

AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer  
Forschungsinstitute (Hrsg.)

# **Umwelt, Gebäude & Gesundheit**

**Schadstoffe,  
Gerüche und  
Sanierung**

Ergebnisse des 11. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer  
Forschungsinstitute (AGÖF) am 17. und 18. November 2016 in Hallstadt bei  
Bamberg

**2016**

AGÖF – Springe-Eldagsen

In diesem Buch werden die Beiträge des 11. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V. vom 17. und 18. November 2016 in Hallstadt bei Bamberg veröffentlicht.

**Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.

**Geschäftsstelle:**

im Energie- und Umweltzentrum am Deister

D - 31832 Springe-Eldagsen

**Vorstand der AGÖF:**

Elke Bruns-Tober, Dr. Wigbert Maraun, Jörg Thumulla

**Wissenschaftlicher Beirat:**

Elke Bruns-Tober, Umwelt- und Gesundheitsinstitut, Wittingen

Dr. Heidrun Hofmann, Bremer Umweltinstitut, Bremen

Dr. Wigbert Maraun, ARGUK-Umweltlabor GmbH, Oberursel

Nicole Richardson, Sachverständigenbüro Richardson, Witten

Martin Wesselmann, Gebäuediagnostik Wesselmann, Hamburg

Jörg Thumulla, anbus analytik GmbH, Fürth

**Redaktion:**

Sabine Weber-Thumulla

**Veranstalter:**

Analyse und Bewertung von Umweltschadstoffen (AnBUS) e.V.

Mathildenstraße 48

D - 90762 Fürth

---

**Umwelt, Gebäude & Gesundheit:** Schadstoffe, Gerüche und Sanierung; Tagungsband des 11. AGÖF-Fachkongresses 2016 / AGÖF - Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V. Bearb. Sabine Weber-Thumulla. - Springe: AGÖF, 2016

---

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung auch von Teilen außerhalb des Urheberrechtgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Autoren, Herausgeber und Verlag, redaktionelle Mitarbeiter und Herstellungsbetriebe haben das Werk nach bestem Wissen und mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Inhaltliche und technische Fehler sind jedoch nicht vollständig auszuschließen. Die Wahl der Rechtschreibregeln lag bei den Autoren.

© 2016 Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.,

Springe-Eldagsen

Umschlaggestaltung: Harald Hans Vogel, Fürth

Titelfoto: Jörg Thumulla (Rathaus Hallstadt)

ISBN 978-3-930576-10-4

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	9
<b>I. Gerüche.....</b>	<b>11</b>
<b>Stellungnahme der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V (AGÖF) .....</b>	<b>12</b>
<i>Jörg Thumulla, Matthias Schmidt, Wigbert Maraun, Heidrun Hofmann, Norbert Weis</i>	
<b>Möglichkeiten und Grenzen von Geruchsbewertungsverfahren.....</b>	<b>20</b>
<i>Matthias Schmidt, Jörg Thumulla</i>	
<b>„Thirdhand tobacco smoke“: Zigarettenrauch- Rückstände im Hausstaub – ein Beitrag zum Krebsrisiko für Kleinkinder.....</b>	<b>45</b>
<i>Wigbert Maraun und Sonja Pfeil</i>	
<b>II. Aktuelle Aspekte der Innenraumhygiene .....</b>	<b>49</b>
<b>Krebsrisikoabschätzungen von Verunreinigungen der Innenraumluft .....</b>	<b>50</b>
<i>Helmut Sagunski .....</i>	<i>50</i>
<b>Neue CO<sub>2</sub>-Richtwerte und Lüftungskonzepte – ein praktischer Zugang....</b>	<b>54</b>
<i>Peter Tappler, Felix Twrdik, Bernhard Damberger, Hans-Peter Hutter</i>	
<b>Das Phänomen der schwarzen Wohnungen.....</b>	<b>64</b>
<i>Martin Wesselmann</i>	
<b>III. Asbesthaltige Spachtelmassen.....</b>	<b>69</b>
<b>Messverfahren und Exposition von Asbest bei handwerklichen Tätigkeiten an Asbestspachtelmassen.....</b>	<b>70</b>
<i>Emmanuel Temme, Volker Jurk, F. Jörg Wohlgemuth</i>	
<b>Methodenvergleich zur Auswahl geeigneter analytischer Verfahren zum Nachweis von Asbest in Wand und Deckenbekleidungen SBH ./ BIA ./ VDI .....</b>	<b>75</b>
<i>Sebastian Bien</i>	
<b>Das Untersuchungskonzept der Schulbau Hamburg zur Feststellung asbesthaltiger Wand- und Deckenbekleidungen.....</b>	<b>80</b>
<i>Martin Wesselmann</i>	
<b>IV. Radon .....</b>	<b>87</b>
<b>Regelungen und Referenzwert für Radon – Gesetzesentwurf des neuen Strahlenschutzgesetzes.....</b>	<b>88</b>
<i>Winfried Meyer</i>	

<b>Radon-Messverfahren .....</b>	<b>91</b>
<i>Thomas Haumann</i>	
<b>Radonsanierungen: Maßnahmen gegen den Eintritt von Radon in Gebäude .....</b>	<b>106</b>
<i>Gerhard Binker</i>	
<b>V. Biogene Belastungen in Gebäuden .....</b>	<b>111</b>
<b>Reproduzierbare Messbedingungen für Schimmelpilze am Beispiel des WTA-Merkblattes zur Sanierungskontrolle .....</b>	<b>112</b>
<i>Nicole Richardson</i>	
<b>Hintergrundwerte von Actinomyceten – erste Ergebnisse .....</b>	<b>127</b>
<i>Elwira Grychtol, Michael Köhler, Heidrun Hofmann, Stephan Hackmann, Norbert Weis</i>	
<b>Mykotoxine: Thesen Ein Review wissenschaftlicher Veröffentlichungen .....</b>	<b>138</b>
<i>Carmen Kroczek, Jochen Kern, H.M. Hanauske-Abel</i>	
<b>Das sogenannte Dachstuhlurteil des Bundesgerichtshofs - eine Fallbeschreibung - .....</b>	<b>153</b>
<i>Jochen Kern</i>	
<b>Der neue Schimmelleitfaden des Umweltbundesamtes .....</b>	<b>159</b>
<i>Kerttu Valtanen</i>	
<b>VI. Gebäudekataster .....</b>	<b>163</b>
<b>Schadstoffkataster: Vorgehensweise und Mindestanforderungen.....</b>	<b>164</b>
<i>Martin Kessel</i>	
<b>Vorschlag für Mindestanforderungen von Gefahrstoffbegutachtungen in der Bausubstanz.....</b>	<b>183</b>
<i>Martin Wesselmann</i>	
<b>Schadstoffhebung in öffentlichen Gebäuden - Konzept der Stadt Salzgitter .....</b>	<b>190</b>
<i>Elke Bruns-Tober, Jacqueline Wolff</i>	
<b>VII. Alt- und Neulasten in Gebäuden: Fallbeispiele .....</b>	<b>205</b>
<b>Das Vorkommen von Ameisen- und Essigsäure in der Raumluft von Fertighäusern in Holzständer-Bauweise.....</b>	<b>206</b>
<i>Wigbert Maraun, Peter Unger und Stephan Sängler</i>	
<b>Auffallende Gerüche als Anfangsverdacht für massive Belastungen durch Innenraumschadstoffe – 3 Fallbeispiele .....</b>	<b>232</b>
<i>Martina Clemens-Ströwer</i>	

<b>Air sampling for Per- and Polyfluorinated Chemicals (PFCs) in stores selling 'outdoor' equipment .....</b>	<b>245</b>
---	------------

*Manfred Santen, Kevin Brigden, Melissa Wang, Ling-Yao Chen, Frank Neugebauer,  
Barbara Kafadaroglu, Annekatriin Dreyer*

<b>Auffallende Gerüche als Anfangsverdacht; Sanierung durch Lüftungstechnik – Erfahrungsbericht Rathaus Hallstadt.....</b>	<b>250</b>
--	------------

*Simone Krainz*

<b>VIII. Verzeichnis der Autoren.....</b>	<b>256</b>
---	------------



# Vorwort

Die AGÖF-Fachkongresse Umwelt, Gebäude & Gesundheit präsentieren in gewohnter Tradition aktuelle Neuigkeiten aus Forschung, Entwicklung und Praxis in den Bereichen Innenraumschadstoffe, Raumluftqualität, schadstoffarmes Bauen, Gerüche, Schimmelpilze und vieles mehr. Schwerpunktthemen des 11. AGÖF-Fachkongresses, der diese Mal in Hallstadt bei Bamberg stattfindet, sind die Bereiche Schadstoffe, Gerüche und Sanierung.

Zum letzten Kongress 2013 in Nürnberg fanden mehrere langfristige AGÖF-Projekte ihren Abschluss und die Ergebnisse wurden dem Fachpublikum präsentiert. Dazu gehörten das Forschungsprojekt "Zielkonflikt energieeffiziente Bauweise und gute Raumluftqualität - Datenerhebung für flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft von Wohn- und Bürogebäuden (Lösungswege)", der AGÖF- Geruchsleitfaden und die umfassend aktualisierten AGÖF-Orientierungswerte 2013 für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft (VOC).

In den darauf folgenden Jahren schloss sich eine Phase der Umsetzung und Anwendung dieser Erkenntnisse im Arbeitsalltag an, das spiegelt ein Teil der Vorträge des 11. AGÖF-Fachkongresses wieder. Es wurden Erfahrungen mit der Anwendung des AGÖF Geruchsleitfadens und der vom AIR (Ausschuss für Innenraumrichtwerte) entwickelten Geruchsleitwerte gesammelt und in der Praxis erprobt. Außerdem wurde an verlässlichen Geruchs- und Akzeptanzschwellen gearbeitet. Die hierbei gesammelten Erfahrungen flossen beispielsweise in die AGÖF- Stellungnahme ein, die zum Diskussionspapier des Ausschusses für Innenraumrichtwerte AIR „Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten“ eingereicht wurde.

Weitere Stellungnahmen wurden zu den „Handlungsempfehlungen zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden“ des Umweltbundesamtes abgegeben, sowie in Kooperation mit anderen Verbänden zum Entwurf des neuen UBA-Schimmelleitfadens 2016. Schimmelpilze sind und bleiben ein aktuelles Problem und haben hier wieder einen eigenen Themenblock. Dort geht es u.a. um medizinisch klinische Diagnostik, die Vermeidung von Schimmelpilzwachstum auf Winterbaustellen und in Gipskartonplatten, reproduzierbare Messbedingungen, Mykotoxine und Hintergrundwerte für Actinomyceten.

Mit dem VDI/GVSS-Papier „Asbesthaltige Putze, Spachtelmassen und Fliesenkleber in Gebäuden - Diskussionspapier zu Erkundung, Bewertung und Sanierung“ wurden im Juni 2015 vom Verein Deutscher Ingenieure e.V. und dem Gesamtverbands Schadstoffsanierung e.V. Asbest-Thematiken neu angestoßen. Im Rahmen des Kongresses werden unterschiedliche Herangehensweisen und Positionen der AGÖF und anderer Beteiligter vorgestellt und diskutiert.

Weitere Themenblöcke sind Radon und Gebäudekataster. Radonbelastungen aus dem Boden können in bestimmten Regionen Deutschlands sehr hoch werden, was bei der Planung und dem Bau von Gebäuden immer noch nicht ausreichend Berücksichtigung findet. In den Vorträgen wird der aktuelle Stand der Regulierung vorgestellt, weitere Themen sind Messverfahren, Bewertungen und Sanierungsmöglichkeiten. Beim Thema Gebäudekataster werden verschiedene Vorgehensweisen und Mindestanforderungen bei

der Erstellung vorgestellt. Am Beispiel des Konzepts der Stadt Salzgitter zur Schadstoffhebung in öffentlichen Gebäuden werden Wege für die praktische Umsetzung gezeigt.

Abgerundet wird das Kongressprogramm mit aktuellen Fallbeispielen von Alt- und Neulasten in Gebäuden. Präsentiert wird u.a. die Thematik der Essig- und Ameisensäure in älteren, aber auch neueren Fertighäusern. Hierfür wurde ein neues analytisches Verfahren zum Nachweis und zur Bewertung der Reizwirkung und Geruchsbelästigung durch niedere Carbonsäuren entwickelt. Abschließend folgt ein Vortrag zum Thema der polyfluorierten Verbindungen in der Raumluft, das immer stärker in die öffentliche Diskussion drängt.

Der Verband AGÖF freut sich, Ihnen auch in diesem Jahr wieder ein spannendes und breit gefächertes Spektrum an Fachvorträgen und Diskussionen anbieten zu können. Ein großes Dankeschön geht an die vielen Akteure, die an der Gestaltung des Kongresses mitgewirkt haben. Das sind insbesondere das AGÖF-Kongressbüro in Fürth und die ehrenamtlich tätigen Mitglieder des wissenschaftlichen Beirats. Ebenso kann das inhaltliche Programm nur durch den Input und den interdisziplinären Austausch der Mitgliedsinstitute der AGÖF und der beteiligten Gastreferenten in dieser Bandbreite angeboten werden.

Wir wünschen den Besuchern neben den spannenden Vorträgen genügend Zeit zum Austausch und zu Kontaktaufnahmen und hoffen, dass sie jede Menge Impulse für ihre Arbeit mit nach Hause nehmen können.

*Jörg Thumulla, Wigbert Maraun, Elke Bruns-Tober und Marlies Ante*

Vorstand und Geschäftsführung der AGÖF

# **I. Gerüche**

# **Stellungnahme der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V (AGÖF)**

**Bekanntmachung des Umweltbundesamtes: Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten, Entwurf der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Kommission Innenraumluft-hygiene und der Obersten Landesgesundheitsbehörden zur öffentlichen Diskussion bis Ende Dezember 2015**

***Jörg Thumulla, Matthias Schmidt, Wigbert Maraun,  
Heidrun Hofmann, Norbert Weis,***

## **Einleitung**

Die AGÖF (Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e.V.) begrüßt es, dass sich die AIR der Problematik von Geruchsbelästigungen in Innenräumen angenommen hat. Die AGÖF repräsentiert Institute, die sich in der Praxis mit der gutachterlichen Bewertung von Geruchsproblemen beschäftigen. Seit Veröffentlichung des vorläufigen Geruchsleitwertkonzeptes wurden zahlreiche VOC-Untersuchungen mit den Ergebnissen sensorischer Prüfungen verglichen.

Dabei zeigt sich, dass es aus gutachterlicher Sicht sowohl chemisch analytische Verfahren als auch direkte olfaktorische Verfahren zur Bewertung von Geruchsproblemen in Innenräumen notwendig sind und daher abhängig von der Problemstellung parallel angewendet werden müssen.

Zuverlässige Geruchs- oder Akzeptanzschwellen sind zur Bewertung von VOC-Untersuchungen in Bezug auf Geruchsbeschwerden unerlässlich, was weil sie eine Identifizierung der für das Geruchsproblem verantwortlichen relevanten Substanzen und damit eine Identifizierung der für die Geruchsbelästigung relevanten Bauteile oder Baustoffe ermöglichen.

## **Zusammenfassung**

Das Geruchsleitwertkonzept der AIR soll dazu dienen, auf Basis von VOC-Messungen Geruchsbelästigungen in Innenräumen, die auf geruchsaktive Einzelsubstanzen zurückzuführen sind, anhand von Geruchsleitwerten regulatorisch zu beurteilen. Diese Herangehensweise ermöglicht es Geruchsstoffe zu beurteilen, die chemisch-analytisch im Rahmen der in Innenräumen durchgeführten Standardanalytik erfasst werden können und für die validierte Daten zur Geruchsschwelle vorliegen. Additive synergistische oder maskierende Wirkungen können aufgrund der Einzelsubstanzspezifischen Ableitung nicht berücksichtigt werden.

Ein Nachteil der vorgeschlagenen Ableitung der Geruchsleitwerte ist die starre Anwendung von Faktoren zur Ableitung der Geruchsleitwerte ausgehend von den Geruchsschwellenwerten. Die Hedonik, also die Beurteilung wie angenehm oder unangenehm ein Geruch ist, spielt dabei keine Rolle. Olfaktometrische Untersuchungen zur Bestimmung

von Akzeptanzschwellen zeigen jedoch, dass der überwiegend angenehm empfundene Geruch des alpha-Pinens noch bei einem Vielfachen der Geruchsschwelle akzeptiert wird, während der größtenteils unangenehm empfundene Geruch des Naphthalins bereits knapp über der Geruchsschwelle als inakzeptabel beurteilt werden.

Bei höheren Aldehyden finden sich häufig Überschreitungen des Geruchsleitwerts I (vGLW I), aber dennoch akzeptable Raumluftqualitäten, was auf die ausgeprägte Änderung der Geruchsnote und dem damit verbundenen Wechsel der Hedonik im Konzentrationsverlauf oberhalb der Geruchsschwelle zurückzuführen sein dürfte. Bei Benzothiazol ist die Raumluft bei Reingerüchen ab vGLW I nicht akzeptabel, aber durch Mischgerüche maskierbar und auch bei dem Doppelten des vGLW I noch akzeptabel. Bei Phenolen/Kresolen oder Naphthalin ist die negative Akzeptanz der Raumluft für die meisten Nutzer bereits ab auf Basis des Konzeptes abgeleiteten vGLW I festzustellen. Insgesamt zeigt sich eine relevante Quote von Fehlbeurteilungen, wenn ausschließlich die Analyse von Einzelgeruchssubstanzen und die Anwendung der vGLW einer gutachterlichen Bewertung zugrunde gelegt werden

Schlussendlich erschließt es sich nicht, warum in der Praxis getestete und validierte personengebundene, sensorische Verfahren<sup>1</sup> aufgrund angeblich zu hoher zugelassener Fehlertoleranzen nicht regulatorisch umsetzbar sein sollen. Im Gegenzug aber ein Geruchsleitwertkonzept hierzu geeignet sein soll, das auf einem durch die geringe Probandenzahl sehr unsicherem Geruchsschwellenbestimmungsverfahren beruht und für dessen Berechnung von vielen zum Teil zumindest diskussionswürdigen Annahmen ausgegangen wird.

Letztendlich ist es aus Sicht der AGÖF für die Bewertung von Geruchsbeschwerden in der Innenraumluft notwendig sowohl sensorische als auch chemisch analytische Bewertungskonzepte einzusetzen. Zur validen Ableitung von Geruchsleitwerten sehen wir weiteren Forschungsbedarf, um die Korrelation zwischen Konzentration eines Stoffes, seiner Geruchsschwelle und seiner Akzeptanz für die Nutzer besser bewerten zu können.

## Risikokommunikation

Eine Geruchsbelästigung stellt sich als System von Empfindungen auf sensorische Wahrnehmungen ausgelöst durch stoffliche Einwirkungen dar.

Das Konzept der Bewertung von Geruchsimmissionen in Innenräumen durch den Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) basiert auf der Bereitstellung von Geruchsleitwerten als Prüfwerte für VOC-Messungen. Es stellt sich die Frage, ob diese Bewertung nur bei solchen VOC-Messungen herangezogen werden sollte, bei denen eine Geruchsimmission der Anlass der Messung gewesen ist oder ob eine grundsätzliche Bewertung von VOC-Messwerten anhand von Geruchsleitwerten vorzunehmen ist.

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Geruchsproblematiken in Innenräumen werden häufig auch VOC-Messungen durchgeführt. Jedoch gelingt es nur selten anhand von VOC-Messergebnissen eine Erklärung der Geruchsproblematik herbeizuführen. Der Ansatz der Bewertung mit Geruchsleitwerten suggeriert, dass die VOC-Messung ein

---

<sup>1</sup> Schmidt M, Thumulla J (2010): Fehlerbetrachtung von Geruchsprüfungen anhand exemplarischer Auswertungen durchgeführter Untersuchungsprojekte. In Umwelt, Gebäude & Gesundheit – Innenraumschadstoffe Fogging und Gerüche, Hrsg. Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF), Springe

geeignetes Instrument zur Lösung ist, bzw. dass eine Unterschreitung aller Geruchsleitwerte eine Geruchsbelästigung ausschließt.

Dem Entwurf fehlt eine Empfehlung, dass zunächst eine Entscheidung zu treffen ist, ob eine konkrete Geruchsproblematik durch eine VOC-Messung überhaupt zu klären ist. Ohne diese Empfehlung erscheint die Anwendung dieses Geruchsleitwertkonzeptes als zu statisch und nicht zielführend. Unberücksichtigt bleiben die vielen Beschwerdefälle, in denen keine auffälligen oberhalb der geruchsschwelle liegenden VOC-Werte zu messen sind. Außerdem bleiben die wichtigen Themen der Geruchsempfindung und der Konfliktkommunikation mit Raumnutzern in dem AIR-Konzept völlig unberücksichtigt.

## **Problem der Einzelstoffbetrachtung**

Als zentrales Instrument zur Beurteilung einer Geruchsituation schlägt das AIR-Konzept Geruchsleitwerte für Einzelstoffe vor. Die grundlegende Problematik der Kombinationswirkungen verschiedener geruchsaktiver Substanzen wird in dem Text nur am Rande gestreift.

Gerüche können sich in ihrer Geruchswirkung additiv verhalten, sich wechselseitig verstärken oder abschwächen. Es gibt Gerüche die sich aus einer Vielzahl von Substanzen zusammensetzen, wie

die im Zusammenhang mit Geruchsbelästigungen relevante Stoffgruppe der Iso-Dodecene (typischer über die Jahre sich kaum vermindender „Teppichbodenfehlgeruch“), die mit Hilfe von einzelstoffbezogenen geruchsleitwerten nicht beurteilt werden können.

Das AIR-Konzept berücksichtigt ausschließlich eine abschwächende („maskierende“) Wechselwirkung in Geruchsstoffmischungen. In den Ausführungen wird jedoch richtigerweise erwähnt, dass in der Innen- und Außenluft in der Regel Mischungen von Geruchsstoffen vorliegen. Nur unter der wissenschaftlich nicht begründbaren Annahme, dass sich deren Geruchswirkungen ausnahmslos wechselseitig abschwächen, lassen sich Geruchsleitwerte für Einzelsubstanzen in der Praxis überhaupt anwenden, sofern die Geruchs-situation nicht ausschließlich durch eine Substanz geprägt ist. Das Konzept berücksichtigt damit unzureichend die additive Wirkung von Geruchsstoffen.

## **Ableitungsgrundlage auf Basis des ODT50**

Das Konzept zur Ableitung der Geruchsleitwerte basiert auf der Annahme, dass chemische Substanzen bei einer sehr deutlichen Überschreitung ihrer Geruchsschwelle von den Raumnutzern als unangenehm bewertet werden. Hierbei wird jedoch nicht berücksichtigt, dass viele Substanzen über ihren Konzentrationsverlauf oberhalb der Geruchsschwelle einen sehr unterschiedlichen Verlauf der Hedonik aufweisen und deshalb in ihrer Akzeptanz von den Raumnutzern unterschiedlich bewertet werden. Exemplarisch wurde dies für die Substanzen Naphthalin, 1-Methylnaphthalin, alpha-Pinen, Acetophenon, 2-Nonenal und 2-Ethylhexanol geprüft (eine ausführliche Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen ist exemplarisch für die Substanzen Naphthalin und 1-Methylnaphthalin den

beigefügten Veröffentlichungen zu entnehmen. Die (vorläufigen) Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengefasst<sup>2</sup>:

Tab. 1 ODT50: physiologische D50-Reaktion = Geruchsschwelle; vGLWI/vGLWII: auf Grundlage des Geruchsleitwertkonzeptes abgeleitete vorläufige Geruchsleitwerte; PD-Wert bei vGLWI/vGLWII: Bestimmung mit Hilfe der experimentell ermittelten logarithmisch normalverteilten Akzeptanzverteilung; TOA: threshold of odour annoyance – Überschreitung eines PD-Wertes von 30% mit Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 10\%$

	Panel-size	regression coefficient (lognormal-distribution)	ODT50 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	vGLWI [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PD-value at vGLWI [%]	vGLWII [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PD-value at vGLWII [%]	TOA [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Factor TOA / ODT50
<b>Naphthalene</b>	187	0,95	2,3	14	85	110	>99	<b>4,3</b>	1,9
<b>1-Meythyl-naphthalene</b>	23	0,94	2,8	17	95	134	>99	<b>8,5</b>	3,0
<b>alpha-Pinene</b>	49	0,98	1011	6000	97	48500	>99	<b>2700</b>	2,7
<b>Acetophenone</b>	203	0,96	5,5	33	51	262	>99	<b>36</b>	6,5
<b>2-Nonenal</b>	84	0,98	5,2	31	80	250	>99	<b>9,3</b>	1,8
<b>2-Ethylhexanole</b>	115	0,95	40	239	72	1915	>99	<b>133</b>	3,3

Anhand der Ergebnisse sind folgende Feststellungen zu treffen:

- Wird der TOA (Akzeptanzschwelle) als Bewertungsmaßstab für eine unzumutbare Geruchsbelästigung herangezogen schwankt der Faktor zwischen ODT50 und der unzumutbaren Geruchsbelästigung zwischen 1,8 und 6,5. Dieser Unterschied ist prinzipiell mit der unterschiedlichen hedonischen Wirkung der Geruchsstoffe zu erklären. Acetophenon wurde beispielweise durchgehend von den Probanden mit blumigen Geruchsnoten oder einem angenehmen Marzipangeruch assoziiert.
- Werden die auf Basis des Geruchsleitwertkonzeptes abgeleiteten vorläufigen Geruchsleitwerte als Bewertungsmaßstab herangezogen, ist selbst bei einer hedonisch eher positiv zu bewertenden Substanz wie Acetophenon bei vGLWI eine Nutzerunzufriedenheit von 51% zu erwarten. Dies deckt sich nur sehr eingeschränkt mit der Definition des vGLWI ( $33\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dass ein Geruch bei dieser Konzentration *wahrgenommen werden kann und möglicherweise als belästigend empfunden wird*. Aus der Geruchsschwellenverteilung für Acetophenon lässt

<sup>2</sup> Schmidt, M.; Thumulla, J.; Kroczeck, C, Lisow, W.; Mertens, J.; Köhler, M. ;Pilgramm, M. "The Assessment of Odour Annoyance in Indoor Environment – a new Concept using statistically derived Acceptance Limits" (Healthy Buildings May 2015)

Lisow W., Schmidt. M., Mertens J., Thumulla J., Weis N., Köhler M., and Pilgramm M.: (2015) Olfactoric determination of the odour detection threshold and the identification threshold of Naphthalene (Healthy Buildings May 2015)

Stolz D., Hofmann H., Weis N., Köhler M., Lisow W., Schmidt M.,Schulz N. (2015) Determination of Odour Perception Threshold, Universität Kassel: 18. Workshop Geruch und Emissionen bei Kunststoffen (2016)

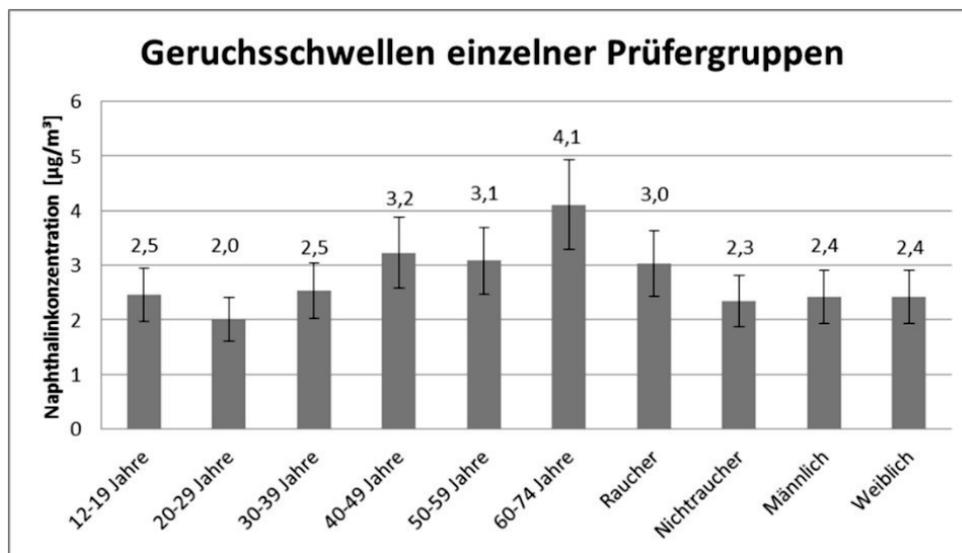
Schmidt M., Thumulla J.(2016) "Assessment of Odours in Indoor Air using Determined Acceptance Thresholds" Universität Kassel: 18. Workshop Geruch und Emissionen bei Kunststoffen (2016)

sich bei einer Konzentration von  $33\mu\text{g}/\text{m}^3$  (=vGLWI) eine Geruchswahrnehmung bei ca. 96% der Probanden ableiten.

- Der konstante Faktor zwischen den auf Basis des Geruchsleitwertkonzeptes abgeleiteten vorläufigen Geruchsleitwerten und der Geruchsschwelle führt zu einer sehr starken Streubreite der zu erwartenden Nutzerunzufriedenheit zwischen den einzelnen Substanzen.
- Die Definition des vGLWII einer *deutlichen Geruchswahrnehmung*, das *in der Regel als belästigend bis erheblich belästigend* empfunden wird, deckt sich nur eingeschränkt mit der zu erwartenden Nutzerunzufriedenheit von durchgängig größer 99%, so dass der Faktor 48 für die bisher untersuchten Stoffe auf Basis der bisherigen Definition des vGLWII eindeutig zu hoch angesetzt ist.

## Qualitätsanforderungen bei der ODT50-Bestimmung

Bei der Bewertung von Geruchsschwellen zählen zur Qualitätsstufe 1 (höchste Qualität) alle Ergebnisse zu Geruchswahrnehmungsschwellen nach einer standardisierten Methode, wie z. B. der EN 13725 oder einer vergleichbaren hochwertigen Methodik. Gemäß Punkt 6.7.3 dieser Norm muss die Mindestgröße des Panels bei jeder Messung nach der nachträglichen Auslese vier Personen betragen. Die Auswahl des Panels kann damit die resultierende Geruchsschwelle entscheidend beeinflussen (siehe nachfolgende Grafik):



Eine weitgehend repräsentative Auswahl des Panels ist schon alleine bezogen auf die Parameter Geschlecht, Alter und Raucher/Nichtraucher bei einer Größe des Panels von vier Probanden nicht möglich. Besonders vor dem Hintergrund der Verwendung der abgeleiteten Geruchsleitwerte als zukünftiger regulatorischer Maßstab zur Bewertung eines Mangels im Sinne des Baurechts oder Mietrechts in einem Gebäude (im gesamten Gebäudebestand Deutschland), ist die Ableitung einer Geruchsschwelle, vor allem aufgrund der interindividuellen Schwankungsbreite der Geruchswahrnehmung, mit einer so geringen Panelgröße, selbst bei einer sehr hohen Präzision der einzelnen Prüfer, nur sehr eingeschränkt als „hochwertige Methodik“ einzustufen.

## Geruchsleitwerte und Hintergrundwerte

Der Vergleich der vorläufigen Geruchsleitwerte mit den statistischen Vergleichswerten der AGÖF zeigt, dass der vGLW I vieler Aldehyde im Bereich des Normalwertes oder unterhalb des Orientierungswertes liegt. Hieraus folgt, dass beispielsweise für Hexanal statistisch gesehen in mehr als 50% der Wohnungen/Gebäude in Deutschland die Möglichkeit einer Geruchsbelästigung besteht (unter der Annahme der Repräsentativität der AGÖF-Vergleichswerte).

Geruchsstoff	CAS-Nr.	vGLW I [µg/m <sup>3</sup> ]	vGLW II [µg/m <sup>3</sup> ]	AGÖF-P50 [µg/m <sup>3</sup> ] <sup>3</sup>	AGÖF-P90 [µg/m <sup>3</sup> ]
Ethanal	75-07-0	20	100	20	54
Butanal	123-72-8	8	70	2,0	10
Pentanal	110-62-3	9	70	4,0	20
Hexanal	66-25-1	8	70	11	55
Heptanal	111-71-7	5	40	2,0	6,7
Octanal	127-13-0	5	40	2,0	8,0
Nonanal	124-19-6	20	150	6,0	19
Decanal	112-31-2	20	100	2,0	7,0

Die gutachterliche Praxis zeigt zudem, dass oftmals für die Aldehyde die Geruchsleitwerte überschritten werden, es aber entweder keine Geruchsbeschwerden gibt oder die nachweisbaren Aldehyde nicht für die vorhandenen Geruchsbelästigungen ursächlich sind.

## Gesundheitliche Relevanz von Gerüchen

Das AIR-Konzept geht in seinem Text zu den vorläufigen Geruchsleitwerten davon aus, dass die geruchliche Wahrnehmung einer Substanz keinen anerkannten toxischen Wirkungsendpunkt darstellt und deshalb bei dem Verfahren der Ableitung von Richtwerten für die Innenraumluft nicht berücksichtigt wird. Weiterhin ginge nach allgemeiner toxikologischer Auffassung von Geruchsstoffen, die eine Geruchswahrnehmung auslösen, keine neurotoxische Wirkung aus, sofern keine neurogene Irritation (trigeminaler Reizung) beteiligt sei. Gleichwohl wären Geruchsstoffe im weitesten Sinne als „neuroaktiv“ anzusehen und könnten Befinden, Verhalten und Leistungen modulieren. Dabei seien persönliche Bewertungen von Geruchsempfindungen von wesentlicher Bedeutung und etwaige Geruchswirkungen hingen von individuellen Erfahrungen und interindividuellen Unterschieden ab.

Gerüche in der Umwelt können sich in verschiedener Weise auf die Gesundheit und das Befinden auswirken. Zu unterscheiden sind direkte physiologische Wirkungen, die Wahrnehmung eines Geruchs, die Geruchsbelästigung als Wirkung des Geruchs auf emotionaler Ebene und indirekte physiologische Wirkungen als Folge der Geruchsbelästigung und des damit verbundenen chronischen Stresses (Caroline E.W. Herr, Gerhard A. Wiesmüller und Dorothee Twardellas: Umweltmedizinische Relevanz von

<sup>3</sup> Hofmann, H.; Erdmann, G.; Müller A. (2014): Zielkonflikt energieeffiziente Bauweise und gute Raumluftqualität - Datenerhebung für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft von Wohn- und Bürogebäuden (Lösungswege), UFOPLAN Vorhaben FKZ 3709 62 211

Gerüchen in der Umwelt in Umweltmed–Hygiene-Arbeitsmed 18 (1)27 29 (2013). In der Literatur gibt es zahlreiche Hinweise, wie sich chronische Stressreaktionen beispielsweise auf den Hormonhaushalt oder den Blutdruck auswirken und sich in unterschiedlichen Symptomen oder Erkrankungsbildern manifestieren. Eine Auseinandersetzung zu diesem Themenkomplex und damit eine fundierte medizinisch-toxikologische Bewertung der Wirkung von Geruchsstoffen auf die Gesundheit des Menschen fehlen im GLW-Konzept.

## **Definition zum Baurecht und Mangelbegriff fehlt**

Die Ableitung der Geruchsleitwerte stützt sich ausschließlich auf den Ausschluss unzumutbarer Belästigungen im Sinne des Baurechts. Die meisten Innenraumuntersuchungen im Zusammenhang mit Geruchsbeschwerden werden aber nach den Erfahrungen der AGÖF-Institute nicht zur Beurteilung unzumutbarer Belästigungen durchgeführt, sondern zur Abklärung ob ein zivilrechtlich relevanter Mangel im Sinne des Kauf- Werkvertrags- oder Miets- oder Arbeitsrechtsrechtes vorliegt. Nähere Ausführungen hierzu sind im AGÖF-LEITFADEN „GERÜCHE IN INNENRÄUMEN – SENSORISCHE BESTIMMUNG UND BEWERTUNG“ (25.09.2013) niedergelegt. Ausführungen, wie das Konzept der Geruchsleitwerte in anderen Rechtsgebieten anzuwenden ist, fehlen.

## **Ablenkungsfaktor in Innenräumen**

Der für die Innenraumluft unterstellte Ablenkungsfaktor kann aus gutachterlicher Sicht nicht verallgemeinert werden. So ist bei Gerüchen mit einer positiven Hedonik tatsächlich davon auszugehen, dass der Geruch nur bewusst wahrgenommen wird. Bei Störgerüchen, welche oftmals mit einer negativen Hedonik verbunden sind, wird der Geruch von betroffenen Nutzern oft weit unterhalb der Geruchsschwelle eines geschulten Prüfers wahrgenommen. Zudem ist bei Störgerüchen nicht von einem Maskierungseffekt durch andere Substanzen in der Raumluft auszugehen. Vor diesem Hintergrund ist eine allgemeine Anwendung eines Ablenkungsfaktors in Frage zu stellen und für bestimmte Störstoffe eher die Einführung eines Sensibilisierungsfaktors bei dauerhafter Aussetzung von Geruchsstoffen zu diskutieren.

## **Randbedingungen der Messung**

Die Definition der Randbedingungen (VOC-Messung eine Stunde nach dem Lüften) ist als praxisfremd anzusehen, da für eine geringe Mehrinformation ein erheblicher Mehraufwand zu betreiben ist. Zudem ist durch diese Maßnahme von einer geringeren Reproduzierbarkeit der Messbedingungen auszugehen, weil der durch Fensterlüftung austauschbare Luftanteil je nach Gebäude bzw. Raum sowie den aktuellen Wetterbedingungen sehr stark schwankt und die Anreicherung nach dem Lüften vom Luftwechsel sowie Sekundäreffekten abhängig ist. Durch die erhöhte Unsicherheit bei der Reproduzierbarkeit der Messwerte kann ein Rückgang der problematischen Raumluftkonzentrationen nur erschwert messtechnisch nachgewiesen werden. Die Bestimmung der VOC-Konzentrationen nach 8 Stunden gewährleistet zwar nicht immer die Messung im Gleichgewichtszustand (dies gilt nur für mittlere Luftwechselraten von  $n \geq 0,5 \text{ h}^{-1}$ ), es ist jedoch aufgrund des größeren Zeitraumes von einer deutlich besseren Reproduzierbarkeit der Messwerte auszugehen und stellt zudem bezogen auf Wohngebäude einen wesentlich repräsentativeren Zustand für Nutzungsbedingungen dar.

Ein Lüftungsmanagement welches jede Stunde einen Lüftungsvorgang vorsieht ist möglicherweise in Schulen als praktikabel anzusehen, da bei Klassenräumen ohne Lüftungsanlagen ohnehin alle 45 Minuten zur Einhaltung der CO<sub>2</sub>-Konzentration gelüftet werden muss. Bereits in Bürogebäuden wäre die Notwendigkeit stündlichen Lüftens als Mangel anzusehen, da die Mitarbeiter 10% ihrer Arbeitszeit mit Lüften beschäftigt wären. In Wohngebäuden ist eine stündliche Lüftung nicht praktikabel. Somit fehlt dem Konzept bezogen auf die Messbedingungen eine Differenzierung bezüglich der Nutzungsarten.

## **Maßnahmen bei Überschreitung von Geruchsleitwerten**

In der Empfehlung werden nur Minderungsmaßnahmen bei Geruchsbelastungen beschrieben, die für neu eingebrachte Materialien gelten. Andere Ursachen einer Geruchsproblematik (wie z.B. Abgase, Schimmelpilze, Feuchtigkeitsschäden, Kadaver) werden nicht genannt; dafür fehlen die entsprechenden Maßnahmenempfehlungen.

Bei der Priorisierung der Maßnahmen fällt auf, dass die Entfernung der Quelle oder die Sanierung der relevanten Baustoffe als letztes genannt wird und Minderungsmaßnahmen, wie Luftreiniger, mobile RLT-Anlagen priorisiert werden. Es fehlt insgesamt ein auf die Ursache abgestimmter Maßnahmenkatalog. Bevor aufwendige Minderungsmaßnahmen oder ein aufwendiges Lüftungskonzept eingeleitet werden, sind die Quellsuche und die Ursachenbeseitigung als vorrangiges Ziel zu nennen. Erst wenn die Ursache der Geruchsbelastung nicht beseitigt werden kann, sollte der Erfolg über Minderungsmaßnahmen wie vermehrtes Lüften, Kaschieren usw. erwogen werden.

## **Messunsicherheit der Geruchsleitwerte**

Das Geruchsleitwertkonzept bemängelt in der Einleitung die hohen zugelassen Fehler-toleranzen der ermittelten Geruchsparameter bei personengebunden Prüfverfahren wie der ISO 16000-28, VDI 4302 oder dem AGÖF-Geruchsleitfaden und leitet daraus eine nicht praktikable regulatorische Umsetzung ab.

Im Vergleich zu den personengebundenen Verfahren führt das gegenwärtige Geruchsleitwertkonzept bzw. dessen Qualitätsanforderungen zu deutlichen höheren (Mess-) Unsicherheiten obwohl dort eine regulatorische Anwendung der Geruchsleitwerte angestrebt wird.

Die (erhöhte) Messunsicherheit eines personengebundenen Verfahrens wirkt sich lediglich objektspezifisch aus. Weiterhin sind die personengebunden Verfahren mittlerweile in der Praxis erprobt und weitestgehend bewährt. Fehlerbehaftete Geruchsschwellen bzw. daraus abgeleitete Geruchsleitwerte hingegen werden perspektivisch für den gesamten Gebäudebestand in Deutschland regulatorisch angewendet. Vor diesem Hintergrund sind deutlich höhere Anforderungen an die Genauigkeit des Bestimmungs- und Berechnungsverfahrens zu stellen.

Mit einem 4er-Panel als worst-case-Betrachtung einer Geruchsschwellenbestimmung mit „hochwertiger Methodik“ ist aufgrund der interspezifischen Variabilität keine repräsentative Geruchsschwelle zu bestimmen (siehe alters-, geschlechts- und raucherabhängige Streuung der Naphthalingeruchsschwelle).

Die verwendeten Faktoren zur Berechnung der Geruchsleitwerte ist vor dem Hintergrund der unterschiedlichen hedonischen Wirkung geruchsaktiver Substanzen, der diskutierten Zulässigkeit des Ablenkungsfaktors sowie des unterstellten mittleren Weber-Fechner-Koeffizienten mindestens als stark fehlerbehaftet anzusehen.