefindens und der Regeneration) können zusätzlich noch bedingte Reflexe durch Geruchsbelastungen ausgelöst und mit anderen Auslösern verknüpft werden. Dabei wird eine spezifische physiologische Reaktion (z.B. Unbehagen, Brechreiz) auf einen spezifischen Umweltreiz (z.B. Geruch aus einem Betrieb) mit einem vorerst unspezifischen Umweltreiz (Lärm, Dampf, etc.) dermaßen verknüpft, dass nach erfolgreicher Konditionierung und gegebenenfalls auch noch Generalisierung sowohl der spezifische als auch der unspezifische Reiz in der Lage sind, die physiologische Reaktion auszulösen. In diesen Fällen hat man es in der Praxis mit einer Kombination von sowohl spezifischen als auch konditionierten und generalisierten Wirkungen auf Umweltreize zu tun.

Als Toxikopie, also Kopie einer Vergiftung, bezeichnet Kofler (1993, 2000) das Auftreten manifester Symptome, die solchen bei Vergiftungen entsprechen, ohne dass jedoch relevante Giftbelastungen erfasst werden können. Der Begriff Toxikopie setzt sich zusammen aus „Kopie“ und „toxische Situation“. Der Begriff wurde von Kofler entwickelt, „um vornehmlich körperliche Reaktionen, ausgelöst durch subjektive Informationsbewertung über angeblich vorhandenes Gift (und nicht durch dessen Chemismus), zu beschreiben“ (Kofler 1993). Solche Reaktionen sind ohne relevante Schadstoffkonzentrationen ausschließlich durch das subjektive Giftbedrohungsgefühl zu erwarten.

Kofler unterscheidet spezifische und unspezifische Toxikopien. Bei unspezifischen Toxikopien ist die Wirkung des Giftes unbekannt. Die Reaktion umfasst eine Minimierung der Aufnahme (z.B. höherer Atemwegswiderstand, Husten, Schluckbeschwerden), eine Erhöhung der Ausscheidung allenfalls aufgenommener Gifte (z.B. Erbrechen) und eine Erniedrigung des Stoffwechsels (z.B. Schwäche). Glaubt allerdings eine Person, die angemessene spezifische Antwort auf die Belastung zu kennen, so wird sie eine demgemäß spezifische Reaktion zeigen.

Toxikopien können auch durch Gerüche oder in der Folge durch mit diesen verknüpften Reizen ausgelöst werden. Toxikopiereaktionen können an sich oder in Kombination mit physischen, chemischen und/oder biologischen Umwelteinwirkungen relevant für die Gesundheit Einzelner oder von Personengruppen werden. Im zweiten Fall handelt es sich dabei im Wesentlichen um psychogene (Massen-)Erkrankungen.

Kofler argumentiert (1998/99), dass der Schutz vor Gesundheitsgefährdungen unabhängig von ihrer Ätiologie gemäß der österreichischen Rechtsprechung zu gewährleisten ist. Er folgert daraus, dass der medizinische Sachverständige in seinem Gutachten

im Anlagenrecht auch auf die Möglichkeit bewertungsabhängiger Gesundheitsgefahren einzugehen habe.

Das Theoriegebäude von Kofler ist äußerst komplex, es stellt den Zusammenhang zur Plazebo-Forschung, Studien aus der Psychosomatik, informationsbedingter Situationsbewertung, Umweltängsten und Bewältigungsverhalten (Coping) her. Eine „toxikopiebedingte Reaktion“ gemäß Kofler ist eine Ausschluss-Diagnose, die voraussetzt, dass toxisch relevante Expositionen nicht gegeben sind.

Der von Kofler beschriebene Toxikopie-Mechanismus weist Ähnlichkeiten mit weiteren umweltbezogenen Körperbeschwerden auf.

### **UMWELTBEZOGENE KÖRPERBESCHWERDEN**

Geruchsempfindlichkeit und Kakosmie (Wahrnehmung übler Gerüche) gehören neben Chemikaliensensibilisierung zu den Leitsymptomen der viel diskutierten Multiplen Chemikalienunverträglichkeit (MCS) oder „Idiopathic Environmental Intolerance“ (IEI). MCS wird als Prototyp eines allgemeinen Überempfindlichkeitssyndroms gesehen und unter den Überbegriff Umweltbezogene Körperbeschwerden (UKB) subsummiert. UKB sind derzeit nicht Gegenstand gängiger medizinischer (ICD-10, DSM-5) Klassifikationen. UKB müssen u.a. abgegrenzt werden von Umweltangst oder Umweltbesorgnis ohne erlebte Körperbeschwerden und von paranoiden Psychosen mit Beeinträchtigungswahn.

## **4.9. Bewertung von und Einstellung zu Gerüchen aus der Nutztierhaltung**

Seit 2008 gibt es gesonderte Regelungen zur Beurteilung von Geruchsimmissionen, die durch landwirtschaftliche Tierhaltungen verursacht werden (Sucker 2012; GIRL vom 29.2.2008 mit einer Ergänzung vom 10.09.2008). Die Belästigung von AnrainerInnen von Nutztierhaltungen ist u. a. abhängig von der Tierart. Wie von Sucker et al. (2006) in einer deutschen Studie gezeigt werden konnte, rufen Gerüche aus der Geflügelhaltung bei gleicher Belastung eine stärkere Belästigungsreaktion hervor als Gerüche aus der Schweinehaltung und Gerüche aus der Schweinehaltung eine stärkere Belästigungsreaktion als Gerüche aus der Rinderhaltung.

Sucker et al. (2006) schließen aus dem hohen Belästigungspotential von Geflügel, dass die Belästigungsreaktion der AnrainerInnen von der Bewertung der Geruchsqualität

„Geflügel“ beeinflusst wird. Von Bedeutung könnte auch sein, dass sich die Geflügelhaltung in Deutschland, anders als die Rinder- und Schweinehaltung, erst in den letzten Jahren stark entwickelt hat. Das legt die Vermutung nahe, dass eine Akzeptanz der Geflügelgerüche, wie sie bei den Rinder- und Schweinegerüchen als „typische landwirtschaftliche Gerüche“ angenommen wird, nicht vorhanden ist (Sucker et al. 2006). Hinsichtlich der hedonischen Bewertung zeigte sich zwischen den Geruchsqualitäten „Geflügel“ und „Schwein“ kein Unterschied. Beide Gerüche wurden im Vergleich zu Rinder- und Silagegerüchen als weniger angenehm eingestuft. In einer Studie von Nimmermark (2011) mit nicht ortsansässigen BewerterInnen, die sowohl aus städtischen als auch ländlichen Gebieten stammten, und Gerüche unterschiedlicher Nutztiere bewerten sollten, wird berichtet, dass die hedonische Bewertung von Milchkühen besser ist als die von Legehennen und Mastschweinen.

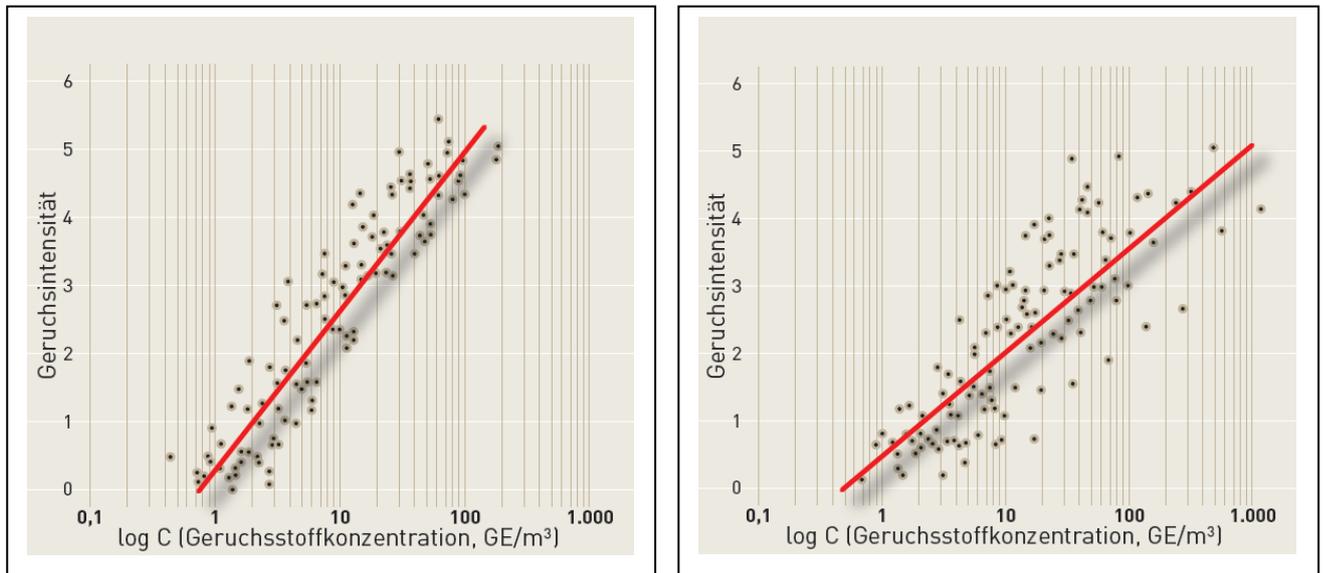
In der Studie von Sucker et al. 2006 wurden die Silagegerüche als angenehmer eingestuft als die Geruchsqualitäten „Gülle“ und „Mist“. Die hedonische Bewertung der Geruchsqualitäten „Geflügel“, „Schwein“, „Gülle“ und „Mist“ lag im Bereich von „eher unangenehm“, die der Rinder- und Silagegerüche dagegen im Bereich von „weder angenehm noch unangenehm“ bis „eher unangenehm“.

Mit steigender Intensität werden die landwirtschaftlichen Gerüche als zunehmend unangenehmer bewertet, ein Ergebnis das auch von Nimmermark (2011) bestätigt wird. Bei der Intensitätsstufe „sehr schwach“ werden die landwirtschaftlichen Gerüche (Geflügel, Schwein, Rind, Gülle, Mist, Silage) als „weder angenehm noch unangenehm“ bis „eher unangenehm“ bewertet. Bei der Intensitätsstufe „stark“ liegt das durchschnittliche hedonische Urteil zwischen „eher unangenehm“ und „unangenehm“. Bei Nimmermark (2011) zeigte sich, dass die Geruchskonzentration also die Intensität des Geruchs bei Schweinen, Schweinedung und Legehennen ein guter Prädiktor für die hedonische Bewertung ist, je intensiver, um so unangenehmer wird der Geruch wahrgenommen, während dieser Zusammenhang für Milchkühe weniger ausgeprägt war.

Bei der Betrachtung der Geruchsbeschreibungen zeigte sich, dass es AnrainerInnen schwerfällt, spezifische Angaben zur Geruchsqualität zu machen (Sucker et al. 2006). 242 AnrainerInnen benannten explizit die Geruchsqualität Gülle, Mist oder Jauche und lediglich 24 AnrainerInnen die Abluft aus Tierställen.

Die Ergebnisse eines Vergleichs von „Alteingesessenen“ und „Zugezogenen“ legen weiters den Schluss nahe, dass bei gleicher Abnahme der Geruchshäufigkeit der Belästigungsgrad der „Zugezogenen“ stärker zurückgeht als jener der „Alteingesessenen“ (Sucker et al. 2006).

Von Misselbrook et al. (1993) ermittelten in einer wissenschaftlichen Studie den Zusammenhang zwischen der Geruchskonzentration von Schweinemist und der wahrgenommenen Geruchsintensität. In der Abbildung 11 ist zu sehen, dass der Anstieg der wahrgenommenen Geruchsintensität bei Schweinemist weniger steil verläuft als beim Mist aus einer Broilerzucht (EPA Ireland 2001).



**Abb. 11:** Zusammenhang von Geruchskonzentration  $C$  ( $\text{GE}/\text{m}^3$ ) und wahrgenommener Geruchsintensität  $I$  für Broilermist (links) und Schweinemist (rechts) (nach: EPA Ireland 2001).

Eine Gruppe von Fachkräften, die im Bereich Geruchsmanagement in den Niederlanden tätig war, beurteilte verschiedene Gerüche. Tierhaltungsgerüche aus industriellen Anlagen wurden als wenig angenehm eingestuft. Sie entsprachen ungefähr den Gerüchen von Kläranlagen. Eine genaue Darstellung findet sich in Kapitel 2.3.

#### **4.10. Zusammenhang zwischen Geruchsexposition, Gebietsnutzung und dem Prozentsatz stark geruchsbelästigter Personen in intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebieten**

In holländischen Untersuchungen wurden die Zusammenhänge zwischen Schweinehaltungsbetrieben und dem Prozentsatz belästigter Personen untersucht (Environment Agency UK 2002a). Der Grund für diese Studien lag in dem Wunsch, Luftgütekriterien zu etablieren, die das Wohlbefinden der AnrainerInnen berücksichtigen und aus der Public Health-Perspektive akzeptabel erscheinen. Dazu ist die Beschreibung der Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Geruchsexposition und dem Ausmaß der Belästigung der exponierten Bevölkerung notwendig. Diese Beziehung wurde durch die Reanalyse epidemiologischer Studien aus den späten 1980er und 1990er Jahren und einer rezenten

Studie über Schweinegerüche erarbeitet.

In diesen Studien wurde die Dosis über Ausbreitungsrechnungen ermittelt und das 98-Perzentil der Stundenmittelwerte der Immissionskonzentration  $C_{98}$  errechnet. Die Prozentzahl der stark belästigten Personen wurde aus Befragungsdaten in unterschiedlich belasteten Gebieten errechnet. Die Beziehung zwischen dem Prozentsatz stark belästigter Personen und der errechneten Geruchsexposition für die Studien entspricht der folgenden Gleichung (Environment Agency UK 2002a):

$$\% \text{ stark Belästigter} = 4,775 \cdot (\log C_{98})^2$$

Zu berücksichtigen ist dabei, dass

(1.) die Berechnungen nach dem holländischen Standard durchgeführt wurden. In den niederländischen Untersuchungen wird die Geruchsexposition nicht durch Begehungen oder Messungen ermittelt, sondern ist das Ergebnis von Ausbreitungsrechnungen basierend auf Emissionsmessungen.

und (2.) nur der Prozentsatz an stark Belästigten (was dem oberen Drittel aller Belästigten entspricht) in die Berechnungen Eingang fand.

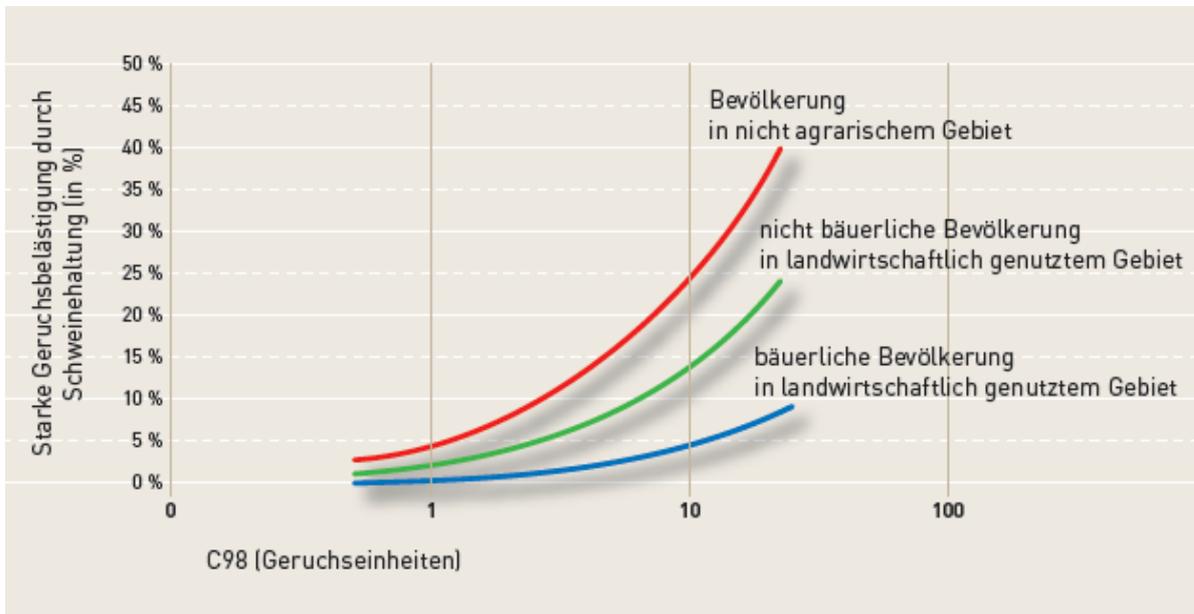
Die Korrelation zwischen der errechneten Geruchsstoffkonzentration und dem Prozentsatz an stark belästigten Personen in der Bevölkerung erwies sich als hoch signifikant. Die zusätzliche Berücksichtigung des Belästigungspotenzials des jeweiligen Geruches erhöhte das Ausmaß des errechneten Zusammenhanges.

Als wesentliche Folgerung aus den Ergebnissen wurde auch abgeleitet, dass - wie bereits erwähnt - der Prozentsatz an stark belästigten Personen aus der dominanten Geruchsquelle alleine errechnet werden kann. Eine zusätzliche Berücksichtigung weiterer (schwächerer) Quellen erhöhte die Vorhersagekraft der Berechnungen nicht.

In der Studie wurden auch Gebiete mit unterschiedlicher Landnutzung bestimmt, die der holländischen Beurteilungspraxis entsprechen. Das waren nicht-landwirtschaftliche Gebiete, städtisch und vorstädtisch, Dörfer in landwirtschaftlicher Umgebung und Wohneinheiten der landwirtschaftlichen Bevölkerung. Dabei wurde eine weitere Unterscheidung getroffen zwischen Gebieten mit intensiver Schweinehaltung (welche abseits lokalisiert waren um höhere Emissionen zu erlauben) und Gebieten mit gewöhnlicher Nutzung außerhalb der intensiven Schweinehaltung.

Die folgende Abbildung 12 zeigt den Prozentsatz sehr stark belästigter/gestörter Personen in Abhängigkeit von der Dosis und der Gebietsnutzung durch verschiedene Bevölkerungsgruppen.

Der Prozentsatz sehr stark belästigter/gestörter Personen in den nicht-agrarischen Gebieten nimmt wesentlich schneller zu als in landwirtschaftlich genutzten Gebieten und landwirtschaftlichen Gebieten mit bäuerlicher Wohnbevölkerung.



**Abb. 12:** Zusammenhang zwischen dem Anteil belästigter Personen (Wirkung) und der errechneten Geruchsbelastung (Dosis) aus einer einzigen Geruchsquelle in Abhängigkeit von der Gebietsnutzung durch verschiedene Bevölkerungsgruppen (ausgedrückt als C98: Geruchskonzentration als Einstunden-Mittelwert – 98-Perzentile für ein durchschnittliches meteorologisches Jahr). Merke: 2 holländische Geruchseinheiten pro  $m^3$  = 1 Geruchseinheit pro  $m^3$  (nach: Environment Agency UK 2002a).

Eine weitere Arbeit zur Frage der Ortsüblichkeit und Zumutbarkeit stellt eine wissenschaftliche Untersuchung zur Anwendung der GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie) in Deutschland dar (Jungbluth et al. 2005). Dieses „GIRL-Projekt“ wurde in Baden-Württemberg unter den speziellen Bedingungen der Schweineproduktion in diesem Bundesland an vier Standorten durchgeführt. Die Schweineproduktion in kleinen und mittleren Familienbetrieben, eingebunden in kleinräumige Siedlungsstrukturen, wurde so gut abgebildet. Die Standorte unterschieden sich im Hinblick auf ihre Siedlungsstruktur (u.a. städtische Struktur mit wenig Landwirtschaft im Gegensatz zu einem hoch belasteten dörflichen Gebiet). Zur Erfassung der Geruchsbelastung fanden an den vier Standorten Rasterbegehungen nach VDI 3940 Blatt 1 und GIRL zur Erfassung der Geruchshäufigkeit, Intensität und Hedonik landwirtschaftlicher Gerüche statt. An allen Standorten wurden einjährige Windmessungen sowie an den ausgewählten Untersuchungsbetrieben fünfmalige Emissionsmessungen durchgeführt. Ergänzend fanden Ausbreitungsrechnungen nach AUSTAL2000G statt. Im Anschluss dienten persönliche Befragungen dazu, die Belästigungsparameter zu erheben, um schließlich die Bezie-

hung zwischen Geruchsbelastung und -belästigung in signifikanten Expositions-Wirkungsbeziehungen abbilden zu können. Die Daten durchliefen eine Plausibilitätsprüfung. Von den Autoren wurde darauf hingewiesen, dass im landwirtschaftlichen Bereich die Erfassung und Berechnung der Emissionen/Immissionen äußerst schwierig ist und nur durch sorgfältige Definition der Eingabeparameter möglich ist. Es wird von den Autoren die Anwendung des Leitfadens für Ausbreitungsrechnungen (LfU-Karlsruhe) empfohlen. Basierend auf diesem Leitfaden (und Leitfäden anderer Bundesländer) kam 2010 die VDI-Richtlinie 3783-13 „Qualitätssicherung in der Immissionsprognose“ heraus. Eine Neuversion des Leitfadens erschien 2013.

An allen Standorten dominierte die Geruchsart „Schwein“. Es ergab sich folgendes Bild:

- (1) Es besteht ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen Häufigkeit des Auftretens und Einschätzung der Intensität.
- (2) Die Einschätzung im Hinblick auf Hedonik war vorwiegend unangenehm.
- (3) Die Beurteilung der Gerüche von Silage, Rind, Schwein und Pute erfolgte aufsteigend als zunehmend unangenehmer.
- (4) Es fand sich zudem ein signifikanter Zusammenhang zwischen Häufigkeit und Hedonik.
- (5) Ein signifikanter Zusammenhang wurde auch zwischen Intensität und Hedonik festgestellt.
- (6) Es zeigte sich ein positiver Expositions-Wirkungs-Zusammenhang. Die Zahl der Belästigten nahm mit steigender Geruchshäufigkeit zu.
- (7) Die Lärmbelästigung erwies sich als signifikanter Einflussfaktor.
- (8) Die Belästigungswirkung unangenehmer industrieller Gerüche ist wesentlich ausgeprägter als die Belästigungswirkung der (ebenso als unangenehm einzustufenden) Tierhaltungsgerüche.

Unter der Annahme, dass ein Prozentsatz von bis zu 10 % an „sehr stark Belästigten“ in einem Gebiet als tolerabel angesehen wird, um im Regelfall einen ausreichenden gebietsabhängigen Schutz vor einer erheblichen Belästigung abbilden zu können, wurde von den Autoren des GIRL-Projektes die zumutbare Geruchshäufigkeit folgendermaßen zusammengefasst (Tabelle 3). Allerdings wurden von ihnen auch geringere Prozentsätze genannt.

Geruchsart	Anteil „sehr stark Belästigte“ 10 % Zumutbare Geruchshäufigkeit in % der Jahresstunden
Tierhaltung	≈ 24
Industrielle Anlagen mit eindeutig unangenehmen Gerüchen	≈ 13
Industrielle Anlagen mit eindeutig angenehmen Gerüchen	> 55
Alle industriellen Anlagen	≈ 20

**Tab. 3:** Zumutbare Geruchshäufigkeit für die in diesem Projekt untersuchten Tierhaltungsgerüche im Vergleich zu Gerüchen aus industriellen Anlagen aus dem „Hedonik-Projekt“ (Sucker et al. 2003) für einen Anteil von „sehr stark Belästigten“ von 10 % (aus: Jungbluth et al. 2005).

Aus der Gesamtschau der Ergebnisse aus Baden-Württemberg leiten die Autoren der GIRL-Studie ab, dass eine gesonderte Beurteilung von landwirtschaftlichen Gerüchen gerechtfertigt werden kann. Es lassen sich Hinweise für eine höhere Akzeptanz der Tierhaltungsgerüche auch im Vergleich zu industriellen Gerüchen ableiten, so die Forscher. Die Geruchsbelastung wird beispielsweise als weniger erheblich und mehr ortsüblich eingeschätzt (Jungbluth et al. 2005).

Einfache statistische Auswertungen von Beschwerdefällen und berechneten Jahresgeruchsstunden mit dem Modell GRAL (Öttl et al. 2014) zeigten für die Steiermark ähnliche empirische Zusammenhänge, wie sie in Jungbluth et al. (2005) gefunden wurden. So ergaben sich beispielsweise bei mehr als 15% Jahresgeruchsstunden 7 % stark belästigte Personen, was in sehr guter Übereinstimmung mit Jungbluth et al. (2005) steht, wo 8 % stark belästigte Personen gefunden wurden.

Die Ergebnisse der GIRL-Studien führten zu einer Überarbeitung der deutschen Richtlinien und seit 2008 gibt es gesonderte Regelungen zur Beurteilung von Geruchsemissionen, die durch landwirtschaftliche Tierhaltungen verursacht werden (Sucker 2012; GIRL vom 29.2.2008 mit einer Ergänzung vom 10.09.2008). Näheres zur GIRL 2008 findet sich in Kap. 6.

Anhand der Steigung der Expositions-Wirkungsbeziehungen lässt sich auch abschätzen, inwieweit eine Erhöhung der Geruchsbelastung zu einem relevanten Anstieg des Anteils „sehr stark Belästigter“ führt. Dies kann als Grundlage zur Abschätzung der Irrelevanz einer Zusatzbelastung herangezogen werden. Wenn die Geruchshäufigkeit der Tierhaltungsgerüche im hier relevanten Wertebereich um 5 Prozentpunkte zunimmt, steigt der Anteil der „sehr stark Belästigten“ um maximal 2 Prozent.

Im Vergleich dazu zeigte sich bei den untersuchten unangenehmen industriellen Anlagen im „Hedonik-Projekt“ (Sucker et al. 2003), dass eine 5-prozentige Zunahme der Geruchshäufigkeit den Anteil der „sehr stark Belästigten“ wesentlich deutlicher - nämlich um 5 % - zunehmen lässt.

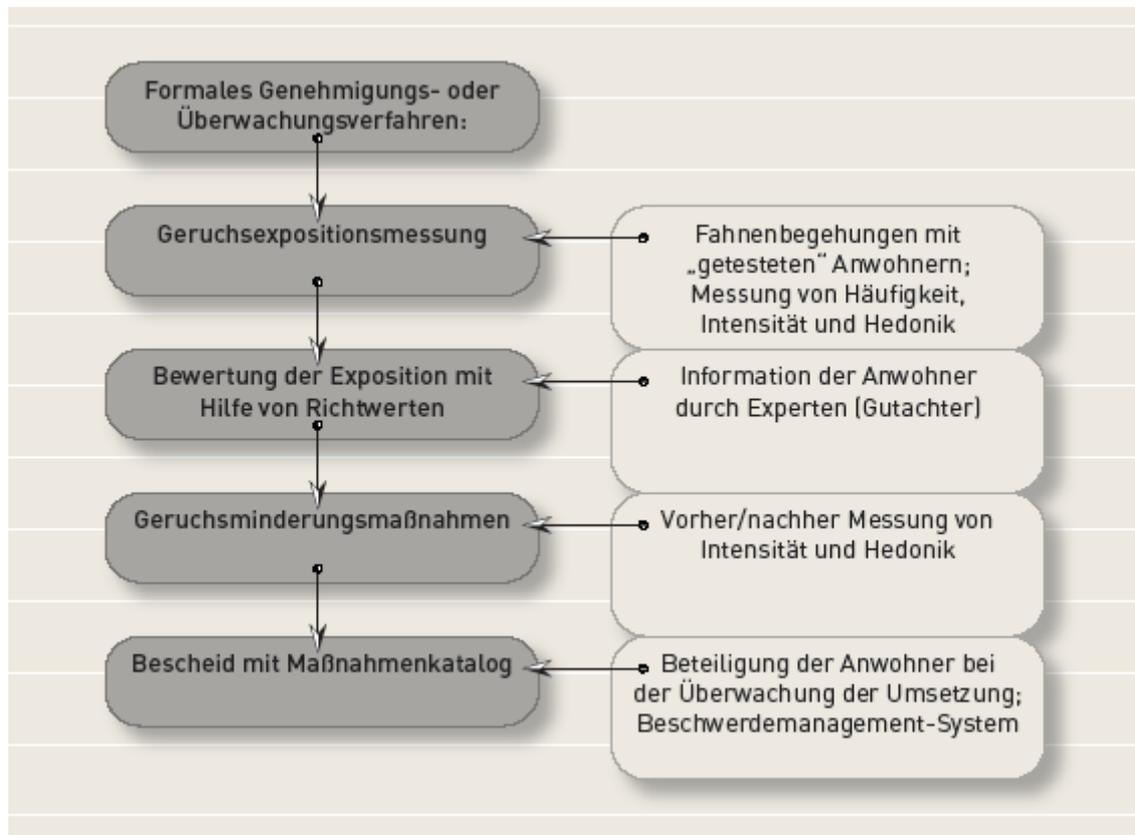
#### **4.11. Kommunikative Maßnahmen bei formalen Genehmigungs- oder Überwachungsverfahren und bei Konflikten im Bereich intensiver Nutztierhaltung**

Geruchsbelästigungen führen immer wieder zu Konflikten zwischen den beteiligten Parteien. In der Regel werden die Daten von mit dem Betrieb im Streit befindlichen NachbarInnen und von Personen die sich an einer Bürgerinitiative gegen einen Geruch verursachenden Betrieb beteiligen aus der Auswertung von (wissenschaftlichen) Belästigungsuntersuchungen herausgenommen. Die AutorInnen der Studien weisen auf diesen Umstand auch speziell hin (z.B. Sucker et al. 2006; Jungbluth et al. 2005). Dies ist nachvollziehbar, wenn es darum geht, die Luftmessungen mit der Wahrnehmung von Belästigung zu vergleichen. Wenn die Beurteilung von Geruchsimmissionen jedoch aufgrund von Beschwerden durchgeführt wird, ist dieses Vorgehen nicht akzeptabel. So wäre es ebenfalls problematisch, wenn z.B. AmtsärztInnen Geruchstagebüchern von AnrainerInnen prinzipiell skeptisch gegenüberstehen würden. Primäres Ziel der Beurteilung von Geruchsimmissionen sollte idealerweise die (vorsorgliche) Vermeidung von Konflikten sein. Van Harreveld (2001) weist darauf hin, dass, wenn der Tierhaltungsgeruch erst einmal als eine starke Belästigung/Störung empfunden wird, es sehr schwierig ist, den Prozess umzukehren (vgl. sogenannte Memory-Effekte, Winnecke et al. 1996).

Sucker et al. (2006) vermuten, dass auch ästhetische Aspekte und die Veränderung vom Dorf zu einem Gebiet der Nahrungsmittelindustrie eine Rolle bei Belästigungsreaktionen und der Verminderung der Akzeptanz spielen.

In der Literatur wird immer wieder darauf hingewiesen, dass die Betroffenen in geeigneter Form zu informieren sind, bzw. dass im Rahmen von Dialogprozessen die Kommunikation zwischen dem/der AnlagenbetreiberIn und dem/der betroffenen AnrainerIn zu verbessern ist (Sucker persönliche Mitteilung 2007; van Harrefeld 2004; Cervinka und Neudorfer, 2003, 2004b; Barjenbruch 2001; Kofler 1993; Ruff 1993; Haider et al. 1994). Dabei ist es sinnvoll zwischen den kommunikativen Maßnahmen zur Beteiligung im Rahmen formaler Genehmigungs- oder Überwachungsverfahren und den Maßnahmen zur Konfliktlösung zu unterscheiden.

Zur Beteiligung der AnrainerInnen im formalen Genehmigungs- oder Überwachungsverfahren empfiehlt Sucker (persönliche Mitteilung 2007) den folgenden Ablauf (Abb. 13).



**Abb. 13:** Beteiligung der Anrainer im formalen Genehmigungs- oder Überwachungsverfahren (nach: Sucker persönliche Mitteilung 2007).

Wenn es zu Beschwerden und Konflikten gekommen ist, werden oft technische Maßnahmen ergriffen, um die Geruchsbelastung zu reduzieren. Diese führen zu einer Verringerung der gemessenen Belastung, doch nicht in allen Fällen zur Reduktion der Beschwerden, nicht einmal dann, wenn die Geruchsbelastung unter den offiziellen Grenzwerten liegt (vgl. Sucker 2009). In Zusammenhang mit der Wahrnehmung von Belästigung trotz eingehaltener Grenzwerte und der oftmals folgenden Entstehung von Konflikten ist die Differenzierung zwischen der wahrgenommenen Belästigung und der wahrgenommenen Kontrolle wichtig (Stallen 1999). Die Belästigung ist vor allem beeinflusst durch Merkmale des störenden Reizes, wie Häufigkeit, Intensität und hedonische Bewertung, während die wahrgenommene Kontrolle vor allem mit den Faktoren des Managements der Störungsquelle zusammenhängen, wie z.B. dem Verhalten des Anlagenbetreibers, dem Vertrauen in diesen, dem Verhalten der zuständigen Behörden, dem Zugang zu relevanten Informationen, der Unvorhersehbarkeit der störenden Reize, der Möglichkeit der AnwohnerInnen die Auswahl und die Prüfung von Reduktionsmaß-

nahmen zu beeinflussen. Ein wesentliches Problem besteht darin, dass es kaum Informationen über diese Faktoren gibt, die bei der Bewertung von Gerüchen und der Konfliktentstehung eine Rolle spielen (Sucker 2009).

Angesichts der Relevanz dieser Faktoren sind auch in der Landwirtschaft neben der Minderung der Emissionen Lösungen vor allem auf kommunikativer Ebene zu suchen (Sucker 2007; Van Harrefeld 2004). Als adäquates Vorgehen für die Konfliktlösung schlägt Sucker (2009) folgende fünf Schritte vor:

1. Analyse der Bedingungen für Zusammenarbeit und Konfliktlösung: Dieser Schritt besteht aus der Analyse der Interessen aller beteiligten Parteien (den AnwohnerInnen, den AnlagenbetreiberInnen, Behörden und evtl. weiteren betroffenen Personen). In Face-to-face-Interviews versuchen die unabhängigen Mediatoren (die von allen Konfliktparteien anerkannt sind) herauszufinden, welches die Interessen hinter den unterschiedlichen Positionen sind. Diese Interessen sind teilweise nicht ohne weiteres ersichtlich, so können z.B. AnwohnerInnen sich darüber äußern, dass die LehrerInnen von Konzentrationsschwierigkeiten der SchülerInnen aufgrund von Umweltbelastungen berichten und dies als Argument gegen eine Anlage verwenden. Möglicherweise haben sie aber in Wirklichkeit vor allem Sorge um den Wertverlust ihres Grundstücks durch Geruchs- oder Lärmbelastung (Sucker 2009). In diesem ersten Schritt sollen auch die vorherrschenden Erwartungen an die anderen Konfliktparteien und die Erwartungen an das Konfliktlösungsverfahren ermittelt werden, ebenso wie die Wahrnehmung der unterschiedlichen Konfliktparteien. Die Ergebnisse der Interviews werden in einem anonymisierten Bericht zusammengefasst, der allen zugänglich gemacht wird. Im Idealfall hat dieses Vorgehen einen öffnenden Effekt und die Konfliktparteien haben ein erstes Verständnis der Positionen und Interessen der anderen Parteien und es herrscht Einigkeit über die wesentlichen Konfliktpunkte.
2. Erarbeitung eines Verfahrensvorschlags: Der Vorschlag basiert auf den Ergebnissen des ersten Schrittes, bezieht die Ziele der Teilnehmenden ein und berücksichtigt den zur Verfügung stehenden Zeit- und Budgetrahmen. Dieser Schritt kann unterschiedliche Ziele haben, wie z.B. weitere Informationen sammeln oder Pläne und mögliche Alternativen diskutieren, usw. Zwei grundsätzliche Arten der Beteiligung sind möglich: Vertretung der verschiedenen Positionen durch Repräsentanten (z.B. Erleichterung des Dialogs zwischen diesen in Form eines Runden Tisches) oder direkte Beteiligung der betroffenen oder interessierten Akteure (z.B. in Bürgertreffen, Workshops, Informationsveranstaltungen, usw.).

3. Moderierter Dialog: Das Ziel des moderierten Dialogs besteht darin, die Treffen der Personen mit unterschiedlichen Meinungen zu erleichtern und für faire und ergebnisorientierte Diskussionen zu sorgen. Voraussetzungen dafür sind klare Verfahrensregeln und die Orientierung an Interessensausgleich und Verständigung. Der Dialog durchläuft die folgenden Schritte: (1) Einigung über die Problemsicht, (2) Sammlung alternativer Lösungen, (3) Einigung über Bewertungskriterien für die Lösungen, (4) Einigung über eine Lösung und Beschreibung der Schritte und der Verantwortlichkeiten für die Umsetzung.
4. Vereinbarungen zur Konfliktlösung: Die Vereinbarungen werden schriftlich festgehalten. In einigen Fällen kann es sich z.B. um die freiwillige Verpflichtung des Anlagenbetreibers zur weiteren Reduktion der Gerüche sein oder die gemeinsame Auswahl eines Experten oder um die gemeinsam erarbeitete Informationsbroschüre für die Nachbarschaft handeln. Dies können ausreichende Ergebnisse sein, wenn der Konflikt durch Informationsunterschiede oder unterschiedliche Bewertung von Fakten zustande kam.
5. Begleitung der Umsetzung der Ergebnisse: Um die Ergebnisse des kommunikativen Prozesses bindend zu machen, können – auf freiwilliger Basis – privatrechtliche Verträge abgeschlossen werden oder die Ergebnisse können, je nach nationalen Regulatorien, in die Anforderungen für den Betrieb der Anlage integriert werden. Zudem werden Zeitpläne erarbeitet, die die Zeitpunkte und Verantwortlichkeiten im Rahmen der Umsetzung zweifelsfrei festlegen.

## 4.12. Zusammenfassung

Während die in Kapitel 3 beschriebenen Prozesse der **Adaptation und Habituation** zu einer Desensibilisierung führen, bewirkt der Prozess der **Sensibilisierung** das Gegenteil. Dabei findet eine Steigerung der subjektiven Empfindlichkeit gegenüber Gerüchen statt. Mit dem Phänomen der Sensibilisierung kann die höhere Geruchsbelastung älterer AnrainerInnen geruchsbelasteter Gebiete erklärt werden.

Ein weiteres wesentliches psychologisches Phänomen ist das der **hedonischen Beschreibung** von Gerüchen. Zur Messung der Hedonik einer Geruchsprobe wird meist auf einer neunstufigen Skala (von „äußerst unangenehm“ bis „äußerst angenehm“) eine Bewertung abgegeben. Etwa 20 % der bekannten Gerüche werden als angenehm empfunden, der Rest wird entweder als neutral oder unangenehm eingestuft. Die hedonische Bewertung korreliert mit dem Belästigungspotential. Sie ist jedoch grundsätzlich

nicht identisch mit der Beurteilung der Belästigung, der Zumutbarkeit oder ähnlichen Bewertungen. Die Bewertung von Gerüchen kann sich im Lauf der Zeit verändern. Kinder haben eine andere Einschätzung von Gerüchen als Erwachsene, Alteingesessene eine andere als neu zugezogene Personen.

Im Rahmen von Beurteilungsverfahren ist die Hedonik vor allem bei der Beurteilung angenehmer industrieller Gerüche von Bedeutung. Für die Bewertung von Betrieben der Veredelungswirtschaft spielt die Hedonik für die Anlagenbeurteilung praktisch keine Rolle, da es sich bei den dabei zur Diskussion stehenden Gerüchen durchwegs um unangenehme Gerüche handelt. Allerdings kann die standardisierte Erfassung und Diskussion der Hedonik im Rahmen von Dialog-Prozessen dazu genutzt werden, die Kommunikation zwischen den AnlagenbetreiberInnen und den betroffenen AnrainerInnen zu verbessern.

Physiologische Reaktionsmuster gehen mit psychologischen Bewertungsprozessen einher. Das Erleben von **Geruchsbelästigung** ist die am häufigsten beschriebene psychosoziale Folge von Belastungen durch Gerüche. Das **Belästigungskonzept** ist zentral für die Beurteilung von geruchlich wahrnehmbaren Emissionen. Im Umkreis landwirtschaftlicher Nutztierhaltungen werden gleichzeitig mit diesen aber noch andere Substanzen emittiert, die für die folgenden Bewertungsprozesse, die Entstehung von Belästigung und die Entwicklung gesundheitlich relevanter Folgen von Bedeutung sein können.

Das Verständnis von **Belästigung** hängt vom jeweiligen Stand der Forschung ab. Dies bildet sich in den verschiedenen Begriffsdefinitionen ab. Gemäß Lindvall und Radford (1973) ist Belästigung ein subjektiver Zustand des Unbehagens, der durch Stoffe oder Umstände hervorgerufen wird, von denen nach Ansicht der Betroffenen negative Wirkungen ausgehen. Alle geläufigen Definitionen von Belästigung beinhalten den prozesshaften Charakter von Belästigung und ihrer negativen Folgen (**Störung** des Wohlbefindens und der Gesundheit). Die neueren Definitionen werden immer präziser und beschreiben den mit **Belästigung/Störung** einhergehenden Prozess von der Geruchswahrnehmung über das Erleben einer Belästigung, der wiederholten Konfrontation mit der unerwünschten fremdbestimmten Situation, ihrer „Unausweichlichkeit“ über die erlebte Störung von Wohlbefinden und Lebensqualität bis zum Anstoß zum Handeln und dem Führen einer Beschwerde im Detail. In neueren Definitionen wird weiters zwischen **Annoyance** (Belästigung) und **Nuisance** (starke und sehr starke Belästigung, Störung) unterschieden. Für diese starke Belästigung/Störung, der sich der Mensch vorerst meist

„hilflos“ ausgesetzt fühlt, gibt es in der deutschen Sprache kein entsprechendes Wort. Als Hilfskonstruktion kann dafür der Begriff Belästigung/Störung verwendet werden.

Geruchliche und die mit den Geruchsreizen assoziierten Bedingungen (z.B. andere Emissionen aus der Tierhaltung, Reduktion des ökonomischen Wertes der eigenen Liegenschaft, agroindustrielle Entwicklungen, Entstehen von geruchsassoziierten gesundheitlichen Symptomen) lösen die komplexen psychischen Prozesse bis zum **Vorbringen von Beschwerden** bei den Verantwortlichen aus.

Ob sich die Belästigung zu einer starken Belästigung/Störung weiterentwickelt, hängt sowohl (1.) von den Kontextfaktoren wie z.B. weiteren quellenbezogenen oder anderen Umweltstressoren, (2.) von den Eigenschaften der betroffenen Personen und (3.) von deren sozialen Umfeld ab. Dabei ist die Entstehung von Belästigung nicht als einfaches Reiz-Reaktions-Muster zu verstehen. Eine Vielzahl von Faktoren formen die Reaktion auf die Reizeinwirkung je nach Situation unterschiedlich aus.

Für praktische Zwecke im Rahmen von Begutachtungsverfahren werden meist einfache Modelle für die Beschreibung des Zusammenhanges zwischen Exposition und Wirkung (Belästigung, Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Lebensqualität, Auftreten körperlicher Symptome, Beschwerde bei VerursacherInnen oder BehördenvertreterInnen) benutzt.

Nach wie vor ist das krankmachende Potenzial von Gerüchen Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion. Die eingenommene Position hängt auch vom Verständnis darüber ab, wie „Gesundheit“ zu definieren ist. Für die Angabe von **körperlichen Beschwerden** scheint die Bewertung von Gerüchen entscheidend zu sein, die eine Belästigung und/oder chronische Stressreaktion hervorruft und auf diese Weise die Symptome verursacht. Ekel- und übelkeitserregende Gerüche jedoch sind an sich gesundheitsbeeinträchtigend.

Moderierende Faktoren haben nicht nur einen Einfluss auf die Entstehung von Belästigungen, sondern auch auf die Entstehung geruchsassoziierter Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und gesundheitsrelevanter Symptome.

Geruchsexponierte Anrainergruppen mit speziellem Bewältigungsverhalten, dem so genannten problemorientierten Coping, nennen vermehrt **gesundheitliche Beschwerden**. Ob die dabei genannten Symptome durch den Geruch verursacht oder dem Geruch zugeschrieben werden, kann jedoch derzeit nicht eindeutig beantwortet werden. Diese Gruppe mit problemorientiertem Bewältigungsverhalten stellt aus umweltmedizinischer Sicht eine „**Risikogruppe**“ dar. Personen mit problemorientiertem Copingverhalten bei

Geruchsexposition machen etwa 10 % der Bevölkerung aus. Im Rahmen von Geruchsbeurteilungen ist diese Gruppe daher besonders zu berücksichtigen.

**Befürchtungen über gesundheitliche Schäden** (Umweltbesorgnis/Umweltangst) wegen der Geruchseinwirkung gehören zu den besten Prädiktoren der Belästigung. Zu unterscheiden ist dabei zwischen **genereller** und **personaler Umweltbesorgnis**.

Zur **Beeinträchtigung des Sozialverhaltens** durch Gerüche existieren nur wenige Studien. Zu den häufigsten Auswirkungen von Geruchsbelästigung auf das Sozialverhalten zählen: „nicht zu Hause sein wollen“, „keine Freunde einladen wollen“ und „in den Freizeitaktivitäten gestört sein“.

**Beschwerden** von AnrainerInnen von Nutztierhaltungsbetrieben über Geruchsbelästigung und gesundheitliche Beeinträchtigung können für die Betriebe ein großes Problem darstellen. Ohne ein professionelles **Beschwerdemanagement** ist es meist schwierig, technische Lösungen zur Verringerung der Geruchsbelastung erfolgreich umzusetzen.

Das Vorliegen von Beschwerden bei Behörden oder Betrieben ist kein brauchbarer Gradmesser für die Belastung durch Gerüche, da eine Reihe intervenierender Variablen den Zusammenhang zwischen subjektiver Belästigung und getätigter Beschwerde bestimmen.

Als weitere **Umweltstressoren** im Umkreis von Nutztierhaltungen spielen zusätzlich zu den Gerüchen **Bioaerosole**, **Stäube** und **Lärm** der Anlagen sowie Verkehrslärm eine Rolle.

Neben direkten Geruchswirkungen können zusätzlich noch bedingte Reflexe durch Geruchsbelastungen ausgelöst und mit anderen Auslösern verknüpft werden. Als **Toxikopie**, also Kopie einer Vergiftung, bezeichnet der Innsbrucker Sozialmediziner Kofler das Auftreten manifester Symptome, die solchen bei Vergiftungen entsprechen, ohne dass jedoch relevante Giftbelastungen erfasst werden können. Unterschieden werden spezifische und unspezifische Toxikopien. Toxikopiereaktionen können an sich oder in Kombination mit physischen, chemischen und/oder biologischen Umwelteinwirkungen relevant für die Gesundheit Einzelner oder von Personengruppen werden.

Kofler argumentiert, dass der Schutz vor Gesundheitsgefährdungen unabhängig von ihrer Ätiologie gemäß der österreichischen Rechtsprechung zu gewährleisten ist. Er folgert daraus, dass der medizinische Sachverständige in seinem Gutachten im Anlagenrecht auch auf die Möglichkeit bewertungsabhängiger Gesundheitsgefahren einzugehen habe.

Geruchsempfindlichkeit und Kakosmie (Wahrnehmung übler Gerüche) gehören neben Chemikaliensensibilisierung zu den Leitsymptomen von **Multipler Chemikalienunverträglichkeit (MCS)** oder „**Idiopathic Environmental Intolerance**“ (IEI). MCS wird als Prototyp eines allgemeinen Überempfindlichkeitssyndroms gesehen und unter den Überbegriff Umweltbezogene Körperbeschwerden subsummiert. Diese sind derzeit nicht Gegenstand gängiger medizinischer (ICD-10, DSM-5) Klassifikationen.

Seit 2008 gibt es gesonderte Regelungen zur **Beurteilung von Geruchsemissionen**, die durch landwirtschaftliche Tierhaltungen verursacht werden (GIRL vom 29.2.2008 mit einer Ergänzung vom 10.09.2008). Die Belästigung von AnrainerInnen von Nutztierhaltungen ist u. a. abhängig von der Tierart. Gerüche aus der Geflügelhaltung rufen bei gleicher Belastung eine stärkere Belästigungsreaktion hervor als Gerüche aus der Schweinehaltung und Gerüche aus der Schweinehaltung eine stärkere Belästigungsreaktion als Gerüche aus der Rinderhaltung. Mit steigender Intensität werden die landwirtschaftlichen Gerüche als zunehmend unangenehmer bewertet. Bei der Intensitätsstufe „sehr schwach“ werden die landwirtschaftlichen Gerüche (Geflügel, Schwein, Rind, Gülle, Mist, Silage) als „weder angenehm noch unangenehm“ bis „eher unangenehm“ bewertet. Bei der Intensitätsstufe „stark“ liegt das durchschnittliche hedonische Urteil zwischen „eher unangenehm“ und „unangenehm“.

Die **Beziehung zwischen dem Prozentsatz stark belästigter Personen und der errechneten Geruchsexposition** entspricht laut der Environment Agency UK 2002a der folgenden Gleichung:

$$\% \text{ stark Belästigter} = 4,775 \cdot \log (C_{98, 1\text{-Stunde}})^2$$

Die Korrelation zwischen der errechneten Geruchsstoffkonzentration und dem Prozentsatz an stark belästigten Personen in der Bevölkerung erwies sich als hoch signifikant. Als wesentliche Folgerung ergab sich, dass der Prozentsatz an stark belästigten Personen aus der dominanten Geruchsquelle alleine errechnet werden kann. Die zusätzliche Berücksichtigung des Belästigungspotenzials des jeweiligen Geruches erhöhte das Ausmaß des errechneten Zusammenhanges.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass der Prozentsatz sehr stark belästigter/gestörter Personen in den nicht-agrarischen Gebieten wesentlich schneller zunimmt im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Gebieten und landwirtschaftlichen Gebieten mit bäuerlicher Wohnbevölkerung. Gerüche aus der Landwirtschaft weisen im Vergleich zu industriellen Gerüchen eine andere Akzeptanzschwelle auf, indem die Geruchsbelastung beispielsweise als weniger erheblich und mehr ortsüblich eingeschätzt wird. An-

hand der in der GIRL-Studie in Baden-Württemberg gefundenen Steigung der gefundenen Expositions-Wirkungsbeziehungen lässt sich auch abschätzen, inwieweit eine Erhöhung der Geruchsbelastung zu einem relevanten Anstieg des Anteils „sehr stark Belästigter“ führt. Dies kann als Grundlage zur Abschätzung der **Irrelevanz einer Zusatzbelastung** herangezogen werden. Wenn die Geruchshäufigkeit der Tierhaltungsgerüche im hier interessierenden Wertebereich um 5 % zunimmt, steigt der Anteil der „sehr stark Belästigten“ um maximal 2 Prozent.

Geruchsbelästigungen führen immer wieder zu **Konflikten** zwischen den beteiligten Parteien. Wenn einmal die „Balance“ gekippt ist und der Tierhaltungsgeruch das Erleben einer starken Belästigung/Störung bedingt, erweist es sich oft als sehr schwierig, den Prozess umzukehren.

In der Literatur wird betont, wie wichtig es ist, die Betroffenen in geeigneter Form zu informieren bzw. im Rahmen von **Dialogprozessen** die **Kommunikation** zwischen dem Anlagenbetreiber und den betroffenen Anrainern zu verbessern. Zur Reduktion der Belästigung sensibler Gruppen ist es wichtig, diese ernst zu nehmen und bei Partizipationsprozessen (Umweltmediation, Einbindung der Bevölkerung bei Sanierungsvorhaben) gezielt einzubinden. Ohne ein professionell begleitendes Beschwerdemanagement, inklusive ausreichender Information und Aufklärung von Betroffenen, ist es schwierig, technische Lösungen erfolgreich umzusetzen.

Aus der Forschung zur **Risikokommunikation** ist bekannt, dass die Einschätzung eines Risikos durch Experten und Laien stark voneinander abweichen kann. Es ist zu vermuten, dass die Schwierigkeiten im Beurteilungsverfahren und bei einer Geruchssanierung unter anderem auf der Kommunikationsebene zu suchen sind. Daher sollten die Anrainer bei formalen Genehmigungs- oder Überwachungsverfahren beteiligt werden. Auch wenn es bereits zu Konflikten und Beschwerden gekommen ist, sollten neben technischen Maßnahmen vor allem Lösungen auf kommunikativer Ebene gesucht werden. Ein adäquates Vorgehen zur Konfliktlösung umfasst die Schritte: 1) Analyse der Bedingungen für Zusammenarbeit und Konfliktlösung, 2) Erarbeitung eines Verfahrensvorschlags, 3) einen moderierten Dialog zwischen den Konfliktparteien, 4) Vereinbarungen zur Konfliktlösung und die Begleitung der konkreten Umsetzung der Ergebnisse.

## **5 GERÜCHE AUS DER NUTZTIERHALTUNG UND GESUNDHEIT**

### **5.1. Emissionen und ihre Wirkungen**

Toxische. etc. Emissionen aus Ställen und Tierhaltungen spielen in der medizinischen Beurteilung der Geruchsemissionen eine zweifache Rolle: Zum einen wird der ärztliche Sachverständige schon von sich aus nicht umhinkommen, neben den Gerüchen auch andere, allenfalls sogar medizinisch bedeutsamere Aspekte des landwirtschaftlichen Betriebes zu beurteilen. Zum anderen hat die Einschätzung der Gefährlichkeit eines Betriebes bzw. der von ihm ausgehenden Emissionen durch den Laien unmittelbare Auswirkung auf seine Einstellung zum Betrieb und somit auch zu den sinnlich wahrnehmbaren betriebskausalen Emissionen: Das Ausmaß der Belästigung durch eine bestimmte Geruchsbelastung wird erheblich auch von der (vermuteten) Gefährlichkeit, die den Emissionen eigen ist, mitbestimmt. Dieser enge Zusammenhang zwischen toxikologischer und psychologischer Bedeutung liegt zum Teil in der phylogenetischen Bedeutung des Geruchssinnes als „Warnsinn“ und als „chemischer Detektor und Umweltsensor“ begründet, aber auch in der engen (anatomischen) Verbindung zwischen Riechhirn und dem für Emotionen zuständigen limbischen System.

Dabei kann es vorkommen, dass geruchsintensive Stoffe auch toxikologisch bedenklich sind. Das ist aber nicht unbedingt der Fall. Viel häufiger dürfte es im besonderen Fall der Stallabluft zutreffen, dass die Geruchsstoffe selbst nicht sonderlich giftig sind; sie können aber die Emission weiterer (geruchloser) Begleitstoffe anzeigen, denen eventuell eine unmittelbare gesundheitlich-toxikologische oder auch infektiologische Relevanz zukommt (Donham 2010).

#### **GASFÖRMIGE EMISSIONEN UND GERUCHSSTOFFE**

Viele der emittierten Geruchsstoffe sind noch nicht vollständig chemisch charakterisiert bzw. entfalten schon bei so geringen Konzentrationen eine Geruchswirkung, dass der chemisch-analytische Nachweis und die toxikologische Bewertung nicht gangbar sind. Einige wenige gasförmige Verbindungen eignen sich jedoch als Indikatorstoffe für die Stallabluft (siehe auch Kapitel 2.2) und verdienen darüber hinaus eventuell auch eine

toxikologische Bewertung. An wichtigen gasförmigen Verbindungen sind vor allem Ammoniak, Schwefelwasserstoff (Pavilonis et al. 2013; Donham et al. 2006), Mercaptane und Amine zu nennen, weiters die geruchlosen Gase Kohlenstoffdioxid und Methan (Heederik et al. 2007). Es ist jedoch empfehlenswert, als Indikator der Stallabluft nicht nur ein Gas, sondern auch einen partikulären Anteil der Emission (z.B. bestimmte Keime) zu wählen, da sich Gase und Partikel in ihrem Transmissionsverhalten deutlich unterscheiden können (Moshhammer et al. 2006). Bunton et al. (2007) betonen generell, dass die existierenden Methoden weiter verfeinert werden müssen und noch erheblicher Forschungsbedarf betreffend die Emissionen aus Ställen besteht. Unter anderem werden verfeinerten Ausbreitungsmodellen und umfangreicheren Monitoring-Kampagnen gute Aussichten eingeräumt (Dalton et al. 2011; Costanza et al. 2008; Liang u. Liao 2007; Bunton et al. 2007; Newby et al. 2004).

## **GESUNDHEITLICHE EFFEKTE**

Mit zunehmender Größe der bzw. Anzahl der Tiere in den Haltungsanlagen wurden auch vermehrt Fragen rund um Gesundheitsfolgen im Umfeld von Intensivtierhaltungen durch die Immissionsbelastung mit Luftverunreinigungen evident (z.B. Thu 2002). Im Vordergrund der epidemiologischen Forschung standen dabei Auswirkungen auf die Atemwege und die Lunge.

Schiffman et al. (2005) untersuchten Effekte verdünnter Stallluft in der Prüfkammer, um die Belastung in umwelttypischen Abständen vom (Schweine-)Stall zu untersuchen. Sie fanden keine signifikanten Effekte auf objektive klinische Parameter (Lungenfunktion, Puls, Blutdruck, Atemfrequenz, Weite der Nasengänge, Immunzellen im Bronchialsekret). Die exponierten Personen klagten jedoch signifikant häufiger über Kopfschmerzen, Augenirritationen und Übelkeit.

Mittels Befragung fanden Radon et al. (2007) in Deutschland, dass selbstberichtete Asthmaraten mit der Anzahl der Ställe in der näheren Umgebung (500 m Radius) ansteigen. In einem Sub-Sample wurden auch klinische Daten (Sensibilisierungsrate, Lungenfunktion) erhoben, wobei sich bei letzterer ebenfalls ein Zusammenhang mit der Anzahl der Ställe zeigte. Der Gesamtbericht findet sich unter Radon et al. (2005). Weitere Ergebnisse der Studie werden in Kapitel 5.2 dargestellt.

Während diese Arbeit also keinen Einfluss der Ställe auf die Sensibilisierungsrate fand, zeigten Mirabelli et al. (2006), dass bei bereits sensibilisierten Kindern das Risiko für Asthmasymptome durch Schweineställe in der Nähe der Schule anstieg.

Auch Schulze et al. (2011) fanden bei höher exponierten Personen eine höhere Sensibilisierungsrates gegenüber ubiquitären Allergenen sowie signifikante Lungenfunktionseinbußen (FEV1).

In Niedersachsen berichteten Eltern, die durch landwirtschaftliche Gerüche belastigt waren, doppelt so häufig, über juckende Hautbeschwerden bei ihren Kindern wie die Kontrollgruppe (Hoopmann u. Werfel 2006).

Von Essen und Auvermann (2005) meinen, dass noch weiterer Forschungsbedarf besteht, bevor endgültige Schlüsse hinsichtlich der gesundheitlichen Auswirkungen von Ställen (und hinsichtlich der dafür verantwortlichen Substanzen und allfälligen Schwellenwerten) gezogen werden können. Es ist allerdings festzuhalten, dass es aus den umweltepidemiologischen Studien deutliche Anhaltspunkte für Beeinträchtigungen der Anrainer durch die Immissionsbelastungen ableiten lassen.

## **EXKURS: STAUB**

Tiere produzieren durch ihre Bewegung rein mechanisch Staub, wobei die Menge des gebildeten Staubes auch sehr von Details wie der Art der Einstreu abhängt. Bei großen Tierherden, wie sie etwa in Texas anzutreffen sind, und entsprechenden Bodenverhältnissen können in der Abluft der Tierherden extreme Feinstaubkonzentrationen (bis über  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{PM}_{10}$ ) gemessen werden (Purdy et al. 2007). Doch auch in den Niederlanden wurde berechnet, dass eine Abgasreinigung (Nasswäsche) der Abluft großer Schweine- und Rinderställe einen erheblichen Beitrag zur Minderung der gesamten Feinstaubemission des Landes bewirken würde, wobei diese Maßnahme sogar (gemessen in Kosten pro Tonne) vergleichsweise kostengünstig wäre (Wijmenga 2007). Wichtiger als die Staubmasse ist jedoch der Gehalt an Bioaerosol im Staub. Entsprechende Messungen wurden in den letzten Jahren u.a. in Niedersachsen (Hehl et al. 2005), den USA (Green et al. 2006; Gibbs et al. 2006; Chapin et al. 2005) oder auch in Mexiko (Alvarado et al. 2012) durchgeführt. Besonders bedeutsam ist hier, dass regelmäßig auch antibiotikaresistente Keime nachgewiesen werden. Eine Keimabgabe erfolgt übrigens nicht nur in die Luft, sondern auch in Oberflächengewässer und das Grundwasser (Heaney et al. 2015; Gentry-Shields et al. 2015; Sapkota et al. 2007). Anzumerken ist, dass auch chemische Einträge in Grund- und Oberflächenwässer sowie den Boden nicht übersehen werden dürfen (Liu et al. 2015; Rumsey et al. 2014; Lockhart et al. 2013).

Neben den (vermehrungsfähigen) Keimen sind auch Zellwandbestandteile von Bakterien (Endotoxine) als gesundheitlich bedeutender Anteil der Bioaerosole zu nennen

(Thorne et al. 2009).  $\beta$ -1,3-D-Glucane sind eine der wichtigsten Gerüstsubstanzen der Zellwand von Schimmelpilzen. Als immunmodulierend wirkende Substanzen scheinen sie auch maßgeblich an der Auslösung verschiedener bioaerosolbedingter Erkrankungen des Respirationstraktes beteiligt (Samadi et al. 2013; Hauswirth u. Sundry 2004).

So ist es nicht verwunderlich, dass Bronchitis-Symptome unter der Landbevölkerung auffallend häufig sind, wobei sie oft unterdiagnostiziert und -therapiert sind (Neuberger et al. 1992). Generell ist die Tatsache, dass die Arbeit in der Landwirtschaft Gefahren für den Respirationstrakt mit sich bringt, seit über 450 Jahren bekannt (Olaus Magnus wies bereits 1555 darauf hin).

Seither wurde der Zusammenhang in zahlreichen epidemiologischen Untersuchungen bestätigt. So fanden z.B. Schirnhöfer et al. (2007) ein signifikant erhöhtes Risiko für chronisch obstruktive Lungenleiden (COPD) bei in der Landwirtschaft beschäftigten Personen. Dem scheinen auf den ersten Blick Befunde zu widersprechen (u.a. Stern et al. 2007; Braun-Fahrlander 2003), die bei Bauernkindern deutlich niedrigere Allergie- und Asthmaraten als bei deren Nachbarkindern fanden. Die sogenannte Hygienehypothese nimmt aber einen immunmodulierenden Effekt derzeit noch unbekannter Einflussfaktoren (Endotoxin ist eventuell nur ein sogenannter Proxy für das wirksame Agens) nur für eine kurze Zeitspanne kurz vor bis nach der Geburt an. Danach überwiegt der irritativ-toxische Wirkaspekt des Endotoxins (Ege et al. 2007). Auch der vor Allergien schützende Effekt nur bei sehr engem Kontakt zu tragen kommen. Schon die Nachbarn profitieren nicht mehr von der „Landluft“, sondern leiden eventuell an den toxisch-irritativen Effekten. Die „gesunde Landluft“ muss daher als Fehlinterpretation abgelehnt werden. Insgesamt sollte aus umweltmedizinischer Sicht dem Thema „Auswirkungen von Bioaerosolen auf die Gesundheit der Nachbarn von Tierställen“ vermehrte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Zur umweltmedizinischen Bewertung von Bioaerosol-Immissionen kann die VDI-Richtlinie 4250 Blatt 1 (2014) herangezogen werden. Wenig überraschend findet sich darin keine Aussage zu Dosis-Wirkungs-Zusammenhängen und folglich auch keine wirkungsbezogenen Richtwerte. Empfohlen wird aus Vorsorgegründen eine Orientierung an der jeweiligen Hintergrundbelastung. So wird eine Überschreitung der Hintergrundbelastung als „nicht erwünscht“ bezeichnet, ohne dass ein Gesundheitsrisiko quantifiziert wird. Wird die Hintergrundkonzentration überschritten, sind Emissionsminderungsmaßnahmen (unter der Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit) durchzuführen.

## **EXKURS: ANTIBIOTIKARESISTENZ**

Ein weiterer oft vernachlässigter Aspekt rund um die Intensivtierhaltung ist der massive Einsatz von Antibiotika, die damit verbundene Resistenzbildung und die Verbreitung antibiotikaresistenter Bakterien in die Umwelt. Es zeigte sich, dass in der Tierhaltung eingesetzte Antibiotika über die Gülle, aber auch durch Fliegen etc. in die Umwelt gelangen (z.B. Friese et al. 2013).

Da seit einigen Jahren bekannt ist, dass v.a. Menschen, die im direkten Kontakt mit Nutztieren arbeiten, von einem neu herausgebildeten MRSA-Stamm (Ia-MRSA; Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*) besiedelt werden können (Nadimpalli et al. 2014; RKI 2013), wird nun auch diskutiert, ob solche Erreger auch für die umliegende Bevölkerung ein Gesundheitsrisiko darstellen.

Deutsche Wissenschaftler (von Salviati et al. 2015; Friese et al. 2012) fanden bis zu 500 m entfernt von Schweine- und Mastgeflügelbeständen auf den Bodenoberflächen Tier-MRSA-Bakterien. Die Autoren halten auch ein Übertragungsrisiko für andere Tierbestände oder Anrainer in der Umgebung von Tierhaltungen für möglich.

## **5.2. Geruch: ein Risikofaktor für die Gesundheit?**

Verschiedene Studien belegen, dass AnrainerInnen von landwirtschaftlichen Schweinebetrieben häufig über körperliche Symptome und gesundheitliche Probleme klagen (Radon et al. 2007; Thu 2002; Wing u. Wolf 2000; Schiffman et al. 2000; Sidhu et al. 1997). Symptome wie Reizungen in der Nase, der Augen und im Hals, Verkühlung, Kurzatmigkeit, Heiserkeit, Benommenheit, Kopfweg, Übelkeit, Herzklopfen oder Stimmungsveränderungen werden häufig berichtet. Hinweise auf somatische Wirkungen von Geruchsbelastung konnten z.B. Steinheider und Mitarbeiter (1993) nachweisen. Sie fanden in ihrer Untersuchung Hinweise auf hormonelle Stresswirkungen von Umweltgerüchen. Shusterman (1992) berichtet über vermehrte Beschwerden wie Übelkeit, Durchfall, Augen-, Nasenschleimhaut- und Halsreizungen, Kopfweg und Kurzatmigkeit bedingt durch Gerüche, die von landwirtschaftlichen Aktivitäten hervorgerufen wurden (siehe dazu auch Kapitel 4.5).

Spezifische Personengruppen (Risikogruppen) sind durch Gerüche besonders betroffen. Bei Geruchsexposition kann es z.B. bei PatientInnen mit Bronchialasthma zur Verschlechterung des Zustandsbildes kommen (Haider et al. 1994). Herr et al. (2003b) untersuchten Anrainer von Kompostierbetrieben und fanden eine Korrelation zwischen be-

richteter Übelkeit und Geruchsbelästigung. Vermehrte Berichte über Atemnot und ähnliche Atemwegssymptome zeigten sich jedoch nur in jenen Fällen, wo auch die Keimbelastung im Wohngebiet erhöht war.

Bislang konnten allerdings keine organischen Gesundheitsschäden nachgewiesen werden, die direkt auf Geruchsimmissionen zurückzuführen sind (Shusterman 1992; Hangartner 1989; Lindvall u. Radford 1973, Sucker et al. 2006). Die in der Untersuchung über Atemwegserkrankungen und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens (NiLS-Studie) gefundenen Einschränkungen der Lungenfunktion dürften mit den sonstigen (= Bioaerosolen und nicht den geruchlichen) landwirtschaftlichen Emissionen im Zusammenhang stehen (Radon et al. 2005). Unabhängig vom Kontakt zur Landwirtschaft zeigte sich eine steigende Symptom- und Erkrankungsprävalenz sowie ein verminderter körperlicher und emotionaler SF-12-Score (der Short-Form-12-Kurzfragebogen dient der Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität) mit der selbstberichteten Geruchsbelästigung in der Wohnumgebung. Keine statistisch signifikanten Zusammenhänge fanden sich hingegen zwischen der subjektiven Geruchsbelästigung und den klinischen Befunden (Radon et al. 2005).

Insgesamt scheint für die Angabe von körperlichen Beschwerden die Bewertung von Gerüchen mitentscheidend zu sein. Dabei wird angenommen, dass aufgrund der entsprechenden Bewertung Belästigungs- und/oder Stressreaktionen hervorgerufen und so (langfristig) die körperlichen Symptome verursacht werden. Dies wird ausführlicher in Kapitel 4 dargestellt.

### **5.3. Gesundheit – Krankheit – Erholung – Gesundheitsförderung**

#### **GESUNDHEIT**

Der Gesundheits- und auch der Krankheitsbegriff sind in das jeweilig vorherrschende Denken eingebettet und unterliegen daher einem zeitlichen Wandel. Nähert man sich dem Begriff „Gesundheit“ zunächst von der Etymologie her an, so zeigt sich, dass das Wort „gesund“ ursprünglich „stark, kräftig“ bedeutete.

Die heute aktuelle und viel zitierte Definition von Gesundheit stammt aus der Gründungserklärung der Weltgesundheitsorganisation vom 22. Juni 1946. Darin wird Gesundheit folgendermaßen definiert: als „Zustand vollständigen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens und nicht nur das Freisein von Krankheit und Behinderung“. Diese sehr umfassende, zunächst einleuchtende Definition ist jedoch in der Pra-

xis schwer verwendbar, da auch beim „Gesunden“ Zustände völligen Wohlbefindens die Ausnahme darstellen.

Eine wesentliche Voraussetzung für Gesundheit sind nach jüngerer Auffassung intakte Regulationsmechanismen: Der Organismus kann sich mit Hilfe dieser Regulationsmechanismen an neue Anforderungen, die innerhalb der individuellen Bandbreite der Normalbelastung liegen, anpassen. Es kommt also zu einer Veränderung oder Reaktion des Organismus innerhalb der physiologischen Schwankungsbreite, ausgelöst durch einen externen Stimulus.

Ziel dieser Adaptation ist die Aufrechterhaltung der Funktion des Gesamtorganismus, wobei quasi die „funktionelle Reserve“ des Organismus bzw. des betroffenen Organsystems durch diese Anpassungsvorgänge geringer wird.

Bei Überschreitung des physiologischen Normbereiches (Belastungsgrenze) aufgrund von Belastung, die länger andauert oder hohe Intensität aufweist, kann es zu einer Überforderung/Erschöpfung der Regulationsmechanismen und zu entsprechenden, länger anhaltenden (noch reversiblen) Störungen und/oder Beeinträchtigungen des Organismus kommen. Der Übergang zu irreversiblen Veränderungen (Schäden) ist fließend und wird durch weitere Moderatorvariablen (z.B. genetische Suszeptibilität und konstitutionelle Faktoren) beeinflusst. Ab welchem Punkt in diesem Kontinuum von der (zumindest vorübergehend kompensierbaren) Belastung bis zur irreversiblen Schädigung von „Krankheit“ zu sprechen ist, unterliegt vielfachen Konventionen.

Im biologischen Sinne bedeutet daher Gesundheit, dass sich alle Organsysteme des menschlichen Körpers in einem physiologischen Gleichgewicht befinden und Regelkreise auf Belastung reagieren können. Das physische Wohlbefinden ist allerdings nicht isoliert zu betrachten, sondern ist eng mit dem psychischen, sozialen und kulturellen Wohlbefinden verbunden.

Der Begriff „Gesundheit“ überschreitet damit die Grenzen der rein physiologischen Betrachtungsweise und ist Ausdruck für das gesamte Wohlbefinden eines Individuums. Ein Mensch ist somit gesund, wenn sich sein Körper, seine Umwelt und seine Psyche im Gleichgewicht befinden.

Als gesundheitsrelevante Faktoren sind daher nicht nur chemische, physikalische oder biologische Faktoren der Umwelt zu betrachten, sondern im Sinne eines weit gefassten Umweltbegriffes auch psychische und soziale Bedingungen, mit denen wir in unserer Umwelt konfrontiert werden und die unsere Gesundheit, unser Wohlbefinden und Handeln negativ sowie positiv beeinflussen können.

Einen breiten Zugang zu Gesundheitsdeterminanten beweist auch die Europäische Kommission (Generaldirektion für Gesundheit und Konsumentenschutz, DG SANCO 2007), indem sie neben Lebensführung, sozioökonomischen Faktoren und der Umwelt auch genetische Aspekte anführt.

Zusammenfassend könnte Gesundheit als Synonym für die individuelle Anpassungsfähigkeit oder - anders gesagt - für die Fähigkeit betrachtet werden, sich selbst eine gute Lebensqualität, etc. zu erarbeiten, zu gestalten und zu bewahren. Dazu gehört aber auch, dass „die Gesellschaft, in der man lebt, Bedingungen herstellt, die all ihren Bürgern Gesundheit ermöglichen“ (WHO 1986). Wichtig für ein gesundes Leben sind zum Beispiel: erholsamer Schlaf, angemessene Ernährung, ein bereicherndes Sozial- und Gefühlsleben, soziale Integration sowie ausgeglichene wirtschaftliche Verhältnisse, welche die Befriedigung der persönlichen materiellen und kulturellen Bedürfnisse ermöglichen. Ein bekannter Satz aus der Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung (WHO 1986) lautet: „Gesundheit wird von den Menschen in ihrer alltäglichen Umwelt geschaffen und gelebt, dort wo sie spielen, lernen, arbeiten und lieben.“

Der prozesshafte Charakter von Gesundheit wurde in den letzten Jahrzehnten immer wieder betont (siehe z.B. Faltermaier 1994).

Insgesamt unterliegt die Definition von Gesundheit neben dem jeweiligen Stand der medizinischen Wissenschaft auch den technischen, religiösen, philosophischen, psychologischen, gesellschaftlichen oder gesellschaftspolitischen Normen einer Zeit. Dabei darf nicht außer Acht gelassen werden, dass „Gesundheit“ auch immer subjektiv empfunden wird und diese subjektiven Gesundheitsvorstellungen einer Person von großer Bedeutung für die Erhaltung ihrer Gesundheit sind.

## **KRANKHEIT**

Über die Krankheit haben Ärzte, Philosophen, Theologen, Juristen, usw., Vertreter des Staates und der Kirchen und natürlich auch die Kranken selbst und ihre Angehörigen seit jeher gesprochen und nachgedacht.

In der letzten Ausgabe (2014) des wichtigsten medizinischen Nachschlagewerkes (Pschyrembel - Klinisches Wörterbuch) wird Krankheit als „Störung der Lebensvorgänge in Organen oder im gesamten Organismus mit der Folge von subjektiv empfundenen bzw. objektiv feststellbaren körperlichen, geistigen bzw. seelischen Veränderungen“ beschrieben. In medizinischen Lehrbüchern findet sich u.a. folgende Definition: „Krankheit ist eine Störung der Lebensvorgänge, die den Gesamtorganismus oder seine Teile so

verändert, dass das betroffene Individuum subjektiv, klinisch oder sozial hilfsbedürftig wird.“

Aus biologischer Sicht werden daher Krankheiten oft nur als Antwort des Organismus auf eine Schädigung verstanden, „die nicht durch Überlagerung neuer Strukturen und Funktionen, sondern durch quantitative Veränderungen bereits bestehender Reaktionswege zustande kommen“ (Riede et al. 2004).

Trotz dieser Begriffserklärungen ist nach wie vor das Problem einer exakten Abgrenzung von Gesundheit und Krankheit evident. So schreibt Rüdiger (2005): „Das gegenwärtige Dilemma der Medizin ist, dass sie das nicht zu sagen weiß! Deshalb gilt im allgemeinen Bewusstsein, wenn auch unausgesprochen, Krankheit einfach als Negation von Gesundheit, denn die ist ja definiert. Krank gilt uns, wer sich nicht wohl fühlt, warum auch immer. Da gibt es das natürliche Nachlassen der Kräfte und Fähigkeiten im Alter. Die Ausdauer lässt nach, Gedächtnis, Gehör, Beweglichkeit, Potenz und Sehschärfe. Krankheiten? Schließlich bezahlt die Krankenkasse die Lesebrille. Was ist mit Übergewicht bei Menschen, die zu viel essen? Luftnot beim Treppensteigen bei denen, die von körperlicher Bewegung nichts halten? Husten bei Rauchern und Karies bei Menschen ohne Zahnbürste? Vorhersehbare Folgen selbst gewählten Verhaltens, sind das auch Krankheiten?“

Von Anfang an bereitete die exakte Definition von „Krankheit“ Schwierigkeiten<sup>3</sup>. So kann Krankheit aus metaphysischer (Krankheit in ihrer Abhängigkeit von übermenschlichen Wesenheiten), philosophischer, naturalistischer (Krankheit als Naturerscheinung und Gegenstand der Erfahrung) sowie aus psychosomatischer, anthropologischer und soziokultureller Sicht (Kritik an einer einseitigen, rein somatisch-biologischen Betrachtungsweise von Krankheit) betrachtet werden.

Die Schwierigkeiten eine Definition zu finden, ergibt sich daraus, dass Krankheit oft einfach als Gegenteil von Gesundheit verstanden wird. Hier einige Beispiele für Ansätze der Begriffserklärung:

- Iwan Pawlow (1849-1936) sah die Krankheit seinerzeit als ein Ergebnis von anormalen Umweltwirkungen, gefolgt von einer Reaktion des Organismus unter Vereitelung von dessen Verteidigungsmaßnahmen (Sirotinine 1957): „Was bedeutet ein pathologischer Zustand? Es ist die Begegnung, das Zusammentreffen des Organismus mit

---

<sup>3</sup> In der Medizin setzt die Bemühung um eine Definition der Begriffe in dem Moment ein, in dem die Heilkunde eine systematisch lehrhafte Form erhielt. Das versuchte erstmals Galenus in Rom (starb ca. 201 n. Chr.). Man musste sich klarwerden, worüber man sprach, was zu erklären, zu behandeln war.

einer bestimmten außergewöhnlichen Bedingung, oder besser mit einer anormalen Intensität alltäglicher Bedingungen.“

- Claude Bernard (1925) hat Krankheit als Störung des physiologischen Gleichgewichts des Organismus, die durch physikalisch-chemische Veränderungen der Gewebe gekennzeichnet ist, definiert.
- Ostroumov behauptete (Petrov 1958), „Krankheit ist eine Unordnung im normalen Leben des Menschen, die auf seine Existenzbedingungen in der Umwelt zurückgeht.“

Wichtig wäre auch, dass sich die Umweltmedizin vermehrt Fragen der sogenannten Salutogenese widmet. Auf welche Weise bleiben Menschen (relativ) gesund? Welche Ressourcen haben sie, um ihre Gesundheit zu erhalten - trotz Belastungen und Belästigungen? Wie sieht erfolgreiches Coping (siehe dazu Kapitel 4.5) aus? Welche Rolle spielen umweltbezogene Erholungsfaktoren bei der Erhaltung und Förderung der Gesundheit?

## **ERHOLUNG UND GESUNDHEITSFÖRDERUNG**

Erholung und Ruhe sind für den menschlichen Organismus essentiell. Biologisch gesehen kommt es in diesen Phasen zur Erneuerung sowie zum Ersatz von Zellen und Geweben. Darüber hinaus stellt die psychische Regeneration einen wesentlichen Eckpunkt der Erholung dar. Die Erholungsvorgänge tragen zur Wiederherstellung menschlicher Leistungsfähigkeit bei. Unter „Erholung“ kann daher der „Prozess des Wiedererlangens psychischer und physischer Aktiviertheit und dem entsprechenden Verhaltensrepertoire verstanden werden (Dorsch 2014).

Zur Begriffserklärung kann auch folgende Definition herangezogen werden: „Erholung ist die Rückgewinnung verbrauchter körperlicher oder psychischer Kräfte durch Schlaf, Ruhe und Ausgleichstätigkeiten (Freizeit, Urlaub). Weites kann darunter auch die Rückbildung einer v.a. krankheitsbedingten Schädigung des Organismus oder einzelner Organe durch therapeutische Maßnahmen (z.B. Kuren) verstanden werden“ (Universal Lexikon Online).

Heute wird Erholung nicht mehr als rein passives Konzept („nichts tun“, „nicht arbeiten“) begriffen, sondern „als ein aktiv gestalteter Prozess, der auf eine Beanspruchung folgt und Handlungsvoraussetzung für die nächste Beanspruchungsphase ist“. Erholung ist so zugleich Kompensation einer Belastung und Prävention für die nächste Belastungs-

phase und damit eine wichtige Ressource, um Belastungen auszugleichen und vorzubeugen (Gatt et al. 2002).

Aus umweltmedizinischer Sicht ist festzuhalten, dass die Bedeutung der abendlichen sowie der sonntäglichen Erholung für die Gesundheitserhaltung bzw. -förderung heute bisweilen unterschätzt wird. Damit sind Aspekte der Erholungswirkung auch in medizinischen Beurteilungen von Geruchsimmissionen vermehrt zu berücksichtigen.

Gesundheitsförderung stellt neben Therapie und Prävention eine wesentliche Säule in der Medizin dar. In der Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung der WHO heißt es dazu (1986): „Gesundheitsförderung zielt auf einen Prozess, allen Menschen ein höheres Maß an Selbstbestimmung über ihre Gesundheit zu ermöglichen und sie damit zur Stärkung ihrer Gesundheit zu befähigen. Um ein umfassendes körperliches, seelisches und soziales Wohlbefinden zu erlangen, ist es notwendig, dass sowohl Einzelne als auch Gruppen ihre Bedürfnisse befriedigen, ihre Wünsche und Hoffnungen wahrnehmen und verwirklichen sowie ihre Umwelt meistern beziehungsweise verändern können“.

Folglich besteht das ärztliche Handlungsspektrum aus der „Heilung“ und der Verhütung von Krankheiten ebenso wie der Förderung von Gesundheit. Um das Konzept der Gesundheitsförderung umzusetzen, ist eine starke Orientierung der Medizin auf die Gestaltung der gesundheitsrelevanten Faktoren und Umweltbedingungen erforderlich.

## **5.4. Zusammenfassung**

In diesem Kapitel werden die zahlreichen Aspekte des Themas „Gerüche aus der Nutztierhaltung und Gesundheit“ dargestellt. Zudem wird der durchaus nicht trivialen Frage nachgegangen, wie Gesundheit, Krankheit, etc. eigentlich am besten zu definieren sind.

## 6. MESSEN VON GERÜCHEN

Umwelthygienische Beurteilungen von Geruchimmissionen basieren ebenso wie andere Umwelteinwirkungen wie z.B. Lärm auf den entsprechenden technischen Unterlagen, die die jeweilige Immissionssituation mittels Messungen und/oder Berechnungen darstellen.

Im Folgenden geben wir einen kurzen Überblick über die Möglichkeiten der Erfassung einer Geruchsbelastung, da es auch aus ärztlicher Sicht sinnvoll ist, sich mit den Grundlagen der verschiedenen Verfahren vertraut zu machen.

Es ist bereits an dieser Stelle hervorzuheben, dass eine Zusammenarbeit von technischem und ärztlichem Sachverständigen aufgrund der oft komplexen Gegebenheiten erfahrungsgemäß sehr zweckmäßig ist und das Verfahren erleichtert.

Geruch ist keine Eigenschaft einer chemischen Verbindung, sondern eine Wahrnehmung des Menschen. Bisher stehen keine technischen Verfahren zur Verfügung um Geruch ohne Zuhilfenahme der Wahrnehmung des Menschen zu messen. In diesem Kapitel werden die Methoden behandelt, die sich mit der Quantifizierung des Geruchs beschäftigen. Darunter werden nicht nur messtechnische Verfahren, sondern auch Verfahren der empirischen Sozialwissenschaften und der Umweltpsychologie verstanden.

### 6.1. Geruchsintensität und Hedonik

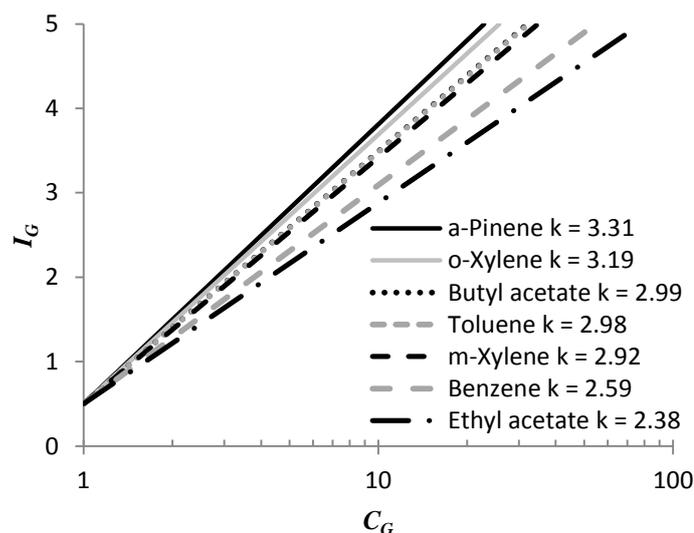
Gerüche in der Umwelt werden vom Menschen durch die Geruchsintensität und die Geruchsqualität (Hedonik) charakterisiert. Beide Größen sind messtechnisch ohne Zuhilfenahme der Geruchswahrnehmung nicht erfassbar.

Die Geruchsintensität ist direkt mit Geruchsstoffkonzentration  $C_G$  (Geruchseinheit GE/m<sup>3</sup>) bzw. der Konzentration eines einzelnen Geruchsstoffes  $C$  (mg/m<sup>3</sup>) verknüpft. Aus der Konzentration  $C$  ergibt sich die entsprechende Geruchsstoffkonzentration durch die Geruchsschwellenkonzentration  $C_{GS}$  (mg/m<sup>3</sup>) (Wahrnehmungsschwelle). Dazu wird mit Hilfe der Geruchsstoffkonzentration der Wahrnehmungsschwelle  $C_{G0} = 1$  GE/m<sup>3</sup> aus der Geruchsschwellenkonzentration  $C_{GS}$  (mg/m<sup>3</sup>) die geruchsäquivalente Masse  $m_G = C_{GS} / C_{G0}$  berechnet. Die geruchsäquivalente Masse  $m_G$  (mg/GE) hat dieselbe Maßzahl wie die Geruchsschwellenkonzentration  $C_{GS}$  (mg/m<sup>3</sup>), nur die Maßeinheit un-

terscheidet sich. Die Geruchskonzentration  $C_G$  (GE/m<sup>3</sup>) eines einzelnen Geruchsstoffes lässt sich dann aus der Konzentration  $C$  (mg/m<sup>3</sup>) und der geruchsäquivalenten Masse  $m_G$  (mg/GE) durch  $C_G = C / m_G$  berechnen.

Unter der Verwendung des Weber-Fechnerschen Gesetztes ergibt sich durch eine lineare Beziehung aus der Geruchsstoffkonzentration  $C_G$  die Geruchsintensität  $I_G$  (Nicolai et al. 2000; Sarkar and Hobbs 2002)  $I_G = k \log C_G + 0.5$ .

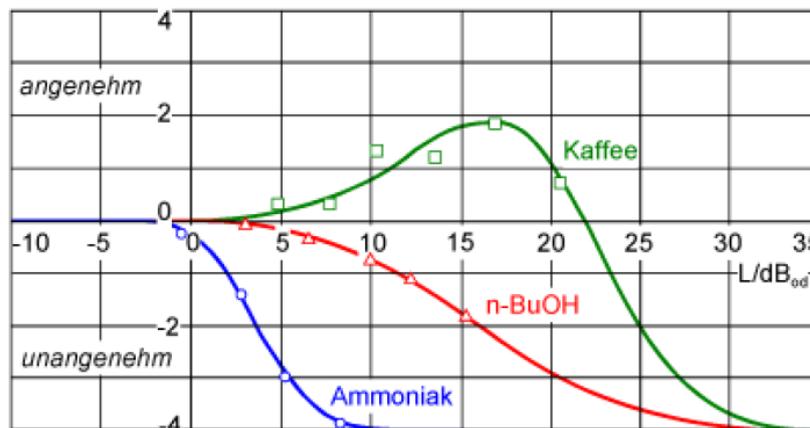
Die Intensität  $I_G$  kann in verschiedenen Skalen abgebildet werden, die zumeist zwischen 5 und 9 Intensitätsstufen bis hin zu 13 Stufen haben können (Reinbach et al. 2011; Yu et al. 2010). Die VDI 3882 Blatt 1 (1992) verwendet ein sechsstufige Skalierung mit den Bezeichnungen 0 kein Geruch, 1 sehr schwach, 2 schwach, 3 deutlich, 4 stark, 5 sehr stark und 6 extrem stark. Um eine besser reproduzierbare Zuordnung von Geruchsstoffkonzentration zu den Intensitätsstufen zu erreichen, werden die Probanden mit vorgegebenen Konzentrationen von n-Butanol trainiert (McGinley u. McGinley 2000). In Abbildung 14 ist der Zusammenhang für einige chemische Substanzen dargestellt, wobei auch die jeweiligen Steigungen (Weber-Koeffizient)  $k$  angegeben werden. Nicht nur für einzelne Geruchsstoffe, sondern auch für Geruch, der sich aus eine Vielzahl von Substanzen (Stallungen [Abb. 11], Kläranlagen, Industriebetriebe etc.) zusammensetzt, unterschieden sich die Weber-Koeffizienten deutlich (Piringer u. Schauburger 2013), wobei dabei auf die Anzahl der Intensitätsstufen bei der verwendeten Skala geachtet werden muss.



**Abb. 14:** Zusammenhang zwischen der Geruchsintensität  $I_G$  mit 5 Intensitätsstufen und der Geruchskonzentration  $C_G$  (GE/m<sup>3</sup>) für 7 Einzelsubstanzen (modifiziert nach Wu et al. 2015).

Jener Punkt auf dieser Dosis-Wirkungsbeziehung, bei der die Geruchsstoffkonzentration die Wahrnehmungsschwelle  $C_G = 1 \text{ GE/m}^3$  erreicht, wird für eine messtechnische Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration herangezogen (Kap. 6.2).

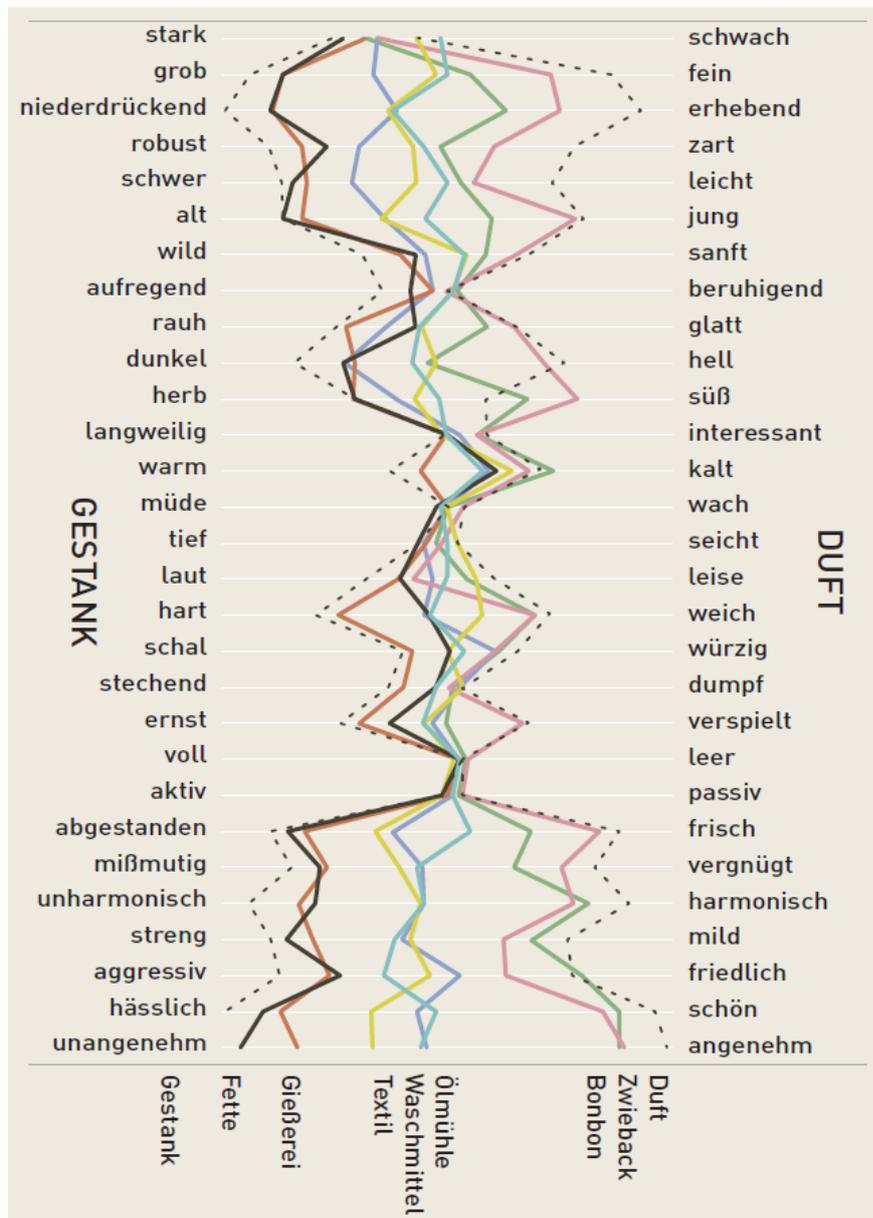
Neben der Geruchsintensität ist die hedonische Geruchswirkung (Hedonik) ein wichtiges Kriterium für die Beschreibung einer Geruchswahrnehmung. Die angenehm-unangenehm-Qualität (Hedonik) ist primär eine Stoffeigenschaft, die durch individuelle Erfahrungen modifiziert werden kann. Die Hedonik kann durch eine symmetrische Skala zwischen -4 (äußerst unangenehm) über 0 (weder angenehm noch unangenehm) bis +4 (äußerst angenehm) beurteilt werden. Die hedonische Geruchswirkung ist auch von der Geruchsintensität abhängig. Bei steigenden Konzentrationen werden auch jene Gerüche, die grundsätzlich als angenehm empfunden werden als zunehmend unangenehm empfunden (z.B. Kaffee, siehe Abb. 15).



**Abb. 15:** Zusammenhang zwischen dem Geruchspegel  $L$  als Maß für die Intensität (in  $dB_{0d}$ ,  $L = 10 \log C_{0D}$ ) und der hedonische Geruchswirkung auf einer symmetrischen Skala zwischen -4 und +4 (VDI 3882 Blatt 2, 1994) (aus Bitter et al. 2004). ( $C_{0D}$ : Geruchsstoffkonzentration)

Die Beurteilung anhand eines Polaritätenprofils (GIRL 2008; VDI 3940/Blatt 4 2010) stellt die zweite Methode dar und basiert auf assoziativen Zuordnungen von Probanden. Das Polaritätenprofil der GIRL besteht aus 29 gegenteiligen Adjektiv-Wortpaaren (z.B. schwach - stark, laut - leise). Die Befragten werden aufgefordert sich einen kognitiven Geruchsreiz in der Dimension von *Gestank* (sehr unangenehm) und *Duft* (sehr angenehm) vorzustellen und die Profile zu den beiden Konzepten intuitiv und zügig zu beantworten. Danach wird der reale Geruchsreiz des zu untersuchenden Anlagegeruchs dargeboten und mit Hilfe des Profils bewertet. Somit entsteht ein Urteilsprofil, dessen Ähnlichkeit mit den Konzeptprofilen *Gestank* und *Duft* verglichen werden kann. Dies ermöglicht eine quantitative Analyse der subjektiven Bedeutung von Begriffen und Vorstellungen (Sucker 2004). Abbildung 16 zeigt, dass Zwieback- und Bonbongerüche als angenehm (nahe dem Konzeptgeruch *Duft*), die Ölmühlen-, Waschmittel- und Textilgerü-

che als neutral bis eher unangenehm und die Gießerei- und Fettgerüche als unangenehm (nahe dem Konzeptgeruch *Gestank*) eingestuft werden.



**Abb. 16:** Darstellung von sieben unterschiedlichen Anlagengerüchen anhand des Polaritätenprofils. Die beiden kognitiven Geruchsreize *Gestank* (sehr unangenehm) und *Duft* (sehr angenehm) dienen als Referenz (aus: Sucker 2008).

Diese Methodik wurde von Sucker u. Hangartner (2012) als gültig und zuverlässig zur Bewertung von Geruchsstoffen hinsichtlich der Hedonik beurteilt. Die empfohlene Gruppengröße, um ein stabiles Profil zu erhalten liegt bei acht Probanden. Das Alter und das Geschlecht sind nicht relevant für die Profilauswertung.

Dieses Verfahren wird in der GIRL (2008) herangezogen, um die hedonische Qualität von Anlagengerüchen zu bestimmen.

## 6.2. Immissionsprognose

Die Messung der Geruchsstoffkonzentration erfolgt durch Verdünnung einer Luftprobe mit Neutralluft und der Bestimmung jener Verdünnung, bei der 50 % der Probanden einen Geruch wahrnehmen (Wahrnehmungsschwelle). Die Verdünnung erfolgt mit olfaktometrischen Verfahren (ASTM E679 - 04 2011; EN 13725 2003; Iwasaki et al. 1978). Die Geruchsstoffkonzentration wird als Konzentration angegeben, wobei eine äquivalente Masse verwendet wird, die eine Geruchswahrnehmung auslöst. Diese äquivalente Masse wird als Geruchseinheit GE (odour unit, ou) angegeben. Die notwendige Masse eines einzelnen Geruchsstoffes wird durch seine Wahrnehmungsschwelle festgelegt (z.B. beträgt die geruchsäquivalente Masse für n-Butanol (CAS-Nr. 71-36-3)  $1 \text{ GE} = 123 \mu\text{g}$ , wobei dies als europäische Referenzgeruchsmasse (EROM) bezeichnet wird). Wenn diese geruchsäquivalente Masse in einem Kubikmeter Luft verteilt wird, dann entspricht diese Konzentration der Wahrnehmungsschwelle.

Die erweiterte Messunsicherheit (95 % Konfidenzintervall) liegt bei olfaktometrischen Messverfahren etwa beim Faktor 4 (Boeker u. Haas 2007), die Wiederholgenauigkeit beim Faktor 3 (Klarenbeek et al. 2014). Das bedeutet, dass eine gemessene Geruchsstoffkonzentration von  $1000 \text{ GE/m}^3$  ein Messunsicherheitsintervall zwischen 250 und  $4000 \text{ GE/m}^3$  aufweist. Die untere Nachweisgrenze liegt etwa bei  $10 \text{ GE/m}^3$ .

Neben der Geruchsstoffkonzentration können mit olfaktometrischen Verfahren durch überschwellige Darbietung auch die Hedonik und die Geruchsintensität des Geruchs bestimmt werden. Für einzelne Geruchssubstanzen kann bei bekannter Konzentration  $C$  ( $\text{mg/m}^3$ ) auch die Geruchsschwellenkonzentration (Geruchswahrnehmung) gemessen und daraus die geruchsäquivalente Masse  $m_G$  ( $\text{mg/GE}$ ) bestimmt werden.

Vergleicht man die Geruchsstoffkonzentration aus der Geflügel- und Schweinehaltung (Kapitel 4.8 Abb. 11) mit der Geruchsintensität, so erkennt man, dass eine Geruchsstoffkonzentration von  $C_G = 10 \text{ GE/m}^3$  eine Geruchsintensität von etwa 2 (schwach) bis 3 (deutlich) und  $C_G = 100 \text{ GE/m}^3$  für Geflügel die Geruchsintensitätsstufe 5 (sehr stark) und für Schweine zwischen 3 (deutlich) und 4 (stark) ergibt.

## 6.3. Messung der Geruchsbelästigung

Nach der Freisetzung eines Geruchsstoffes in der Atmosphäre und der daran anschließenden Verdünnung und Ausbreitung ergibt sich die Geruchsstoffkonzentration an einem vorgegebenen Ort (Aufpunkt) als Immission. Die Immissionskonzentration kann in

vielen Fällen aufgrund der Nachweisgrenze von etwa 10 GE/m<sup>3</sup> von olfaktometrischen Messmethoden nicht direkt bestimmt werden. Weiters wird die Immissionskonzentration zumeist zur Beurteilung der Exposition von Anrainern herangezogen. Dafür muss über einen Zeitraum von etwa einem Jahr die Immission als Zeitreihe vorliegen. Daher wird die Immissionskonzentration für beliebige Aufpunkte durch Ausbreitungsmodelle berechnet.

Für diese Modellrechnungen muss die Quellstärke bekannt sein sowie die meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie die Stabilität der Atmosphäre (vertikale Durchmischung). Das Ergebnis der Ausbreitungsberechnung sind Mittelwerte der Immissionskonzentration. Bei der Verwendung von Stundenmittelwerten der meteorologischen Parameter ergeben sich die berechneten Immissionskonzentrationen auch als Stundenmittelwerte.

Für die landwirtschaftliche Nutztierhaltung wurden in einigen Ländern (Österreich, Deutschland, Belgien, Schweiz, USA etc.) vereinfachte Richtlinien entwickelt. Diese empirischen Verfahren inkludieren die gesamte Kette beginnend bei der Geruchsemission des Stalles bis zur Bestimmung von Schutzabständen.

## **GERUCHSSTOFFEMISSION**

Die Geruchsstoffemission  $E$  (GE/s) kann einerseits messtechnisch über die Messung der Emissionskonzentration des Geruchsstoffes oder durch Abschätzung auf der Basis von Emissionsfaktoren erfolgen. Insbesondere bei Quellen mit stark veränderlichen Emissionskonzentrationen (z.B. landwirtschaftliche Tierhaltung) hat die Messung große Unsicherheiten, da die unterschiedlichen Prädiktoren zumeist nicht bekannt sind. Weiters kann für die Planung von Neu- und Umbauten nicht auf Messungen zurückgegriffen werden. In diesen Fällen wird mit Emissionsfaktoren gearbeitet.

Die Emissionsmessung von gefassten Quellen (z.B. Abluftkamine) und aktiven Flächenquellen (z.B. Biofilter) bedingt einerseits die Messung des Volumenstroms der Fortluft  $V$  (m<sup>3</sup>/s) und andererseits die Geruchsstoffkonzentration  $C_G$  (GE/m<sup>3</sup>). Der Geruchsstoffstrom  $E$  (GE/s) ergibt sich dann aus  $E = V C_G$ . Die Prädiktoren der Emission sind oft vielfältig und abhängig von Umweltbedingungen und der Geruchsquelle. So ist z.B. bei landwirtschaftlichen Nutztieren die Geruchsstofffreisetzung von der Stalltemperatur, dem Volumenstrom der Lüftungsanlage und von der Tageszeit und der dadurch bedingten Tieraktivität abhängig (Schauberger et al. 2013a). Bei industriellen Quellen sind oft prozessbedingte Prädiktoren wie z.B. Wochenende/Arbeitstage, Arbeitszeit und um-

weltbedingte Faktoren (Windgeschwindigkeit und Lufttemperaturen) relevant (Schauberger et al. 2007). Daher wird oftmals die Geruchsstoffemission mit Hilfe von Emissionsfaktoren bestimmt.

Die Emissionsfaktoren werden je nach Art des Emittenten in Form von spezifischen Emissionsfaktoren angegeben. Die spezifischen Emissionsfaktoren können sich auf die emittierende Fläche beziehen ( $\text{GE s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ), bei Produktionsprozessen auf die produzierte Masse ( $\text{GE s}^{-1} \text{kg}^{-2}$ ) oder bei Aggregaten auf die Leistung ( $\text{GE s}^{-1} \text{W}^{-2}$ ). Bei landwirtschaftlichen Nutztieren können sich die spezifischen Emissionsfaktoren auf das Einzeltier, die Lebendmasse (in Form der Großvieheinheit 1 GV = 500 kg) oder die Stallfläche beziehen.

Bei industriellen Quellen wird oftmals aus den chemischen Konzentrationen  $C$  der einzelnen Geruchsstoffe die Geruchsstoffemission der Abluft bestimmt (Wu et al. 2015b). Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die Konzentrationen kontinuierlich in Form einer Zeitreihe zur Verfügung stehen. Im einfachsten Fall wird mit Hilfe der geruchsäquivalenten Masse  $m_G$ , die aus der Wahrnehmungsschwelle bestimmt wird die Geruchskonzentration der Einzelsubstanzen bestimmt (odour activity value, Capelli et al. 2013; Parker et al 2012). Unter der Annahme, dass sich die Geruchsstoffe additiv verhalten, wird die Geruchskonzentration aller Substanzen aus der Summe der Einzelsubstanzen  $C_G = \sum C_{G,i}$  bestimmt. Unter Einbeziehung des Weber-Koeffizienten  $k$  (Steigung des linearen Zusammenhangs zwischen Geruchskonzentration und Intensität) kann die Geruchsstoffkonzentration aller Geruchsstoffe unter der Einbeziehung der Intensitätsempfindlichkeit der Geruchswahrnehmung berechnet werden (Kim u. Park 2008; Wu et al. 2015b).

## **AUSBREITUNGSMODELLE**

Im Bereich der Luftreinhalte ist eine Vielzahl von Ausbreitungsmodellen in Verwendung, wobei in Genehmigungsverfahren zumeist Gauß- und Lagrangemodelle zum Einsatz kommen (Piringer u. Schauburger et al. 2013). Im Gegensatz zu den CFD (Computational Fluid Dynamics)-Modellen lösen diese beiden Ansätze nicht unmittelbar die Bewegungsgleichungen, sondern parametrisieren die physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre.

Die Gaußmodelle sind für den Nahbereich bis etwa 5 km für stationäre Emissionen geeignet. Das Terrain muss eben sein, wobei die Rauigkeit nicht berücksichtigt wird. Das Windfeld ist für das gesamte Ausbreitungsgebiet nur durch eine einzige meteorologi-

sche Station repräsentiert. Daher werden auch keine orographischen Modifikationen des Windfeldes berücksichtigt. Beispiele für Gaußmodelle sind das britische ADMS, das Modell der US-EPA AERMOD und das Austrian Odour Dispersion Model (AODM, (Piringer et al. 2007; Schauburger et al. 2001), das auf dem österreichischen Gaußmodell basiert (ÖNORM M 9440 1996).

Bei Lagrangemodellen besteht die Abgasfahne aus einzelnen Luftpaketen, die in Raum und Zeit durch einen Random-Walk-Prozess modelliert werden. Dafür ist ein dreidimensionales Windfeld notwendig, für das auch die Turbulenz bekannt sein muss. Daher ist dieser Modelltyp für orographisch modifiziertes Gelände geeignet. Beispiele für Lagrangemodelle sind das LASAT (Janicke Consulting 2011) bzw. das daraus abgeleitete AU-STAL2000 (<http://www.austal2000.de>) und das GRAL (Pongratz u. Öttl 2014).

Für alle Ausbreitungsmodelle müssen die notwendigen meteorologischen Messdaten zur Verfügung stehen. Im Wesentlichen sind das Windrichtung und Windgeschwindigkeit sowie die Stabilität der Atmosphäre. Die Stabilität der Atmosphäre wird durch Stabilitätsklassen beschrieben. Die unterschiedlichen Ausbreitungsmodelle verwenden zumeist eigene Stabilitätsklassen, die nur bedingt vergleichbar sind (Piringer et al. 2015). Zur Berechnung der Windfelder für Lagrangemodelle sind zusätzlich auch digitale Geländemodelle notwendig. Die meteorologischen Messdaten liegen als Halbstunden- oder Stundenmittelwerte vor und müssen zumindest über einen Zeitraum von 1 Jahr zur Verfügung stehen. Die berechneten Immissionskonzentrationen liegen in der gleichen zeitlichen Auflösung wie die Eingangsdaten vor. Für jeden berechneten Aufpunkt steht damit eine Zeitreihe mit den Immissionskonzentrationen zur Verfügung.

Die Ausbreitungsmodelle werden zumeist umfangreich validiert. Bei geeigneter Wahl des Ausbreitungsmodells kann daher angenommen werden, dass die berechneten mittleren Immissionskonzentrationen für die Beschreibung der Geruchsexposition geeignet sind.

## **EXKURS: Gerüche in der Nutztierhaltung, Beurteilungspraxis in der Steiermark**

Die seit dem Jahr 1995 in Österreich angewandte *Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen* (VRL) (Hrsg. BM f. Umwelt) hat aufgrund ihres Alters und den damals zugrundegelegten Haltungsformen und Stalltechniken stark an Bedeutung verloren. Die VRL kann mittlerweile als nicht mehr zeitgemäß

angesehen werden und liefert für die erforderlichen Verfahren (Bauverfahren, UVP-Verfahren etc.) keine adäquaten Ergebnisse mehr.

Mit der alleinigen Ermittlung von Schutzabständen wurde in der Beurteilungspraxis schon längst kein Auslangen gefunden. Unter Zuhilfenahme fachlicher Ergänzungen aus den VDI-Richtlinien 3471 und 3472 wurden seit Mitte der 2000er Jahre Begriffe wie Geruchsschwellen und Belästigungsgrenzen in die Beurteilung eingebaut, die letztendlich den medizinischen Sachverständigen eine bessere Beurteilungsgrundlage bieten sollten, ohne jedoch als Ergebnis Jahresgeruchsstunden zu entsprechenden Geruchsschwellen anbieten zu können.

Weiters hat sich aus der Praxis ergeben, dass die meisten Geruchs-Beschwerdefälle im unmittelbaren Nachbarschaftsbereich von Tierhaltungsbetrieben auftreten, insbesondere in einer Entfernung von <100 Meter zu den landwirtschaftlichen Geruchsquellen hin. Die VRL als auch die geplante Nachfolge-Richtlinie und die damit verknüpfte vereinfachte Ausbreitungsrechnung können darauf nur bedingt und unzureichend Bezug nehmen. Ebenso können die in der Praxis relevanten kumulierenden Effekte benachbarter Tierhaltungsbetriebe nicht behandelt werden. Diese sind sowohl in den Bauverfahren als auch im UVP-Verfahren als Fragestellung von Relevanz.

Mittlerweile haben sich in Österreich Ausbreitungsmodelle wie AUSTAL2000, LASAT, GRAL etc. weiterentwickelt und in der Geruchprognose etabliert. Die diversen Modelle können wesentliche Details wie topografische Effekte, Gebäudeeinflüsse, Kaltluftabflüsse, unterschiedliche Quellhöhen etc. berücksichtigen. So weist auch der *Leitfaden UVP für Intensivtierhaltung* des Lebensministeriums (2011) darauf hin, dass als erster Schritt die VRL angewendet werden kann und in kritischen Fällen (das sind nun die meisten der Fälle) eine tiefergehende Beurteilung - beispielsweise eine Ausbreitungsrechnung gemäß GIRL - durchzuführen ist. Damit stellt auch der Leitfaden eine detaillierte Ausbreitungsrechnung klarerweise über einfachere Verfahren. In der Praxis hat sich mittlerweile ergeben, dass praktisch ausnahmslos Ausbreitungsrechnungen durchgeführt werden, da die Rechenzeiten mittlerweile in einem für die Praxis vertretbaren Rahmen liegen.

Ein ganz wesentlicher Unterschied zur bislang verwendeten VRL ist die Ermittlung der Geruchsemissionen auf Basis der VDI 3894 Bl. 1 wobei die Quellstärken in GE/s angegeben werden. Die VRL hatte als Grundlage zur Abstandsermittlung eine dimensionslose Geruchszahl G. Die Emissionsfaktoren der VDI-Richtlinie 3894 Bl. 1 und 2 decken alle heute relevanten Haltungsformen und Stalltechniken ab und beinhalten auch Emissionsfaktoren für Ammoniak und Staub (Gesamtstaub und PM<sub>10</sub>-Fraktion). Zusätzlich gibt

sie noch Hinweise auf Minderungspotenziale von diversen Fütterungs- und Haltungsverfahren bzw. auf mögliche positive Auswirkungen baulicher Ausführungen in der Stallgestaltung.

Seitens der medizinischen Sachverständigen haben sich zwei wesentliche Beurteilungskriterien in der Begutachtung etabliert:

- a) Die in Deutschland nach der GIRL 2008 angewandten Geruchshäufigkeiten von 10, 15 und 20 % in Abhängigkeit von der Flächenwidmung bei einer Geruchsschwelle von 1 GE/m<sup>3</sup> und
- b) jene auf Basis der „Technischen Grundlage Gerüche“ des BMWFJ (2009), wobei bei einer Geruchsschwelle von 3 GE/m<sup>3</sup> Häufigkeiten von 3 % an Jahresgeruchsstunden (JGS) bzw. bei einer Geruchsschwelle von 1 GE/m<sup>3</sup> von 8 % an JGS relevant sind.

Genau die Hervorbringung von Ergebnissen auf Basis von Geruchsstunden (Jahresgeruchsstunden) in Verbindung mit einer definierten Geruchsschwelle werden mittlerweile seitens der Behörden im Rahmen von Verfahren nach dem Stmk. BauG 2008 bzw. dem UVP-G 2000 erwartet. Diese Grundlage können derzeit nur Ausbreitungsmodelle bzw. Geruchsbegehungen erbringen. Für die nachfolgende umweltmedizinische Beurteilung einer Geruchsbelastung stellen die auf diese Weise ermittelten Jahresgeruchsstunden einen wesentlichen Bestandteil dar.

Während in den vergangenen Jahrzehnten Gaußmodelle zum Einsatz kamen, können heute Lagrangesche Partikelmodelle oft in Kombination mit mikro- oder mesoskaligen Eulerschen Strömungsmodellen als Stand der Technik angesehen werden. In Deutschland wurde das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000G rechtlich in die GIRL festgeschrieben. In Österreich gibt es dazu keine rechtlich verbindlichen Verweise. Daher obliegt es den immissionstechnischen Sachverständigen eine geeignete Methode der Geruchsbeurteilung durchzuführen. Da in Österreich derzeit keine rechtlichen Einschränkungen hinsichtlich der anzuwendenden Modelle bzw. Methoden existieren, muss bei der Gutachtenserstellung ein besonderes Augenmerk auf qualitätssichernde Maßnahmen gelegt werden. Richtlinien hierfür sind beispielsweise die Technische Grundlage zur Qualitätssicherung in der Luftschadstoff-Ausbreitungsrechnung (BMWFJ 2012) oder die VDI-Richtlinie 3783-9 (2005).

#### **Literatur:**

VDI (2005): Richtlinie 3883, Blatt 9. Umweltmeteorologie: Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, Düsseldorf, November 2005.

BMWFJ (2012): Technische Grundlage zur Qualitätssicherung in der Luftschadstoff-Ausbreitungsrechnung. Wien.

Öttl D, Schlacher R, Spornbauer B, Triller R, Pollet A, Pongratz T (2014): Grundlagen für die Modellierung der Geruchsausbreitung aus der Tierhaltung mit dem Lagrange'schen Partikelmodell GRAL, Amt d. Stmk. Landesregierung, Referat für Luftreinhaltung, Ber.Nr. LU-04-2014.

## 6.4. Geruchsexposition und ihre Bewertung

Die individuelle Geruchsexposition eines Anrainers kann nicht direkt gemessen werden, da derzeit keine Messverfahren zur Verfügung stehen, um eine kontinuierliche Messung der Geruchskonzentration an einer Person, entsprechend einer Personendosimetrie vorzunehmen. Daher muss die Geruchsexposition durch andere Verfahren abgeschätzt werden. Auf der Basis dieser Expositionsabschätzungen wird dann die sich daraus ergebende Belästigung bestimmt.

Die Belästigung kann durch die sogenannten FIDO-Faktoren (Häufigkeit (**F**requency), Intensität (**I**ntensity), Andauer (**D**uration) und Belästigungsgrad (**O**ffensiveness) beschrieben werden. Zusätzlich wird über die Ortsüblichkeit (reasonableness, location) auch die Begründbarkeit von Geruchsereignissen beurteilt. Der letzte Faktor entspricht auch dem Schutzanspruch, der sich aus der Widmungskategorie ergibt. Da jedoch für diese Faktoren die Exposition-Wirkungs-Beziehungen nicht im Detail bekannt sind, wird in der Praxis nur die Überschreitungshäufigkeit eines vorgegebenen Schwellenwertes der Geruchsstoffkonzentration zur Abschätzung der Geruchsbelästigung herangezogen.

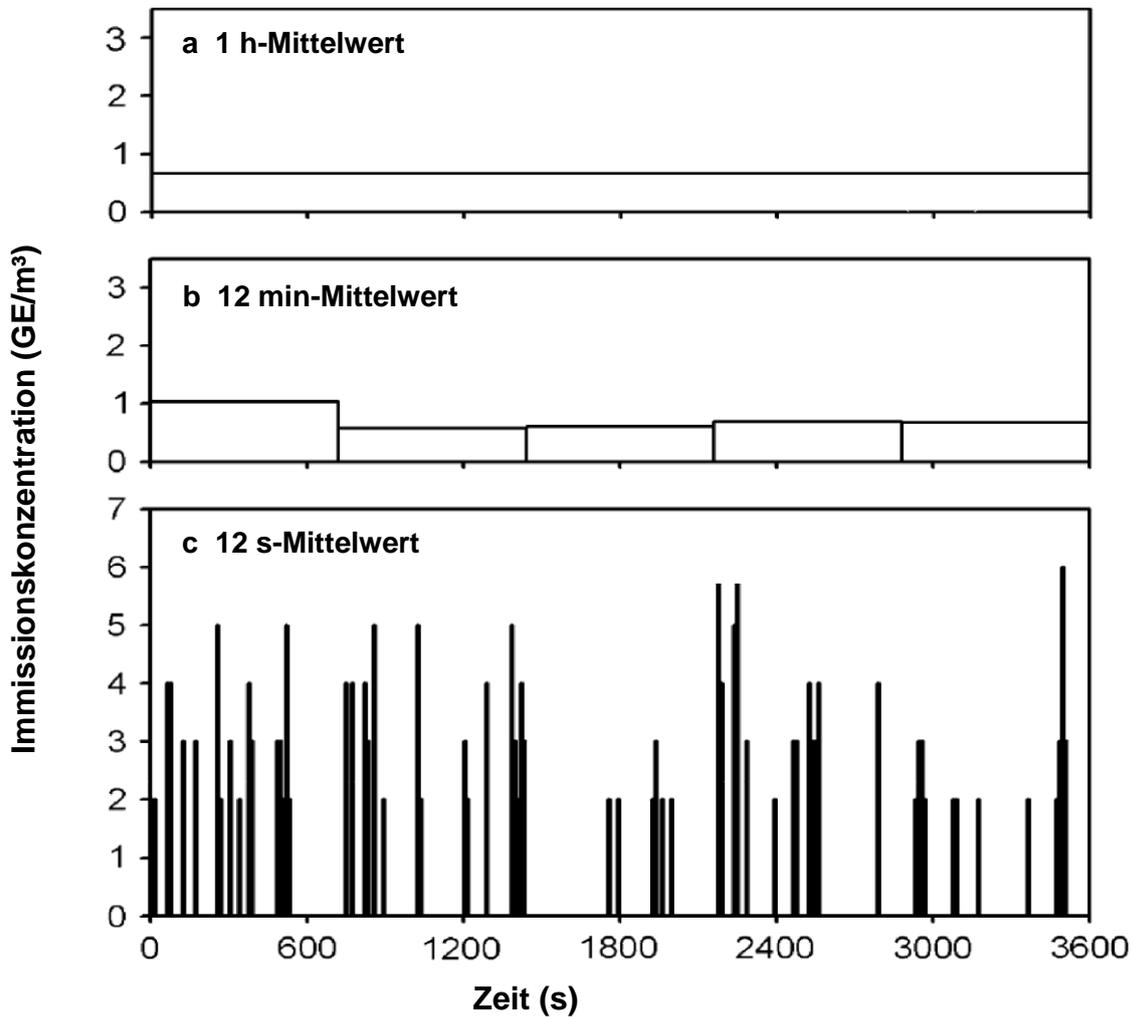
### QUANTIFIZIERUNG DER GERUCHSEXPOSITION

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen werden zur Quantifizierung der Geruchsexposition herangezogen. Dies kann unmittelbar durch die Stundenmittelwerte selbst erfolgen oder durch die Abschätzung der instantanen Immissionskonzentrationen, die in Zeitintervallen zu erwarten sind, die einem Atemzug entsprechen. Damit wird die Geruchswahrnehmung der menschlichen Nase nachgebildet.

Diese Zeitreihe der Geruchsexposition wird anhand eines Geruchsbewertungskriteriums beurteilt, um daraus Schutzabstände berechnen zu können, die einen weitgehenden Schutz vor übermäßigen Geruchsbelästigungen gewährleisten.

Die Abschätzung der instantanen Immissionskonzentration erfolgt durch den Peak-to-Mean-Faktor  $F$ , der das Verhältnis der instantanen Geruchsstoffkonzentration zum Stundenmittelwert beschreibt. Die Relevanz von unterschiedlichen Integrationsintervallen ist in Abb. 17 dargestellt. Für ein Integrationsintervall von einer Stunde liegt der Mit-

telwert noch deutlich unter der Wahrnehmungsschwelle. Durch die Verkürzung des Integrationsintervalls auf 12 Minuten bzw. 12 Sekunden nimmt die Variabilität deutlich zu.



**Abb. 17:** Zeitverlauf der Immissionskonzentration ( $\text{GE}/\text{m}^3$ ) für drei Integrationsintervalle: (a) Stundenmittelwert, (b) 12 min (c) 12 s-Mittelwert. Die 12 s-Mittelwerte wurden gemessen und daraus die 12 Minuten- und 1 h-Mittelwerte berechnet (nach Nicell 2009).

Dieser Peak-to-Mean-Faktor  $F$  ist ein integraler Bestandteil bei der Beurteilung der Geruchsmission anhand von Geruchsbewertungskriterien, wobei dieser Faktor oftmals nicht explizit angegeben wird. Grundsätzlich können dabei zwei Vorgehensweisen unterschieden werden. In einigen Ländern (z.B. Irland, Belgien, Niederlande) wird ein Peak-to-Mean-Faktor  $F = 1$  gewählt. Das bedeutet, dass der Stundenmittelwert der Immissionskonzentration zur Beurteilung der Exposition herangezogen wird. Eine zweite Gruppe von Ländern (z.B. Österreich, Deutschland, Dänemark, Australien) verwendet einen Peak-to-Mean Faktor  $F > 1$ , der zumeist als konstanter Wert angenommen wird. Grundsätzlich gibt es theoretische und empirische Evidenz, dass der Peak-to-Mean-Faktor mit zunehmendem Abstand von der Quelle gegen 1 strebt. Trotz allem werden in

nahezu allen nationalen Jurisdiktionen konstante Werte für den Peak-to-Mean-Faktor gewählt. Dies kann zu erheblichen Überschätzungen der Immissionskonzentration bei größeren Abständen führen (Schauberger et al. 2013b). Ein Peak-to-Mean-Faktor, der in Abhängigkeit von der Stabilität der Atmosphäre mit zunehmenden Abstand gegen 1 strebt, wurde für das österreichische normative Gaußmodell realisiert (AODM) und auch für das normative Ausbreitungsmodell in Deutschland (LASAT bzw. AUSTAL2000) adaptiert (Piringer et al. 2015). Generell kann gesagt werden, dass aufgrund der multiplen Abhängigkeiten des Peak-to-Mean Faktors (z.B. Entfernung zur Quelle, Windgeschwindigkeit, Stabilität, seitliche Lage zur Geruchsfahne, geometrische Form und Ausdehnung der Geruchsquellen, Höhe der Geruchsquelle über Grund, Hintergrundgerüche) bis dato noch kein Modell zur Verfügung steht, welches sämtliche Aspekte in zufriedenstellender Weise abdeckt und zudem praxistauglich ist. Diesbezüglich besteht also noch erheblicher Forschungsbedarf.

## **GERUCHSBEWERTUNGSKRITERIEN**

Die mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen berechneten Zeitreihen zur Festlegung der Geruchsexposition an einem festgelegten Aufpunkt, werden anhand eines Geruchsbewertungskriteriums beurteilt. Mit Hilfe von Geruchsbewertungskriterien werden entsprechende Abstände vom Geruchsstoffemittenten bestimmt. Die Geruchsbewertungskriterien hängen wesentlich vom Schutzanspruch ab, der sich durch die Widmung des Gebietes (z.B. reines Wohngebiet, landwirtschaftlich genutztes Dorfgebiet) ergibt. Die Geruchsbewertungskriterien werden durch die Überschreitungswahrscheinlichkeit  $p_s$  einer Geruchkonzentrationsschwelle  $C_{Gs}$  beschrieben. In einigen Ländern (z.B. Deutschland, Irland) unterscheiden sich die Bewertungskriterien auch in Abhängigkeit von der Hedonik des Geruchs, der durch die Tierart festgelegt wird.

In Österreich hat der Gesetzgeber keine Geruchsbewertungskriterien festgelegt. Daher sind Sachverständige gezwungen entsprechende Kriterien für einen konkreten Fall auszuwählen und die Entscheidung zu begründen. Oftmals werden die Richtwerte der der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW) oder die deutsche GIRL (2008) herangezogen.

Von der ÖAW (1994) werden gemäß der Umweltwissenschaftlichen Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des Nationalen Umweltplans für die Bereiche Klima, Luft, Lärm und Geruch (Kapitel 5 - Geruch; 5.5.1) für Österreich folgende Bewertungskriterien für zumutbare Geruchsbelastungen empfohlen: für stark wahrnehmbare Gerüche  $p_s \leq 3 \%$  und für die Gesamtgeruchsbelastung (wahrnehmbar und stark wahrnehmbar)

$p_s \leq 8 \%$ . Die Grenzwerte für die Wahrnehmbarkeit wird oftmals in Anlehnung an die GIRL (2008) mit  $C_{Gs} = 1 \text{ GE/m}^3$ , die für starke Wahrnehmbarkeit mit  $C_{Gs} = 3 \text{ GE/m}^3$  festgelegt. Aufgrund der Ähnlichkeit der Richtwerte mit jenen der GIRL (2008) kann auch davon ausgegangen werden, dass zur Beurteilung nicht die Stundenmittelwerte sondern die anhand des Peak-to-Mean-Faktors abgeschätzten instantanen Immissionskonzentrationen heranzuziehen sind. In den Richtwerten der ÖAW werden weder Unterscheidungen für einzelne Widmungskategorien vorgenommen noch die Hedonik der Geruchsquelle berücksichtigt.

Die deutsche GIRL (2008) ist eine sehr detaillierte Richtlinie. Studien, auf denen sie basiert, sind in Kap. 4 dargestellt. Die GIRL soll im Zuge der anstehenden Überarbeitung der TA Luft in diese übernommen werden, damit eine bundeseinheitliche Vorgangsweise gewährleistet wird. Neben den unterschiedlichen Widmungskategorien kann auch die Hedonik berücksichtigt werden. Dies erfolgt mit einem Korrekturfaktor  $f_H$ , mit dem die zulässige Überschreitungshäufigkeit  $p_s$  an die Geruchsqualität angepasst wird. Derzeit werden in der GIRL nur Faktoren für einige Tierarten angegeben. Das bedeutet, dass für Wohngebiete die Überschreitungshäufigkeit für Mastgeflügel ( $f_H = 1,5$ )  $p_s < 6,7 \%$ , für Schweine ( $f_H = 1,0$ )  $p_s < 10 \%$  und für Rinder ( $f_H = 0,5$ )  $p_s < 20 \%$  beträgt. Die hedonische Bewertung anderer Geruchsquellen kann mit Hilfe des Polaritätenprofils bestimmt werden um damit die Überschreitungshäufigkeit  $p_s$  in analoger Weise anzupassen. Die Geruchsexposition wird in Deutschland generell mit dem normativen Ausbreitungsmodell LASAT bzw. AUSTAL2000 berechnet. Diese Modelle berücksichtigen für Geruchsstoffe einen konstanten Peak-to-Mean-Faktor mit  $F = 4$ .

Bei der Festlegung eines Geruchsbewertungskriteriums ist daher nicht nur die Überschreitungswahrscheinlichkeit  $p_s$  der Geruchkonzentrationsschwelle  $C_{Gs}$  festzulegen, sondern auch in welcher Form die Geruchsexposition quantifiziert wird. Wenn Stundenmittelwerte dafür herangezogen werden, dann ist der Peak-to-Mean-Faktor  $F = 1$ , und die Immissionskonzentrationen des Ausbreitungsmodells können unverändert herangezogen werden. Andernfalls ist durch die geeignete Wahl eines Peak-to-Mean-Faktors die instantane Immissionskonzentrationen abzuschätzen und durch das Geruchsbewertungskriterium zu beurteilen.

Ein Vergleich der Schutzabstände, die durch unterschiedliche nationale Geruchsbewertungskriterien berechnet werden, zeigt, dass dabei beachtliche Differenzen auftreten (Sommer-Quabach et al. 2014). Das ist nicht nur durch die unterschiedliche Abschätzung der Geruchsexposition bedingt (instantane Immissionskonzentration vs. Stunden-

mittelwert), sondern auch durch die großen Unterschiede bei der Wahl der Überschreitungshäufigkeit zwischen 15 % (Deutschland) und 0,5 % (Australien).

## 6.5. Geruchshäufigkeit

Die Häufigkeit, mit der Geruchsereignisse im Feld auftreten, können durch standardisierte Begehungen mit Probanden untersucht werden. (DIN prEN 16841-1 2015; GIRL 2008; VDI 3940 Blatt 1 2006). Diese Erhebungen dienen oftmals der empirischen Prüfung der prognostizierten Geruchshäufigkeit durch Ausbreitungsmodelle.

Die Bestimmung der Geruchshäufigkeit erfolgt nicht für einen dezidierten Aufpunkt, sondern für eine nahezu quadratische Beurteilungsfläche mit einer Seitenlänge von etwa 250 m. Für eine Beurteilungsfläche müssen an den 4 Eckpunkten jeweils 13 (Halbjahreserhebung) oder 26 (Jahreserhebung) über den entsprechenden Zeitraum randomisierte Beobachtungen durchgeführt werden. Dabei erfolgt die Erfassung der Geruchswahrnehmung durch Probanden mit einem standardisierten Protokoll, wobei über einen Zeitraum von 10 Minuten alle 10 Sekunden durch den Probanden geprüft wird, ob ein spezifischer Geruch erkennbar ist. Diese Stichprobe von 10 Minuten wird für einen Zeitraum von einer Stunde als repräsentativ angesehen. Wenn bei mehr als 5 dieser 60 Atemzüge der spezifizierte Geruch durch den Probanden erkannt wird, bezeichnet man dies als Geruchstunde. Die Geruchshäufigkeit wird für die vier Eckpunkte als Mittelwert für die Beurteilungsfläche dargestellt.

Die Gerüche müssen deutlich wahrnehmbar und zweifelsfrei einem spezifischen Geruchsemittenten zugeordnet werden können. Diese Forderung bedeutet, dass die Geruchskonzentration an dem jeweiligen Aufpunkt zumindest die Erkennungsschwelle erreicht. Dabei ist zu beachten, dass die Erkennungsschwelle im Labor gegen Reinluft mit Hilfe des Olfaktometers bestimmt wird. Bei dem Vorhandensein eines Hintergrundgeruchs im Feld muss daher die Immissionskonzentration über der im Labor gemessenen Erkennungsschwelle liegen. Die Forderung der deutlichen und sicheren Erkennbarkeit eines Geruchs für diese Form der Feldbegehung steht mit der Geruchskonzentrationschwelle  $C_{GS}$  des Geruchsbewertungskriteriums im Widerspruch, das auf der Wahrnehmungsschwelle basiert.

## 6.6. Geruchsbelästigung

Das Ausmaß der Belästigung lässt sich nicht im Labor durch olfaktometrische Methoden messen, sondern nur durch empirische Felderhebungen bestimmen. Dies ist insbesondere durch den Einfluss von personenbezogenen (z.B. soziodemographische Merkmale) und kontextbezogene (z.B. sonstige Umweltstressoren) Merkmale bedingt.

Im Sinne der VDI 3883 Blatt 1 (2015) handelt es sich bei der Geruchsbelästigung um eine durch die wiederholte Wahrnehmung unerwünschter Gerüche hervorgerufene Beeinträchtigung der Gesundheit und des Wohlbefindens. Die Beeinträchtigung kann sich als Verhaltensänderungen, körperliche und emotionale Beschwerden sowie Beschwerdemeldungen bei dem vermuteten Verursacher oder der Behörde äußern.

Die Geruchsbelästigung wird einerseits mit Hilfe einer grafischen Skala (Belästigungsthermometer) zwischen 0 und 10 **und** einer verbalen Skala (0-überhaupt nicht, 1-etwas, 2-mittelmäßig, 3-stark, 4-äußerst) gemessen und andererseits durch einen Fragebogen erhoben. Obwohl die meisten Belästigungsdefinitionen von mehrdimensionalen Konzepten ausgehen, kann die Belästigung mit solchen eindimensionalen Ratingskalen erhoben werden (Steinheider et al. 1998).

Die mit diesen Verfahren gemessene Geruchsbelästigung kann der Geruchsexposition gegenübergestellt werden. Anhand solcher Dosis-Wirkungsbeziehungen können dann Grenzwerte für Geruchsbewertung abgeleitet werden (Miedema et al. 2000; Steinheider 1999; Sucker et al. 2008).

In Kapitel 4 wird „Belästigung“ ausführlich behandelt.

## 6.7. Zusammenfassung

Die Messung der Geruchsintensität und der hedonischen Geruchswirkung (Hedonik) werden im ersten Teil beschrieben. Die Geruchsstoffkonzentration (zweiter Teil) wird messtechnisch durch die Verdünnung einer Luftprobe mit Hilfe eines Olfaktometers bestimmt, wobei die Geruchswahrnehmung (Wahrnehmungsschwelle) von mehreren Probanden dazu genutzt wird.

Im dritten Teil werden die Ausbreitungsmodelle behandelt, mit deren Hilfe die Immissionskonzentration von Geruchsemitenten berechnet werden können. In Genehmigungsverfahren kommen zumeist Gauß- und Lagrangemodelle zum Einsatz. Die Immissionskonzentrationen werden zur Quantifizierung der Geruchsexposition herangezogen. Mit Hilfe der Geruchsbewertungskriterien (4. Teil) wird diese Geruchsexposition beurteilt um Schutzabstände festzulegen, damit übermäßige Geruchsbelästigungen der Anrainer vermieden werden.

Die empirische Erfassung der Häufigkeit von Geruchsereignissen (fünfter Teil) im Umfeld von Emittenten durch Feldbegehungen, ist eine wichtige empirische Methode für den Vergleich mit Geruchshäufigkeiten die mit Ausbreitungsmodellen modelliert werden. Die Belästigung der Anrainer durch Geruch (sechster Teil) wird durch standardisierte Befragungen quantifiziert.

## **7. DER GESUNDE, NORMAL EMPFINDENDE MENSCH AUS RECHTLICHER SICHT**

Die Beurteilung von Geruchsmissionen spielt im Rahmen verschiedener Rechtsmaterien eine entscheidende Rolle. So werden landwirtschaftliche Betriebe in der Regel in Verfahren nach der Bauordnung des jeweiligen Bundeslandes abgehandelt, während gewerbliche oder industrielle Betriebe idR dem Gewerberecht unterliegen. Hier wird vor allem auf Beispiele aus dem Gewerberecht verwiesen, weil dieses im ganzen Bundesgebiet gilt und darüber hinaus durchaus als Modell auch für andere Rechtsmaterien dienen kann. Es wird jedoch empfohlen, diesen allgemeingültigen Text mit Ausführungen zu landesrechtlichen Spezifika (der Bauordnung) zu ergänzen.

Dieses Kapitel wurde von einem Juristen verfasst. Es hebt sich im Stil und der Art des Zitierens vom restlichen Text ab. Hervorstechend sind die vielen Fußnoten, die gerade dem interessierten, aber in rechtlichen Fragen weniger versierten Leser Anregungen zur Vertiefung in der Thematik geben wollen.

### **7.1. Die Rolle des medizinischen Sachverständigen aus rechtlicher Sicht**

Der medizinische Sachverständige spielt im behördlichen Verfahren zur Anlagenehmigung eine tragende Rolle. Zwar handelt es sich bei der Beurteilung eines Sachverhaltes daraufhin, ob eine Gefährdung bzw. unzumutbare Belästigung der Nachbarn vorliegt, um eine Rechtsfrage.<sup>4</sup> Allerdings hat sich der zuständige Jurist, dem es regelmäßig an der erforderlichen Fachkunde fehlt,<sup>5</sup> dabei auf die Begutachtung der Sachverständigen aus dem jeweiligen Gebiet zu stützen. Insofern ist die Feststellung, ob die sachverhaltsbezogenen Voraussetzungen für die Genehmigung einer gewerblichen Betriebsanlage vorliegen, Gegenstand des Beweises durch Sachverständige auf dem Gebiet der gewerblichen Technik und auf dem Gebiet des Gesundheitswesens. Den Sachverständigen obliegt es, auf Grund ihres Fachwissens ein Urteil (= Gutachten über diese

---

<sup>4</sup> *Ennöckl/Reithmayer*, GewO, in *Altenburger/N. Raschauer* (Hg.), *Umweltrecht*, § 77 Rz 37.

<sup>5</sup> Eine Behörde darf Fachfragen nur dann selbst beurteilen, wenn sie die Kenntnisse und Erfahrungen hat, die für eine selbständige Beurteilung von Fragen eines Wissensgebietes vorausgesetzt werden müssen. Die betreffenden selbständigen Darlegungen der Behörde müssen, abgestellt auf das jeweils in Betracht kommende Wissensgebiet, methodisch und dem inhaltlichen Niveau nach den gleichen Anforderungen entsprechen wie das Gutachten eines Sachverständigen (vgl. *VwGH* 29. 1. 1991, 90/04/0215; 16. 1. 1985, 84/03/0004).

Fragen) abzugeben. Der gewerbetechnische Sachverständige hat sich über die Art<sup>6</sup> und das Ausmaß der von der Betriebsanlage zu erwartenden Immissionen zu äußern. Dem ärztlichen Sachverständigen fällt – fußend auf dem Gutachten des gewerbetechnischen Sachverständigen und den darin aufgenommenen objektiven Beweisen – die Aufgabe zu darzulegen, welche Einwirkungen die zu erwartenden unvermeidlichen Immissionen nach Art und Dauer auf den menschlichen Organismus, entsprechend den in diesem Zusammenhang im § 77 Abs 2 Gewerbeordnung (GewO) enthaltenen Tatbestandsmerkmalen, auszuüben vermögen. Während sich der gewerbetechnische Sachverständige also über die Art und das Ausmaß der zu erwartenden Immissionen zu äußern hat, ist es Aufgabe des ärztlichen Sachverständigen, die Auswirkungen der Emissionen auf die Nachbarschaft zu beurteilen. Dabei gehört es grundsätzlich zu den Aufgaben des gewerbetechnischen Sachverständigen, sich in einer die Schlüssigkeitsprüfung ermöglichenden Weise nicht nur über das Ausmaß, sondern auch über die Art der zu erwartenden Immissionen zu äußern und in diesem Zusammenhang darzulegen, ob und gegebenenfalls welche Eigenart einem Geräusch (z.B. Impulscharakter, besondere Frequenzzusammensetzung, Informationshaltigkeit) unabhängig von seiner Lautstärke anhaftet. Hierbei von den objektiv durch den gewerbetechnischen Sachverständigen aufgenommenen Feststellungen in seinem Gutachten Auszugehen ist daher von den objektiv durch den gewerbetechnischen Sachverständigen aufgenommenen Feststellungen; auf dieser Basis hat der medizinische Sachverständige aufgrund subjektiver Wahrnehmungen auch die Eigenart eines Geräusches, wie z.B. Impulscharakter, besondere Frequenzzusammensetzung und Informationshaltigkeit, zu berücksichtigen.<sup>7</sup> Nicht ausreichend ist allerdings, wenn sich der ärztliche Sachverständige lediglich mit abstrakten Feststellungen begnügt - beispielsweise mit der Darstellung der Intensität des Umgebungs- und Betriebslärms im Verhältnis zur ÖAL-Richtlinie, ohne auf die konkrete Gefährdung einzugehen.<sup>8</sup> Der Beurteilung ist die ungünstigste und belastendste Situation zugrunde zu legen.<sup>9</sup>

Auf Grund der Sachverständigengutachten hat sich sodann die Behörde im Rechtsbereich ihr Urteil zu bilden.<sup>10</sup> Das Ergebnis der Beweisaufnahme durch Sachverständige (§ 52 AVG) bildet – rein formal gesehen – bloß ein Element des für die Erlassung des

---

<sup>6</sup> Hierbei hat er nicht nur festzuhalten, dass z.B. ein gewisser Lärmpegel vorliegt, sondern nicht nur über das Ausmaß, sondern auch über die Eigenart eines Geräusches (z.B. Impulscharakter, besondere Frequenzzusammensetzung, Informationshaltigkeit) Aussagen zu treffen, weil diese mitunter verschiedene Auswirkungen am Menschen zeitigt (vgl VwGH 14. 9. 2005, 2003/04/0007; 29. 6. 2005, 2003/04/0042; 30. 6. 2004, 2002/04/0001).

<sup>7</sup> Vgl VwGH 10.12.2009, 2007/04/0168; 14.09.2005, 2003/04/0007-

17. 4. 1998, 96/04/0221; 25. 11. 1997, 95/04/0123; 27. 11. 1990, 90/04/0149.

<sup>8</sup> Vgl VwGH 7. 7. 1959, 434/58 = VwSlg 5018 A/1959.

<sup>9</sup> Vgl VwGH 14. 9. 2005, 2004/04/0165.

<sup>10</sup> VwGH 28. 3. 2007, 2006/04/0105; 24. 2. 2006, 2003/04/0177; 21. 12. 1993, 91/04/0209; 31. 3. 1992, 91/04/0306.

Bescheides „maßgebenden Sachverhaltes“<sup>11</sup> und unterliegt der freien Beweiswürdigung durch die erkennende Behörde. Freilich kann sich diese – ohne zusätzliches Gutachten – nur dann über ein Gutachten hinwegsetzen, wenn dieses undeutlich, un schlüssig, in sich widersprüchlich ist oder den Denkgesetzen widerspricht.<sup>12</sup>

Zu betonen ist, dass die unterschiedlichen Rollen klar zu trennen ist. Leider sind Vermischungen der Disziplinen bzw unscharfe Abgrenzungen immer wieder zu beobachten.<sup>13</sup>

Sowohl die Sachverständigen der einzelnen Fachgebiete haben sich aber auf ihre Disziplin zu beschränken, die Behörde hat „lediglich“ die Rechtsfragen zu lösen. Ausführungen von Sachverständigen, welche bereits die rechtliche Beurteilung vorwegnehmen, sind unbeachtlich. Übernimmt sie die Behörde unreflektiert, dh ohne Beweiswürdigung und ohne die Rechtsfrage selbst zu lösen, belastet sie den Bescheid mit einem Verfahrensfehler. Löst die Behörde umgekehrt Sachfragen selbst, dh ohne Gutachten eines Sachverständigen, so leidet das Verfahren an Ergänzungsbedürftigkeit – sofern das Behördenorgan nicht ausnahmsweise mit dem entsprechenden Sachverstand ausgestattet ist. Aus Sicht der Sachverständigen und der Behörde ist die Abgrenzung gegeneinander eine doppelte: der Sachverständige darf keine Fragen lösen, die nicht in sein Fachgebiet fallen, gleichzeitig hat er aber alle Fragen zu beantworten, die an ihn im Rahmen des Gutachtensauftrags gestellt worden sind.

## 7.2. Rechtliche Grundlagen des Nachbarschutzes

Zentrale Bestimmung des nachbarrechtlichen Gesundheitsschutzes ist § 77 iVm (in Verbindung mit) § 74 Abs 2 GewO:

*„§ 77. (1) Die Betriebsanlage ist zu genehmigen, wenn nach dem Stand der Technik (§ 71a) und dem Stand der medizinischen und der sonst in Betracht kommenden Wissenschaften zu erwarten ist, daß überhaupt oder bei Einhaltung der erforderlichenfalls vorzuschreibenden bestimmten geeigneten Auflagen die nach den Umständen des Einzelfalles voraussehbaren Gefährdungen im Sinne des § 74 Abs. 2 Z 1 vermieden und Belästigungen, Beeinträchtigungen oder nachteilige Einwirkungen im Sinne des § 74 Abs. 2 Z 2 bis 5 auf ein zumutbares Maß beschränkt werden. Die nach dem ersten Satz vorzuschreibenden Auflagen haben erforderlichenfalls auch Maßnahmen für den Fall der Unterbrechung des Betriebes und der Auflassung der*

---

<sup>11</sup> VwGH 16. 12. 1998, 98/04/0109; 20. 9. 1994, 92/04/0279; 31. 3. 1992, 91/04/0306.

<sup>12</sup> Vgl VwGH 25. 1. 1979, 1647/77.

*Anlage zu umfassen; die Behörde kann weiters zulassen, daß bestimmte Auflagen erst ab einem dem Zeitaufwand der hiefür erforderlichen Maßnahmen entsprechend festzulegenden Zeitpunkt nach Inbetriebnahme der Anlage oder von Teilen der Anlage eingehalten werden müssen, wenn dagegen keine Bedenken vom Standpunkt des Schutzes der im § 74 Abs. 2 umschriebenen Interessen bestehen.*

*(2) Ob Belästigungen der Nachbarn im Sinne des § 74 Abs. 2 Z 2 zumutbar sind, ist danach zu beurteilen, wie sich die durch die Betriebsanlage verursachten Änderungen der tatsächlichen örtlichen Verhältnisse auf ein gesundes, normal empfindendes Kind und auf einen gesunden, normal empfindenden Erwachsenen auswirken.*

*§ 74 (2) Gewerbliche Betriebsanlagen dürfen nur mit Genehmigung der Behörde errichtet oder betrieben werden, wenn sie wegen der Verwendung von Maschinen und Geräten, wegen ihrer Betriebsweise, wegen ihrer Ausstattung oder sonst geeignet sind,*

*1. das Leben oder die Gesundheit des Gewerbetreibenden, der nicht den Bestimmungen des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes, BGBl. Nr. 450/1994, in der jeweils geltenden Fassung, unterliegenden mittätigen Familienangehörigen oder des nicht den Bestimmungen des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes, BGBl. Nr. 450/1994, in der jeweils geltenden Fassung, unterliegenden mittätigen eingetragenen Partners, der Nachbarn oder der Kunden, die die Betriebsanlage der Art des Betriebes gemäß aufsuchen, oder das Eigentum oder sonstige dingliche Rechte der Nachbarn zu gefährden; als dingliche Rechte im Sinne dieses Bundesgesetzes gelten auch die im § 2 Abs. 1 Z 4 lit. g angeführten Nutzungsrechte,*

*2. die Nachbarn durch Geruch, Lärm, Rauch, Staub, Erschütterung oder in anderer Weise zu belästigen,*

*...“*

Ebenso wie der Antragsteller/Betriebsinhaber einen Anspruch auf Genehmigung des Vorhabens hat, wenn die Schutzinteressen des § 74 Abs 2 GewO gewahrt bleiben, haben Nachbarn gemäß § 75 Abs 2 GewO ein subjektives Recht auf Versagung der Genehmigung, wenn ihre Interessen nach § 74 Abs 2 Z 1, 2, 3, und 5 nicht anders zu schützen sind.<sup>14</sup> Es handelt sich dabei um keine Ermessensentscheidung der Behörde, sondern vielmehr um eine Tatbestandsfrage.

---

<sup>13</sup> Zu dieser Problematik schon *Binder*, Aufgaben und Verantwortung des Sachverständigen im Umweltverfahren, in *Janauer/Kerschner/Oberleitner* (Hrsg), *Der Sachverständige in Umweltverfahren* 76.

<sup>14</sup> Vgl *VwGH* 15. 9. 2004, 2004/04/0142; *Kinscher/Paliego-Barfuß*, § 77 Rz 23.

Wie sich aus § 74 Abs 2 und § 77 Abs 1 GewO zweifelsfrei ergibt, ist Kriterium für die Zulässigkeit der Genehmigung einer gewerblichen Betriebsanlage - soweit es den Schutz der Nachbarn vor Immissionen betrifft - nicht die „Minimierung der Beeinträchtigung von Nachbarn“, sondern die Erwartung, dass eine Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit der Nachbarn vermieden und Belästigungen/Beeinträchtigungen auf ein zumutbares Maß beschränkt werden.<sup>15</sup>

Ein Rechtsanspruch auf Genehmigung besteht für den Genehmigungswerber auch dann, wenn bei Einhaltung bestimmter Auflagen zu erwarten ist, dass die im Gesetz geschützten Rechte nicht beeinträchtigt werden.<sup>16</sup> Durch solche Auflagen kann das Vorhaben soweit modifiziert werden, als dies unter den für die Genehmigung maßgebenden Gesichtspunkten erforderlich ist. Das Vorhaben darf aber nicht in seinem Wesen verändert werden.<sup>17</sup>

Das Wesen von Auflagen besteht darin, dass die Verwaltungsbehörde in einen dem Hauptinhalt nach begünstigenden Bescheid belastende Gebote oder Verbote als Nebenbestimmungen aufnimmt, mit denen der Inhaber des Rechtes für den Fall der Gebrauchnahme zu einem bestimmten, im Wege der Vollstreckung erzwingbaren Tun oder Unterlassen verpflichtet wird.<sup>18</sup> Im Zusammenhang mit nachbarlichen Schutz ist damit jede Vorschreibung zu verstehen, durch die Gefährdungen iSd § 74 Abs 2 Z 1 GewO ausgeschlossen und Belästigungen, Beeinträchtigungen oder nachteilige Einwirkungen iSd Abs 2 bis 5 leg cit auf ein zumutbares Maß beschränkt werden.<sup>19</sup> Eine Auflage kann jede diesem Zweck dienende und zu seiner Erfüllung geeignete Maßnahme des Inhabers der Betriebsanlage zum Gegenstand haben.<sup>20</sup> Auflagen müssen bestimmt und geeignet sein. Dafür müssen sie den hinreichenden Schutz der im § 74 Abs 2 leg cit umschriebenen Interessen gewährleisten<sup>21</sup> – nach der Sach- und Rechtslage zum Zeitpunkt der Entscheidung uneingeschränkt für den gesamten Zeitraum des Betriebes der Anlage.<sup>22</sup> Bestimmtheit liegt vor, wenn sich für den Verpflichteten die Grenzen seines Verhaltens zweifelsfrei erkennen lassen und für die Behörde jederzeit die Überprüfung möglich ist, ob die Auflagen eingehalten werden.<sup>23</sup> Diesem Erfordernis trägt beispielsweise die Auflage, es seien alle Maßnahmen zu ergreifen, um die Immissionen auf ein

---

<sup>15</sup> VwGH 27. 1. 1999, 98/04/0154.

<sup>16</sup> Vgl VwGH 29. 11. 1979, 3150/78 = VwSlg 9979 A/1979; 30. 11. 1977, 945/76.

<sup>17</sup> Vgl VwGH 26. 6. 2002, 2002/04/0037; 5. 11. 1991, 91/04/0136.

<sup>18</sup> Vgl VwGH 22. 5. 2003, 2001/04/0188; 10. 12. 1991, 91/04/0053; *Kinscher/Pallege-Barfuß*, § 77 Rz 23; *Mayer* (Hrsg.), *Fachwörterbuch zum öffentlichen Recht*.

<sup>19</sup> Vgl VwGH 18. 11. 1983, 83/04/0107; 10. 12. 1991, 88/04/0311.

<sup>20</sup> Vgl VwGH 15. 9. 1992, 91/04/0315; 2. 7. 1992, 92/04/0056; 29. 11. 1979, 3150/78.

<sup>21</sup> Vgl VwGH 24. 4. 1990, 89/04/0176.

<sup>22</sup> Vgl VwGH 19. 6. 1990, 89/04/0268.

<sup>23</sup> Vgl VwGH 22. 5. 2003, 2001/04/0188; 14. 4. 1999, 98/04/0225.

zumutbares Maß herabzusetzen – ohne diese Maßnahmen im Einzelnen anzuführen – nicht Rechnung.<sup>24</sup> Ebenso wenig ist die bloße Bestimmung von (Emissions- oder Immissions-)Grenzwerten geeignet, wenn nicht im Einzelnen Maßnahmen vorgeschrieben werden, aufgrund derer die Wahrung dieser Grenzwerte zu erwarten ist.<sup>25</sup> Darüber hinaus können Grenzwerte, die nicht rechtlich verbindlich festgelegt wurden, ohnedies nur einen Richtwert darstellen, nicht aber ohne nähere Begründung - bezüglich der Frage der Gefährdung/Nicht-Gefährdung – übernommen werden.<sup>26</sup> Die Vorschreibung alternativer Maßnahmen in einer Auflage ist dann zulässig, wenn mit jeder der vorgeschriebenen Maßnahmen das angestrebte Ergebnis erzielt werden kann. Unbeachtlich ist die Frage, ob der Erfüllung der Auflagen privatrechtliche Hindernisse entgegenstehen.<sup>27</sup> Aus der Verwendung des Wortes „erforderlichenfalls“ folgt, dass die Auflagen nicht strenger sein dürfen, als es zum Schutz der Nachbarn notwendig ist.<sup>28</sup> Ebenfalls zu berücksichtigen ist, ob derselbe Effekt nicht auch mittels weniger einschneidender Vorkehrungen erreicht werden kann. Im Sinne des Übermaßverbotes hat die Behörde bei einer Wahlmöglichkeit zwischen mehreren Auflagen darzulegen, dass eine andere, den Betriebsanlageninhaber weniger belastende Auflage zur hinreichenden Wahrung der Schutzinteressen nicht vorgeschrieben werden kann.<sup>29</sup> Der Nachbar kann mit anderen Worten nicht eine Reduzierung auf das nach dem Stand der Technik bzw. der Wissenschaften geringst mögliche Maß verlangen.<sup>30</sup> Unerheblich ist hingegen, wie viele Nachbarn betroffen sind.<sup>31</sup>

Im Gewerbeverfahren kann den Nachbarn auch ein bestimmtes, dem Schutz vor Emissionen dienendes Verhalten, z.B. die Fenster während der Betriebszeiten nicht zu öffnen, nicht aufgetragen werden.<sup>32</sup>

---

<sup>24</sup> Vgl VwGH 19. 9. 1989, 89/04/0055; 15. 12. 1987, 87/04/0127; 30. 11. 1977, 945/76.

<sup>25</sup> Vgl VwGH 22. 3. 2000, 99/04/0213; 14. 4. 1999, 97/04/0216; 21. 12. 1993, 91/04/0209; vgl dazu auch *Hanusch*, § 77 Rz 13.

<sup>26</sup> Vgl *Stolzlechner/Wendl/Zitta*, Betriebsanlage Rz 176.

<sup>27</sup> Vgl VwGH 21. 12. 1993, 91/04/0128; 10. 12. 1991, 91/04/0141.

<sup>28</sup> Vgl *Kinscher/Paliego-Barfuß*, § 77 Rz 14.

<sup>29</sup> Vgl VwGH 25. 9. 1981, 04/165/79. Allerdings hat die Behörde die Emissionen nach § 77 Abs 3 GewO von Luftschadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik (§ 71a) zu begrenzen. Darüber hinaus findet sich in § 17 Abs 2 Z 1 UVP-G für UVP-pflichtige Betriebe generell die Verpflichtung Schadstoffe nach dem Stand der Technik zu begrenzen.

<sup>30</sup> Vgl VwGH 28. 5. 1991, 90/04/0320; 27.3.1990, 89/04/0248.

<sup>31</sup> Vgl VwGH 18. 11. 1983, 83/04/0107.

<sup>32</sup> Vgl VwGH 11. 11. 1998, 98/04/0137.

### 7.3. „Gefährdung des Lebens und der Gesundheit“

Das Gesetz definiert den unbestimmten Gesetzesbegriff „Gesundheitsgefährdung“ nicht näher, sondern nimmt eine Abgrenzung zum Begriff der Belästigung vor:

*Die „Gefährdung der Gesundheit“ ist eine - in kausalem Zusammenhang mit Bestand oder Betrieb der Anlage stehende - Einwirkung auf den menschlichen Organismus, die in Art und Nachhaltigkeit über eine bloße Belästigung hinausgeht. Die Abgrenzung ist von der Behörde im Rechtsbereich jeweils unter Heranziehung von dem Stand der medizinischen Wissenschaft entsprechenden Sachverständigenaussagen vorzunehmen.“<sup>33</sup>*

Nach Davy ist im Sinne eines funktionalen Gesundheitsbegriffs die Beeinträchtigung und/oder Beseitigung körperlicher und seelischer Funktionen als Gesundheitsschädigung anzusehen.<sup>34</sup>

Unrichtig wäre es aber zu behaupten, dass die Gesundheitsgefährdung bzw. -schädigung in ihrer Intensität eine gesteigerte Belästigung darstellt. Während die Belästigung dem Sinne nach für den Menschen wahrnehmbar sein muss – ansonsten wäre er nicht belästigt (siehe unten) – ist dies bei der Gesundheitsgefährdung nicht Voraussetzung. Beispielsweise sind radioaktive Emissionen in der Regel nicht durch menschliche Sinne wahrnehmbar, führen daher zu keiner Belästigung, sehr wohl aber zu einer Gesundheitsgefährdung bzw. -schädigung.

Unter den im § 74 Abs 2 GewO genannten näher bezeichneten Gefährdungen, Belästigungen, Beeinträchtigungen oder Einwirkungen sind nur physische Einwirkungen zu verstehen,<sup>35</sup> mögen sie auch – soweit sie sich auf die Gesundheitsgefährdung beziehen – nicht sinnlich wahrnehmbar sein (siehe oben). Die von einer Betriebsanlage allenfalls ausgehenden sittlichen Gefährdungen oder Belästigungen von Nachbarn können im Rahmen eines gewerblichen Betriebsanlagengenehmigungsverfahrens nicht geprüft werden und haben daher bei Beurteilung der Behörde, ob durch die Genehmigung der Betriebsanlage eine Gefährdung der Nachbarn eintritt, außer Betracht zu bleiben.<sup>36</sup>

Wenig überraschend wird dem Leben und der Gesundheit vom Gesetz der höchste Stellenwert zugemessen; sie sind absolut geschützt: Bei der Beurteilung der Gefährdung von Leben und Gesundheit ist nicht vom objektivierten Bild der „Normfigur“ des

<sup>33</sup> VwGH 22. 11. 1994, 93/04/0009; 19. 10. 1993, 91/04/0163; 23. 4. 1991, 90/04/0238.

<sup>34</sup> Vgl Davy, Gefahrenabwehr 460 ff; zustimmend Schwarzer, Betriebsanlagen 258.

<sup>35</sup> Vgl VwGH 15. 10. 2003, 2002/04/0073.

<sup>36</sup> Vgl VwGH 15. 10. 2003, 2002/04/0073; 22. 11. 1994, 93/04/0009; Schwarzer, Betriebsanlagen 182, 259 ff.

gesunden, normal empfindenden Menschen auszugehen,<sup>37</sup> sondern auf die Durchschnittsbetrachtung der konkret betroffenen Personenkreise abzustellen – seien es nun gesunde, kranke oder alte Menschen, Kinder etc.<sup>38</sup> Solche Personengruppen können aus der Betrachtung nur dann ausgeklammert werden, wenn auszuschließen ist, dass solche Personen dem geschützten Personenkreis angehören.<sup>39</sup> Anders formuliert: Die konkret Betroffenen geben den quantitativen Untersuchungsrahmen vor. Die qualitative Beurteilung der Auswirkungen aus medizinischer Sicht ist objektiv zu treffen. Dabei ist nicht anhand der einzelnen Betroffenen, z.B. der in Nachbarschaft zu einer Betriebsanlage konkret lebenden Kinder, zu prüfen, ob bei diesen im Konkreten eine Gesundheitsbeeinträchtigung zu erwarten ist. Vielmehr ist zu untersuchen, ob bei „durchschnittlicher Betrachtung“ von Kindern mit Auswirkungen zu rechnen ist.<sup>40</sup> In so einem Fall spielt auch die Zumutbarkeit/Ortsüblichkeit keine Rolle.<sup>41</sup> Mit anderen Worten hat in die Beurteilung nicht einzufließen, ob es sich vor Genehmigung der Betriebsanlage bereits um ein Industrie- oder ein ruhiges Wohngebiet handelte und inwiefern die bestehende Belastungssituation (relativ gesehen) geändert wird.<sup>42</sup> Im Gegenteil sind die in der Umwelt bereits vorliegenden Gefährdungen mitzubersichtigen.<sup>43</sup> Der Begutachtung ist der Gesamtzustand zugrunde zu legen, der sich durch das Hinzutreten der durch die beantragte Anlage bewirkten Immissionen zu der – aus anderen Quellen stammenden - Grundbelastung bildet. Maßgeblich ist dementsprechend nicht, wie sich die *Veränderung* der Gesamtsituation, sondern wie sich die Gesamtsituation selbst auf Leben und Gesundheit auswirkt.<sup>44</sup>

§ 74 Abs 2 Z 1 GewO stellt auf die mit einer gewerblichen Betriebsanlage verbundene Eignung ab, das Leben oder die Gesundheit der hier genannten Personen zu gefährden, wobei diese Eignung in der Verwendung von Maschinen und Geräten, in der Betriebsweise, in der Ausstattung der Betriebsanlage aber auch sonst wie begründet sein kann. Ist daher der Standort einer Betriebsanlage so beschaffen, dass die sich hier auf-

---

<sup>37</sup> Argumento e contrario aus § 77 Abs 2.

<sup>38</sup> Für die Beurteilung, ob die konkreten Nachbarn gefährdet sind, ist von einer dem Stand der medizinischen Wissenschaft entsprechenden, objektiven Gegebenheiten Rechnung tragenden Durchschnittsbetrachtung auszugehen. Beispiel: Leben in Nachbarschaft zur Betriebsanlage Kinder, so ist zu überprüfen, ob bei Kindern bei einer *Durchschnittsbetrachtung* nach dem Stand der medizinischen Wissenschaft mit Schlafstörungen zu rechnen ist, wenn die BA (wie im konkreten Fall geplant) nach 22 Uhr betrieben wird (vgl VwGH 25. 2. 1993, 92/04/0208; 31. 3. 1992, 91/04/0306).

<sup>39</sup> Vgl Hanusch, § 74 Rz 24.

<sup>40</sup> Deutlich wird dies beispielsweise im Erkenntnis VwGH 25. 2. 1993, 92/04/0208: „Eine Störung der Nachtruhe ist bei einem Ende der Betriebszeit um 22.00 Uhr dann nicht ausgeschlossen, wenn in der Nachbarschaft Kinder leben, die erfahrungsgemäß früher zu Bett gehen, was bei der Durchschnittsbetrachtung zu berücksichtigen ist.“ Ob die „ortsansässigen“ Kinder in concreto erst um 23 Uhr schlafen gehen, ist daher für die Beurteilung irrelevant.

<sup>41</sup> Vgl VwGH 22. 3. 2000, 98/04/0019; 25. 2. 1993, 92/04/0208; 31. 3. 1992, 91/04/0306; Stolzlechner/Wendl/Zitta, Betriebsanlage Rz 175.

<sup>42</sup> Vgl Hanusch, § 74 Rz 24; Schwarzer, Betriebsanlagen 257 ff.

<sup>43</sup> Vgl VwGH 13. 11. 1984, 84/04/0088; Stolzlechner/Wendl/Zitta, Betriebsanlage Rz 175.

haltenden Personen einer Lebens- oder Gesundheitsgefährdung ausgesetzt sind, so trifft die erwähnte Eignung, Leben oder Gesundheit des geschützten Personenkreises zu gefährden, auf diese Betriebsanlage bereits deshalb zu, weil sie an diesem Standort besteht bzw. betrieben wird. Die an diesem Standort (an sich) bestehende Gefährdung ist der Betriebsanlage zuzurechnen, weil die Betriebsanlage diesen Standort in Anspruch nimmt.<sup>45</sup> In Betracht kommen alle möglichen Gefährdungen, die in kausalem Zusammenhang mit Bestand oder Betrieb der Anlage stehen. Sind z.B. Lawinenabgänge, Muren oder andere alpine Gefahren vorhersehbar, so sind diese Gefahren zu berücksichtigen.<sup>46</sup> Außer Acht zu lassen sind dabei (außerordentliche) Ausnahmesituationen, z.B. durch Erdbeben, Terroranschlag, Sabotage, Krieg verursacht.<sup>47</sup> Paragraph 77 Abs 1 verlangt nämlich nicht, dass jede überhaupt denkbare mögliche Belästigung ausgeschlossen werden muss, sondern nur, dass die nach den Umständen des Einzelfalls voraussehbaren Gefährdungen der nachbarlichen Interessen zu vermeiden sind. Ebenso wenig darf ein rechts- oder konsenswidriges Verhalten anderer Betriebsanlageninhaber unterstellt werden. Vorhersehbare Störfälle, wie z.B. Pannen, Störfälle, Brände oder Lawinen sind hingegen sehr wohl in die Betrachtung einzubeziehen.<sup>48</sup>

Der Gefährdungsbegriff setzt seinem gesetzlichen Sinngehalt nach nicht etwa die Feststellung eines in Ansehung der Gewissheit seines Eintrittes als auch seiner zeitlichen Komponenten fixierten Schadenseintrittes voraus, sondern es genügt, dass die Gefahr sachverhaltsbezogen nicht ausgeschlossen werden kann. Eine bloß abstrakte Eignung reicht hingegen nicht aus.<sup>49</sup> Kein maßgebendes Kriterium ist die Dauerhaftigkeit der Beeinträchtigung. Auch bei einer vorübergehenden Beeinträchtigung körperlicher und/oder seelischer Funktionen ist der Tatbestand der Gesundheitsgefährdung erfüllt.<sup>50</sup> Unter dem Gesichtspunkt eines Schutzes der Nachbarn vor einer Gefährdung ihres Lebens, ihrer Gesundheit oder vor unzumutbaren Belästigungen ist jedoch nicht jede Veränderung des bisherigen Immissionsmaßes zu ihren Lasten ausgeschlossen, sondern nur eine Veränderung in einem solchen Ausmaß, mit der eine Gefährdung ihres Lebens oder ihrer Gesundheit verbunden ist.<sup>51</sup>

---

<sup>44</sup> VwGH 23. 6. 2008, 2007/05/0090; 26. 9. 2005, 2003/04/0103; 29. 6. 2005, 2004/04/0048; 26. 5. 1998, 98/04/0022.

<sup>45</sup> VwGH 12. 12. 2001, 2000/04/0178.

<sup>46</sup> Grabler/Stolzlechner/Wendl, § 74 Abs 23.

<sup>47</sup> Vgl Hanusch, § 77 Rz 1; Stolzlechner/Wendl/Zitta, BA Rz 175.

<sup>48</sup> Vgl Hanusch, § 77 GewO Rz 1 mwN.

<sup>49</sup> Vgl VwGH 15. 9. 1999, 97/04/0074; 12. 11. 1996, 94/04/0174; 19. 6. 1990, 89/04/0256. Beachte: Die zitierte Judikatur gilt für das Genehmigungsverfahren. Für die Vorfrage, ob die Betriebsanlage überhaupt der Genehmigungspflicht unterliegt, ist sehr wohl die abstrakte Gefährdung zu berücksichtigen; vgl zB VwGH 22. 1. 2003, 2002/04/0197; 8. 11. 2000, 2000/04/0157; auch Stolzlechner/Wendl/Zitta, Betriebsanlage Rz 173.

<sup>50</sup> Vgl VwGH 27. 4. 1993, 90/04/0265; 13.9.1988, 88/04/0075; Grabler/Stolzlechner/Wendl, § 74 Rz 23.

<sup>51</sup> VwGH 22. 4. 1997, 96/04/0217.

Stellt die Behörde eine auch durch Auflagen<sup>52</sup> nicht vermeidbare Lebens- und Gesundheitsgefährdung fest, so erübrigt sich die Prüfung einer allfälligen Zumutbarkeit von Belästigungen nach § 74 Abs 2 Z 2 GewO. Die Genehmigung ist jedenfalls zu versagen.<sup>53</sup>

#### **7.4. Belästigung, Beeinträchtigungen oder nachteilige Einwirkungen und das Normmaß**

Die in § 74 Abs 2 Z 2 GewO aufgezählten Belästigungen sind nur demonstrativ zu verstehen. Als Quelle kommt dementsprechend alles in Betracht, was dazu geeignet ist.<sup>54</sup> Anders als im Falle der Gesundheitsgefährdung gewährt das Gesetz hier keinen absoluten Schutz, sondern bloß einen relativen.<sup>55</sup> Entscheidend ist, ob Belästigungen, Beeinträchtigungen oder nachteilige Einwirkungen zumutbar sind bzw. durch Auflagen auf ein zumutbares Maß<sup>56</sup> gebracht werden können. Unter den Belästigungsschutz fallen – ebenso wie unter den Gefährdungsschutz – bloß physische Einwirkungen; das sittliche, moralische oder ästhetische Empfinden ist nach herrschender Ansicht nicht geschützt.<sup>57</sup> Darüber hinaus müssen die Einwirkungen durch die menschlichen Sinnesorgane (zumindest indirekt bzw. unbewusst)<sup>58</sup> auch wahrgenommen werden können, ansonsten könnten sie nicht als lästig empfunden werden.<sup>59</sup>

Die Zumutbarkeit der Beeinträchtigung beurteilt sich im gewerberechtlichen Verfahren nach den tatsächlichen örtlichen Verhältnissen, nicht aber dem Widmungsmaß der Betriebsliegenschaft<sup>60</sup>. Mit anderen Worten sind im Verfahren nach der GewO allein das Istmaß, also die tatsächlichen örtlichen Verhältnisse, und der Mensch als Maß für die Beurteilung der Zumutbarkeit heranzuziehen.<sup>61</sup> Die Beurteilungsmaßstäbe, die von der Behörde anzuwenden sind, können daher von Ort zu Ort verschieden sein. Ein und dieselbe Belästigung kann an einem Ort unzumutbar und an einem anderen Ort als zumut-

---

<sup>52</sup> Die Beh hat nach § 79 Abs 1 zweiter Satz GewO bei Vorschreibung von Auflagen, die zur Vermeidung einer Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit der im § 74 Abs 2 Z 1 GewO genannten Personen erforderlich sind, deren wirtschaftliche Zumutbarkeit nicht zu prüfen.

<sup>53</sup> Vgl VwGH 25. 2. 1993, 92/04/0208; *Hanusch* § 74 Rz 26.

<sup>54</sup> Vgl *Grabler/Stolzlechner/Wendl*, § 74 Rz 25; *Hanusch*, § 74 Rz 37 mwN; *Stolzlechner/Wendl/Zitta*, BA Rz 180. ZB auch Beschattung VwGH 5. 3. 2014, 2012/05/0105.

<sup>55</sup> Vgl *Schwarzer* 261.

<sup>56</sup> Das Kriterium der Zumutbarkeit von Immissionen ist ausschließlich in Ansehung des Tatbestandsmerkmals der im Sinne des § 74 Abs. 2 Z. 2 GewO 1994 von rechtlicher Relevanz. Unter dem Gesichtspunkt der Gefährdung des Lebens oder der Gesundheit im Sinne des § 74 Abs. 2 Z. 1 GewO 1994 hat es hingegen außer Betracht zu bleiben (VwGH 17.12.2012, 2011/04/0008; 22. 3. 2000, 98/04/0019 mwN).

<sup>57</sup> Vgl VwGH 15. 10. 2003, 93/04/0009; 22. 11. 1994, 93/04/0009; *Kinscher/Pallege-Barfuß*, § 74 Rz 43; AA *Hanusch*, § 74 Rz 39, *Schwarzer*, Betriebsanlagen 262.

<sup>58</sup> ZB durch Auftreten eines Niesreizes.

<sup>59</sup> Vgl *Schwarzer*, Betriebsanlagen 261.

<sup>60</sup> Die Bedachtnahme auf die Widmung wurde durch die Gewerberechtsnovelle 1988 bewusst gestrichen.

<sup>61</sup> VwGH 19. 12. 2013, 2011/03/0160; weiters zB *Hanusch*, § 77 GewO Rz 5 ff.

bar (d.h. als normal) aufgefasst werden.<sup>62</sup> Folglich hat die Behörde zunächst jenen Immissionsstand festzustellen, der den tatsächlichen örtlichen Verhältnissen – noch ohne Einbeziehung des zu beurteilenden neuen Vorhabens – entspricht.<sup>63</sup>

Anders ist der Prüfungsmaßstab in diversen Bauordnungen geregelt. Beispielsweise ist im niederösterreichischen und burgenländischen Bauverfahren die Zumutbarkeit anhand des Widmungsmaßes zu beurteilen. Es kommt also nicht auf die Ortsüblichkeit, sondern auf das mit der Widmung ausgedrückte Maß an.

Hinsichtlich der Wahl des Immissionspunktes ist auf jenen der Immissionsquelle am nächsten liegenden Teil des Nachbargrundstückes abzustellen, der die größtmögliche Belästigung der Nachbarn erwarten lässt.<sup>64</sup>

Das Istmaß und das menschliche Normmaß stellen objektivierbare Größen dar. Abzustellen ist nicht darauf, ob sich ein konkreter Nachbar belästigt fühlt bzw. ob Immissionen als angenehm oder unangenehm empfunden werden.<sup>65</sup> Die kumulativen<sup>66</sup> Tatbestandsmerkmale des § 77 Abs 2 GewO „gesundes, normal empfindendes Kind und gesunder, normal empfindender Erwachsener“ stellen als solche in ihrer Gesamtheit bei Beurteilung der Frage der Zumutbarkeit unabhängig von der Person des jeweiligen Nachbarn den Maßstab dar.<sup>67</sup> Es ist von einer dem Stand der medizinischen Wissenschaft entsprechenden, objektiven Gegebenheiten Rechnung tragenden Durchschnittsbetrachtung auszugehen.<sup>68</sup> Dabei ist bei der Zumutbarkeitsprüfung (Abweichung vom Istmaß) die Anpassungsfähigkeit des Organismus eines Normkindes oder eines Normerwachsenen in Rechnung zu stellen. Hat diese bereits aus medizinischer Sicht ihre Grenze durch das Istmaß erreicht, so läge bei einem (weiteren) Eintrag eine unzumutbare Belästigung der Normfigur auch dann vor, wenn die ortsansässigen Betroffenen aufgrund ihrer individuellen Anpassungsfähigkeit noch eine zusätzliche Belastung ertragen würden.

---

<sup>62</sup> Vgl. *Hanusch*, § 77 Rz 8.

<sup>63</sup> VwGH 19. 12. 2013, 2011/03/0160.

<sup>64</sup> VwGH 20. 2. 2007, 2004/05/0248.

<sup>65</sup> Vgl. *Hanusch*, § 74 Rz 38; *Schwarzer*, Betriebsanlagen 262. Umgekehrt ist bei Vorliegen einer unzumutbaren Belästigung eine Genehmigungsfähigkeit auch dann nicht gegeben, wenn die Nachbarn auf die Geltendmachung ihrer Rechte verzichten (oder dem Vorhaben ausdrücklich zustimmen). Es handelt sich nämlich bei den in § 74 Abs 2 umschriebenen Interessen um objektiv-rechtliche, die von der Behörde von Amts wegen wahrzunehmen sind (vgl. *Kinscher/Pallege-Barfuß*, § 74 Rz 47).

<sup>66</sup> Es ist daher auf die Auswirkungen sowohl auf ein gesundes, normal empfindendes Kind als auch auf einen gesunden, normal empfindenden Erwachsenen abzustellen (vgl. VwGH 21. 9. 1993, 91/04/0123; 27. 4. 1993, 90/04/0265, 0268).

<sup>67</sup> VwGH 25. 2. 1993, 92/04/0208. Anders als bei der Gefährdung, bei der auf die konkreten Nachbarn abzustellen ist (siehe oben).

<sup>68</sup> VwGH 31. 3. 1992, 91/04/0306.

## 7.5. Zusammenfassende Darstellung

- Da das behördliche Genehmigungsverfahren nicht auf bestimmte Immissionen beschränkt ist, hat die Behörde auch zu untersuchen, ob es durch Geruch zu einer Gefährdung bzw. Belästigung kommt.<sup>69</sup>
- Für die Frage, ob die konkrete Betriebsanlage einer *Bewilligungspflicht* unterliegt, ist bereits die abstrakte Eignung ausschlaggebend.<sup>70</sup>
- Dagegen kommt es im Betriebsanlagengenehmigungsverfahren darauf an, ob aufgrund des Projekts im konkreten Fall eine Gefährdung oder Belästigung zu erwarten ist.
- Die Behörde hat auf den entsprechenden Sachverstand (insbesondere einen gewerbetechnischen und medizinischen Sachverständigen) zurückzugreifen.
- Der gewerbetechnische Sachverständige hat sich insbesondere über den Charakter, die Intensität und die Dauer des Auftretens der zu erwartenden Geruchsmissionen zu äußern. Dem ärztlichen Sachverständigen fällt – fußend auf dem Gutachten des gewerbetechnischen Sachverständigen und den darin aufgenommenen objektiven Beweisen – die Aufgabe zu, darzulegen, welche Einwirkungen die zu erwartenden unvermeidlichen Immissionen nach Art und Dauer auf den menschlichen Organismus, entsprechend den in diesem Zusammenhang im § 77 Abs 2 GewO enthaltenen Tatbestandsmerkmalen, auszuüben vermögen.
- Leben und Gesundheit genießen einen absoluten Schutz. Hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sind in einem ersten Schritt die konkret betroffenen Personenkreise zu ermitteln. Danach ist zu prüfen, ob bei diesen Gruppen, z.B. gebrechlichen Personen, bei einer Durchschnittsbetrachtung nach dem Stand der medizinischen Wissenschaft mit einer Gefährdung des Lebens und der Gesundheit aufgrund der Geruchsmissionen konkret zu rechnen ist.
- Liegt eine Gesundheitsgefährdung nicht vor, hat der medizinische Sachverständige zu prüfen, ob die Geruchsmissionen belästigend oder sonst wie beeinträchtigend wirkend. Hierbei wird – anders als bei der Gefährdung – nicht auf die konkreten Betroffenen abgestellt, sondern auf ein Normmaß. Dieser Maßstab wird durch das ge-

---

<sup>69</sup> Luftschadstoffe, d.h. gasförmige, flüssige oder feste Stoffe, die eine Verunreinigung der Luft bewirken, unterliegen dabei aber nicht nur der „Auswirkungsüberprüfung“ durch den medizinischen Sachverständigen, sondern auch des technischen. Nach § 77 Abs 3 GewO sind sie nach dem Stand der Technik zu begrenzen (vgl. *Hanusch*, § 77 Rz 21). Für den medizinischen Sachverständigen ist diese Frage allerdings irrelevant, weil er auf dem Gutachten des technischen Sachverständigen aufbaut.

<sup>70</sup> Vgl. *Hanusch*, § 74 Rz 19.

sunde, normal empfindende Kind und den gesunden, normal empfindenden Erwachsenen gebildet, wobei zumutbare Einwirkungen von diesen zu erdulden sind.

- Können gesundheitsgefährdende bzw. belastende, unzumutbare Immissionen auch durch Auflagen nicht vermieden werden, hat die Behörde dem medizinischen Gutachten folgend die Betriebsanlagengenehmigung zu versagen.

## **8. MEDIZINISCHE BEURTEILUNG VON GERUCHSIMMISSIONEN AUS DER NUTZTIERHALTUNG AUF DEN MENSCHEN**

### **8.1. Aspekte zur Belästigung durch Gerüche**

Obwohl Geruchsbelästigungen im Umfeld von landwirtschaftlichen Betrieben an sich nichts Neues sind, nimmt heute die Toleranz gegenüber Immissionen bei den Betroffenen zunehmend ab, was vermehrt zu Beschwerdeverhalten und Konflikten führen kann. Dies ist u.a. auf den Trend zur Vergrößerung und Industrialisierung von Betrieben und der Vereinheitlichung des Tierbestandes zurückzuführen. Weiters haben immer weniger Bewohner ländlicher Gegenden einen direkten Bezug zur Landwirtschaft. Selbst ursprünglich landwirtschaftlich geprägte Siedlungen wandeln sich in „reine“ Wohngebiete oder bestehen heute zu einem beträchtlichen Anteil aus Wochenendhäusern.

Bei den negativen Folgen von Gerüchen stehen Belästigungsphänomene an erster Stelle. Häufigkeit, Dauer, Intensität und Hedonik der Geruchsimmissionen stellen dabei wesentliche Parameter dar und dienen als Anhaltspunkte für den Belästigungsgrad der AnrainerInnen. Allerdings können diverse Einflussfaktoren bei der multikausalen Entstehung von Belästigung verstärkend oder abschwächend auf das Belästigungserleben des Individuums wirken. Solche Faktoren sind beispielsweise die Vertrautheit mit den Gerüchen, die Tageszeit der Einwirkung, die Beziehung zum Verursacher oder die Einstellung zur Geruchsquelle/zum Emittenten (z.B. bez. ökologischer und gesundheitlicher Auswirkungen, Tierschutz, Ortsüblichkeit). Insgesamt ist es wesentlich, bei der Beurteilung von Geruchsimmissionen auch soziale, situative, etc. Faktoren zu berücksichtigen.

Zu bedenken ist weiters, dass starke, länger anhaltende Belästigung zu einer Gesundheitsgefährdung werden kann.

Studien der letzten Jahre, die sich speziell mit dem Thema „Gerüche aus Nutztierhaltungen“ beschäftigten, kamen (kurz zusammengefasst) zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Gerüche aus Tierhaltungen werden fast immer als eher unangenehm empfunden.
- Mit steigender Intensität werden die landwirtschaftlichen Gerüche als zunehmend unangenehmer bewertet.

- Es gibt Unterschiede in der Bewertung zwischen den Gerüchen aus der Nutztierhaltung (Huhn, Schwein, Rind); ebenso zwischen Menschen, die mit Gerüchen aufgewachsen sind und jenen Personen, die keine örtlich geprägte Geruchswahrnehmungsgeschichte haben.
- Die Expositions-Wirkungskurve verläuft bei Gerüchen aus der Geflügelhaltung sehr steil, steiler als bei Schweinen (in der Regel) oder gar bei Rindern.
- Gerüche aus der Geflügelhaltung wirken somit bei gleicher Belastung (in der Regel) stärker belästigend als Gerüche aus der Schweinehaltung, und Gerüche aus der Schweinehaltung wirken stärker belästigend als Gerüche aus der Rinderhaltung.
- Es existieren Hinweise für eine höhere Akzeptanz mancher Tierhaltungsgerüche im Vergleich zu industriellen Gerüchen.

## 8.2. Definitionen und Begriffsbestimmung aus medizinischer Sicht

Im Folgenden werden die Begriffe „Beeinträchtigung des Wohlbefindens“, „Belästigung“, „Gesundheitsgefährdung“ und „Gesundheitsschädigung“ zusammenfassend dargestellt, wie sie in der amtsärztlichen Praxis üblicherweise und breit verwendet werden. Sie stammen aus dem Fachbeitrag von Haider et al. (1984). Anzumerken ist, dass diese Nomenklatur einige Fragen aufwirft, etwa hinsichtlich der genauen Abgrenzung zwischen „Belästigung“, „Gesundheitsgefährdung“ und „Gesundheitsschädigung“.

### **BELÄSTIGUNG**

= Subjektive Wahrnehmungsqualität

*„Jede wahrnehmbare Immission kann vom gesunden, normal empfindenden Menschen im konkreten Fall als Belästigung empfunden werden und damit eine Störung des Wohlbefindens bewirken. Das Empfinden einer Belästigung ist inter- und intraindividuell sehr unterschiedlich. Die Wahrnehmung einer Immission stellt aber nicht notwendigerweise eine Belästigung dar. Zum Belästigungserleben kommt es insbesondere, wenn die Immission emotional negativ bewertet wird. Einzuschließen in diese Kategorie wären Störungen bestimmter höherer Funktionen und Leistungen (z.B. geistige Arbeit, Lern- und Konzentrationsfähigkeit, Sprachkommunikation).“*

*„Es sei an dieser Stelle ausdrücklich betont, daß solche Funktions- und Leistungsstörungen über einen längeren Zeitraum sehr wohl zu einer Gesundheitsgefährdung werden können.“*

*„Unzumutbar ist eine Belästigung, wenn sie zu erheblichen Störungen des Wohlbefindens, zu psychosomatischen Beschwerden bzw. zu funktionellen oder organischen Veränderungen führen kann oder über das übliche Ausmaß hinausgeht“ (Haider et al. 1984).*

### **GESUNDHEITSGEFÄHRDUNG**

*„Als gesundheitsgefährdend gilt eine Einwirkung (Immission), durch die, nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaft, die Möglichkeit besteht, dass Krankheitszustände, Organschäden oder unerwünschte organische oder funktionelle Veränderungen, die die situationsgemäße Variationsbreite von Körper- oder Organformen bzw. -funktionen signifikant überschreiten, entweder bei der Allgemeinbevölkerung oder auch nur bei bestimmten Bevölkerungsgruppen bzw. auch Einzelpersonen eintreten können“ (Haider et al. 1984).*

Die Gesundheitsgefährdung impliziert eine Wahrscheinlichkeit eines Schadenseintrittes. Welche Eintrittswahrscheinlichkeit noch als akzeptabel angesehen wird oder als beträchtliches Gesundheitsrisiko gilt, unterliegt v.a. gesellschaftlichen Konventionen. Dabei spielen Schwere des Schadens bzw. Schadensausmaß und die Zahl der Betroffenen eine Rolle. Beispielsweise wird hinsichtlich „Unverschuldete Krebserkrankungen durch Umwelteinwirkungen“ ein akzeptables Risiko von 1 zu 1 Million bis zu 1 zu 100.000 international diskutiert.

### **GESUNDHEITSSCHÄDIGUNG**

*„Als gesundheitsschädigend gilt eine Einwirkung (Immission), die Krankheitszustände, Organschäden oder pathologische organische bzw. funktionelle Veränderungen, die die situationsmäßige Variationsbreite von Körper- und Organformen bzw. -funktionen signifikant überschreiten, herbeigeführt hat, oder nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaft mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten lässt“ (Haider et al. 1984).*

## **8.3. Der gesunde, normal empfindende Mensch aus ärztlicher Sicht**

Der „gesunde normal empfindende Mensch“ der Bau- und Gewerbeordnung ist ein Normkonstrukt zur Bewertung der Zumutbarkeit einer Belästigung (GewO § 77 Abs 2) bzw. einer Beeinträchtigung oder Störung des Wohlbefindens (§ 77a Abs 2). Die Belästigung wird dabei nach der Schädigung (§ 77a Abs 2) bzw. Gefährdung (§ 74 Abs 2) der Gesundheit genannt. Es betrifft also nicht die Gesundheit, sondern „nur“

das Wohlbefinden, welches nicht umfassend, sondern nur für den „Normmenschen“ zu schützen ist.

Anders ausgedrückt: Eine Schädigung der Gesundheit ist bei **jedem** Menschen zu vermeiden, eine Belästigung nur unter Bezugnahme auf einen gesunden Normmenschen.

Aus medizinischer Sicht ergeben sich daraus zwei Fragestellungen:

- die **Grenzziehung** zwischen Gesundheitsschädigung/-gefährdung und Belästigung
- die **Definition** der „normalen Empfindung“

Wenn - entsprechend der bekannten WHO-Definition (1946) - Gesundheit mehr als das Freisein von Krankheit ist und auch (unter anderem) psychisches und soziales Wohlbefinden umfasst, dann beinhaltet der Begriff der Gesundheit auch das Freisein von Belästigung. Für die Praxis ist diese Definition allerdings nicht brauchbar, da jede Belästigung als Beeinträchtigung der Gesundheit anzusehen wäre und damit die Differenzierung zwischen Belästigung und Gefährdung der Gesundheit fortfällt.

Generell geht intensives und lange dauerndes Belästigungsempfinden mit Stress, psychosozialen Reaktionen (z.B. aggressive Handlungen) oder negativ erlebten Änderungen der Lebensweise einher und kann in weiterer Folge zu (stressbedingten) organischen Leiden führen. Im Hinblick auf mögliche Schadwirkungen durch langdauernden Stress ohne ausreichende Kompensationsmechanismen, etc. (Distress) ist somit schwere, länger anhaltende Belästigung als **Gefährdung der Gesundheit** zu sehen.

Es ist bekannt, dass etwa 10 % der Bevölkerung bei Exposition gegenüber unangenehmen oder ortsunüblichen Gerüchen ein spezielles Bewältigungsverhalten zeigen. Dieses als problemorientiertes Coping bezeichnete Phänomen wird in Kapitel 4.5 erläutert. Unmittelbar damit verbunden zeigte sich in Fragebogenerhebungen ein erhöhtes Risiko für gesundheitsbezogene Beschwerden.

Die Beurteilung, ob im Einzelfall eine Belästigung oder eine Gesundheitsgefährdung vorliegt, ist oft schwierig. Belästigungen etwa von kurzer Dauer und geringer Intensität können im Sinne des Gesetzgebers nicht als Gesundheitsgefährdung betrachtet werden. Nach der Gewerbeordnung, doch im Analogieschluss auch für verwandte Bereiche, werden diese nur dann als erheblich anzusehen sein, wenn zu erwarten ist, dass auch der „normale“ Mensch auf die Immissionen mit einer entsprechenden Belästigung reagiert.

Das Bild des „Normmenschen“ als Messlatte der Zumutbarkeit erweckt die Vorstellung eines „Homunculus“, den der Gutachter zu Rate zieht, wann immer er auf eine Immissi-

on stößt, die wahrnehmbar und somit potentiell belästigend ist. Tatsächlich wird „Norm“ jedoch zunehmend statistisch definiert: „Norm“ ist bestimmt durch einen Mittelwert mit seinem Vertrauensbereich. Aus der Erkenntnis heraus, dass in einer gegebenen Population immer ein gewisser Prozentsatz unzufrieden mit der gegebenen Situation ist, wird beispielsweise in der Lärmforschung eine wesentlich belästigende Situation dann angenommen, wenn ein Anteil der betroffenen Bevölkerung, der signifikant höher als der Basisprozentsatz an generell Unzufriedenen ist, über die Lärmbelastung (auf Befragung) klagt. Ein gewisser Anteil an Belästigten wird somit in Kauf genommen. Unter der Annahme einer Normalverteilung mit gleich viel Über- wie Unempfindlichen wird hier „Normalität“ als die mittleren etwa 70 % (das entspricht etwa dem Bereich einer Standardabweichung um den Mittelwert) definiert. Ähnlich wird auch bei den Gerüchen eine unzumutbare Belästigung dann anzunehmen sein, wenn ein unüblich hoher Anteil der Betroffenen über den Geruch klagt (z.B. mehr als 15 %).

Es ist generell wünschenswert, dass ein lokaler Einfluss an einer publizierten Vergleichssituation und nicht im Rahmen eines Streitfalls erhoben wurde, da im aktuellen Anlassfall die Gefahr besteht, dass Faktoren abseits der eigentlichen Geruchsbelastung die Beschwerdeantworten beeinflussen. Der gutachtende Arzt wird allenfalls diese Einflussfaktoren in seiner endgültigen Würdigung auch von Kombinationswirkungen berücksichtigen und bewerten müssen. Zur Beurteilung der Belästigung durch den Geruch an sich sind diese sonstigen Einflussfaktoren jedoch störend. Im Planungsstadium besteht das Problem, dass nicht auf die Befragung einer bereits betroffenen Bevölkerung zurückgegriffen werden kann. Hier ist man immer auf Erfahrungswerte aus der Literatur bzw. auf frühere Begutachtungsfälle angewiesen. Unabhängig von diesen Überlegungen ist der Arzt/die Ärztin gut beraten, Wahrnehmungen über Geruchsbeschwerden seitens der Bevölkerung unverzüglich der Behörde zu melden, damit eine objektive Abklärung möglichst rasch eingeleitet werden kann.

Hinsichtlich des Anteils der Bevölkerung, ab dem von einer erheblichen Belästigung zu sprechen ist, muss die Art der Erhebung berücksichtigt werden: So sind beispielsweise spontane Belästigungsäußerungen im Allgemeinen anders zu werten als solche, die in einer Befragung z.B. telefonisch erhoben wurden. Letztere wieder hängt von der Durchführung der Befragung (Anonymität, Formulierung der Fragen, Skalierung usw.) ab, so dass ein fixer Prozentsatz nicht angegeben werden kann. Auch hier bleibt es der fachlich geleiteten Entscheidung des Gutachters überlassen, die Einflussfaktoren im jeweiligen Fall zu werten und zu entscheiden, wie hoch die Anzahl von Klagen ohne vorhandene belästigende Immission wäre. Deutlich mehr als 15 % mit Klagen geht mit ziemli-

cher Sicherheit auf eine problematische Geruchssituation zurück. Das Kriterium der „Ortsüblichkeit“ hilft jedoch ebenfalls bei der Einordnung einer Belastung.

Als Abrundung angesichts der Abgrenzung zwischen Belästigung und Gesundheit sei erwähnt, dass auch der Schutz vor Gesundheitsgefährdung sich zunehmend vom Anspruch entfernt, alle Menschen zu schützen: Grenzwerte für die (gesundheitlich) zulässige Belastung (z.B. durch Luftschadstoffe) werden auf Basis von Wirkschwellen aus (Tier-)Experimenten abgeleitet. Diese Wirkschwellen werden (mittels „Unsicherheitsfaktoren“) so in Richtwerte umgerechnet, dass auch der (unbekannte) empfindliche Mensch geschützt wird. Es ist aber klar, dass Wirkschwellen in der wirklichen Welt der kombinierten Umwelteinflüsse, großen Bandbreiten der Empfindlichkeit, Vorerkrankungen und kritischen Entwicklungsphasen nicht festzulegen sind. Tatsächlich bleibt immer ein (unterschiedlich großer) Anteil der Bevölkerung ungeschützt.

Nicht sinnvoll angewandt werden kann das Konstrukt des „normalempfindenden Menschen“ auf die individuelle Befindlichkeitsäußerung eines bestimmten Betroffenen: Weder ist es im Sinne eines fairen und ergebnisoffenen Verfahrens dienlich, wenn der gutachtende Arzt Personen mit Parteienstellung mit psychiatrischen Diagnosen bedenklich noch wird in der Regel die Datengrundlage im Verfahren dafür ausreichen. Vielmehr sollte der Arzt bemüht sein, empathisch die Motive und Vorgeschichte für die Belästigungsäußerungen nachzuvollziehen. Es dient auch der Akzeptanz des medizinischen Gutachters, wenn er sich dieser Mühe unterzieht.

Insgesamt muss sich der medizinische Sachverständige bewusst sein, dass gerade der Maßstab des „normal empfindenden Menschen“ es mit sich bringt, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Bevölkerung Beeinträchtigungen des Wohlbefindens zeigt, auch wenn der Arzt die Situation als akzeptabel einschätzt.

#### **8.4. Richtwerte der Geruchsbelastung/Geruchsbelästigung**

Nach Ermittlung der Geruchsimmission muss eine Bewertung erfolgen, die sicherstellen soll, dass AnrainerInnen im Einwirkungsbereich eines Geruchsemittenten keiner erheblichen bzw. unzumutbaren Belästigung ausgesetzt werden. Hierzu sind Bewertungskonzepte entwickelt worden, die es etwa auf der Basis von Geruchshäufigkeiten in Prozent der Jahresstunden ermöglichen, eine Beurteilung der Geruchsimmissionssituation vorzunehmen (Mücke u. Lemmen 2011).

## GERUCHSSTUNDEN

Zwei verschiedene Ansätze werden bei Ausbreitungsmodellen für Geruchsemissionen diskutiert. Der erste basiert auf einem herkömmlichen Modell, das mittlere Werte über einen Zeitraum von 30 bis 60 Minuten liefert. Der Nachteil solcher Modelle ist die Unterschätzung der Geruchskonzentration an einem bestimmten Immissionsort. Diese Unterschätzung muss durch strengere Kriterien kompensiert werden, die den Anteil der Zeit definieren, in der eine bestimmte Geruchskonzentration überschritten werden kann. Der zweite Ansatz schätzt die Geruchskonzentration über die Dauer eines einzigen Atemzuges (ca. 4 bis 5 Sekunden). Eine solche Beurteilung der maximal zu erwartenden Geruchskonzentration kommt dem Geruchsempfinden der menschlichen Nase näher. Die Spitzenbelastung wird mit Hilfe einer Parameterisierung des Verhältnisses zwischen Maximal- und Mittelwert (Peak-to-Mean-Ratio) abgeschätzt. Nach dem österreichischen Modell der Geruchsausbreitung AODM (siehe Kap. 6) reduziert sich dieses Verhältnis mit zunehmendem Abstand von der Quelle, wobei die Stabilität der Atmosphäre berücksichtigt wird. Im normativen deutschen Modell wird hingegen ein konstantes Verhältnis angenommen, was zu einer Überschätzung der momentanen Geruchskonzentration vor allem für größere Entfernungen führt.

Die Kriterien für zulässige Geruchsbelastungen in verschiedenen nationalen Regelwerken unterscheiden sich sehr stark. Miedema et al. (2000) fanden eine starke Beziehung zwischen dem 98-Perzentil der Geruchskonzentration und dem Anteil stark belästigter Nachbarn. Sie verwendeten ein Dispersionsmodell, das über 1 Stunde integrierte. Die Unterschätzung der wahrgenommenen Geruchskonzentration durch die Vernachlässigung der Spitzenkonzentrationen wird hier durch ein strenges Kriterium ausgeglichen, während die erwähnte Überschätzung in Deutschland mit einem weniger strengen Kriterium einhergeht. Wie bereits erwähnt (siehe Kapitel 4.11) wird in Deutschland die Zumutbarkeitsgrenze für Wohngebiete mit 10 % der Zeit definiert, in der der Schwellenwert von 1 Geruchseinheit (GE)/m<sup>3</sup> überschritten wird. Die UK Umweltschutzbehörde (Environment Agency UK 2002b) schlägt jedoch vor, einfach den 1-Stunden-Mittelwert wie bei Miedema et al. (2000) ohne Korrekturfaktor zu benutzen.

Abgesehen von der Überschreitungswahrscheinlichkeit entscheidet die angenommene Geruchsschwelle über den Richt- oder Grenzwert. Im Labor wird die Wahrnehmungsschwelle eines Geruches durch die menschliche Nase als Sensor durch den Vergleich verdünnter Proben mit reiner Luft bestimmt. Daher kann die Erkennungsschwelle von 1 GE/m<sup>3</sup> nur unter Laborbedingungen wahrgenommen werden. Vor den üblichen Hintergrundbelastungen in der freien Umwelt liegt die Wahrnehmungsschwelle hingegen

über 1 GE/m<sup>3</sup>. Feldexperimente wären nötig, um die Geruchsschwelle vor dem natürlichen Geruchshintergrund abzuleiten. Nicell (1994) geht davon aus, dass eine Geruchskonzentration von 3 GE/m<sup>3</sup> für eine Diskriminierung notwendig ist, und eine von 5 GE/m<sup>3</sup> für unverwechselbare Wahrnehmung („complaint level“).

Die Wahrnehmung der Geruchsintensität folgt dem Logarithmus der Geruchskonzentration nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz (siehe Kapitel 3.5 oder z.B. Misselbrook et al. 1993). Auf der Grundlage von Labor-Experimenten zur subjektiv wahrgenommenen Intensität definiert die UK Umweltschutzbehörde (Environment Agency UK 2002b) 1 GE/m<sup>3</sup> als Erkennungsschwelle, 5 GE/m<sup>3</sup> als schwachen Geruch und 10 GE/m<sup>3</sup> als deutlichen Geruch. Die Diskrepanz zwischen der Definition einer Geruchseinheit über Laborexperimente und der Wahrnehmungsschwelle in „normaler“ Umgebungsluft wird versucht durch die Einführung der „Sniffing Unit“ (Defoer u. van Langenhove 2003; Van Langenhove u. van Broeck 2001) zu lösen.

Alle diese Aspekte zeigen, wie schwierig die verschiedenen Methoden und Regelwerke in den verschiedenen Ländern zu vergleichen sind. Ein Überblick über die Regelungen in diversen Ländern (mit den unterschiedlichen Werten) findet sich auf der Homepage der „Interessengemeinschaft Geruch“ ([www.geruch.at](http://www.geruch.at)), weiters in einer Publikation der UK Umweltschutzbehörde (Environment Agency UK 2002a).

Ein weiterer Ansatz der Geruchsbewertung wurde von Watts und Sweeten (1995) unter dem Begriff FIDO (Frequency, Intensity, Duration and Offensiveness = Häufigkeit, Intensität, Dauer und unangenehmer Charakter des Geruchs) vorgeschlagen. Als fünfter Faktor wird die Örtlichkeit/Ortsüblichkeit zusätzlich berücksichtigt. Wie etwa Miner (1995) festhält, verursachen Gerüche weniger Einwände innerhalb einer Gemeinschaft, in der diese Gerüche traditionell Teil der Umwelt sind. Zum Beispiel ist dies für ländliche Gerüche zu erwarten, die als Teil der ländlichen Umwelt auftreten. Probleme entstehen oft dann, wenn sich unvereinbare Aktivitäten in unmittelbarer Nähe zueinander befinden. So treten Beschwerden über bestehende intensive Landwirtschaft häufig auf, wenn die Nutzung im Umland einem Wandel unterliegt. Lohr (1996) hat festgestellt, dass die persönliche Bekanntheit mit dem Betreiber der Viehzucht, ein langjähriger Wohnsitz, wirtschaftliche Abhängigkeit von der Landwirtschaft und Vertrautheit mit der Viehzucht zu einer Verringerung der Häufigkeit von formellen Beschwerden führen. Eine Bewertung dieses Faktors erfolgt oft durch die Berücksichtigung der Widmungskategorie des betroffenen Nachbargrundstücks. Ein reines Wohngebiet hat ein höheres Schutzniveau als eine agrarische Gegend (siehe dazu auch Kapitel 4.11). Erwähnt sei auch, dass in New

South Wales, Australien (NSW Environmental Protection Authority 2001), die Geruchsschwelle für städtische Gebiete niedriger als für ländliche Gebiete angesetzt wird.

Laut der deutschen Geruchsimmisions-Richtlinie (GIRL 2008) ist eine Geruchsimmision in der Regel als erhebliche Belästigung zu werten, wenn die Gesamtbelastung folgende Immissionswerte (relative Häufigkeiten der Geruchsstunden) überschreitet:

- **10 % für Wohn-/Mischgebiete sowie**
- **15 % für Gewerbe-/Industriegebiete.**

Geruchsimmisionen dürfen nach der GIRL allerdings nur dann beurteilt werden, wenn sie nach ihrer Herkunft zweifelsfrei gegenüber anderen Gerüchen abgrenzbar sind.

Für die Gerüche bestimmter Tierarten sind Gewichtungsfaktoren angegeben (Tab. 4).

<b>Tierartsspezifische Geruchsqualität</b>	<b>Gewichtungsfaktor f</b>
Mastgeflügel (Puten, Masthähnchen)	<b>1,5</b>
Mastschweine, Sauen (bis zu einer Tierplatzzahl von ca. 5.000 Mastschweinen bzw. unter Berücksichtigung der jeweiligen Umrechnungsfaktoren für eine entsprechende Anzahl von Zuchtsauen)	<b>0,75</b>
Milchkühe mit Jungtieren (einschl. Mastbullen und Kälbermast, sofern diese zur Geruchsimmisionsbelastung nur unwesentlich beitragen)	<b>0,5</b>

**Tab. 4:** Gewichtungsfaktoren für die einzelnen Tierarten.

In Österreich schlägt die Österreichische Akademie der Wissenschaften (1994) folgende Beurteilungskriterien für die Zumutbarkeit von (emittentenspezifischen) Geruchsbelastungen vor:

- **Gesamtgeruchsbelastung: < 8 % der Jahresstunden**
- **stark wahrnehmbare Gerüche: < 3 % der Jahresstunden.**

Basierend auf Untersuchungen in der Steiermark (siehe Kapitel 4.10) kommen dort derzeit folgende Beurteilungswerte für Gerüche aus der Tierhaltung zur Anwendung:

- **15 % Jahresgeruchsstunden bei einer Geruchsschwelle von 1 GE/m<sup>3</sup>**
- **3 % Jahresgeruchsstunden bei einer Geruchsschwelle von 3 GE/m<sup>3</sup>**

Das Kriterium 3 % Jahresgeruchsstunden bei einer Geruchsschwelle von 3 GE/m<sup>3</sup> ist ident mit jenem aus der Technischen Grundlage „Gerüche“ (Bundesministerium für Wissenschaft, Familie und Jugend 2009).

Prinzipiell ist im Rahmen von umweltmedizinischen/umwelthygienischen Beurteilungen immer eine Abwägung - Tierart, Geruchsqualität, Ortsüblichkeit, etc. - im Zusammenhang mit der Anwendung von Richtwerten durchzuführen. Daher ist ein Abweichen von Richtwerten/Empfehlungen aus ärztlicher Sicht in begründeten Fällen möglich bzw. auch erforderlich.

Ähnliche Untersuchungen von Öttl (2009) für Kompostieranlagen ergaben ein Beurteilungskriterium von 2 % Jahresgeruchsstunden bei einer Geruchsschwelle von 1 GE/m<sup>3</sup>.

## **8.5. Kriterien der Zumutbarkeit für landwirtschaftliche Geruchsimmissionen**

Belästigungen sind rechtlich gesehen nur dann zwingender Anlass für Schutzmaßnahmen, wenn sie (in Deutschland) als „erheblich“ bzw. (in Österreich) als unzumutbar bewertet werden. Die Frage, ab wann eine Belästigung erheblich oder unzumutbar ist, hat somit weitreichende Relevanz. „Erheblich“ ist, was nach Art, Ausmaß, Dauer usw. die Grenze des üblichen und tolerierbaren Maßes überschreitet. Um zu Grenz- und Richtwerten zu kommen, wird häufig die durchschnittliche Belästigungsreaktion von AnrainerrInnen (als Prozentanteil von Personen, die sich stark und/oder sehr stark belästigt fühlen) herangezogen. Die Frage, ob Belästigungen als erheblich und damit als schädliche Umwelteinwirkungen zu sehen sind, hängt nicht nur von der jeweiligen Immission des geruchserzeugenden Stoffes ab, sondern auch von der Geruchsart, der tages- und jahreszeitlichen Verteilung der Einwirkungen, dem Rhythmus, in dem die Immissionen auftreten, der sozialen Akzeptanz und vielen anderen Faktoren. Vielfach untersucht wurden Dosis-Wirkungsbeziehungen. Das Fehlen von „Sprungstellen“ in derartigen Zusammenhangsanalysen macht die Identifikation von Grenzwerten unter dem Aspekt von „Erheblichkeit“ zu einem nicht-trivialen Entscheidungsproblem (Winneke u. Steinheider 1998; Rohrmann 1988). Prinzipiell meint Rohrmann (1988), dass kritische Grenzen bezüglich Umweltstressoren nicht durch empirische Forschung auffindbar seien; bei Grenzwerten handelt es sich vielmehr um gesellschaftspolitische Setzungen, die vom Wertsystem der jeweils Beteiligten abhängen.

Bisher gibt es in Österreich keine Grenzwerte für Geruchsimmissionen. Daher ist vom medizinischen Sachverständigen eine Beurteilung vorzunehmen, die auf den konkreten Einzelfall abgestellt ist.

Über den Tatbestand der „Erheblichkeit“ einer Geruchsbelästigung wird etwa gemäß deutscher Geruchsimmissionsrichtlinie (GIRL 2008) im Wesentlichen aufgrund der über Rasterbegehungen und/oder Ausbreitungsrechnungen ermittelten Häufigkeit erkennbarer Geruchsimmissionen entschieden.

Nach Hangartner (1989, 1987) ist in einem belasteten Gebiet dann mit einer erheblichen Belästigung zu rechnen, wenn bei Befragungen der Mittelwert der Befragten den Wert 5 (auf dem elfstufigen Belästigungsthermometer) übersteigt. Darüber hinaus wird oft auch der Prozentanteil stark belästigter Personen als Zumutbarkeitskriterium herangezogen. Ab einem Prozentanteil an stark gestörten Personen von über 25 % fordert Hangartner (1987) Sofortmaßnahmen zur Verringerung der Geruchsbelastung.

In vorhergehenden Kapiteln dieser Arbeit wurde von uns dargestellt, wie über die zu erwartende Zahl an Belästigten (Kapitel 8.3) oder über Geruchsstunden (Kapitel 4.11 und 8.4) die Grenze zwischen zumutbarer und unzumutbarer Geruchsbelästigung abgeschätzt werden kann. Ebenso wurden dort die Unsicherheiten dieser Zugänge dargestellt.

Auch ein kleiner Betrieb kann in seiner unmittelbaren Umgebung relativ hohe Geruchsintensitäten bewirken. Für einen großen Betrieb wird voraussichtlich ein größerer Abstand zur nächsten Wohnbebauung erforderlich sein, damit es dort zu keiner erheblichen Belästigung durch Geruchsstoffe kommt. Seine Emissionen werden noch in einem größeren Umkreis zu wahrnehmbaren Belastungen führen. Kleinere Betriebe werden häufiger als vertraut bzw. ortsüblich empfunden, währenddessen Betriebe mit industriehähnlicher Massentierhaltung oft kritisch bewertet werden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zur Beurteilung von Geruchsimmissionen keine definierten Grenzwerte existieren. Daher ist vom medizinischen Sachverständigen eine Beurteilung vorzunehmen, die auf den konkreten Einzelfall abgestellt ist. Die zu berücksichtigenden Kriterien umfassen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

- Häufigkeit und Intensität der Geruchsimmissionen
- Qualität des Geruches (z.B. werden Gerüche verschiedener Tierarten unterschiedlich stark als störend empfunden, siehe Kapitel 4.11)
- Ortsüblichkeit der Geruchsimmissionen, im Vergleich zur Flächenwidmung am Immissionsort bzw. zu vorbestehenden Belastungen
- Örtliche Gegebenheiten, landwirtschaftliche Struktur

- Vorbestehende Belastungen, wobei hier auch detailliert auf die Änderung der bisherigen örtlichen Immissionssituation einzugehen ist.

## 8.6. Effekte der spezifischen Geruchsimmissionen unter Berücksichtigung der Vorbelastung (Ist-Zustand)

Wenn in einem Untersuchungsgebiet bereits eine Vorbelastung durch qualitativ gleiche Gerüche besteht, müssen bei der Beurteilung der neu hinzutretenden Belastung zwei Aspekte betrachtet werden: die Zunahme der **Intensität** der Geruchsbelastung und die Zunahme deren **Dauer**. Bekanntermaßen ist die Unterscheidungsfähigkeit für Geruchsintensitäten bei den meisten Menschen relativ wenig ausgebildet: Die Konzentration einer geruchserzeugenden Substanz muss fast immer um ca. 30 Prozent erhöht werden, ehe ein Unterschied festgestellt werden kann. Es wird angenommen, dass der durchschnittliche Mensch nur zu einer geringen Anzahl (<10) von Intensitätsabstufungen fähig ist (Haider et al. 1994). Kritischer ist da schon die Zunahme der Geruchsstunden zu sehen. Ein weiterer Stall wird daher prinzipiell ungünstiger zu bewerten sein, wenn er das Wohngebiet zusätzlich aus einer anderen Windrichtung beaufschlagt. In aller Regel wird jedoch eine Kombination beider Aspekte vorliegen.

Auch für die Beurteilung der Dauer einer (Zusatz-)Belastung finden sich Anhaltspunkte in diversen Richtlinien, Empfehlungen und Studien. So heißt es in der GIRL, dass ein zusätzlicher Immissionsbeitrag einer Anlage von bis zu 2 Prozent der Jahresstunden die belästigende Wirkung der vorhandenen Belastung nicht relevant erhöht (Irrelevanzkriterium) (GIRL 2008). Lang (2007) sieht diese Regelung allerdings kritisch, da sie die Gefahr birgt, dass es zur Genehmigung immer neuer Anlagen kommt und so die Geruchsbelastung der Anrainer schrittweise auf ein unerträgliches Ausmaß erhöht werden kann. Nach Sucker et al. (2006) verläuft der Zusammenhang zwischen Geruchsstunden und Anzahl Belästigter zumeist (Ausnahme: Hühnerställe) nicht linear. Gerade bei noch niedriger Anzahl an Geruchsstunden fällt eine relativ geringe Zunahme recht ausgeprägt ins Gewicht, während bei bereits vorbestehender massiver Belastung eine weitere mäßige Erhöhung der Einwirkungsdauer nicht zu viel mehr Belästigung führt. Der flache Verlauf der Kurve bei hohen Geruchsstundenzahlen kann aber keine allzu große Freizügigkeit begründen: Wo bereits durch die bestehende Belastung eine entsprechende Belästigung besteht, ist ein eher restriktives Vorgehen bei zusätzlichen Bewilligungen erforderlich.

Aus der Steigung von Expositions-Wirkungskurven lässt sich auch erkennen, inwieweit eine Erhöhung der Geruchsbelastung zu einem relevanten Anstieg des Anteils „sehr stark Belästigter“ führt. Dies kann als Grundlage zur Abschätzung der Relevanz einer Zusatzbelastung herangezogen werden. In der in Kapitel 4.11 ausführlicher beschriebenen GIRL-Studie aus Baden-Württemberg (Dominanz der Schweinehaltung, hauptsächlich kleinere und mittlere Familienbetriebe in kleinräumigen Siedlungsstrukturen) zeigte sich folgendes (Jungbluth et al. 2005): Wenn die Geruchshäufigkeit der Tierhaltungsgerüche im hier interessierenden Wertebereich um 5 Prozentpunkte zunimmt, steigt der Anteil der „sehr stark Belästigten“ um maximal 2 Prozentpunkte. Im Vergleich dazu fanden Sucker et al. (2003) bei unangenehmen Gerüchen aus den untersuchten industriellen Anlagen, dass eine 5-prozentige Zunahme der Geruchshäufigkeit den Anteil der „sehr stark Belästigten“ wesentlich deutlicher, nämlich um 5 Prozent, zunehmen lässt.

Zu bedenken ist auch, dass die Expositions-Wirkungskurve bei Gerüchen aus der Geflügelhaltung steiler als bei Schweinen oder gar bei Rindern (Sucker et al. 2006 bzw. Kapitel 4.11) verläuft. Weiters nimmt bei Menschen, die nicht in der Landwirtschaft tätig sind bzw. in einem nicht-agrarischen Gebiet leben, die Belästigung schneller zu (UK Environment Agency 2002a). Angemerkt sei auch, dass Lärmimmissionen einen signifikanten Einfluss auf die Geruchsbelästigung haben.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der spezifischen Geruchsmissionen unter Berücksichtigung des Ist-Zustandes ist die Durchführung eines Ortsaugenscheins obligat. Auf diese Weise kann sich der medizinische Sachverständige ein Bild über die örtlichen Verhältnisse machen.

### **8.7. Definition des Ausmaßes zulässiger Geruchsmissionen aus der Nutztierhaltung im Zusammenhang mit Belästigung/Beeinträchtigung des Wohlbefindens, Gesundheitsgefährdung und Gesundheitsschädigung**

Bei einer Belästigungswirkung wird seitens der zuständigen Behörde zwischen zumutbarer und **unzumutbarer Belästigung** unterschieden. Nach der Gesetzeslage bezieht sich die Zumutbarkeit auf eine normal empfindende Person. Wie im Kapitel 8.3 ausgeführt, können aus statistischen Überlegungen bis ca. 15 Prozent Unzufriedene toleriert werden. Aus verschiedenen Gründen werden in umweltmedizinischen Regelungen jedoch bis zu 10 Prozent **sehr stark Belästigte** toleriert, z.T. noch deutlich mehr (beispielsweise bei Lärmimmissionen). Geruchshäufigkeiten von 10 Prozent (der deutsche

Richtwert für Wohngebiete) bedeuten nicht selten in Abhängigkeit von der Verteilung der Geruchseinwirkungen über den Tag rund 10 Prozent an sehr stark Belästigten. Wenn sich nun 10 Prozent als **sehr stark belästigt** bezeichnen, geben zusätzlich bis zu 25 Prozent an, „**belästigt**“ zu sein. Dies sollte im Rahmen der medizinischen Begutachtung von Geruchsmissionen immer bedacht werden.

Weiters kann eine **starke Belästigung** bei wiederholtem, länger dauerndem Auftreten im Prinzip als Gesundheitsgefährdung aufgefasst werden. Es erscheint daher nicht unproblematisch, wenn Belastungen, die bei 10 Prozent der Betroffenen zu sehr starker Belästigung führen, als Kriterium der Zumutbarkeit dienen.

Der Zusammenhang zwischen Geruchsbelastung und Anzahl der Belästigten wurde vielfach untersucht. Die Belastung wird dabei entweder in Geruchsstunden, Geruchsinintensität oder Geruchsqualität in Abhängigkeit von Eigenschaften der betroffenen Population dargestellt, fallweise auch unter Berücksichtigung von mehreren Faktoren. Die gleichzeitige Darstellung von mehr als zwei Faktoren wird hingegen rasch unübersichtlich. Wenn daher einzelne Studien rechnerisch verschiedene Störvariablen berücksichtigt haben, so müssen diese Störgrößen ebenfalls in der Beurteilung berücksichtigt werden. Man muss davon ausgehen, dass die Parameter, welche die Grundlage der Begutachtung bilden, komplex zusammenwirken. Damit verbietet sich eine zu schematische Anwendung von Empfehlungen etwa zu zulässigen Geruchsstunden.

Als Grenze für eine **nicht erhebliche** (zumutbare) **Belastung** hat eine Geruchshäufigkeit von 8 bis 10 Prozent der Jahresstunden Eingang in die gängige Rechtsprechung gefunden. In den letzten Jahren sind in der wissenschaftlichen Literatur Untersuchungen erschienen, die auf die Möglichkeit einer großzügigeren Handhabung unter bestimmten Umständen hinweisen. Derartige Umstände sind unter anderem kleinere Ställe, die sich besser in die traditionelle dörfliche Struktur eingliedern, Tierarten, deren Haltung in der Region bisherigen Traditionen entspricht und deren Geruch als weniger unangenehm empfunden wird (Rinder) sowie eine höhere soziale Akzeptanz des Betriebes in der Dorfgemeinschaft, welche unter anderem auch durch betriebsorganisatorische Maßnahmen und die Kommunikationskultur bestimmt wird. Auf der anderen Seite erscheinen die erwähnten Werte für besonders unangenehme Gerüche (Geflügelhaltung) als zu hoch angesetzt (GIRL 2008, Kap. 6.4).

Zulässige Geruchsmissionen dürfen jedenfalls nicht - im engeren Sinn - gesundheitsgefährdend sein. Im Hinblick auf mögliche Schadwirkungen durch langdauernden Stress ohne ausreichende Kompensationsmechanismen kann eine schwere, länger dauernde Belästigung als Gefährdung der Gesundheit angesehen werden. Ob sich die Gefähr-

dung der Gesundheit letztendlich auch als Schädigung manifestiert, wird sicher auch von individuellen Moderatorvariablen abhängen. Hier ist insbesondere das individuelle Bewältigungsverhalten (Coping) zu nennen. Dieses hängt einerseits von persönlichen (individuellen, charakterlichen) Voraussetzungen des einzelnen Betroffenen ab, andererseits aber auch von den faktischen materiellen Möglichkeiten zur Stressbewältigung.

Wenn die intensive Geruchsbelastung allerdings eine derartige Häufigkeit annimmt, dass selbst optimale Stressbewältigung an ihre Grenzen stößt, könnte es langfristig gesehen zu einer **Gesundheitsschädigung** kommen.

Gerüche, die Ekel oder Übelkeit auslösen, sind prinzipiell als gesundheitsschädigend zu beurteilen. Zur Beurteilung, ob eine derart intensive und adverse Einwirkung vorliegt, ist erforderlich, dass der Gutachter die zu beurteilende Situation selber (unangekündigt) vor Ort in Augenschein nimmt. Im Rahmen eines Lokalaugenscheins sollte u.a. den Hinweisen aus der Bevölkerung (z.B. bez. genauem/genauer Ort und Zeit des Auftretens von Geruchsimmissionen) nachgegangen werden. Bei Ställen, die bereits im Planungsstadium zu beurteilen sind, wird ebenfalls ein Ortsaugenschein zur besseren Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten notwendig sein. Anstelle der eigenen Geruchswahrnehmung wird sich der Gutachter jedoch auf die Immissionsprognosen beziehen müssen. Sind die örtlichen Gegebenheiten in den Basisunterlagen (immissionstechnisches Gutachten) nicht ausreichend beurteilt, hat der medizinische Gutachter ergänzende Unterlagen anzufordern (z.B. Windstatistik, Orografie).

Der Gutachter wird jedenfalls die verschiedenen örtlichen Gegebenheiten und Moderatorvariablen wie z.B. die Bevölkerungsstruktur in seine Beurteilung einfließen lassen. Dies ermöglicht ihm einen gewissen Entscheidungsspielraum, wodurch er auch - bei entsprechender Begründung - von den allgemein empfohlenen Richtwerten abweichen kann. Neben der Häufigkeit in Prozent Geruchsstunden sind dabei auch die zeitliche Verteilung der Geruchseinwirkung und allenfalls auch die Vorhersehbarkeit des Auftretens solcher Belastungen zu nennen.

Im Rahmen der Begutachtung sind die zusätzlichen, aus der Ausbringung der Tierabgänge anfallenden Geruchsimmissionen meist - aufgrund fehlender Grundlagen - nicht beurteilbar. Insgesamt wird die Gesamtimmissionsbelastung in Regionen mit Nutztierhaltung daher größer sein als in dem jeweiligen Behördenverfahren darstellbar.

Deshalb sollte der begutachtende Arzt diese zusätzliche Geruchsquelle nicht außer Acht lassen. Zur Reduktion der Belästigung kann beitragen, wenn die AnrainerInnen rechtzeitig über die Ausbringung von Gülle informiert werden und so bestimmte Gegen-

maßnahmen setzen können, wie z.B. die Fenster rechtzeitig schließen und keine Wäsche zum Trocknen im Freien aufhängen.

Insgesamt wird die Gesamtimmissionsbelastung in Regionen mit Nutztierhaltung daher größer sein als in dem jeweiligen Behördenverfahren darstellbar.

## **8.8. Beurteilung von Gerüchen aus Tierhaltungen**

Als Richtwerte werden in Österreich neben den Werten der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (siehe dazu Kapitel 8.4) häufig auch diejenigen der deutschen GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie) herangezogen. Die Immissionswerte der GIRL basieren auf einer Studie des renommierten Medizinischen Instituts für Umwelthygiene der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf (das heute in der ursprünglichen Form leider nicht mehr existiert). Diese Studie kam zu dem Schluss, dass eine erhebliche Belästigung durch Gerüche bei Immissionswerten zwischen 10 und 20 Prozent relativer Geruchshäufigkeit beginnt. Für Wohngebiete wurde daher ein Wert von 10 Prozent vorgeschlagen.

Die GIRL geht unter Bezugnahme auf entsprechende Studien von der Annahme aus, dass die auf Geruchsstunden basierenden Geruchshäufigkeiten grundsätzlich eine hinreichende Beschreibung des Belästigungsgrades von AnrainerInnen ermöglichen. Von der Landwirtschaft nahestehenden Institutionen wurde die Anwendbarkeit der GIRL auf landwirtschaftliche Betriebe von jeher abgelehnt (Lang 2007).

In den letzten Jahren erschienen nun mehrere Studien, welche ergaben, dass eine gesonderte Beurteilung von bestimmten landwirtschaftlichen Gerüchen gerechtfertigt werden könne. Es ließen sich Hinweise für eine höhere Akzeptanz von manchen Tierhaltungsgerüchen im Vergleich zu industriellen Gerüchen ableiten. Basierend auf den Expositions-Wirkungszusammenhängen wurden von Jungbluth et al. (2005) zulässige, höhere Immissionswerte nach dem System der GIRL vorgeschlagen. Dabei ist zu bedenken, dass sich diese Werte auf Gerüche durch kleine und mittlere Familienbetriebe (im Schnitt ca. 100-200 Schweine pro Betrieb) in Baden-Württemberg beziehen und daher keinesfalls unkritisch auf andere Situationen übertragbar sind.

Auf Basis des Projekts „Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft“ (Sucker et al. 2006) wurden Gewichtungsfaktoren für Geflügel-, Schweine- und Rindergerüche entwickelt (siehe Kap. 6.4, 8.4).

## 8.9. Empfehlungen aus umweltmedizinischer Sicht

- Frühzeitige Information und Einbindung der AnrainerInnen: Der Behörde und dem Konsenswerber wird dringend angeraten bei entsprechenden Bauverfahren die Anrainer über die zu erwartenden Änderungen der Immissionssituation umfassend zu informieren. Gehen nach Realisierung eines Projektes Beschwerden über das Auftreten von unzumutbaren Gerüchen bei der Behörde ein, wird es für alle Betroffenen wesentlich schwieriger, die mit der Geruchsbelästigung einhergehenden Probleme wieder zu bereinigen.
- Die „Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen“ mit ihrer Praxis der Abstandsregelung ist nicht mehr zeitgemäß. Für kleine Ställe, die es in Österreich immer noch gibt und die fallweise auch umgebaut oder neu errichtet werden, ist eine umfangreiche Modellierung der Geruchsausbreitung wahrscheinlich zu aufwendig und für diesen Fall ist die „Vorläufige Richtlinie“ weiterhin anwendbar.
- Die medizinische Beurteilung von Geruchsimmissionen sollte sich nicht auf den bloßen Vergleich mit Richtwerten beschränken (Umweltbundesamt 2008). Sie ist auf die Umstände **des konkreten Einzelfalls** abzustellen. Es sollen die Geruchsart und -intensität, die Art des Betriebs, die tatsächlichen örtlichen Verhältnisse, die Ortsüblichkeit der Immissionen und andere die Situation maßgeblich beeinflussende Faktoren beurteilt werden. Die Durchführung eines Ortsaugenscheins ist obligat.
- Die Einhaltung des gemäß Nationalen Umweltplans empfohlenen Richtwertes von insgesamt bis zu 8 Prozent der Jahreszeit für auftretende Geruchsimmissionen als Maß für die zulässige Gesamtimmission für Gebiete mit Wohnnutzung ist aus ärztlicher Sicht auch bei Belastungen mit Gerüchen aus der Nutztierhaltung grundsätzlich anzustreben. Faktum ist, dass auch bei dieser Geruchshäufigkeit immer noch ein gewisser Prozentsatz an „sehr stark Belästigten“ verbleibt, der konventionsgemäß zu tolerieren ist. Dies sollte der ärztliche Sachverständige auch in geeigneter Form den AnrainerInnen kommunizieren. Bei Gerüchen der Geflügelhaltung ist der Wert aus medizinischer Sicht einzuhalten bzw. zu unterschreiten. Bei Gerüchen aus der Rinderhaltung kann eine höhere Zahl an Geruchsstunden akzeptiert werden. Jedenfalls sind die unterschiedlichen Belästigungsgrade der Geruchsimmissionen aus der Ge-

flügel-, Schweine- und Rinderhaltung – wie u.a. in den Kapiteln 4.10 und 8.4 dargestellt - in der ärztlichen Beurteilung zu berücksichtigen.

- Eine Empfehlung für die generalisierende schematische Anwendung von zulässigen Geruchsstunden erscheint aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsmethoden und der Vielzahl von Einflussfaktoren auf Belästigungsreaktionen nicht angebracht. Die Begutachtung ist immer auf den **konkreten Einzelfall** abzustimmen, wobei medizinische Sachverständige in der Beurteilung den fachspezifischen Handlungsspielraum durchaus ausnutzen können.

## 9. LITERATUR

- Alvarado CS, Gibbs SG, Gandara A, Flores C, Hurd WW, Green CF (2012): The potential for community exposures to pathogens from an urban dairy. *J Environ Health* 74:22-28.
- Amoore JE (1963): The stereochemical theory of olfaction. *Nature* 198:271-272.
- Amoore JE (1977): Specific anosmia and the concept of primary odors. *Chemical Senses* 2: 267–281.
- Anderson AK, Christoff K, Stappen I, Panitz D, Ghahremani DG, Glover G, Gabrieli JD, Sobel N (2003): Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction. *Nature Neuroscience* 6:196-202.
- Angelucci FL, Silva VV, Dal Pizzol C, Spir LG, Praes CE, Maibach H (2014): Physiological effect of olfactory stimuli inhalation in humans: an overview. *Int J Cosmet Sci* 36:117-123.
- Araneda RC, Kini AD, Firestein S (2000): The molecular receptive range of an odorant receptor. *Nature Neuroscience* 3:1248-1255.
- Arts JH, de Heer C, Woutersen RA (2006): Local effects in the respiratory tract: relevance of subjectively measured irritation for setting occupational exposure limits. *Int Arch Occup Environ Health* 79:283-298.
- ASTM E679 - 04 (2011): Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits. American Society for Testing and Materials. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- Ayabe-Kanamura S, Schicker I, Laska M, Hudson R, Distel H, Kobayakawa T, Saito S (1998): Differences in perception of everyday odors: a Japanese-German cross-cultural study. *Chem Senses* 23:31-38.
- Barjenbruch M (2001): Vermeidung von Geruchsentwicklungen im Kanalnetz. *wwt/awt* 4:35-38.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015): Gerüche und Geruchsbelästigungen. [http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw\\_23\\_geruchsbelaestigungen.pdf](http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_23_geruchsbelaestigungen.pdf) (Abruf am 5.11.2015).
- Bernard C (1925): Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Le Arts et le Livre, Paris.
- Birbaumer N, Schmidt RF (1999): *Biologische Psychologie*. Berlin: Springer Verlag.

- Bitter F, Böttcher O, Dahms A, Kasche J, Müller B, Müller D (2004): Handbuch zur Messung der empfundenen Luftqualität. Luftqualität in Innenräumen. TU Berlin, Hermann-Rietschel-Institut. November 2004.
- Blanes-Vidal V (2015): Air pollution from biodegradable wastes and non-specific health symptoms among residents: Direct or annoyance-mediated associations? *Chemosphere* 120:371-377.
- Blanes-Vidal V, Bælum J, Nadimi ES, Løfstrøm P, Christensen LP (2014): Chronic exposure to odorous chemicals in residential areas and effects on human psychosocial health: Dose–response relationships. *Science of the Total Environment* 490:545-554.
- Blanes-Vidal V, Suh H, Nadimi ES, Løfstrøm P, Ellermann T, Andersen HV, Schwartz J (2012): Residential exposure to outdoor air pollution from livestock operations and perceived annoyance among citizens. *Environment International* 40:44-50.
- Boeckh J (1972): Geruch. In: Gauer, Kramer & Jung (Hrsg.): *Physiologie des Menschen*. München, Urban & Schwarzenberg Verlag.
- Boeker P (2003): Die Objektivierung des Geruchseindrucks, Messung und Modellierung. Habilitationsschrift, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
- Boeker P, Haas T (2007): The measurement uncertainty of olfactometry. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 67:331-340.
- Braun-Fahrländer C (2003): Environmental exposure to endotoxin and other microbial products and the decreased risk of childhood atopy: evaluating developments since April 2002. *Current Opinion in Allergy & Clinical Immunology* 3:325-329.
- Brauer L (1996): *Gefahrstoff-Sensorik: Farbe, Geruch, Geschmack; Reizwirkung gefährlicher Stoffe; Geruchsschwellenwerte*. 18. Ergänzungslieferung 7/96. Landsberg, ecomed Verlag.
- Bullinger M (1992): Befindlichkeitsstörungen. In: H. E. Wichmann, H. W. Schlipkötter & G. Fülgraff (Hrsg.): *Handbuch der Umweltmedizin*. Landsberg, ecomed Verlag.
- Bullinger M, Meis M (1996): Wirkung von Umweltbelastungen auf psychische Funktionen. In: H. Brauer (Hrsg.): *Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik, Band 1. Emissionen und ihre Wirkungen (786-822)*. Berlin, Springer Verlag.
- Bundesministerium für Wissenschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) (2009): *Technische Grundlage für die Beurteilung von Einwirkungen, die beim Betrieb von Koch-, Selch-, Brat- und Backanlagen auftreten können und Abhilfemaßnahmen*, Wien.
- Bunton B, O'Shaughnessy P, Fitzsimmons S, Gering J, Hoff S, Lyngbye M, Thorne PS, Wasson J, Werner M (2007): Monitoring and modeling of emissions from concen-

- trated animal feeding operations: overview of methods. *Environ Health Perspect* 115:303-307.
- Burdach KJ (1987): *Geschmack und Geruch*. Bern, Hans Huber Verlag.
- Bushdid C, Magnasco MO, Vosshall LB, Keller A (2014): Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science* 343:1370-1372.
- Cain WS, Schmidt R, Wolkoff P (2007): Olfactory detection of ozone and D-limonene: reactants in indoor spaces. *Indoor Air* 17:337-347.
- Campbell JM (1983): Ambient stressors. *Environment and Behavior* 15:355-380.
- Capelli L, Sironi S, Del Rosso R, Guillot J-M (2013): Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: a review. *Atmos Environ* 79:731-743.
- Cavalini PM, Koeter-Kemmerling LG, Pulles MP (1991): Coping with odour annoyance and odour concentrations: three field studies. *Journal of Environmental Psychology* 11:123-142.
- Cavalini PM (1992): *It's an ill wind that brings no good. Studies on odour annoyance and the dispersion of odorant concentrations from industries*. University of Groningen, The Netherlands. Groningen, University Press.
- Cervinka R, Friza H (1990): *Wissenschaftliche Grundlagen für die Erstellung umweltmedizinischer Richtlinien zur Begutachtung von Immissionen aus Tiermast- und Zuchtbetrieben*. Projektgruppe zur Ausarbeitung von Richtlinien für die Beurteilung der baurechtlichen Zulässigkeit von Immissionen aus Tiermast- und Zuchtbetrieben. Leitung Prof. M. Haider, Wien 1990.
- Cervinka R, Neudorfer E (2003): „Hilfe, es stinkt!“ Geruchsbelästigung und Kanalsanierung in der Stadt. *Umweltpsychologie* 1/7:24-37.
- Cervinka R, Neudorfer E (2004): Geruchsemissionen kommunaler Abwässer - technische Sanierung und Reduktion der Belästigungswirkung. *KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall* 7/51:736-740.
- Cervinka R, Neudorfer E (2007): Bewältigungsstrategien/Coping bei Geruchsbelästigung - Fallstudie und Follow-up. *VDI Wissensforum „Gerüche in der Umwelt“*, 13.-14. November 2007, Bad Kissingen.
- Chapin A, Rule A, Gibson K, Buckley T, Schwab K (2005): Airborne multidrug-resistant bacteria isolated from a concentrated swine feeding Operation. *Environ Health Perspect* 113:137-142.
- Chastrette M, Thomas-Danguin T, Rallet E (1998): Modelling the human olfactory stimulus-response function. *Chem Senses* 23:181-96.
- Chen D, Katdare A, Lucas N (2006): Chemosignals of fear enhance cognitive performance in humans. *Chem Senses* 31:415-23.

- Chess A, Simon I, Cedar H, Axel R (1994): Allelic inactivation regulates olfactory receptor gene expression. *Cell* 78:823-834.
- Costanza JK, Marcinko SE, Goewert AE, Mitchell CE (2008): Potential geographic distribution of atmospheric nitrogen deposition from intensive livestock production in North Carolina, USA. *Sci Total Environ* 398:76-86.
- Dalton P, Doolittle N, Breslin PA (2002): Gender-specific induction of enhanced sensitivity to odors. *Nat Neurosci* 5:199-200.
- Dalton P, Caraway EA, Gibb H, Fulcher K (2011): A multi-year field olfactometry study near a concentrated animal feeding operation. *J Air Waste Manag Assoc.* 61:1398-408.
- Dämmgen U, Erisman JW (2002): Transmission und Deposition von Ammoniak und Ammonium In: *KTBL-Schrift 406: Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen*. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Davy B (1990): *Gefahrenabwehr im Anlagenrecht. Forschungen aus Staat u. Recht*. Springer, Wien.
- Defoer N, van Langenhove H (2003): Determination of odour emissions from pig farms for regulatory purposes in Flanders. In: *International Symposium on Gaseous and Odour Emissions from Animal Production Facilities*.152-160, Horsens, Denmark.
- DG SANCO (2007): [http://ec.europa.eu/health/ph\\_determinants/healthdeterminants\\_de.htm](http://ec.europa.eu/health/ph_determinants/healthdeterminants_de.htm) (Abruf: 06.12.2015).
- DIN prEN 16841-1 (2015): *Außenluft - Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen - Teil 1: Rastermessung*.
- Dirmaier V (2015): OÖN v. 29.7.2015. <http://www.nachrichten.at/oberoesterreich/innviertel/Dicke-Luft-Trimmelkamer-klagen-ueber-Gestank-neben-Schweinestall;art70,1928804,5>.
- Donham KJ (2010): Community and occupational health concerns in pork production: A review. *J. Anim. Sci.* 88(13 Suppl.):E102–E111.
- Dorsch (2014): *Lexikon der Psychologie*. Hrg. Wirtz, MA. Unter Mitarbeit von J Strohmmer. 17. Aufl. <https://portal.hogrefe.com/dorsch/erholung>.
- Ege MJ, Frei R, Bieli C, Schram-Bijkerk D, Waser M, Benz MR, Weiss G, Nyberg F, van Hage M, Pershagen G., Brunekreef B, Riedler J, Lauener R, Braun-Fahrlander C, von Mutius E, PARSIFAL Study team (2007): Not all farming environments protect against the development of asthma and wheeze in children. *Journal of Allergy & Clinical Immunology* 119:1140-1147.

- Ehrlichman H, Bastone L (1992): The use of odour in the study of emotion. In: S. van Tollers u. G. H. Dodd (Ed.): *Fragrance, the Psychology and Biology of Perfume*, 143-159. London, Elsevier Applied Science.
- EN 13725 (2003): Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. Comité Européen de Normalisation, Bruxelles.
- Environment Agency UK (2002a): *Assessment of Community Response to Odorous Emissions*. R&D Technical Report P4-095/TR. ISBN 1 857059 247, Bristol, UK.
- Environment Agency UK (2002b): *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Horizontal Guidance for Odour Part 1 – Regulation and Permitting (draft)*. Scientific and Technical Information Service, Bristol, UK.
- Environmental Protection Agency of Ireland (2001): *Odour Impacts & Odour Emission Control Measures for Intensive Agriculture*. Final Report.  
<http://www.cschi.cz/odour/files/world/Odour%20Impacts%20Final.pdf> (Abruf: 10.10.2015).
- Epple G, Herz RS (1999): Ambient odors associated to failure influence cognitive performance in children. *Dev Psychobiol* 35:103-107.
- Ewers K (2001): *Verarbeitung der Umweltbelastungsfaktoren Geruch und Lärm unter besonderer Berücksichtigung von Geschlecht und Coping*. Unveröff. Dipl., Universität Wien.
- Faltermaier T (1994): *Gesundheitsbewußtsein und Gesundheitshandeln. Über den Umgang mit Gesundheit im Alltag*. Beltz, Psychologie-Verl.-Union, Weinheim.
- Feddes, JJR (2009): Swine production impact on residential ambient air quality. *Journal of Agromedicine* 14:291-298.
- Ferdenzi C, Schirmer A, Roberts CS, Delplanque S, Porcherot C, Cayeux I, Velazco M-I, Sander D, Scherer KR, Grandjean D. (2011): Affective dimensions of odor perception: A comparison between Swiss, British, and Singaporean populations. *American Psychological Association* 11:1168-1181.
- Fields JM (1993): Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *J. Acoustic. Soc. Am.* 93:2753-2763.
- Folkman S, Moskowitz JT (2004): Coping: Pitfalls and promise. *Annu Rev Psychol* 55:745-774.
- Frechen FB (2001): *Geruchsmessung und -quantifizierung*. In: H. H. Hahn & J. Kraus (Hrsg.): *Geruchsemissionen*. Tagungsband der 15. Flockungstage 2001. Universität Karlsruhe, Institut für Siedlungswasserwirtschaft.
- Freeman WJ (1991): The physiology of perception. *Scientific American* 264:78-85.

- Friese A, Schulz J, Hartung J, Rösler U (2012) Aerogene MRSA in Nutztierställen und deren Umgebung. Präsentation anlässlich der Konferenz „Verbraucherschutz in DART“, Berlin, 22.-23. Mai 2012.
- Friese A, Schulz J, Zimmermann K, Tenhagen BA, Fetsch A, Hartung J, Rösler U (2013): Occurrence of livestock-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Turkey and broiler barns and contamination of air and soil surfaces in their vicinity. *Appl Environ Microbiol* 79:2759-2766.
- Folkman S, Lazarus RS (1980): An analysis of coping in a middle-aged community sample. *J Health Soc Behav* 21:219-39.
- Fukui H, Toyoshima K, Komaki R (2009): Psychological and neuroendocrinological effects of Patchouli. *Neurosci Res* 65:S222.
- Gallmann E (2011): Beurteilung von Geruchsimmissionen aus der Tierhaltung. Selbstverlag, Stuttgart-Hohenheim.
- Gatt B, Geiger B, Richter A (2002): Erholung und Gesundheit – Eine Fragebogenstudie. Regensburg.
- Gentry-Shields J, Myers K, Pisanic N, Heaney C, Stewart (2015): Hepatitis E virus and coliphages in waters proximal to swine concentrated animal feeding operations. *Sci Total Environ* 505:487-493.
- Gibbs SG, Green CF, Tarwater PM, Mota LC, Mena KD, Scarpino PV (2006): Isolation of antibiotic-resistant bacteria from the air plume downwind of a swine confined or concentrated animal feeding operation. *Environ Health Perspect* 114:1032-1037.
- GIRL (Geruchsimmissions-Richtlinie) (2008): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen. [http://www.hlug.de/fileadmin/downloads/luft/LAI-GIRL\\_2008\\_mit\\_Ergaenzung-10092008.pdf](http://www.hlug.de/fileadmin/downloads/luft/LAI-GIRL_2008_mit_Ergaenzung-10092008.pdf).
- Godbout S, Lemay S, Duchaine C, Pelletier F, Larouche J-P, Belzile M, Feddes JJ (2009): Swine production impact on residential ambient air quality. *J Agromedicine* 14:291-298.
- Gerber PJ, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Faluccci A, Tempio G (2013): Tackling climate change through livestock. A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Green CF, Gibbs SG, Tarwater PM, Mota LC, Scarpino PV (2006): Bacterial plume emanating from the air surrounding swine confinement operations. *J Occup Environ Hyg* 3:9-15.
- Gudziol H, Wajnert B, Förster G (2006): Wie verändern angenehme und unangenehme Gerüche die Atmung? *Laryngorhinootologie* 85:567-572.

- Guski R (1994): Psychische Wirkungen von Umweltfaktoren. In: H. E. Wichmann, H. W. Schlipkötter & G. Fülgraff (Hrsg.), Handbuch der Umweltmedizin. Landsberg, eco-med Verlag.
- Haider M, Möse JR, Eder J, Strauß G, Neuberger M (1984): Empfehlungen für die Verwendung medizinischer Begriffe im Rahmen umwelthygienischer Beurteilungsverfahren. Mitteilungen der österreichischen Sanitätsverwaltung 85:277-279.
- Haider M, Cervinka R, Groll-Knapp E, Pfeiffer PK (1994): Geruch. In: Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kommission für Reinhaltung der Luft (Hrsg.): Umweltwissenschaftliche Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des nationalen Umweltplans für die Bereich Klima, Luft, Lärm und Geruch. Band 17/1994 (Kapitel 5). Wien. [http://www.oeaw.ac.at/krl/publikation/documents/NUP\\_kurz.pdf](http://www.oeaw.ac.at/krl/publikation/documents/NUP_kurz.pdf) (Abruf: 28.12.2015).
- Hangartner M (1987). Evaluation of annoyance caused by motor traffic. In: H. S. Koelega (Hrsg.): Environmental annoyance: Characterization, Measurement, and Control, 363-370). Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- Hangartner M (1989). Grundlagen zur Beurteilung von Geruchsproblemen. In: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.): Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 115. Bern.
- Hanusch A (2005): Kommentar zur Gewerbeordnung. Verlag LexisNexis.
- Hartung E (2002): Ammoniak-Emissionen der Rinderhaltung und Minderungsmaßnahmen In: KTBL-Schrift 406: Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Hauswirth DW, Sundy JS (2004): Bioaerosols and innate immune responses in airway diseases. *Curr Opin Allergy Clin Immunol* 4:61-66.
- Heaney CD, Myers K, Wing S, Hall D, Baron D, Stewart JR (2015): Source tracking swine fecal waste in surface water proximal to swine concentrated animal feeding operations. *Sci Total Environ.* 511:676-683.
- Heederik D, Sigsgaard T, Thorne PS, Kline JN, Avery R, Bønløkke JH, Chrischilles EA, Dosman JA, Duchaine C, Kirkhorn SR, Kulhankova K, Merchant JA (2007): Health effects of airborne exposures from concentrated animal feeding operations. *Environ Health Perspect* 115:298-302.
- Hehl O, Hoopmann M, Etling C (2005): Exposition von Anwohnern gegenüber Bioaerosolen aus Tierställen. *Umweltmed Forsch Prax* 10:334.
- Hellbrück J, Fischer M (1999): Umweltpsychologie. Ein Lehrbuch. Göttingen, Hogrefe Verlag.

- Herr CEW, zur Nieden A, Jankofsky M, Stilianakis NI, Boedeker R-H, Eikmann T (2003a): Effects of bioaerosol polluted outdoor air on airways of residents: a cross sectional study. *Occupational and environmental medicine* 60:336-342.
- Herr CEW, zur Nieden A, Bödeker RH, Gieler U, Eikmann T (2003b): Ranking and frequency of somatic symptoms in residents near composting sites with odor annoyance. *Int. Journal of Environmental Health* 206:61-64.
- Herr CEW, Nieden A, Rethage T, Stilianakis NI, Eikmann TF (2004): Health parameters as risk factors for the perception of annoying environmental odours in residential areas. Giessen.
- Hohm CF (1976): A human-ecological approach to the reality and perception of air pollution. The Los Angeles case. *Pacific Sociological Review* 19:21-44.
- Hoopmann M, Werfel T (2006): Systematisch erhöhte elterliche Nennung von Symptomen im Sinne einer Neurodermitis („overreporting“) in Abhängigkeit zur Nähe zu Tierställen als einem vermuteten Risikofaktor. *Allergologie* 29:307-314.
- Hummel T, Guel H, Delank W (2004): Olfactory sensitivity of subjects working in odorous environments. *Chem Senses* 29: 533-536.
- Interessengemeinschaft Geruch (2015): [www.geruch.at](http://www.geruch.at).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2013): Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- ISO 5492 (2008): Sensorische Analyse; Vokabular. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, Beuth Verlag.
- Iwasaki Y, Fukushima H, Nakaura H, Yajima T, Ishiguro T (1978): A new method for measuring odors by triangle odor bag method - Measurement at the source. *Journal of Japan Society of Air Pollution* 13:246-251 (in Japanese).
- Jacob TJC, Fraser C, Wang L, Walker V, O'Connor S (2003): Psychophysical evaluation in human subjects; adaptation, dose response and gender differences. *International Journal of Psychophysiology* 48:67-80.
- Janke A (1976): Psychophysiologische Grundlagen des Verhaltens. In: M. v. Kerekjato (Hrsg.): *Medizinische Psychologie*, 1-101. Berlin, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Jellinek JS (2004): Proust remembered: has Proust's account of odor-cued autobiographical memory recall really been investigated? *Chem Senses* 29:455–458.
- Jungbluth T, Hartung E, Gallmann E (2005): Abschlussbericht: Wissenschaftliche Untersuchungen zur GIRL-Anwendung unter den speziellen Bedingungen der Baden-Württembergischen Schweineproduktion („GIRL-Projekt BW“). <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/73741/> (Abruf: 30.12.2012).
- Kaepler K, Mueller F (2013): Odor classification: a review of factors influencing perception-based odor arrangements. *Chem Senses* 38:189-209.

- Kastka J (1976): Untersuchungen zur Belästigungswirkung der Umweltbedingungen Verkehrslärm und Industrieerüche. In: G. Kaminski (Hrsg.): *Umweltpsychologie*, 187-113). Stuttgart, Klett Verlag.
- Keller KH, Ball RW (2000): A retrospective study of diarrheal and respiratory illness incidence rates in Milford, Utah: 1992-1998. Bureau of Epidemiology, Utah Department of Health. Salt Lake City 2000.
- Keller A, Zhuang H, Chi Q, Vosshall LB, Matsunami H (2008): Genetic variation in a human odorant receptor alters odour perception. *Nature* 449:468-473.
- Keller A, Hempstead M, Gomez IA, Gilbert AN, Vosshall LB (2012): An olfactory demography of a diverse metropolitan population. *BMC Neurosci* 13:122.
- Khan RM, Luk CH, Flinker A, Aggarwal A, Lapid H, Haddad R, Sobel N (2007): Predicting odor pleasantness from odorant structure: pleasantness as a reflection of the physical world. *J Neurosci* 27:10015-10023.
- Kim KH, Park SY (2008): A comparative analysis of malodor samples between direct (olfactometry) and indirect (instrumental) methods. *Atmos Environ* 42:5061-5070.
- Kirk-Smith MD, Van Toller C, Dodd GH (1983): Unconscious odour conditioning in human subjects. *Biol Psychol* 17:221-231.
- Klarenbeek JV, Ogink NWM, van der Voet H (2014): Odor measurements according to EN 13725: A statistical analysis of variance components. *Atmos Environ* 86:9-15.
- Klinke R, Pape H-C, Kurtz A, Silbernagl S (Hrsg.) (2010): *Physiologie*. 6. Aufl., Stuttgart, Thieme Verlag.
- Klinke R, Silbernagl S (Hrsg.) (2003): *Lehrbuch der Physiologie*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Kobal G, Hummel T (1991): Olfactory evoked potentials in humans. In: T. V. Getchell, R. L. Doty, L. M. Bartoshuk, & J. B. Snow (Hrsg.): *Smell and taste in health and disease*, 255-275. New York, Raven Press.
- Kofler W (1993): Umweltängste, Toxikopie-Mechanismus, komplexes evolutionäres Coping-Modell und die Notwendigkeit neuartiger Auflagen für genehmigungspflichtige Anlagen. In: K. Aurand, B. P. Hazard & F. Tretter (Hrsg.): *Umweltbelastungen und Ängste: Erkennen, Bewerten, Vermeiden*, 225-270. Opladen, Westdeutscher Verlag.
- Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL (2014): *Bioaerosole und biologische Agenzien - Umweltmedizinische Bewertung von Bioaerosol-Immissionen - Wirkungen mikrobieller Luftverunreinigungen auf den Menschen*. VDI-Richtlinie 4250 – Blatt 1. August 2014.
- Lang M (2007): Die rechtliche Beurteilung von Gerüchen. Dargestellt am Beispiel von Geruchsimmissionen aus der Schweinehaltung. *Schriften zum Umweltrecht*, Band 156. Berlin, Duncker & Humblot.

- Lazarus RS, Folkman S (1984): Stress, appraisal, and coping. New York, Springer.
- Lehrner J, Eckersberger C, Walla P, Pötsch G, Deecke L (2000): Ambient odor of orange in a dental office reduces anxiety and improves mood in female patients. *Physiol Behav* 71:83-86.
- Li W, Moallem I, Paller KA, Gottfried JA (2007): Subliminal smells can guide social preferences. *Psychol Sci* 18:1044-1049.
- Liang HM, Liao CM (2007): Modeling VOC-odor exposure risk in livestock buildings. *Chemosphere* 68:781-789.
- Lindvall T, Radford EP (1973): Measurement of annoyance due to exposure to environmental factors. *Environmental Research* 6:1-36.
- Liu X, Zhang W, Hu Y, Hu E, Xie X, Wang L, Cheng H (2015): Arsenic pollution of agricultural soils by concentrated animal feeding operations (CAFOs). *Chemosphere* 119:273-281.
- Lockhart KM, King AM, Harter T (2013): Identifying sources of groundwater nitrate contamination in a large alluvial groundwater basin with highly diversified intensive agricultural production. *J Contam Hydrol* 151:140-154.
- Lohr L (1996): Perception of rural air quality: What will the neighbors think? *Journal of Agribusiness* 14:109-128.
- Lord T, Kasprzak M (1989): Identification of self through olfaction. *Percept Mot Skills* 69:219-224.
- Lowman A, McDonald MA, Wing S, Muhammad N (2013): Land application of treated sewage sludge: community health and environmental justice. *Environ Health Perspect* 121:537-542.
- Luginaah IN, Taylor SM, Elliott SJ, Eyles JD (2000): A longitudinal study of the health impacts of a petroleum refinery. *Social Science & Medicine* 50:1155-1166.
- Luginaah IN, Taylor SM, Elliott SJ, Eyles JD (2002): Community responses and coping strategies in the vicinity of a petroleum refinery in Oakville, Ontario. *Health & Place* 8:177-190.
- Luginaah IN, Taylor SM, Elliott SJ, Eyles JD (2002): Community reappraisal of the perceived health effects of a petroleum refinery. *Social Science & Medicine* 55:47-61.
- Mainland JD, Lundström JN, Reisert J, Lowe G (2014): From molecule to mind: an integrative perspective on odor intensity. *Trends Neurosci* 37:443-454.
- Mayer H (Hrsg.) (2003): *Fachwörterbuch zum öffentlichen Recht*. Verlag Manz, Wien.
- McGinley CM, McGinley MA (2000): Odor Intensity Scales for Enforcement, Monitoring, and Testing, in: Air and Waste Management Association (Ed.), Annual Conference Session No: EE-6, Session Title: Odor Management and Regulation, p. 11.

- Miedema HME, Walpot JI, Vos H, Steunenberg CF (2000): Exposure-annoyance relationship for odour from industrial sources. *Atmospheric Environment* 34:2927-2936.
- Miedema HME, Ham JM (1988): Odour annoyance in residential areas. *Atmos Environ* 22:2501-2507.
- Miner JR (1995): A review of literature on the nature and control of odors from pork production facilities. National Pork Producer Council, Des Moines, IA, USA.
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2012): Landwirtschaftliche Nutztierhaltung in Schleswig-Holstein. Drucksache 17/2119. Bericht der Landesregierung. [https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/T/tierschutz/Downloads/nutztierhaltung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/T/tierschutz/Downloads/nutztierhaltung.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (Abruf 24.12.2015)
- Mirabelli MC, Wing S, Marshall SW, Wilcosky TC (2006): Asthma symptoms among adolescents who attend public schools that are located near confined swine feeding operations. *Pediatrics* 118:66-75.
- Misselbrook TH, Clarkson CR, Pain BF (1993): Relationship between concentration and intensity of odour for pig slurry and broiler houses. *J of Agricultural Engineering Research* 55:163-169.
- Mücke W, Lemmen C (2010): Duft und Geruch. Wirkungen und gesundheitliche Bedeutung von Geruchsstoffen. Ecomed, Heidelberg, 206 S.
- Mücke W, Lemmen Ch (2011): Umweltmedizinische Bedeutung von Geruchsstoffen – Duftstoffe, Innenräume, Arbeitsplätze und Umwelt. In: *Handbuch der Umweltmedizin* (Hrsg: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G), 45. Erg.Lfg. 7/11. ecomed, Landsberg/Lech.
- Nadimpalli M, Rinsky J, Wing S, Hall D, Stewart J, Larsen J, Nachman KE, Love DC, Pierce E, Pisanic N, Strelitz J, Harduar-Morano L, Heaney CD (2014): Persistence of livestock-associated antibiotic-resistant *Staphylococcus aureus* among industrial hog operation workers in North Carolina over 14 days. *Occup Environ Med*. 0.1136/oemed-2014-102095.
- Neuberger M, Kundi M, Friedl HP (1992): Environmental factors in chronic obstructive disease. *European Respiratory Reviews* 2:144-148.
- Newby BD, McGinley MA (2004): Ambient odour testing of concentrated animal feeding operations using field and laboratory olfactometers. *Water Sci Technol* 50:109-114.
- Nicell JA (1994): Development of the odour impact model as a regulatory strategy. *Int. J. Environment and Pollution* 4:124-138.
- Nicell JA (2009): Assessment and regulation of odour impacts. *Atmos Environ* 43:196-206.

- Nicolai R, Clanton C, Guo H (2000): Modeling the relationship between detection threshold and intensity of swine odours. Second International Conference: Air Pollution from Agricultural Operations. ASAE, St. Joseph, MI, pp. 296-304.
- Niimura Y, Nei M (2003): Evolution of olfactory receptor genes in the human genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100:12235-12240.
- Nimmermark S (2004): Odour influence on well-being and health with specific focus on animal production emissions. *Ann Agric Environ Med* 11:163–173.
- Nimmermark S (2011): Influence of odour concentration and individual odour thresholds on the hedonic tone of odour from animal production. *Biosystems Engineering* 108:211-219.
- NSW Environment Protection Authority (2001): Approved methods and guidance for the modelling and assessment of air pollutants in New South Wales. Sydney, Australia.
- ÖNORM EN 13725 (2006): Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. Österreichisches Normungsinstitut, 1020 Wien.
- ÖNORM M 9440 (1996): Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre; Berechnung von Immissionskonzentrationen und Ermittlung von Schornsteinhöhen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- Öttl D (2009): Emissions- und Immissionsprognosen von Gerüchen aus Kompostieranlagen. VDI-Tagung Gerüche in der Umwelt, Baden-Baden, VDI Berichte 2076, pp 89-108.
- Öttl D, Schlacher R, Triller R, Pollet A, Spornbauer B, Pongratz Th (2014): Grundlagen für die Modellierung der Geruchsausbreitung aus der Tierhaltung mit dem Lagrange'schen Partikelmodell GRAL. Amt d. Stmk. Landesregierung, Referat für Luftreinhaltung Ber. Nr. LU-04-2014.
- Österreichische Akademie der Wissenschaften (1994): Umweltwissenschaftliche Grundlagen und Zielsetzungen im Rahmen des Nationalen Umweltplans für die Bereiche Klima, Luft, Geruch und Lärm. In: Kommission für Reinhaltung der Luft der Österreichische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Schriftenreihe der Sektion I Band 17. Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie 2. Auflage, Wien.
- Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung (1986): Erste Internationale Konferenz über Gesundheitsförderung (Ottawa, Kanada, 17.-21.11. 1986).  
[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/129534/Ottawa\\_Charter\\_G.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/129534/Ottawa_Charter_G.pdf)  
 (Abruf: 30.12.2015).
- Paduch M, Both R, Frechen FB, Hangartner M, Medrow W, Plattig KH, Punter PH, Winneke G (1995). Charakterisierung von Geruchsbelästigung. Teil 1: Beschreibung der Geruchsparameter. *Staub-Reinhaltung der Luft* 55:41-44.

- Parker DB, Koziel JA, Cai L, Jacobson LD, Akdeniz N, Bereznicki SD, Lim TT, Caraway EA, Zhang S, Hoff SJ, Heber AJ, Heathcote KY, Hetchler BP (2012): Odor and odorous chemical emissions from animal buildings: Part 6. odor activity value. Transactions of the ASABE 55:2357-2368.
- Pause BM, Sojka B, Krauel K, Fehm-Wolfsdorf, G, Ferstl R (1996): Olfactory information processing during the course of the menstrual cycle. Biological Psychology 44:1-54.
- Payer P (1997). Der Gestank von Wien: Über Kanalgase, Totendünste und andere üble Geruchskulissen. Wien, Döcker Verlag.
- Pearce TC (1997a). Computational parallels between the biological olfactory pathway and its analogue "The electronic nose": Part I. Biological Olfaction. Biosystems 41:43-67.
- Pearce TC (1997b). Computational parallels between the biological olfactory pathway and its analogue "The electronic nose": Part II. Sensor-based machine olfaction. Biosystems 41:69-90.
- Pearce TC, Verschure P, White J, Kauer J (2001). Robust stimulus encoding in olfactory processing: Hyperacuity and efficient signal transmission. In: S. Wermter, J. Austin, D. Willshaw, M. Eshlaw (Hrsg.): Emergent neural computational architectures based on neuroscience. New York, Springer-Verlag, 468-486.
- Perrin ML, Jezequel M (1991). Measurement of odor annoyance by population panels living in an industrial area. In: D. R. Derenzo & A. Gnyp (Hrsg.): Recent developments and current practices in odor regulations, controls and technology. Transaction series No. 18, 227-234. Pittsburgh, Air & Waste Management Association.
- Petrov I (1958): Le Malade. Vol IV.
- Pinto JM (2011): Olfaction. Proc Am Thorac Soc 8:46-52.
- Piringer M, Knauder W, Petz E, Schauburger G (2015): A comparison of separation distances against odour annoyance calculated with two models. Atmospheric Environment 116:22-35.
- Piringer M, Petz E, Schauburger G (2007): Separation distances at different sites calculated with the Austrian Odour Dispersion Model (AODM). Environmental Meteorology - Meteorology and Atmospheric Pollution: from the urban to meso/region scale.
- Piringer M, Schauburger G (2013): Dispersion modelling for odour exposure assessment. In: Belgiorio V., Naddeo V., Zarra T. (Eds.), Odour Impact Assessment Handbook. Wiley, pp. 125-176.
- Plattig KH (1994): Olfaktorische Diagnostik. In: H. E. Wichmann, H. W. Schlipkötter & G. Fülgraff (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin. Landsberg, ecomed Verlag.

- Plattig KH (1998): Die Physiologie des Riechens und ihre Bedeutung, insbesondere für kulturelle Bewertungsunterschiede von Gerüchen. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Gerüche in der Umwelt. Innenraum- und Außenluft, 1-18. Düsseldorf, Springer VDI-Verlag GmbH.
- Pongratz T, Öttl D (2014): Benutzerhandbuch GRAL 14.8. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- Pschyrembel W (2014): Pschyrembel - Klinisches Wörterbuch. Walter de Gruyter Verlag, 266. Auflage. Berlin. ISBN 978-3-11-033997-0.
- Purdy CW, Clark RN, Straus DC (2007): Analysis of aerosolized particulates of feedyards located in the southern High Plains of Texas. *Aerosol Science and Technology* 41:497-509.
- Raab J (2001): Eine Soziologie des Geruchs. Über die soziale Konstruktion olfaktorischer Wahrnehmung. Konstanz, UVK.
- Radon K, Schulze A, Ehrenstein V, van Strien RT, Praml G, Nowak D (2007): Environmental exposure to confined animal feeding operations and respiratory health of neighboring residents. *Epidemiology* 18:300-308.
- Radon K, Schulze A, van Strien R, Ehrenstein V, Praml G, Nowak D (2005): Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens. Niedersächsische Lungenstudie - NiLS. Abschlussbericht München, Ludwig-Maximilians-Universität. <http://www.egms.de/en/meetings/gmds2005/05gmds237.shtml> (Abruf: 24.12.2015).
- Reinbach HC, Allesen-Holm B, Kristoffersson L, Bredie WL (2011): Development of a sensory test method for odor measurement in a package headspace. *Journal of Sensory Studies* 26:118-127.
- Richter CJ, Kost WJ, Röckle R (2003): Gerüche. *promet* 30:39-47.
- Riede UN, Werner M, Schaefer HE (2004): Allgemeine und spezielle Pathologie. Thieme, ISBN 9783136833056.
- Robert Koch Institut (RKI) (2013): Eigenschaften, Häufigkeit und Verbreitung von MRSA in Deutschland – Update 2011/2012. *Epidemiologisches Bulletin* Nr. 21. [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2013/Ausgaben/21\\_13.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2013/Ausgaben/21_13.pdf?__blob=publicationFile) (Abruf 12.3.2016).
- Rohrman B (1988): Forschung zu Umweltstressoren als umweltpolitische Entscheidungshilfe. In: F. Lösel & H. Skowronek (Hrsg.): Beiträge der Psychologie zu politischen Planungs- und Entscheidungsprozessen, 175-181. Weinheim, Deutscher Studien Verlag.

- Rossmann T (2004): Entwicklung und Validierung eines Messverfahrens zur Bestimmung der Geruchsausbreitung im bodennahen Bereich. Dissertation, Technische Universität Chemnitz.
- Rüdiger H (2005): Gesundheit und Krankheit. *Ökobiotikum* 1/06:22.
- Ruff FM (1993): Psychische Verarbeitung von Gesundheitsgefahren durch Umweltbelastungen: Ein theoretisches Rahmenmodell. In K. Aurand, B. P. Hazard & F. Tretter (Hrsg.): *Umweltbelastungen und Ängste: Erkennen, Bewerten, Vermeiden* (85-112). Opladen, Westdeutscher Verlag.
- Rumsey IC, Aneja VP (2014): Measurement and modeling of hydrogen sulfide lagoon emissions from a swine concentrated animal feeding operation. *Environ Sci Technol* 48:1609-1617.
- Sarkar U, Hobbs SE (2002): Odour from municipal solid waste (MSW) landfills: A study on the analysis of perception. *Environment International* 27:655-662.
- Samadi S, Wouters IM, Heederik DJ (2013): A review of bio-aerosol exposures and associated health effects in veterinary practice. *Ann Agric Environ Med* 20:206-221.
- Sapkota AR, Curriero FC, Gibson KE, Schwab K (2007): Antibiotic-resistant enterococci and fecal indicators in surface water and groundwater impacted by a concentrated swine feeding operation. *Environ Health Perspect* 115:1040-1045.
- Schauberger G, Eder J, Fiebiger H, Köck M, Lazar R, Pichler-Semmelrock F, Piringer M, Quendler Th, Swoboda M, Thiemann G, Teufelhart J (1995): Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen.
- Schauberger G, Eder J, Fiebiger H, Köck M, Lazar R, Pichler-Semmelrock F, Piringer M, Quendler Th, Swoboda M, Thiemann G, Teufelhart J (2000): Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen (korrigierte Auflage). <http://www.geruch.at/Publicationen/GeruchRL.pdf> (Abruf: 29.12.2015).
- Schauberger G, Piringer M, Petz E (2001): Separation distance to avoid odour nuisance due to livestock calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM). *Agric Ecosyst Environ* 87:13-28.
- Schauberger G, Piringer M, Petz E (2006): Odour episodes in the vicinity of livestock buildings: A qualitative comparison of odour complaint statistics with model calculations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114:185-194.
- Schauberger G, Piringer M, Knauder W, Petz E (2007): Methode zur Rekonstruktion der Geruchsstoffemission einer thermischen Abfallbeseitigungsanlage anhand einer inversen Ausbreitungsrechnung und Generierung von synthetischen Emissionen mit Hilfe eines Monte-Carlo Modells. *VDI-Berichte* pp. 121-132.

- Schauberger G, Lim, TT, Ni JQ, Bundy DS, Haymore BL, Diehl CA, Duggirala RK, Heber AJ (2013a): Empirical model of odor emission from deep-pit swine finishing barns to derive a standardized odor emission factor. *Atmospheric Environment* 66:84-90.
- Schauberger G, Piringner M, Eckhof E, Hartung E (2013b): Das Konzept des Peak-to-Mean Faktors als wesentlicher Bestandteil eines Geruchsbewertungskriteriums In: VDI-Tagung Gerüche in der Umwelt, Düsseldorf, Germany, pp. 99-110.
- Schiffman SS (1992): Aging and the Sense of Smell: Potential Benefits of Fragrance Enhancement. In: S. van Tollers & G. H. Dodd (Hrsg.): *Fragrance, the Psychology and Biology of Perfume* (51-56). London, Elsevier Applied Science.
- Schiffman SS, Sattely Miller EA, Suggs MS, Graham BG (1995): The effects of environmental odors emanating from commercial swine operations on the mood of nearby residents. *Brain Research Bulletin* 37:369-375.
- Schiffman S, Walker J, Dalton P, Lorig T, Raymer J, Shusterman D, Williams C (2000): Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. *Journal of Agromedicine* 7:7-81.
- Schiffman SS, Studwell CE, Landerman LR, Berman K, Sundry JS (2005): Symptomatic effects of exposure to diluted air sampled from a swine confinement atmosphere on healthy human subjects. *Environ Health Perspect* 113:567-76.
- Schiffman SS, Williams CM (2005): Science of odor as a potential health issue. *J Environ Qual* 34:129-138.
- Schön M, Hübner R (1996): *Geruch: Messung und Beseitigung*. Würzburg, Vogel Buchverlag.
- Schwarzer S (1992): *Die Genehmigung von Betriebsanlagen*. Verlag Manz, Wien.
- Schirnhofner L, Lamprecht B, Vollmer WM, Allison MJ, Studnicka M, Jensen RL, Buist AS (2007): COPD prevalence in Salzburg, Austria: results from the Burden of Obstructive Lung Disease (BOLD) Study. *Chest* 131:29-36.
- Schmidt RF, Lang F (Hrsg.) (2007): *Physiologie des Menschen*, 30. Aufl., Springer, Heidelberg.
- Sela L, Sobel N (2010): Human olfaction: a constant state of change-blindness. *Exp Brain Res* 205:13-29.
- Shusterman D (1992): Critical review: The health significance of environmental odor pollution. *Archives of Environmental Health* 47:76-87.
- Shusterman D (2001): Odor-associated health complaints: competing explanatory models. *Chemical Senses* 26:339-343.
- Sidhu KS, Warner PO, Chadzynski L (1997): Odor control at a large-scale swine production facility. In: *Proceedings of the International Symposium: Ammonia and odour*

- control from Animal Production Facilities, Vinkeloord, October 6-10, Vol. 2, 561-565. CIGR and Eur Ag Eng publ., Rosmalen, The Netherlands.
- Sirotnine N (1957) : Sur la notion de maladie. In: Problemes philosophiques des sciences de la nature, Kiev.
- Small DM, Gerber JC, Mak YE, Hummel T (2005): Differential neural responses evoked by orthonasal versus retronasal odorant perception in humans. *Neuron* 47:593-605.
- Sommer-Quabach E, Piringer M, Petz E, Schauburger G (2014): Comparability of separation distances between odour sources and residential areas determined by various national odour impact criteria. *Atmospheric Environment* 95:20-28.
- Stallen, PJM (1999): A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise Health* 1: 69-79.
- Statistik Austria (2013): Umweltbedingungen 2011 - Geruchsbelästigung im Wohnbereich: tagsüber und/oder nachts. Wien: Verlag Österreich.  
[http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_umwelt\\_innovation\\_mobilitaet/energie\\_und\\_umwelt/umwelt/umweltbedingungen\\_verhalten/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/umwelt/umweltbedingungen_verhalten/index.html) (Abruf 24.12.2015).
- Steinheider B, Winneke G (1993): Industrial odours as environmental stressors: Exposure/annoyance-associations and their modification by coping, age and perceived health. *Journal of Environmental Psychology* 13:353-363.
- Steinheider B, Winneke G, Schlipkötter HW (1993): Somatische und psychische Wirkungen intensiver Geruchsmissionen: Eine Fallstudie aus der Substratherstellung für die Champignonzucht. *Staub-Reinhaltung der Luft* 53:425-431.
- Steinheider B (1997): Die Wirkungen von Industrierüchen als Umweltstressoren. Wiesbaden, Deutscher Universitätsverlag.
- Steinheider B (1998). Gesundheitliche Wirkungen von Industrie- und Umweltgerüchen. In: E. Kals (Hrsg.): *Umwelt und Gesundheit. Die Verbindung ökologischer und gesundheitlicher Ansätze*, 43-62. Weinheim, Psychologie Verlags Union.
- Steinheider B, Both R, Winneke G (1998): Field studies on environmental odors inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms. *Journal of Psychophysiology* 12:64-79.
- Steinheider B (1999): Environmental odours and somatic complaints. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin* 202:101-119.
- Stern K, McClintock MK (1998): Regulation of ovulation by human pheromones. *Nature* 392:177-179.
- Stern DA, Riedler J, Nowak D, Braun-Fahrlander C, Swoboda I, Balic N, Chen KW, Vrtala S, Gronlund H, van Hage M, Valenta R, Spitzauer S, Von Mutius E, Vercelli D (2007): Exposure to a farming environment has allergen-specific protective effects

- on TH2-dependent isotype switching in response to common inhalants. *Journal of Allergy & Clinical Immunology* 119:351-358.
- Straff W (2005): Anwendung von Duftstoffen. Was ist mit den Nebenwirkungen? *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz* 48:1400-1405.
- Strauß G, Cervinka R (1987): Immissionsbelastung durch Gerüche im Umfeld von Intensivtierhaltungen. *Forum-Städte-Hygiene* 38:47-50.
- Sucker K, Bischoff M, Krämer U, Kühner D, Winneke G (2003). Untersuchungen zur Auswirkung von Intensität und hedonischer Geruchsqualität auf die Ausprägung der Geruchsbelästigung. Düsseldorf.  
[http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/FB\\_Hed\\_Proj.pdf](http://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/pdf/FB_Hed_Proj.pdf) (Abruf: 30.12.2015).
- Sucker K (2004): Bedeutung von Intensität und Hedonik bei der Geruchswahrnehmung. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen.
- Sucker K (2005): Prüferpsychologie. Vorentwurf für die VDI-Richtlinie 3940, Blatt 3.
- Sucker K, Müller F, Both R (2006): Geruchsbeurteilung in der Landwirtschaft: Bericht zur Expositions-Wirkungsbeziehungen, Geruchshäufigkeit, Intensität, Hedonik und Polaritätsprofilen. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen. [https://www.hs-owl.de/fb8/fileadmin/download\\_autoren/immissionsschutz/Interpretation/NRW07xyymat73.pdf](https://www.hs-owl.de/fb8/fileadmin/download_autoren/immissionsschutz/Interpretation/NRW07xyymat73.pdf). (Abruf: 30.12.2015).
- Sucker K (2007): Konfliktmanagement bei Geruchsbeschwerden, Maßnahmen zur Minderung der Belästigungsreaktion. In VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.). VDI Berichte 1995, Gerüche in der Umwelt (233-248). Düsseldorf, VDI Verlag GmbH.
- Sucker K (2008): Einfluss von Hedonik und Intensität auf die Geruchsbelästigung durch Industrieergerüche. Fakultät für Psychologie, Ruhr-Universität Bochum, Bochum.
- Sucker K, Both R, Bischoff M, Guski R, Krämer U, Winneke G (2008): Odor frequency and odor annoyance Part II: Dose - response associations and their modification by hedonic tone. *Int Arch Occup Environ Health* 81:683-694.
- Sucker K (2009): Dialogue procedures for the management of odour related community conflicts. *Water Science and Technology* 59:867-873.
- Sucker K, Hangartner M (2012): The polarity profile method to assess hedonic odour quality - Reliability and validity. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft* 72:411-417.
- Sucker K (2012): Wirkungsbezogenen Grundlagen der Geruchsimmisions-Richtlinie. *Immissionsschutz* 1:9-11.
- Tajik M, Muhammad N, Lowman A, Thu K, Wing S, Grant G (2008): Impact of odor from industrial hog operations on daily living activities. *New Solutions* 18:193-205.
- Taylor S (1998): <http://www.macses.ucsf.edu/research/psychosocial/coping.php> (Abruf: 30.12.2015).

- Thiel S, Schreiber F, Fitzner K (1998): Adaption der Geruchsempfindung des Menschen an Luftverunreinigungsquellen in Innenräumen. HLH 49, 40 - 43. Thorne PS, Ansley AC, Perry SS (2009): Concentrations of bioaerosols, odors, and hydrogen sulfide inside and downwind from two types of swine livestock operations. J Occup Environ Hyg 6:211-220.
- Thu KM (2002): Public health concerns for neighbors of large-scale swine production operations. Journal of Agricultural Safety and Health 8:175-184.
- Umweltbundesamt (2004): Duftstoffe nicht wahllos einsetzen. Presse-Information 64/2004; Berlin, 15.07.2004.
- Umweltbundesamt (2015): [www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftschadstoffe/ammoniak](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftschadstoffe/ammoniak) (Abruf: 24.12.2015).
- Umweltbundesamt (2008): UVE-Leitfaden. Eine Information zur Umweltverträglichkeitsklärung, überarbeitete Fassung 2008.
- Universal Lexikon Online: [http://universal\\_lexikon.deacademic.com/11817/Erholung](http://universal_lexikon.deacademic.com/11817/Erholung) (Abruf: 24.12. 2015).
- Van Harreveld AP, Schakel A, Valk CJ, Vreeburg S (1999): Feasibility study for the development of a standardised method for assessment of odour nuisance and odour annoyance potential, Project PD 207. Action programme Standardisation and Validation of Environmental Assessment Methods.
- Van Harreveld AP, Jones N, Stouling M (2001): Assessment of community response to odorous emissions. R&D Technical Report P4-095.
- Van Harreveld AP (2001): From odorant formation to odour nuisance: new definitions for discussing a complex process. Water Science and Technology 44:9-15.
- Van Harreveld AP (2004): Odour management tools - filling the gaps. Water Science and Technology 50:1-8.
- Van Langenhove H, van Broeck G (2001): Applicability of sniffing team observations: experience of field measurements. Water Science and Technology 44:65-70.
- VDI 3882 Blatt 1 (1992): Olfaktometrie; Bestimmung der Geruchsintensität. (Hrsg: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL.) Berlin, Beuth-Verlag.
- VDI 3882 Blatt 2 (1994): Olfaktometrie - Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung (Hrsg: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL). Berlin, Beuth-Verlag.
- VDI 3883 Blatt 1 (2015): Wirkung und Bewertung von Gerüchen. Erfassung der Geruchsbelästigung. Fragebogentechnik. (Hrsg: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL.) Berlin, Beuth-Verlag.

- VDI 3940/Blatt 1 (2006): Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen. Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen - Rastermessung. (Hrsg: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL.) Berlin, Beuth-Verlag.
- VDI 3940/Blatt 2 (2006): Bestimmung von Geruchsstoffimmissionen durch Begehungen. Bestimmung der Immissionshäufigkeit von erkennbaren Gerüchen - Fahnenmessung. (Hrsg: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL.) Berlin, Beuth-Verlag.
- VDI 3940 Blatt 4, 2010. Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung. Polaritätenprofil. (Hrsg: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL.) Berlin, Beuth-Verlag.
- VDI EN 13725 (2006): Luftbeschaffenheit - Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration mit dynamischer Olfaktometrie. Berlin, Beuth-Verlag.
- Von Salviati C, Laube H, Guerra B, Roesler U, Friese A (2015): Emission of ESBL/AmpC-producing *Escherichia coli* from pig fattening farms to surrounding areas. *Vet Microbiol* 175:77-84.
- Von Essen SG, Auvermann BW (2005): Health effects from breathing air near CAFOs for feeder cattle or hogs. *J Agromedicine* 10:55-64.
- Waldmann K-H, Wendt M (2004): Lehrbuch der Schweinekrankheiten. Georg Thieme Verlag.
- Watts PJ, Sweeten JM (1995). Toward a better regulatory model for odour. Feedlot waste management conference. Chapter 15. Proceedings, Feedlot Waste Management Conference, Torrey Pines Resort, Gold Coast, Queensland, Australia. 12-14 June.
- WHO (1946): The WHO-constitution. Geneva [http://whqlibdoc.who.int/hist/official\\_records/constitution.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hist/official_records/constitution.pdf) (Abruf: 31.12.2015).
- Wijmenga J (2007): National approach on air quality in the Netherlands. Vortrag beim PRONET Workshop „Transport, Environment & Health“, Düsseldorf, 12.-13.11.2007.
- Wing S, Wolf S (2000): Intensive livestock operations, health, and quality of life among eastern North Carolina residents. *Environmental Health Perspectives* 108:233-238.
- Winneke G, Harkort W, Ratzki E, Steinheider B (1990): Zusammenhänge zwischen Geruchshäufigkeit und Belästigungsgrad. In: Schriftenreihe der VDI Kommission Reinhaltung der Luft (Hrsg.): Gerüche. Stand der Erkenntnisse zur Ermittlung von Belastung und Belästigung, Band 12, 63-75. Düsseldorf, Springer VDI-Verlag GmbH.
- Winneke G (1994): Geruchsstoffe. In: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): Handbuch der Umweltmedizin. 3. Ergänzungslieferung 1/94, Landsberg, ecomed.

- Winneke G, Both R, Frechen FB, Hangartner M, Medrow W, Paduch M, Plattig KH, Punter PH (1995): Charakterisierung von Geruchsbelästigung. Teil 2: Verknüpfung von ausgesuchten Geruchsparametern im Hinblick auf Belästigungsrelevanz. Staub-Reinhaltung der Luft 55:113-118.
- Winneke G, Neuf M, Steinheider B (1996): Separating the impact of exposure and personality in annoyance response to environmental stressors, particularly odors. Environment International 22:73-81.
- Winneke G, Steinheider B (1998): Expositions-Wirkungs-Zusammenhänge für Geruchsbelästigungen und Beschwerden: Eine Übersicht. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Gerüche in der Umwelt. Innenraum- und Außenluft (361-371). Düsseldorf, Springer VDI-Verlag GmbH.
- Wu C, Liu J, Zhao P, Piringer M, Schauburger G (2015a): Assessment of the odour concentration of a mixture of odorous substances: a comparison of methods, 6<sup>th</sup> IWA Odours & Air Emissions 2015. International Water Association, Paris.
- Wu C, Liu J, Zhao P, Piringer M, Schauburger G (2015b): Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: a comparison of methods. Atmospheric Environment, submitted.
- Yu Z, Guo H, Laguë C (2010): Livestock odor dispersion modeling: A review. Transactions of the ASABE 53:1231-1244.

## WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN ZUM THEMA (LANDWIRTSCHAFTLICHE) GERÜCHE

- **Österreich**

Geruchswirkungsforschung am Institut für Umwelthygiene der Med. Universität Wien

<http://www.meduniwien.ac.at/umwelthygiene/geruch/>

Interessengemeinschaft Geruch

<http://www.geruch.at>

Oberösterreichische Umweltschutzbehörde

<http://www.ooe-umweltschutz.at>

Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kommission Klima und Luftqualität

<http://www.oeaw.ac.at/wissenschaft-gesellschaft/kommissionen/kommission-klima-und-luftqualitaet/>

- **International**

Bayerisches Landesamt für Umwelt

<http://www.bayern.de/lfu/lfu1/index.php>

Environment Agency United Kingdom

<http://www.environment-agency.gov.uk>

Environmental Protection Agency Ireland

<http://www.epa.ie>

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft

<http://www.ktbl.de>

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

<http://www.lanuv.nrw.de/landwirtschaft/gerueche/gerueche.htm>

Odournet

<http://www.odournet.com>

Verein Deutscher Ingenieurinnen und Ingenieure

<http://www.vdi.de>

## ZUSÄTZLICHE LITERATUR

- Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): Leitfaden Gerüche in Innenräumen. Sensorische Bestimmung und Bewertung. Wien.
- Asmus CL, Bell PA (1999): Effects of environmental odor and coping style on negative affect, anger, arousal, and escape. *Journal of Applied Psychology* 29:245-260.
- Aurand K, Hazard BP, Tretter F (Hrsg.) (1993): Umweltbelastungen und Ängste. Westdeutscher Verlag, Opladen.
- Benndorf R (2002): Klimarelevante Wirkungen von Lachgas und Methan. In: KTBL-Schrift 406: Emissionen der Tierhaltung: Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt.
- Both R (2015): Geruchseinheiten und Grenzwerte der Geruchsmissions-Richtlinie (GIRL) im Beschwerdeverfahren - Praxis in Deutschland. Fachtagung Emissionsbeurteilung Landwirtschaft. Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt Raumberg-Gumpenstein (Österreich), 24. März 2015.
- Botteldooren D, Lercher P (2004). Soft-computing base analyses of the relationship between annoyance and coping with noise and odor. *Journal of the Acoustic Society America* 115:2974-2985.
- Carver CS, Scheier MF, Weintraub JK (1989): Assessing coping strategies: a theoretically based approach. *Journal of Personality and Social Psychology* 56:267-283.
- Dalton P (1996): Odor perception and beliefs about risk. *Chemical Senses* 21:447-458.
- Dalton P (1999): Cognitive influence on health symptoms from acute chemical exposure. *Health Psychology* 18:579-590.
- Dalton P (2002): Odor, irritation and perception of health risk. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 75:283-290.
- Grabler H, Stolzlechner H, Wendl H (2011): Kommentar zur GewO. Springer, Wien.
- Gregory R, Slovic P, Flynn J (1996): Risk perception, stigma, and health policy. *Health and Place* 2:213-220.
- Gruber G, Paliege-Barfuß W (Hrsg.) (2015): Die Gewerbeordnung. Loseblatt-Sammlung. Früher: Kinscher S, Paliege-Barfuß W. Verlag MANZ, Wien.
- Guski R, Bosshardt HG (1992): Gibt es eine „unbeeinflusste“ Lästigkeit? *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 39:67-74.
- Hangartner M (1988): Bewertung von Geruchsbelästigungen. *Staub-Reinhaltung der Luft* 48:81-85.
- Hangartner M, Wuest J, Tunesi F (1998): Die Häufigkeit von Geruchsereignissen als Maß für Geruchsbelästigung. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN

- (Hrsg.): Gerüche in der Umwelt. Innenraum- und Außenluft, 537-540. Düsseldorf, Springer VDI-Verlag GmbH.
- Janauer GA, Kerschner F, Oberleitner F (Hrsg.) (1999): Der Sachverständige in Umweltverfahren. Wien, Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung.
- Janicke L, Janicke U, Ahrens D, Hartmann U, Müller WJ (2004): Development of the odour dispersion model AUSTAL2000G in Germany. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Environmental Odour Management. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Jiang J K; Sands J R (1999): Controlling noxious animal odours: an imperative at the rural-urban interface (a review). *Asian Australasian Journal of Animal Science* 12: 633-641
- Kastner R (1998): Die Umweltbelastung in der niederösterreichischen Landeshauptstadt St. Pölten aus Bürgersicht. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.
- Keck M, Koutny L, Schmidlin A, Hilty R (2004): Minimum distances in Switzerland for pig housing systems with exercise yards and natural ventilation. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Environmental Odour Management. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Gruber G, Paliege-Barfuß W (Hrsg.) (2015): Die Gewerbeordnung. Loseblatt-Sammlung. Früher: Kinscher S, Paliege-Barfuß, Verlag MANZ, Wien.
- Koelega HS (Hrsg.) (1987): Environmental Annoyance: Characterization, Measurement, and Control. Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- KTBL-Schrift 449 (2006): Emissionen der Tierhaltung: Messung, Beurteilung und Minderung von Gasen, Stäuben und Keimen. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft.
- Le PD, Aarnink AJA, Ogink NWM, Verstegen MWA (2004): Dietary manipulation to reduce odour from pig production facilities. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Environmental Odour Management. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Lorig TS (1989): Human EEG and odor response. *Progress in Neurobiology* 33:387-398.
- Matthies E (1998): Gesundheitliche Gefährdungen durch Umweltbelastungen: Zur Bedeutung subjektiven Wissens. In: E. Kals (Hrsg.): Umwelt und Gesundheit. Die Verbindung ökologischer und gesundheitlicher Ansätze, 63-82. Weinheim, Psychologie Verlags Union.
- Melvin SW (1995): Manure odors - an international problem. In: Proceedings of the 1995 Livestock Waste Management Conference, March 20, Champaign, Urbana, Department of Agricultural Engineering Cooperative Extension Service, College of Agriculture University of Illinois, IL, USA.

- Merchand S, Arsenault P (2002): Odors modulate pain perception: A gender-specific effect. *Physiology & Behavior* 76:251-256.
- Miedema HME, Ham JM (1988): Odour annoyance in residential areas. *Atmospheric Environment* 22:2501-2507.
- Moshhammer H, Hutter HP, Neuberger M (2006): Keimemissionen und Geruchsbelastung aus einem Schweinemastbetrieb: ein Beispiel aus der umweltmedizinischen Gutachterpraxis. *Atemw-Lungenkrkh* 32:7-9.
- Müller HJ, Krause KH (2004). Odour emissions from different livestock buildings and the dispersion of odour in the surroundings. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): *Environmental Odour Management*. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Mylne KR, Mason PJ (1991): Concentration fluctuation measurements in a dispersing plume at a range of up to 1000m. *Quarterly Journal of the Royal Meteorol. Society* 117:177-206.
- Neudorfer E (2000): Belastung und Belästigung durch Gerüche. Evaluation von Geruchssanierungsmaßnahmen aus umweltspsychologischer Sicht. Diplomarbeit, Universität Wien.
- Nimmermark S (2004): Measurements of hedonic tone of odour from animal production facilities. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): *Environmental Odour Management*. Düsseldorf, Springer - VDI Verlag GmbH.
- Nordin St, Lidén E (2006): Environmental odor annoyance from air pollution from steel industry and bio-fuel processing. *Journal of Environmental Psychology* 26:141-145.
- ÖNORM S 5701 (2008): Sensorische Bestimmung der Intensität und Art von Gerüchen in der Innenraumluft. Ausgabe 2008-03-01.
- Peters A (2003). Lebensqualität im ländlichen Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der Exposition gegenüber Intensivtierhaltungsbetrieben. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität München.
- Pfeiffer KP, Köck M, Pichler-Semmelrock F, Möse JR (1990): Relation zwischen Geruchshäufigkeit und Geruchsbelästigung - ein dreistufiges Modell. In: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (Hrsg.): *Gerüche. Stand der Erkenntnisse zur Ermittlung von Belastung und Belästigung*. Workshop 28. November 1989, Düsseldorf.
- Piringer M, Schauburger G (2004): Adaptierung des AODM („Austrian Odour Dispersion Model“, Österreichisches Geruchs – Ausbreitungsmodell) als Grundlage für die Ermittlung von Jahresgeruchsstunden in der Umgebung von Nutztierhaltungen. Endbericht.
- Piringer M, Petz E, Schauburger G (2004): A sensitivity study of separation distances calculated with the Austrian Odour Dispersion Model (AODM). In: Kommission Reinhaltung

- tung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.). Environmental Odour Management. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Piringer M, Schauburger G (1999): Comparison of a Gaussian diffusion model with guidelines for calculating the separation distance between livestock farming and residential areas to avoid odour annoyance. *Atmospheric Environment* 33:2219-2228.
- Pürmayr R (2005a): Bestimmung von Geruchsstoffimmission durch Begehungen - Umfeld des Landwirtschaftsbetriebs der Fa. Xxxxxx in Überackern. Studie der O.Ö. Umweltanwaltschaft, Linz [www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-3DCFCFBE-2ED7AED2/Bericht\\_Geruchsbegehung\\_Ueberackern\\_anonym\\_fuers\\_Internet\\_180606.pdf](http://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-3DCFCFBE-2ED7AED2/Bericht_Geruchsbegehung_Ueberackern_anonym_fuers_Internet_180606.pdf) (Abruf 31.12.2015)
- Pürmayr R (2005b): Bericht über die Geruchsimmissionen in Stefansdorf aufgrund von Tierhaltung März - Oktober 2005. [www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-3DCFCFBE-43B7C734/Bericht\\_Geruchsbegehung\\_Stefansdorf\\_Endversion\\_170806.pdf](http://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/xbcr/SID-3DCFCFBE-43B7C734/Bericht_Geruchsbegehung_Stefansdorf_Endversion_170806.pdf) (Abruf: 24.12.2015).
- Radon K, Peters A, Praml G, Ehrenstein V, Schulze A, Hehl O, Nowak D (2007): Livestock odours and quality of life of neighbouring residents. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 11:59-62.
- Rethage T, Eis D, Gieler U, Nowak D, Wiesmüller GA, Lacour M, Hodapp V, Stilianakis N, Eikmann TF, Herr CEW (2008): Assessment of environmental worry in health-related settings: Re-evaluation and modification of an environmental worry scale. *International Journal of Hygiene and Environmental* 211:105-113.
- Roesch SC, Weiner B, Vaughn AA (2002): Cognitive approaches to stress and coping. *Current Opinion in Psychiatry* 15:627-632.
- Schauburger G, Piringer M (2004): Assessment of the odour concentration in the near-field of small sources. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Environmental Odour Management. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.
- Schauburger G, Piringer M, Petz E (2002): Calculating direction-dependent separation distance by a dispersion model to avoid livestock odour annoyance. *Biosystems Engineering* 82:25-37.
- Schauburger G, Piringer M, Petz E (2001): Separation distance to avoid odour nuisance due to livestock calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 87:13-28.
- Schauburger G, Piringer M (1997a): Assessment of the protection distance to avoid annoyance by odour sensation caused by livestock husbandry by the Austrian guide line. In: Voermans J.A.M., G.J. Monteny (Eds.): Ammonia and Odour Emission from Animal Production Facilities, NVTL, Rosmalen 1997.

- Schauberger G, Piringer M (1997b): Guideline to assess the protection distance to avoid annoyance by odour sensation caused by livestock husbandry. In: Bottcher R.W., Hoff S.J. (Eds.): Livestock Environment V, ASAE, St. Joseph, Michigan, 1997.
- Schauberger G, Piringer M, Eder J, Fiebiger H, Köck M, Lazar R, Pichler-Semmelrock F, Quendler T, Swoboda M, Thiemann G, Teufelhart J (1997): Österreichische Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 57:399-408.
- Schopper A (2003): Geruchserhebungen Frauental 2001 – 2003. [http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/10047572\\_2063855/0a58b1fe/Bericht%20Frauental.pdf](http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/10047572_2063855/0a58b1fe/Bericht%20Frauental.pdf) (Abruf: 22.12.2015).
- Skinner EA, Edge K, Altman J, Sherwood H (2003): Searching for the structure of coping: A review and critique of category systems for classifying ways of coping. Psychological Bulletin 129:216-269.
- Smeets M, Dalton B (2002): Perceived odor and irritation of isopropanol: a comparison between naive controls and occupationally exposed workers. International Archives of Occupational Environmental Health 75:541-548.
- Stangl N, Köck M, Pichler-Semmelrock F (1993): Geruchsbelästigung bei Anlagen. ecolex - Fachzeitschrift für Wirtschaftsrecht 4:277-282.
- Steinheider B, Both R, Winneke G (1998): Field studies on environmental odors inducing annoyance as well as gastric and general health-related symptoms. Journal of Psychophysiology 12 (Suppl. 1):64-79.
- Stolzlechner H, Wendl H, Zitta R (Hrsg.) (1994): Die gewerbliche Betriebsanlage Ein Handbuch für die Praxis (Ergänzungsband). Manz Verlag, Wien.
- Umweltbundesamt (2007): Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 50:990-1005.
- Van Pol R (1997): The perceived quality of the urban residential environment - a multi-attribute evaluation. Dissertation, Universität Groningen.
- VDI 3894 Blatt 1 (2011): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen - Haltungsverfahren und Emissionen - Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. Ausgabe 2011-09.
- VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (Hg.) (1989): Gerüche - Stand der Erkenntnisse zur Ermittlung von Belastung und Belästigung. Workshop 28. November 1989, Düsseldorf.

- Vermijs HJA (1991): Odour control policy in a complex situation, an industry view. In: A. J. Dragt & J. van Ham (eds.): Biotechniques for air pollution abatement and odour control policies, 375-380. Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- Vroon P (1993): Drei Hirne im Kopf. Zürich, Kreuz-Verlag.
- Winneke G, Kastka J (1975): Wirkung von Geruchsstoffen auf den Menschen. VDI-Berichte 226. Düsseldorf, Springer VDI-Verlag GmbH.
- Winneke G, Kastka J (1987): Comparison of odor-annoyance data from different industrial sources: problems and implications. In: H. S. Koelega (Hrsg.): Environmental annoyance: characterization, measurement, and control, 129-138. Amsterdam, Elsevier Science Publishers.
- Winneke G, Neuf M (1992). Psychological response to sensory stimulation by environmental stressors: trait or state? *Applied Psychology* 41:257-267.
- Winneke G, Liu KS (1995): Umweltstress: Vorstellungs- und sinnesvermittelte Wirkung. In: G. Debus, G. Erdmann & K.W. Kallus (Hrsg.): Biopsychologie von Stress und emotionalen Reaktionen (275-291). Göttingen, Hogrefe Verlag.
- Winneke G, Frechen FB, Both R, Steinheider B (1997): Psychologie der Geruchsbelästigung: Lineare und nicht-lineare Expositions-Wirkungsbeziehungen, Erinnerungseffekte und Psychosomatik. Vortrag auf der 2. Tagung der Fachgruppe Umweltpsychologie 1997 in Düsseldorf.
- Winneke G (2004): The assessment of the impact of environmental odours in the community. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (Hrsg.): Environmental Odour Management. Düsseldorf, Springer VDI - Verlag GmbH.