



Gute oder schlechte Luft?

Gerüche am Arbeitsplatz und im Innenraum und ihre Bedeutung für die Unfallversicherungsträger

Kirsten Sucker, Götz Westphal, Jürgen Bünger, Thomas Brüning

„Naphthalin-Verseuchung“, „Teergeruch beißt Schülernasen“, „Gift-Alarm im Finanzamt“ – so oder ähnlich lauten die Schlagzeilen, wenn Beschwerden über störende Gerüche laut werden, begleitet von Symptomen wie Kopfschmerzen, brennenden Augen oder Atemwegsreizungen. „Frische, saubere Luft“ ist ein Merkmal für die wahrgenommene Qualität der Atemluft. Die Wahrnehmung eines Geruchs wird vielfach als Hinweis auf eine Schadstoffbelastung interpretiert und ist mit der Sorge über gesundheitsschädliche Wirkungen verbunden. Entsprechende Medienberichte unterstützen die Betroffenen in ihrer Sorge. Die Frage, die gestellt wird, lautet: Riecht es nur oder ist es auch gesundheitsschädlich?

Leider können wir uns auf unseren Geruchssinn nicht verlassen, wenn es darum geht gute von schlechter Luft zu unterscheiden. Der Geruch vieler aromatischer Kohlenwasserstoffverbindungen wird als angenehm empfunden, obwohl sie oftmals bereits in niedrigen Konzentrationen toxische Wirkungen zeigen. Zudem ist die menschliche Nase den gängigen Instrumenten zur chemischen Geruchsanalytik weit überlegen und erkennt auch dann noch einen Geruchsstoff, wenn die Konzentration so niedrig ist, dass sie messtechnisch nicht erfassbar ist.

Geruchs-/Irritationsschwellen

Der reine Riecheindruck wird dabei über sogenannte olfaktorische Sinneszellen vermittelt. Man unterscheidet zwischen der Wahrnehmungsschwelle („es riecht nach etwas“) und der Erkennungsschwelle („es riecht nach Kaffee“), die etwa zwei- bis dreimal höher liegt. Fast alle bekannten Geruchsstoffe reizen bei höheren Konzentrationen auch trigeminale Nervenfasern (Schmerzsinne). Typische Empfindungen sind stechend, beißend (Ammoniak), brennend, scharf (Capsaicin) oder kühl, frisch (Eukalyptus). Schleimhautreizungen an den Augen und in den oberen Atemwegen werden als „senso-

risch-irritative Wirkungen“ bezeichnet. Hier kann die sensorische Irritationsschwelle als Lateralisierungsschwelle bestimmt werden.

Die Lateralisierungsschwelle basiert auf der eindeutigen Stimulation trigeminaler Nervenfasern in der Nase (Kobal et al., 1989, Hummel, 2000). Dabei wird im Wechsel in ein Nasenloch die Geruchssprobe gegeben und in das andere Nasenloch neutrale, nicht riechende Luft. Als Lateralisierungsschwelle wird die Konzentrationsstufe bestimmt, bei der eine Testperson die Geruchssprobe richtig lateralisiert, das heißt dem linken oder rechten Nasenloch richtig zuordnen kann.

Riechstörungen

Etwa fünf Prozent der Bundesbürger leiden an einem kompletten Riechverlust (Anosmie). Es gibt auch Personen mit einem Teilverlust des Geruchssinns (Hyposmie) oder einem besonders ausgeprägten Geruchsvermögen (Hyperosmie). Mit dem Alter nimmt die Riechfähigkeit ab und bei den über 80-Jährigen hat jeder Zweite sein Riechvermögen vollständig eingebüßt. Schätzungen zufolge sind etwa 20 Prozent der deutschen Bevölkerung von einer Hypos-

mie betroffen, unabhängig vom Alter. Grund für die Mehrheit der Riechstörungen sind Entzündungen der Nase oder der Nasennebenhöhlen. Mithilfe von Riechstiften, so genannten „Sniffin' Sticks“ (Abb. 1), kann man die individuelle Wahrnehmungsschwelle untersuchen, aber auch die Fähigkeit, Gerüche zu erkennen und zu unterscheiden.

Gewöhnung und Sensitivierung

Gerüche können als Alarm- und Warnsignal dienen. Diese Warnwirkung des Geruchssinns macht man sich zunutze, indem man dem Erdgas Methylmercaptan zusetzt, das nicht toxisch ist, aber schon in Spuren wahrgenommen wird. So kann ein Gasleck frühzeitig entdeckt werden. Bei anhaltender Exposition kann es zu Gewöhnungseffekten kommen, so dass unfallartig auftretende, möglicherweise gesundheitsschädliche Stoffkonzentrationen nicht rechtzeitig bemerkt werden.

In einer Studie mit Bootsbauern wurde beispielsweise festgestellt, dass durch die kontinuierliche Exposition gegenüber Styrol die allgemeine Riechfähigkeit zwar nicht beeinträchtigt war jedoch die Wahrnehmungsschwelle für Styrol um den Faktor 10 höher war als normal (Dalton et al., 2007). Styrol hat einen charakteristisch süßlichen Geruch und führt in höheren Konzentrationen zu Schleimhautreizungen an Augen und Nase und zentralnervösen Störungen (Schwindel, Kopfschmerz, Müdigkeit, Konzentrationsschwäche). Vor diesem Hintergrund kann die kurzzeitige (Adaptation) beziehungsweise die langfristige (Habituation) Gewöhnung an einen Geruch und die damit einhergehende Beeinträchtigung der Warnwirkung als unerwünschter Geruchseffekt angesehen werden (Paustenbach & Gaffney, 2006).

Das Gegenteil von Gewöhnung ist die Sensitivierung, das heißt die Steigerung der Empfindlichkeit. Bei einer Untersuchung von medizinisch-technischen Assistenten, die bei der Arbeit Umgang mit geringen Konzentrationen von organischen Lösemitteln hatten, wurde im Vergleich zu einer Kontrollgruppe festgestellt, dass sie den unangenehm riechenden Stoff Pyridin bereits bei einer deutlich niedrigeren Konzentration wahrnehmen konnten (Zibrowski & Robertson, 2006). Die Labormitarbeiter gaben zudem mehr Beschwerden während der Arbeit an, wie z.B. Kopfschmerzen, eine gereizte Nase und eine leichte Beeinträchtigung von Konzentration und Aufmerksamkeit.

Gewöhnungs- und Sensitivierungseffekte spielen vermutlich auch eine Rolle, wenn Produktionsmitarbeiter berichten, dass sie keinen Geruch wahrnehmen und nicht verstehen können, warum sich die Kollegen aus dem Büro über den „unerträglichen Gestank“ beschwerten.

Riechen ist auch Erfahrungssache

Beim Riechen werden Gerüche mit individuellen Erfahrungen und Erinnerungen verknüpft. Diese Erfahrungen entscheiden später darüber, ob wir einen Geruch mögen oder nicht, ohne dass uns diese Verbindung bewusst ist. So sind beispielsweise kulturelle



Abb.1: Mithilfe von Riechstiften, so genannten „Sniffin' Sticks“, kann man die individuelle Wahrnehmungsschwelle untersuchen, aber auch die Fähigkeit, Gerüche zu erkennen und zu unterscheiden.

Unterschiede dafür verantwortlich, dass der Geruch von Anis die deutsche Nase an Ouzo und Urlaub in Griechenland erinnert, die japanische Nase jedoch an Desinfektionsmittel und Krankenhaus (Ayabe-Kanamura et al., 1998). Ein und derselbe Geruchsstoff Isovaleriansäure kann angenehm riechen, wenn man den Testpersonen gleichzeitig Bilder von Käse zeigt, aber auch äußerst unangenehm, wenn man Bilder von gebrauchten und verschmutzten Socken zeigt - er wird dann mit dem Geruch von „Schweißfüßen“ assoziiert.

Die Furcht vor Gerüchen

Wenn es stinkt, dann vermuten die Betroffenen, dass die schlechte Luftqualität beziehungsweise der Gestank zu gesundheitlichen Beschwerden führen kann. Die Verknüpfung von Gestank und Krankheit ist schon sehr alt. Sie geht auf Hippokrates (460-377 v. Chr.) zurück und ist tief im Bewusstsein unserer Gesellschaft verankert. Noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts glaubte man, dass üble Gerüche, sog. Miasmen, Seuchen wie die Cholera verursachen.

Negative Erwartungen können zu gesundheitlichen Beschwerden führen, das beschreibt der Nocebo-Effekt. Er ist das Gegenteil vom bekannten Placebo-Effekt. Durch die Erwartung negativer gesundheitlicher Folgen durch Schadstoffe in der Luft wird die Aufmerk-

Befindlichkeitsstörungen

Unter Befindlichkeitsstörungen versteht man „Verschlechterungen des psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens sowie des Gefühls der subjektiven Leistungsfähigkeit (Bullinger, 1992).



Abb.2: Mit Hilfe des Olfaktometers kann der Geruchssinn geprüft werden.

samkeit auf die Wahrnehmung der eignen körperlichen Reaktionen gelenkt. In Folge dessen werden auch unbedeutende Symptome die wie z.B. leichte Kopfschmerzen, die in einer anderen Situation vielleicht gar nicht bemerkt worden wären, im Sinne der Erwartung interpretiert.

Dies veranschaulicht ein Experiment von Knasko et al. (1990), der drei Gruppen von Teilnehmern untersuchte. Er sprühte Wasserdampf in einen Testraum und informierte die Teilnehmer je nach Testgruppe, dass der so eben versprühte Geruchsstoff von den meisten Menschen als angenehm, unangenehm oder neutral wahrgenommen würde. Ziel des Experiments sei zu untersuchen, wie sich der Geruch auf die Konzentration bei einer Bürotätigkeit auswirke. Die meisten negativen Gesundheitsbeschwerden äußerten die Teilnehmer, die vermeintlich einem unangenehmen Geruchsstoff ausgesetzt waren.

Weiterführende Informationen:

1. TRGS 900: <http://www.ipa-dguv.de/links> Link 134
2. Informationen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte: <http://www.ipa-dguv.de/links> Link 135
3. Artikel der Ad-hoc-Arbeitsgruppe zur gesundheitlich-hygienischen Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten: <http://www.ipa-dguv.de/links> Link 136

Die Angst vor Luftschadstoffen kann auch zur so genannten „Toxikopie“ führen, das heißt die „Kopie einer Vergiftung“. So steigt beispielsweise im Sommer die Zahl der Betroffenen, die über die aus den Medien bekannten „ozontypischen“ Symptome wie Augenreizung, Atemprobleme, Kopfschmerzen und Kreislaufbeschwerden klagen, obwohl die Ozonkonzentration noch weit unter dem kritischen Grenzwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt und keine körperliche Anstrengung vorliegt. Diese Menschen sind keine Hypochonder. Ihr Verhalten kann vielmehr als Schutzreaktion verstanden werden im Kontext einer zunehmenden Verunsicherung, wenn es um umwelt- und gesundheitsrelevante Themen geht. Dies bestätigt die Beobachtung, dass trotz sinkender Luftschadstoffgrenzwerte in der Umwelt und am Arbeitsplatz in den vergangenen Jahrzehnten, die Angst und Besorgnis, durch Schadstoffe in der Luft oder in der Nahrung krank zu werden, stetig zunimmt (Dalton, 2012).

Die Wirkung von Gerüchen

Gerüche stellen zunächst keine Gesundheitsgefahr dar. Ausgenommen sind ekelerregende und Übelkeit auslösende Gerüche. Zu dieser Einschätzung kamen Steinheider et al. (1993) bei der Untersuchung sehr intensiver und penetranter Gerüche aus einem Champignonzuchtbetrieb (Mix aus Pferdemist, Hühnerkot, Stroh & Naturgips). Im Zusammenhang mit einer extremen Geruchsbelastung gaben die Betroffenen häufig Magen-Darm Beschwerden wie Brechreiz, Übelkeit und Appetitlosigkeit an.

Gerüche können deutlich wahrnehmbar sein, auch wenn die Konzentration an Luftschadstoffen weit unterhalb bestehender Grenzwerte liegt. Äußern Betroffene gesundheitliche Beschwerden bei

Konzentrationen, die weit unterhalb einer toxischen oder Reizschwelle liegen, scheint eine direkte Verursachung durch einen Luftschadstoff zumindest äußerst unwahrscheinlich. Beschwerden, wie z.B. Kopfschmerzen oder Übelkeit, werden in diesem Zusammenhang Befindlichkeitsstörungen (siehe Infokasten ► 17) genannt.

Der Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung eines Geruchs und der Entstehung von Befindlichkeitsstörungen, soll im Folgenden näher erläutert werden.

Gerüche als Umgebungsstressoren

Gerüche werden als „Umgebungsstressoren“ eingestuft (Campbell, 1983). Die Merkmale eines Umgebungsstressors sind: wahrnehmbar, akut ungefährlich, ständig vorhanden, von wechselnder Intensität, nicht beeinflussbar und unerwünscht. Das Stress-Modell besagt, dass der Geruch als Gefahrensignal wirken kann, wenn die Geruchsquelle als gesundheitsschädliches Risiko eingeschätzt wird (Shusterman et al., 1991), in der Vergangenheit ein Störfall mit einer extrem hohen Geruchsbelastung auftrat (Dalton, 1999), oder durch die Medien eine hohe Verunsicherung erzeugt wird (Winters et al., 2003). In diesem Fall ruft der Geruch physiologische Reaktionen hervor, wie Pupillenerweiterung oder Verengung der peripheren Blutgefäße, und der Organismus ist bereit für Kampf oder Flucht. Für das Konzept der stressvermittelten Entstehung von körperlichen Symptomen durch Gerüche sprechen Studien, in denen bei geruchsbelastigten Betroffenen erhöhte Cortisolwerte im Urin (Steinheider & Winneke, 1993) beziehungsweise erniedrigte Werte des Immunglobulins A im Speichel (sIgA) (Avery et al., 2004) gefunden wurden.

Geruchsbelästigung

Die Geruchsbelästigung stellt eine Beeinträchtigung des körperlichen und seelischen Wohlbefindens dar, noch unterhalb der Schwelle einer gesundheitsschädlichen Wirkung. Die Belastung der Luft durch Geruchsstoffe wird in diesem Zusammenhang als hygienischer Mangel eingestuft. Die Betroffenen ärgern sich, weil sie bestimmte Aktivitäten (z.B. Lüften) nicht ausüben können, und machen sich Sorgen über mögliche Gesundheitsgefahren. Sie beschweren sich bei den zuständigen Verantwortlichen und klagen über Symptome wie z.B. Kopfschmerzen, Appetitlosigkeit, Übelkeit und Schlafstörungen.

In diesem Fall sind die geäußerten körperlichen Symptome nicht Folge einer unmittelbaren Schadstoffwirkung, sondern Folge der Belästigungsreaktion. Die Belästigungsreaktion wird als möglicher Vorläufer von Befindlichkeitsstörungen angesehen. Im weiteren Verlauf können sich daraus psychosomatische Funktionsstörungen bis hin zu manifesten Erkrankungen entwickeln (Bullinger, 1992).

Geruchswirkungen bei der Grenzwertfestsetzung berücksichtigen

Luftschadstoffe haben neben der Geruchswirkung häufig auch darüber hinausgehende sensorisch-irritative Effekte. So kann ein Brennen der Augen oder ein Kribbeln in der Nase als (gesundheitsschädliche) Wirkungen angesehen und durch entsprechen-

de Grenzwerte am Arbeitsplatz beziehungsweise Richtwerte für den Innenraum vermieden werden. Etwa 40 Prozent der Arbeitsplatzgrenzwerte für Luftschadstoffe beruhen auf der Vermeidung der sensorisch-irritativen Wirkung (Dick & Ahlers 1998; Edling & Lundberg 2000; van Thriel et al. 2006).

Zur Etablierung von Arbeitsplatzgrenzwerten für Stoffe mit einer sensorisch-irritativen Wirkung werden Ergebnisse aus humanen Kurzzeit-Expositionsexperimenten genutzt. Dabei werden subjektiven Reiz- und Geruchswirkungen mit Fragebögen erfasst und mit objektiven psychophysiologischen Methoden validiert. Die Schleimhautreizungen führen zu Reflexen (z.B. Lidschluss) und Abwehrmechanismen (z.B. Entzündungsreaktion), die reversibel sind. Werden diese Reflexe und Abwehrmechanismen allerdings bei höherer oder länger andauernder Exposition kontinuierlich ausgelöst, kann das die Reversibilität beeinträchtigen und das Risiko für Gesundheitsschäden erhöhen.

Die (patho-)physiologischen Grundlagen für sensorisch-irritative Wirkungen sowie eine Handlungsanleitung zur Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten (AGWs) bei diesen Stoffen wurden aktuell von der ad hoc AG „Grenzwertableitung bei lokalen Effekten“ entwickelt (Brüning et al. 2014). Die Arbeitsgruppe wurde von der MAK-Kommission und dem UAIH des AGS unter Leitung des IPA eingerichtet, um die wissenschaftliche Expertise auf dem Gebiet der Reizstoff-Forschung zu bündeln und die Forschungsarbeiten mit der DGUV und ihren Mitgliedern zu koordinieren.

Zurzeit wird diskutiert, ob auch Geruchswirkungen bei der Festlegung von Grenz- oder Richtwerten berücksichtigt werden sollen (Abb. 3). Bislang spielen unangenehme und belästigende Gerüche am Arbeitsplatz keine Rolle, solange die Belästigung nicht unangemessen ist (DFG, 2014).

In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, dass die Occupational Safety and Health Administration - die Bundesbehörde für Arbeitssicherheit in den Vereinigten Staaten - für die drei Chemikalien Isopropylether, Phenylether und Vinyltoluol Grenzwerte aufgrund unerwünschter Geruchseffekte festgelegt hat (OSHA 1989). Grund

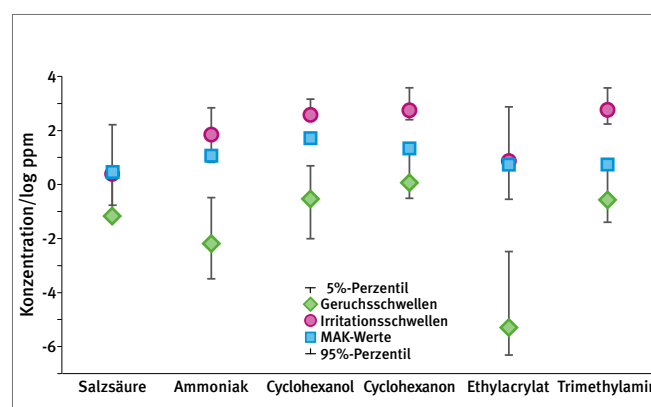


Abb. 3 : Vergleich von Geruchs- und Irritationsschwellenwerten mit MAK-Werten

dafür waren Beschwerden von Beschäftigten und die Annahme, dass diese stark riechenden Substanzen von der Arbeitsaufgabe ablenken können, was zu Fehlern und in der Folge zu Unfällen führen kann (Hey et al., 2010).

In zwei aktuellen Forschungsprojekten untersucht das IPA die Wirkung von Gerüchen auf die Arbeitsleistung als indirektes Maß für mögliche gesundheitliche Gefährdungen. Zudem wird der Frage nachgegangen, ob bestimmten Personengruppen (z.B. Asthmatiker, Allergiker, Sensorisch Hyperreaktive) eine erhöhte Sensitivität für Geruchs- und Reizstoffeffekte unterstellt werden kann.

In einem kontrollierten Experiment im IPA-Expositionslabor wird die Expositions-Wirkungs-Beziehung für die Modellschwarz Ethylacrylat im Hinblick auf die Geruchs- und Reizwirkung und eine mögliche Beeinträchtigung des Wohlbefindens, sowie der Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistung bei gesunden Personen mit und ohne eine sensorische Hyperreaktivität untersucht. Dabei werden objektive Messdaten (z.B. Erhöhung der Lidschlussfrequenz) genutzt, um subjektive Fragebogenangaben (z.B. Augenreizung) zu bestätigen. Außerdem werden Luftfeuchtigkeit und Zimmertemperatur kontrolliert, da auch diese raumklimatischen Bedingungen Reizsymptome verursachen können.

Ziel einer weiteren Studie ist die Untersuchung der Expositions-Wirkungsbeziehung für Arbeitsstoffe mit einer Geruchs- und Reizkomponente auf die Leistungsfähigkeit. Dabei werden unterschiedliche Einflussfaktoren wie Anforderungsniveau (z. B. schwierige Aufgaben im Sinne einer Überforderung) und individuelle Empfindlichkeit (z. B. Sensorische Hyperreaktivität) berücksichtigt. Hierbei wird erstmals die bildgebende funktionale Kernspintomographie eingesetzt, um den Effekt unterschiedlicher Stoffkonzentrationen auf die Hirnaktivität zu untersuchen. Dazu wird ein Olfaktometer entwickelt, mit dem eine präzise, quantitative Darbietung der Stoffkonzentrationen im Kernspintomographen möglich ist. Zudem soll das Olfaktometer genutzt werden, um individuelle Geruchs- und Irritationsschwellen für Einzelstoffe, aber auch Stoffmischungen zu ermitteln.

Zur gesundheitlich-hygienischen Bewertung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft gibt es seit Anfang 2014 ein vorläufiges Konzept zur Ableitung sog. Geruchsleitwerte. Es wurde von der ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumlufthygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden vorgestellt und wird nun in einer 2-jährigen Pilotphase erprobt. Vorlage war das niederländische Bewertungskonzept einer deutlichen Geruchswahrnehmungsschwelle („Level of distinct Odour Awareness“ – LOA) in der Außenluft.

Die Bewertung von Geruchsschwellenwerten aus der Literatur ist zurzeit noch in der Diskussion. Gerade bei gut untersuchten Stoffen weichen die Schwellenwerte oftmals um mehrere Größenordnungen voneinander ab. So findet man beispielsweise für die Geruchsschwelle von Anilin Angaben zwischen 0,2 bis 350.000 µg/m³.

Eine wesentliche Ursache hierfür sind die bis vor etwa 10 Jahren verwendeten, nicht standardisierten Messmethoden. Zudem ist die Geruchswahrnehmung von der individuellen Empfindlichkeit, vom Geschlecht und vom Alter abhängig. Liegen Messwerte unterhalb der Geruchsschwelle, können trotzdem einzelne Personen einen unangenehmen und belästigenden Geruch wahrnehmen. Da Geruchs- und Irritationsschwellenwerte auf sehr kurzen Expositionszeiten beruhen (im Sekundenbereich), lassen sie allerdings keine Aussagen über mögliche Gesundheitseffekte bei länger andauernder Exposition zu.

Um Geruchwirkungen im Innenraum vor Ort differenziert zu untersuchen, stehen mittlerweile standardisierte Erhebungsinstrumente zur Verfügung. Dazu gehören zum einen Fragebogenmethoden, um die Geruchssituation aus Sicht der Betroffenen standardisiert zu erfassen (1). Zum anderen kann auch das Ausmaß der Geruchsbelastung selbst gemessen werden (2).

1. Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld: www.ipa-dguv.de/links Linkcode 131
2. Richtlinie VDI 4302 Blatt 2 Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien - Prüfstrategie für Geruchsprüfungen von Innenraumluft: www.ipa-dguv.de/links Linkcode 133

Fazit

Die Wahrnehmung eines Geruchs lässt keine Rückschlüsse auf seine gesundheitliche Relevanz zu. Die Konzentration eines Stoffes mit einem deutlich wahrnehmbaren Geruch kann unterhalb der analytischen Nachweisgrenzen liegen. Zudem kann nicht jeder potenziell gefährliche Stoff vorab an seinem Geruch erkannt werden. Deswegen sind Meldungen über ungewöhnliche Geruchswahrnehmungen ernst zu nehmen. Sie können ein Hinweis dafür sein, dass die Luftqualität und andere Bedingungen am Arbeitsplatz nicht optimal sind.

Obwohl es bislang noch schwierig ist, die Reizwirkung als (gesundheits-)schädliche Wirkung von Luftschadstoffen von der reinen Geruchswirkung zu trennen, ist damit zu rechnen, dass Geruchswirkungen in Zukunft als zusätzliche Information bei der Grenzwertfestsetzung berücksichtigt werden.

Die Autoren
Prof. Dr. Thomas Brüning, Prof. Dr. Jürgen Bünger,
Dr. Kirsten Sucker, PD Dr. Götz Westphal
IPA

Beitrag als PDF



Literatur

1. Avery RC, Wing S, Marshall SW, Schiffman SS: Odor from industrial hog farming operations and mucosal immune function in neighbours. *Archives of Environmental Health* 2004; 59: 101-108
2. Ayabe-Kanamura S, Schicker I, Laska M, Hudson R, Distel H, Kobayakawa T, Saito S: Differences in perception of everyday odors: a Japanese-German cross-cultural study. *Chem Senses* 1998; 23: 31-38
3. Brüning T, Bartsch R, Bolt HM, Desel H, Drexler H, Gundert-Reymy U, Hartwig A, Jäckh R, Leibold E, Pallapies D, Rettenmeier AW, Schlüter G, Stropp G, Sucker K, Triebig G, Westphal G, van Thriel C: Sensory Irritation as a basis for setting occupational exposure limits. *Arch Toxicol* 2014; Epub ahead of Print
4. Bullinger M: V-13 Befindlichkeitsstörungen. In: Wichmann H-E, Schlipkötter H-W, Füllgraf G, Hrsg.: *Handbuch der Umweltmedizin*. ecomed Verlag, Landsberg am Lech 1992: 1-12
5. Campell JM (1983): Ambient stressors. *Environ & Behavior* 1983; 15: 355-380
6. Dalton P, Lees PS, Gould M, Dilks D, Stefaniak A, Bader M, Ihrig A, Triebig G: Evaluation of long-term occupational exposure to styrene vapor on olfactory function. *Chem Senses* 2007; 32: 739-747
7. Dalton P: Cognitive influence on health symptoms from acute chemical exposure. *Health Psychology* 1999; 18: 579-59
8. Dalton P: There's something in the air – Effects of beliefs and expectations on response to environmental odors. In: Zucco GM; Herz RS, Schaaf B. *Olfactory cognition* John Benjamins Publishing Company, 2012: 23-38.
9. Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH 2014
10. Dick RB, Ahlers H: Chemicals in the workplace: incorporating human neurobehavioral testing into the regulatory process. *Am J Ind Med* 1998; 33: 439-453
11. Edling C, Lundberg P: The significance of neurobehavioral tests for occupational exposure limits: an example from Sweden. *Neurotoxicol* 2000; 21: 653-658
12. Hey K, Kleinbeck S, Schäper M, Kiesswetter E, Blaszkewicz M, Zimmermann A, Golka K, van Thriel C: Ablenkung am Arbeitsplatz durch Geruch? Experimentelle Untersuchung am Beispiel von Ethylacrylat. In: *Transport und Verkehr: Dokumentation der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V.*; 50. wiss. Jahrestagung. 2010; 144-147
13. Hummel T: Assessment of intranasal trigeminal function. *Int J Psychophysiol* 2000; 36: 147-155
14. Knasko SC, Gilbert AN, Sabini J: Emotional state, physical well-being, and performance in the presence of feigned ambient odor. *J Appl Social Psychol* 1990; 20: 1345-1357
15. Kobal G, Van Toller S, Hummel T: Is there directional smelling? *Experientia* 1989; 45: 130-132
16. Occupational Safety and Health Administration (OSHA): Air contaminants: final rule. *Fed Regist* 1989; 54: 2332-2983
17. Paustenbach DJ, Gaffney SH: The role of odor and irritation, as well as risk perception, in the setting of occupational exposure limits. *Int Arch Occup Environ Health*. 2006; 79: 339-342
18. Shusterman D1, Lipscomb J, Neutra R, Satin K: Symptom prevalence and odor-worry interaction near hazardous waste sites. *Environ Health Perspect* 1991; 94: 25-30
19. Steinheider B, Winneke G, Schlipkötter H-W: Somatische und psychische Wirkungen intensive Geruchsimmissionen. Eine Fallstudie aus der Substratherstellung für die Champignonzucht. *Staub - Reinhaltung der Luft* 1993; 53: 425-431
20. Steinheider B, Winneke G: Industrial odours as environmental stressors: Exposure-annoyance associations and their modification by coping, age and perceived health. *J Environ Psychol* 1993; 13: 353-363
21. van Thriel C, Schäper M, Kiesswetter E, Kleinbeck S, Juran S, Blaszkewicz M, Fricke HH, Altmann L, Berresheim H, Brüning T: From chemosensory thresholds to whole body exposures-experimental approaches evaluating chemosensory effects of chemicals. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79: 308-321
22. Winters W, Devriese S, Van Diest I, Nemery B, Veulemans H, Eelen P, Van de Woestijne K, Van den Bergh O: Media warnings about environmental pollution facilitate the acquisition in response to chemical substances. *Psychosomatic Medicine*, 2003; 65: 332-338
23. Zibrowski EM1, Robertson JM: Olfactory sensitivity in medical laboratory workers occupationally exposed to organic solvent mixtures. *Occup Med* 2006; 56: 51-54