

BBSR-
Online-Publikation
116/2024

Erstellung von Geruchskatastern in öffentlichen Innenräumen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Emissionen von Einrichtungsgegenständen

von

Prof. Dr. Jochen S. Gutmann
Jörg Brandes



Erstellung von Geruchskatastern in öffentlichen Innenräumen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Emissionen von Einrichtungsgegenständen

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-18.51

Projektlaufzeit: 03.2019 bis 12.2022

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Fachbetreuer

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung und Innovation im Bauwesen“
Guido Hagel
guido.hagel@bbr.bund.de

Autoren

Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Chemie
AK Gutmann
Prof. Dr. Jochen S. Gutmann
jochen.gutmann@uni-due.de

Dipl.-Ing. Jörg Brandes
joerg.brandes@uni-due.de

Redaktion

Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Chemie
AK Gutmann
Prof. Dr. Jochen S. Gutmann
Dipl.-Ing. Jörg Brandes

Stand

Mai 2023

Gestaltung

Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Chemie
AK Gutmann
Prof. Jochen S. Gutmann
Dipl.-Ing. Jörg Brandes

Bildnachweis

Titelbild: Dipl.-Ing. Jörg Brandes

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Gutmann, Jochen S.; Brandes, Jörg, 2024: Erstellung von Geruchskatastern in öffentlichen Innenräumen unter besonderer Berücksichtigung der spezifischen Emissionen von Einrichtungsgegenständen. BBSR-Online-Publikation 116/2024, Bonn.

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	2
2. Zielsetzung / Fragestellung des Forschungsprojektes	3
3. Zusammenfassung	3
4. Ergebnisse	5
4.1. Grundlagen	5
4.1.1. Vorgehensweise in diesem Forschungsprojekt	5
4.1.2. Messungen von Gerüchen	6
4.2. Probenahmesysteme	6
4.2.1. Verschiedene Probenahmesysteme	8
4.2.2. Anwendungsfragestellungen	12
4.2.3. Betrachtung der Filtermaterialien	15
4.2.4. Vorschlag Probenahmesystem	17
4.3. Übersicht der durchgeführten Projekte und Ihrer Ergebnisse	22
4.4. Ausgewählte Projekte und die entsprechende Darstellung der Geruchsproblematiken und Ihrer zugeordneten Luftinhaltsstoffe	25
4.4.1. Geruchsbelastung im Hausstaub, Hintergrundbelastung	25
4.4.2. Feuchte Dämmstoffe	30
4.4.3. Heizkörper gestrichen	34
4.4.4. Verwesungsgerüche	38
4.4.5. Linoleumboden falsch gereinigt	42
4.4.6. Geruchsbelastung in einem Badezimmer	45
4.4.7. Drei Geruchsprobleme in einer Schule	49
4.4.8. Fettgerüche in einem Automaten-Casino	67
4.4.9. Geruchsbelastung in einem Büro, Mangelnde Lüftung	70
4.4.10. Geruchsbelastung in einer Schule Fußboden in 2 Räumen	77
4.4.11. Geruchsproblem an einer Trinkwasserentnahmestelle (in einer Schule)	104
5. Erstellung eines Entwurfes für den Aufbau eines Geruchskatasters	109
5.1.1. Übersicht verschiedene Ebenen	109
5.1.1.1. Beispiele für den Aufbau eines Geruchskatasters	111
5.1.1.2. Beispiel eines Fragebogens / Begehungsprotokoll	118
6. Bewertungsgrundlagen	123
6.1. Übersicht der Bewertungsgrundlagen für Innenraumluftinhaltsstoffe	123
6.2. Kurze Vorstellung der Bewertungsgrundlagen und Betrachtung hinsichtlich der Anwendbarkeit bei Geruchsauffälligkeiten in Innenräumen	129
6.2.1. Publikation des Umweltbundesamtes Bewertung von Gerüchen	130
6.2.2. Vorläufige Geruchsleitwerte:	137
6.2.3. AgBB-Schema	138
6.2.4. UBA Richtwerte 1 und 2	141
6.2.5. AGÖF-Liste	141
6.2.6. QNB Anhang 313	141
6.2.7. DGNB-Liste	141
6.2.8. VDI/gif 6902 Redevelopment	141
6.2.9. VDI 6022 Blatt 3	141
6.3. Vorschlag zur Bewertung der gemessenen geruchsrelevanten Luftinhaltsstoffe	141
7. Einsatz von Raumlufffiltrationsgeräten in der Praxis	142

8. Ausblick, weiterer Forschungsbedarf	143
9. Danksagung	150
10. Übersichtsverzeichnis Fotos, Graphiken, Tabellen und Chromatogramme	155
11. Anhang	158
11.1. Bewertungskriterien im Detail	158

2. Zielsetzung / Fragestellung des Forschungsprojektes

Als Primäre Aufgabe soll ein Geruchskataster erstellt und dabei möglichst viele unterschiedliche Geruchsursachen analysiert und charakterisiert werden.

Dabei werden in einem ersten Schritt die optimalen Adsorptionsmaterialien ermittelt und anschließend eine darauf basierende Analysenmethode beschrieben.

So entsteht erstens aufgrund der ermittelten Messergebnisse ein "Geruchskataster".

Zweitens wird ein neues Probenahmeverfahren / Probenahmesystem / Probenahmegerät entwickelt und beschrieben.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen in der Praxis konkrete Geruchsprobleme mittels objektiver Bewertungsmethoden (Analytik) beschrieben werden. Kritisch ist hierbei der Umstand, dass die bisherigen VDI Methoden, aufgrund von Defiziten in der Probennahme (zu geringes Probenahmenvolumen) keine ausreichenden statistisch signifikanten Ergebnisse liefern.

Zur Schaffung einer Aussagekräftigen Datenbasis soll in einer deutschen Großstadt in einer Vielzahl an öffentlichen Gebäuden (Schulen) ein "Geruchskataster" erstellt werden. Dabei werden unterschiedliche Geruchsursachen wie z.B. Lüftungsverhalten, Nutzerverhalten, Art der Nutzung, Gebäudetyp, Alter des Gebäudes, Ausstattung der Innenräume (inkl. Emissionsverhalten), Gebäudeschäden, Umbaumaßnahmen, Lage des Gebäudes berücksichtigt.

In einem weiteren Schritt soll die Minimierungsmöglichkeit durch Raumluftfiltration für eine beschriebene Geruchs- und Schadstoffproblematik ermittelt werden.

3. Zusammenfassung

In diesem Forschungsprojekt konnten alle beschriebenen Fragestellungen bearbeitet werden.

In Vordergrund stand der Entwurf zum Aufbau eines Geruchskatasters.

Zu diesem Zweck haben wir in mehr als 30 Praxisprojekten nach Luftinhaltsstoffen (geruchlicher Fingerabdruck mittels Gaschromatographie) gefahndet, die für typische Geruchsproblematiken mit entsprechenden Geruchswahrnehmungen verantwortlich sind.

Um dieses Luftinhaltsstoffe zu bestimmen, die nicht immer von den anerkannten und zugelassenen DIN ISO / VDI- Methoden erfasst werden, haben wir Probenahmesysteme entwickelt und verwendet, die über einen Probenahmezeitraum von mehreren Wochen deutlich größere Volumenmengen filtrieren, als die bisher beschriebenen Methoden.

Unser Zielanwendungsschwerpunkt war die Ursachenerkundung zum Aufbau eines Geruchskatasters. Und erst an zweiter Stelle kam im Laufe des Forschungsprojektes die Geruchsbewertung hinzu.

Zur sicheren Bewertung der geruchsrelevanten Luftinhaltsstoffe ist sowohl ein exakt definiertes Probenahmenvolumen, wie eine abgesicherte Probenvorbereitung und Analyse erforderlich. Das Optimum würde dazu noch die Verwendung eines Sniff-Detektors darstellen. Diese Systemoptimierung zur Geruchsbewertung würden wir gerne in einem Folgeforschungsprojekt erarbeiten.

In 11 unterschiedlichen Beispielen haben wir in diesem Bericht die Luftinhaltsstoffe für typische Geruchsproblematiken identifiziert und beschrieben. Die Spannbreite der Ursachen reichen dabei vom mikrobiologischen Befall über Reinigungs- und Lüftungsverhalten bis zu Baumaterialien die erst nach einiger Zeit zu Geruchsemissionen führen.

Obwohl wir in diesem Forschungsprojekt einige noch zu beantwortende Fragen aufgeworfen haben, ist doch die auffälligste Ursache der gewollte und ungewollte Einfluss auf eingesetzte Baumaterialien. Seien dies die Reinigung, der handwerkliche Einbau, Feuchte, Alterung oder Nutzerverhalten.

Für die Bewertung von Gerüchen stehen momentan drei sehr gute Ansätze zur Verfügung.

- a) Die vorläufigen Geruchsleitwerte.
- b) Die AgBB- Methode zur geruchlichen Bewertung von Baumaterialien in einer Prüfkammer.
- c) Die DGNB-Methode des QNG, auch hier sieht man die Bedeutung der Geruchsproblematik und lädt zu Fachdiskussionen ein.

Leider ist einige ODT₅₀-Werte veraltet und somit liegen nur für einige Substanzen vorläufige Geruchsleitwerte vor.

Die AgBB- Methode untersucht Einzel-Baumaterialien und berücksichtigt momentan nicht die Wechselwirkung mit anderen Bausubstanzen.

Wir halten die Möglichkeit einer Langzeitprobenahme mit GC/MS-Sniff Detektor Kombination zur Beschreibung von Geruchsproblematiken in der Praxis in Innenräumen für einen vielversprechenden Weg.

Aufgrund der Pandemiesituation konnten wir nur sehr eingeschränkt die Minimierung von geruchlichen Luftinhaltsstoffen in Innenräumen erproben.

In den Beispielen wo dies möglich war zeigten sich Abscheideraten von 70-90%.

Dies zeigt, dass es lohnen würde, auch diese technische Möglichkeit zur temporären Minimierung weiter zu verfolgen

Wir hoffen mit dieser Arbeit einen weiteren Ansatzpunkt zur Verknüpfung der unterschiedlichen Methoden zur Erkundung und Bewertung von Geruchsproblematiken in Innenräumen geleistet zu haben.

4. Ergebnisse:

4.1. Grundlagen:

4.1.1. Vorgehensweise in diesem Forschungsprojekt:

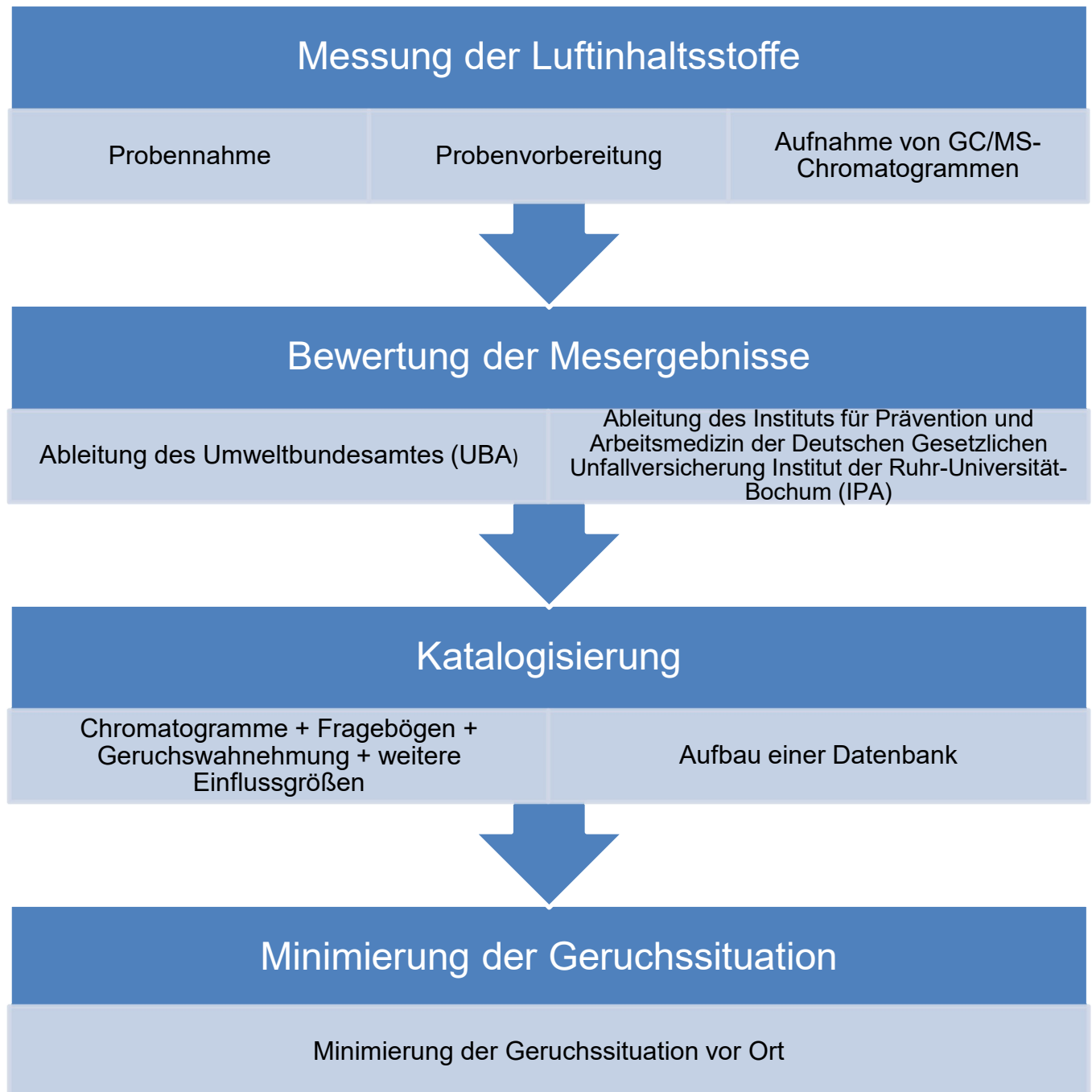


Abbildung 1: Vorgehensweise im Forschungsprojekt

4.1.2. Messungen von Gerüchen:

VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Thema „Geruch“, Gerüche in Innenräumen

DIN ISO 16000-28	Innenraumluftverunreinigungen- Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer	2012-12
DIN ISO 16000-30	Innenraumluftverunreinigungen- Teil 30: Sensorische Prüfung der Innenraumluft	2012-10
VDI 4302 Blatt 1	Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien-Grundlagen	2015-04
VDI 4302 Blatt2 E	Prüfstrategie für Geruchsprüfungen von Innenraumluft	2012-05

Tabelle 1: VDI-Richtlinien Normen zum Thema Gerüche in Innenräumen

Bisher kommt zur Messung von Gerüchen in erster Linie das Olfaktometer zum Einsatz



Foto 1: Das TO8s ,4-Platz Olfaktometer

Quelle: Firma olfasense



Foto 2: Aufbau des Olfaktometers im MRT im Bergmannsheil 3

Quelle: RUB » Fakultät für Psychologie » Institut für Kognitive Neurowissenschaft » Arbeitsgruppe Klinische Neuropsychologie

Zunehmend findet aber auch die Gaschromatographie mit Massenspektrometer und Sniff-Detektor seine Anwendung.



Foto 3: GC/MS mit Sniff-Detektor:

Quelle: <https://www.odournet.com/de/produktoptimierung/gc-ms-messungen-im-sub-ppt-bereich/gc-sniffing/> (Stand: 20.02.2021)

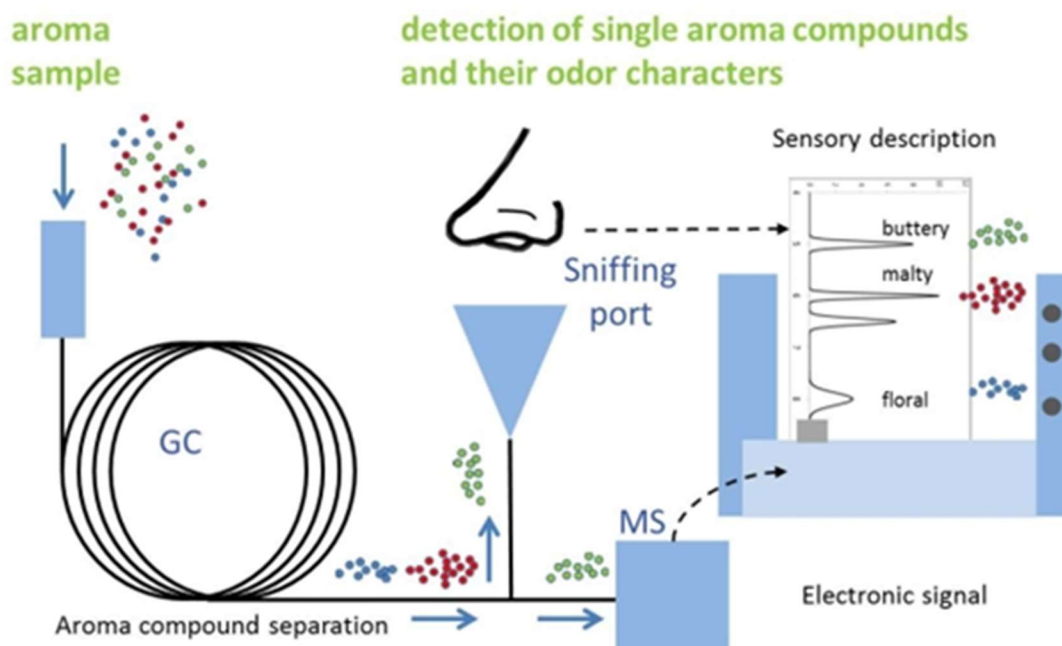


Abbildung 2: Gaschromatographie-Olfaktometriediagramm

Quelle: <https://odourobservatory.org/de/measuring-odour/gas-chromatography-olfactometry/> (Stand 21.02.2021)

Wir haben in der Vergangenheit immer wieder erlebt, dass in Räumen „plötzlich“ eine Geruchsproblematik auftaucht. Die zu erheblichen Beeinträchtigungen der Nutzer führt. Oftmals konnten mittels VOC-Innenraumluftmessung (DIN ISO 16000-6) keine Richtwertüberschreitungen gemessen werden.

Wir möchten in diesem Forschungsprojekt versuchen das Probenahmenvolumen der Innenraumluftmessung zu erhöhen und auch geruchsrelevante Luftinhaltsstoffe in sehr geringen Konzentrationen zur erfassen.

Wir würden gerne in einem weiteren Forschungsprojekt in einem zweiten Schritt die GC/MS-Analysenmethode um einen Sniff-Detektor ergänzen.

Endziel soll eine Bewertungsgrundlage sein, um die Geruchsproblematiken nach folgenden Anforderungen bewerten zu können:

- Richtwerte 1 und 2 des AIR des UBA,
- Vorläufige Geruchsleitwerte,
- AgBB-Schema.

Wie verändern wir nun die Probenahme?

- Einsatz neuartiger Probenahmepumpen
- Einsatz „neuartiger“ Adsorbermatten
- Größere Probenahmenvolumen

4.2. Probenahmesysteme:

4.2.1 Verschiedene Probenahmesysteme

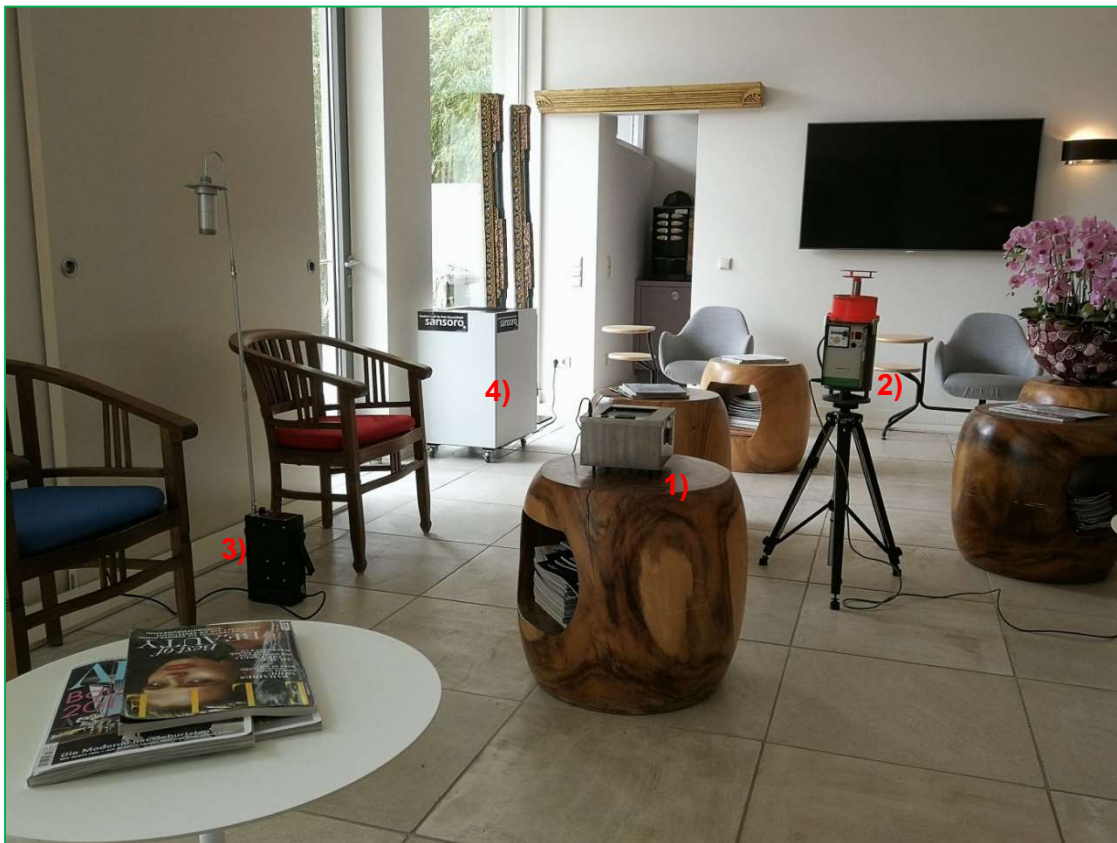


Foto 4: Raumlüftfiltrationsgeräte in einem Wartezimmer einer Facharztpraxis

Quelle: Gfl mbH

- 1: Probenahmesammler Hauser 2
- 2: Probenahmesammler GSA VC 25 F
- 3: Probenahmesammler GSA SG 10
- 4: Probenahmesammler Hauser sansoro (dient zur Geruchsreduzierung, mittels Filtration)

Probenahmepumpen mit denen wir jetzt arbeiten:

Pumpe	Vorteile	Nachteile
Hauser 1 Filter außen	Leise, robust	Nicht regelbar
Hauser 2 Filter innen	Leise, robust	Nicht regelbar
VC 25 F	Hohe Volumina	Lautstärke,
SG 12	Verschiedene Adsorbentmaterialien möglich	Kosten

Tabelle 2: Übersicht Probenahmepumpen



Foto 5: Probenahmegerät Hauser-Gerät 2

Quelle: Gfl mbH



Foto 6: Probenahmegerät Hauser-Gerät 2 mit innenliegender Filtermatte
Quelle: Gfl mbH



Foto 7: Probenahmegerät GSA- Pumpe SG 12 mit Hülse
Quelle: Gfl mbH



Foto 8: Filtermatte in der Hülse, Quelle: Gfl mbH



Foto 9: GSA-SG 12 PN-Hülse mit Dräger Aktivkohle
Quelle: Gfl mbH

4.2.2 Anwendungsfragestellungen

Welches Probenahmesystem in welchem Projekt eingesetzt wird, hängt von der Fragestellung und von den jeweiligen Rahmenbedingungen ab.

Handelt es sich um Klassenzimmer oder Büroräume in denen Motorengeräusche und Luftzuggeräusche stören würden?

Ist mit Manipulationen am Probenahmesystem zu rechnen (z.B. durch Schüler*innen)?

Soll die jeweilige Beeinträchtigung durch Gerüche bewertet werden?

Soll die Ursache der Geruchsbelastung erkundet werden?

Reicht eine qualitative Identifizierung der geruchsrelevanten Inhaltsstoffe?

Ist eine Quantifizierung der geruchsrelevanten Inhaltsstoffe erforderlich?

Im Rahmen unserer Messungen lassen sich abschließend die einzelnen getesteten Probenahmesysteme gegenüberstellen.

Probenahmesystem 1:

Hauser Gerät 1 mit Hauser-Aktivkohlematte als Adsorptionsmedium außen:

Vorteile	Nachteile
Sehr leise	Manipulationen möglich
Leichte Handhabung	Große Filtermatte daher erhöhter Aufwand bei der Probenvorbereitung (Extraktion) [Anmerkung: im Radius von ca. 7 cm und den Mittelpunkt der Filtermatte sich immer die gesuchten Inhaltsstoffe
Gute Aussage über Luftinhaltsstoffe Identifizierung relevanter Luftinhaltsstoffe Qualitativ	Keine Regelung der Pumpe. Keine Auslassöffnung zum Anschluss an eine Gasuhr. Volumenstrom: einmalige Aussage des Herstellers
	Keine quantitative Aussage möglich

Tabelle 3: Probenahmesystem 1

Fazit: Ausreichende bis gute Methode zur Identifizierung der Luftinhaltsstoffe.

Sehr gut geeignet zur Erstellung eines Geruchskatasters.

Sehr gut geeignet zur Ursachensuche des Geruchs.

Nur bedingt geeignet zur Aussage hinsichtlich der geruchlichen Beeinträchtigung der Nutzer.

Probenahmesystem 2:

Hauser Gerät 2 mit Hauser-Aktivkohlematte als Adsorptionsmedium innen:

Vorteile	Nachteile
Sehr leise	Manipulationen möglich
Leichte Handhabung	Große Filtermatte daher erhöhter Aufwand bei der Probenvorbereitung (Extraktion) [Anmerkung: im Radius von ca. 7 cm um den Mittelpunkt der Filtermatte befinden sich immer die gesuchten Inhaltsstoffe]
	Keine Regelung der Pumpe. Keine Auslassöffnung zum Anschluss an eine Gasuhr. Volumenstrom: einmalige Aussage des Herstellers
	Keine quantitative Aussage möglich
	Verfälschte Aussagen über die Innenraumluftinhaltsstoffe! Begründung: Die Innenseite des Metallgehäuses ist beschichtet. Es werden aus dieser Beschichtung Inhaltsstoffe an die Adsorptionsmatte abgeben.

Tabelle 4: Probenahmesystem 2

Fazit: Diese Probenahmemethode hat sich nicht bewährt und wird von uns nicht empfohlen.

Probenahmesystem 3:

VC 25 F mit Hauser-Aktivkohlematte als Adsorptionsmedium:

Vorteile	Nachteile
Sehr hohe Volumenströme	Sehr laut
Aufnahmemöglichkeit für große Adsorptionsmengen	Große Filtermatte daher erhöhter Aufwand bei der Probenvorbereitung (Extraktion)
Genaue Messzeit wird angezeigt	Sehr unhandlich
	Für die normalerweise vorliegenden Konzentrationen an geruchsrelevanten Luftinhaltsstoffen überdimensioniert

Tabelle 5: Probenahmesystem 3

Fazit: Für den Einsatzzweck Messung von geruchsrelevanten Luftinhaltsstoffen in Innenräumen überdimensioniert.

Probenahmesystem 4:

GSA SG 10 mit Dräger Aktivkohle als Adsorptionsmedium:

Wir hatten die Probenkopfhülse zuerst mit 30 g Dräger-Aktivkohle befüllt.

Für die Probenvorbereitung erwies sich diese Masse allerdings als sehr unpraktisch.

Die Füllung der Probenkopfhülse mit 10,0 g Dräger-Aktivkohle erwies sich beim Handling als optimal

Vorteile	Nachteile
Pumpe gut regelbar Volumenstrom einstellbar Laufzeit einstellbar Startzeit einstellbar	Deutlich lauter als Probenahmesystem 1
Der Volumenstrom wird automatisch auf den eingestellten Wert nachgeregt	
Leichte Handhabung	
Gute Aussage über Luftinhaltsstoffe Identifizierung relevanter Luftinhaltsstoffe qualitative und quantitative Auswertung möglich	
Probenahmehülse kann unterschiedliche Adsorptionsmedien aufnehmen	

Tabelle 6: Probenahmesystem 4

Fazit: Sehr gute Methode zur Identifizierung der Luftinhaltsstoffe (qualitativ und quantitativ).

Sehr gut geeignet zur Erstellung eines Geruchskatasters.

Sehr gut geeignet zur Ursachensuche des Geruchs.

Sehr gut geeignet zur Aussage hinsichtlich der geruchlichen Beeinträchtigung der Nutzer.

Probenahmesystem 5:

GSA SG 10 mit Hauser-Aktivkohlematte als Adsorptionsmedium

Dieses Probenahmesystem ist sehr vielversprechend, daher möchten wir in einem weiteren Forschungsprojekt näher untersuchen.

Es ermöglicht mit allen Vorteilen der GSA Pumpe SG10 auch die Verwendung der Hauser-Adsorptionsmatte (verkleinert auf den entsprechenden Durchmesser, was wiederum Vorteile der Handhabbarkeit bei der Extraktion hätte).

4.2.3 Betrachtung der Filtermedien (Adsorptionsmedien)

Folgende Chromatogramme zeigen Blindwerte der Adsorptionsmedien.
Sowohl die Dräger ORSA Aktivkohle, wie auch die Hauser-Adsorptionsmatte sind sehr sauber und für unsere Anwendungsfälle geeignet.

Analysenmethode:

GC

Autosampler	Gerstel MPS 2			
Injektionsvolumen	1 µl			
Kaltaufgabesystem				
	Starttemp.	Rate	Endtemp.	Haltezeit
	50 °C	12°/sec	305 °C	3 min.
	Splitlosezeit	Purgeflow		
	1,2 min	50ml/min		
Säule	Factor Four 5 MS	30m x 0,25 mm x 0,5 µm		
Trärgas	H ₂			
Trärgasfluss	1 ml/min			
Ofen				
	Starttemp.	Haltezeit	Rate	Endtemp.
	50 °C	3 min	30° / min	150°C
	Rate	Endtemp.	Haltezeit	
	10°/min	320 °C	3 min	
MS-Transferline	280 °C			

MS

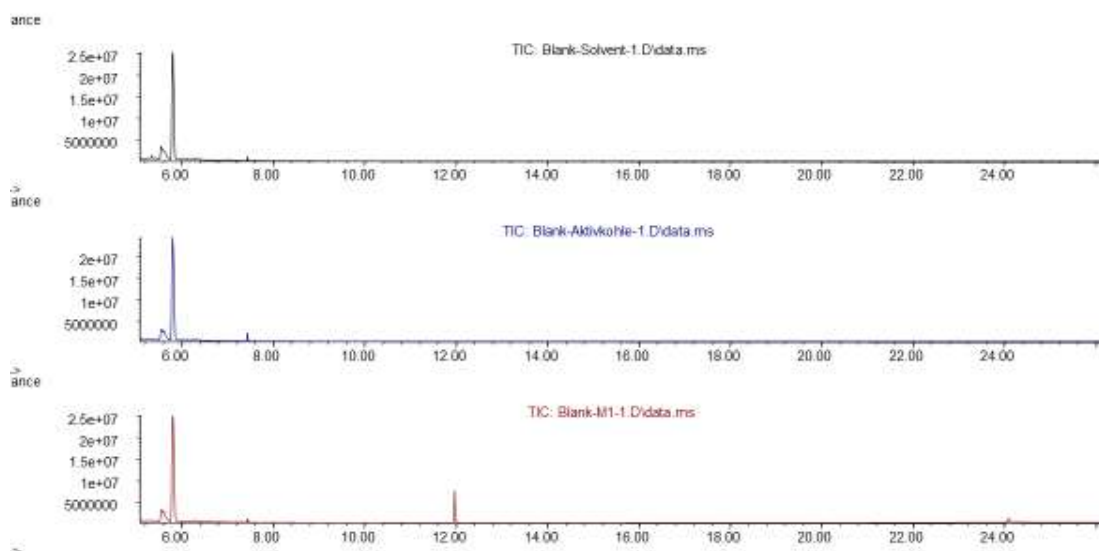
Aquisitionsmodus	Full Scan
Massenbereich	35-350 µg
Ionisierung	El, 70 eV
Solvent Delay Zeit	5 min

Datenanalyse

Agilent GC-MS Chemstation
NIST 17 MS-Datenbank

GC-MS- Blindwertanalysen für die Luftanalytik

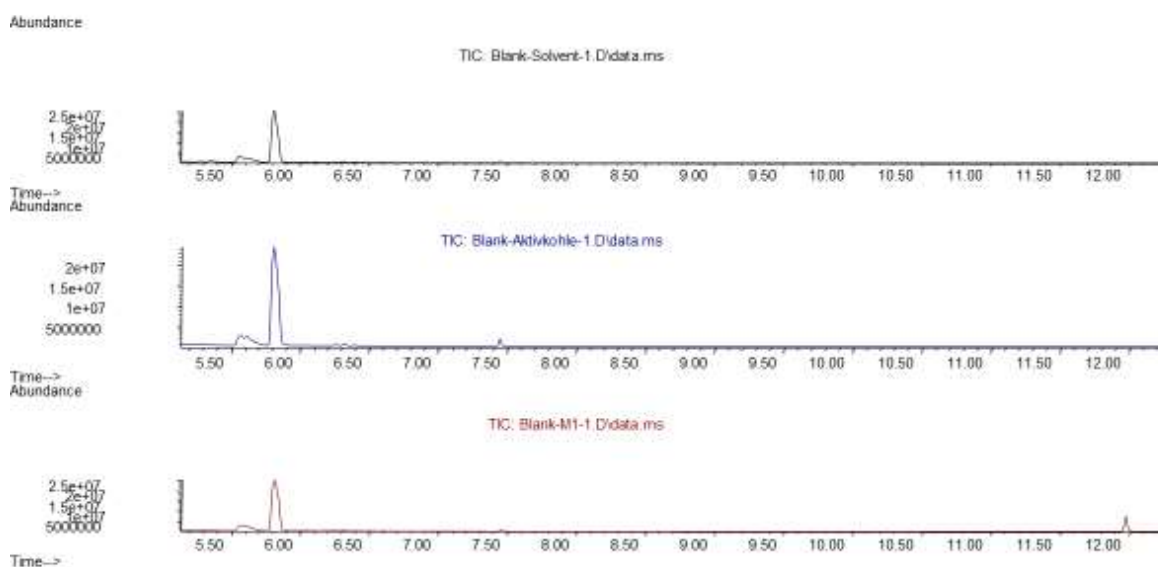
Lösemittel vs. Aktivkohle vs. Adsorptionsmatte



Chromatogramm 1: Blindwertanalyse 1

GC-MS- Blindwertanalysen für die Luftanalytik

Lösemittel vs. Aktivkohle vs. Adsorptionsmatte Zoom 1 – 12 min



Chromatogramm 2: Blindwertanalyse Zoom

4.2.4 Vorschlag Probenahmesystem

In unseren durchgeführten Projektmessungen die diesem Forschungsprojekt zugrunde liegen kamen vornehmlich Probenahmemethode 1 und Probenahmemethode 4 zu Anwendung.

Wir favorisieren aufgrund der quantitativen Auswertbarkeit Probenahmemethode 4.

Allerdings haben doch die meisten Auftraggeber um eine leise Probenahme gebeten, um den Unterricht ungestört fortführen zu können.

So daß beide Probenahmemethoden 1 und 4 ihre Berechtigung haben.

Eines der Primärziele dieses Forschungsprojektes ist es ja, Geruchsauffälligkeiten die in Innenräumen aufgetreten sind und mit einer subjektiven Wahrnehmung einhergehen mit für diese Geruchssituation typischen messbaren Luftinhaltsstoffen zu beschreiben.

Für diese Fragestellung mit dem Ziel ein mögliches Geruchskataster zu erstellen ist Probenahmemethode 1 durchaus geeignet.

Probenahmemethode 4 ist für diese Fragestellung ebenfalls sehr gut geeignet, darüber hinaus bietet sie aber die Möglichkeit verschiedene Adsorptionsmedien zu versenden. Durch die quantitative Auswertbarkeit bietet sie aber zudem noch die Möglichkeit die gemessenen Konzentrationen mit den „vorläufigen Geruchsleitwerten“ und auch mit Innenraumluft-Richtwerten zu bewerten.

Wir haben in den letzten Praxisbeispielen dieser Forschungsarbeit begonnen unsere gemessenen Luftkonzentrationen mit Messwerten zu vergleichen die anerkannte Umweltlaboratorien mit akkreditierten Probenahme- und Analysenmethoden, die auf DIN EN ISO – und VDI-Vorschriften basieren, in unserem Auftrag erstellt haben.

Wir beschreiben in diesem Forschungsprojekt letztendlich zwei Probenahmesysteme, die je nach Kunden- und Problemfallanforderungen, zur Identifizierung von geruchlich relevanten Luftinhaltsstoffen geführt haben. Mit dieser Aussage war bei entsprechender Recherche auch eine Aussage zur „Geruchsquelle“ möglich.

In den Praxisbeispielen beschreiben wir sowohl ein Extraktionsverfahren wie auch das Analysenprogramm des GC/MS-Systems. Wir haben hier auf Standardmethoden des Instr. Analytisches Labors der Hochschule Niederrhein zurückgegriffen. Uns allen war bewusst, dass es sich nicht um akkreditierte und in VDI- bzw. UBA- oder AGÖF- Arbeitskreisen erörterten Methoden handelt.

Hier würden wir gerne in einem weiteren Forschungsprojekt ansetzen um die Extraktion und GC/MS-Analysemethode zu optimieren und zu standardisieren.

Optimal wäre eine Kombination der GC/MS Analysenmethode mit einem Sniff-Detektor.

Eine Geruchsproblematik ist immer eine massive Auffälligkeit in Bereich der Innenraumluftinhaltsstoffe.

Grundsätzlich sind wir in unseren Praxisbeispielen immer mit folgenden Fragen konfrontiert worden:

- Riecht es in den betroffenen Innenräumen?
- Wie ist die subjektive Geruchswahrnehmung der Nutzer?
- Wie ist die subjektive Geruchswahrnehmung des Probenehmers?
- Lassen sich Luftinhaltsstoffe identifizieren, die für die Geruchswahrnehmung verantwortlich sind?
- Lässt sich eine mit dieser Information eine Quelle bzw. Ursache für die Geruchsproblematik aufspüren?

Aber auch:

- Überschreiten die gemessenen Konzentrationen der Luftinhaltsstoffe die Richtwerte des Umweltbundesamtes?
- Überschreiten die gemessenen Konzentrationen der Luftinhaltsstoffe die vorläufigen Geruchsleitwerte des Umweltbundesamtes?
- Geht von den Gerüchen eine Gefährdung, Beeinträchtigung bzw. Belästigung aus?

Das sind z.T. sehr unterschiedliche Fragestellungen.

Darum bezeichnen wir die Geruchsproblematik als komplexen Problem.

Sind die Gerüche Ausdruck einer potentiellen Gefahr?

Die Praxisbeispiele und die Praxiserfahrungen zeigen, dass bei Anwendung der DIN ISO, bzw. DIN EN ISO bzw. VDI-Methoden oftmals keine Richtwertüberschreitung festgestellt werden kann und/ oder die TVOC- Gesamtkonzentration unter 300 µg/m³ liegt und somit als „hygienisch unbedenklich“ gilt. Es aber dennoch zu erheblichen geruchlichen Beeinträchtigungen kommt

Andererseits können, wenn man sich nur auf die Geruchsmessung konzentriert, durchaus relevante Luftinhaltsstoffkonzentrationen vorhanden sein können, die man nicht berücksichtigt.

Wir betrachten unseren Vorschlag der Langzeitgeruchsmessung somit nicht als Ersatz für VOC-Messungen, sondern als Ergänzung in einem ganzen Vorgehenspaket.

Wie verstehen unsere Probenahmesysteme als Bestandteil einer komplexen Vorgehensweise.

So gilt es immer abzuklären, ob relevante Innenraumluftkonzentrationen vorliegen, die die Richtwerte des UBA-AIR überschreiten.

Die klassischen Innenraumparameter wie Lufttemperatur, rel. Feuchte und Kohlendioxidkonzentration sollten ebenfalls mitberücksichtigt werden.

Wie unsere Messungen zeigen sind ggfs. auch Materialproben zur Ursachenbestimmung zu entnehmen. Auch KBE-Messungen der Innenraumluft können zur Aufspürung der Geruchsquelle hilfreich sein.

Das heißt nicht, dass in allen Geruchsproblematiken, grundsätzlich alle Maßnahmen ergriffen werden müssen. Aber zur Lösung der unterschiedlichen Fragestellungen empfiehlt sich eine modulare Vorgehensweise.

Folgende Darstellung zeigt die Einbindung unserer Methoden 1 bzw. 4 in den Gesamtkomplex.



Abbildung 3: Gesamtkomplex Datenerfassung Geruchsproblematik in Innenräumen

Folgende Darstellung zeigt das
Vorgehen zur Beurteilung bei Nutzerbeeinträchtigung

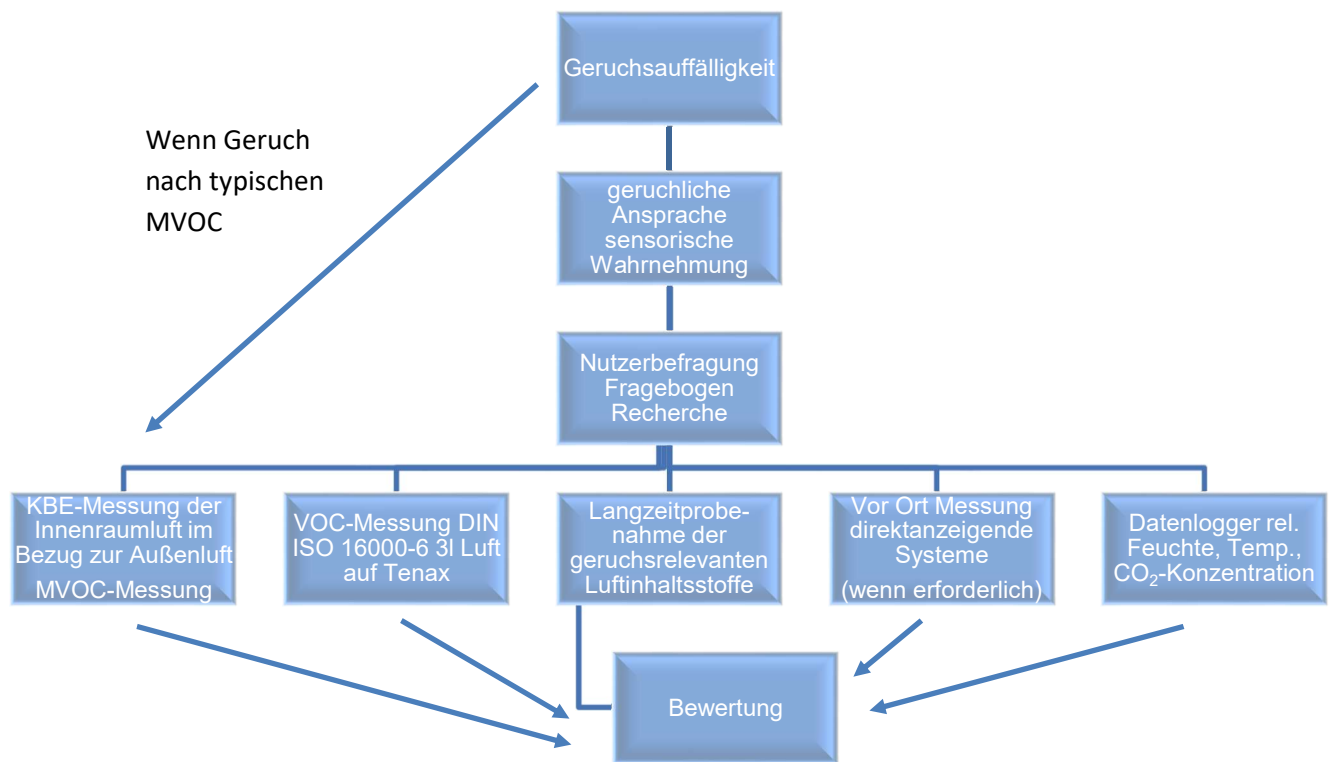


Abbildung 4: Vorgehen zur Beurteilung bei Nutzerbeeinträchtigung

Folgende Darstellung zeigt das Vorgehen bei der Ursachensuche

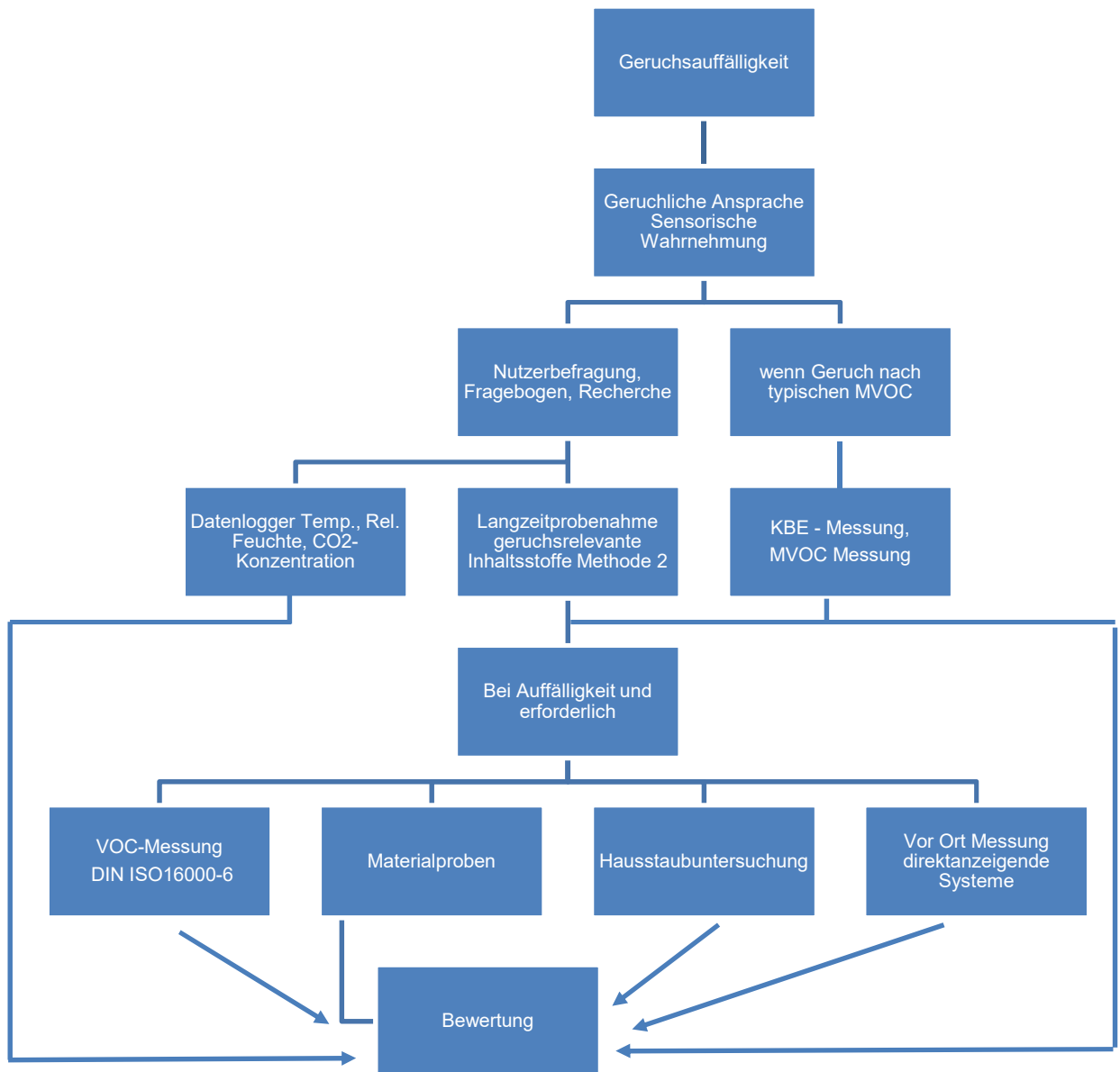


Abbildung 5: Vorgehen bei der Ursachensuche

4.3. Übersicht der durchgeführten Projekte und Ihrer Ergebnisse

Projekt	Auffälligkeit	Quelle	Ursache / Detail
Schule 1 Niederrhein	Verwesungs-Geruch	Tote Maus im Mauerwerk	Bauöffnung
Juristische Anfrage	Fäkalgerüche	Unrat	Reinigung
Juristische Anfrage	Fäkalgerüche		Nutzungsverhalten / Bewohner
Schule 2 Niederrhein	PAK	Parket-Klebstoff	Reinigung
Rathaus 1 Niederrhein	VOC	Staub	Nutzungsverhalten / Bewohner
Schule 3 Niederrhein	Fettsäuren	Linoleum	Reinigung
Gesundheitsamt 1 Niederrhein	Phthalate	PVC	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Kita 1 Niederrhein	Bakterien	Feuchteschaden	Bauzustand
IZR 1 Niederrhein	Aldehyde	Staub	Reinigung
Schule 4 Niederrhein	Phthalate	Serverkabel	Bauprodukt, bestimmungsgemäß
Firma 1 Niederrhein	VOC	Produktionsstoffe	Bewohner
Juristische Anfrage	Geosmin	Schimmelpilze	Bauzustand
Pflegezentrum 1	PCB	Fugen	Bauzustand Altprodukt
Pflegezentrum 2	Geosmin	Schimmelpilze	Bauzustand
Wohnung Eifel	Terpene	Hölzer	Bauzustand
Wohnung Niederrhein	VOC	Staub	Bewohner
Schule 5 Niederrhein	Geosmin	Schimmelpilze Bakterien	Bauzustand
Schule 6 Niederrhein	PAK	Parket-Klebstoff	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Schule 7 Niederrhein	PAK	Parket-Klebstoff	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Schule 8 Niederrhein	Terpene	Holzvertäfelung	Bauzustand
Kita 2 Niederrhein	Phthalate	PVC Boden	Reinigung
Spielstätte Niedersachsen	Fettgerüche	Imbissbude	Bauplanung
Schule 9 Niederrhein	PAK	Parkettboden	Bauprodukt unsachgemäße Behandlung
Schule 10 Niederrhein	Fettsäuren	Anstrichfarbe	Heizkörper waren frisch gestrichen
Verwaltung Büro Niederrhein	Geosmin	Schimmelpilze Bakterien	Bauzustand
Rathaus 2 Niederrhein	Geosmin	Schimmelpilze Bakterien	Bauzustand
Firma 2 Niederrhein	SVOC	Insektizide	Versand aus Asien
Schule 11 Niederrhein	Aldehyde	Staub	Reinigung

Schule 12 Niederrhein	Formaldehyd	Bauprodukte	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Schule 13 Niederrhein	PAK	Asphaltplatten	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Schule 14 Niederrhein	PAK	Fliesenkleber	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Schule 15 Niederrhein	Aldehyde	Staub	Reinigung
Büro Ruhrgebiet	Aldehyde	Staub	Reinigung
Büro Niederrhein	Aldehyde	Staub	Reinigung
Forschungsinstitut	Aldehyde	Staub	Reinigung
Hochschule	Aldehyde	Staub	Reinigung
Sachverständiger Niederrhein	Aromaten	Dämmstoff	Bauprodukt, unsachgemäße Behandlung
Schule 16 Niederrhein	Geosmin	Schimmelpilze	Bauzustand
Schule 17 Niederrhein Mehrzweckraum	Muffig	Alter Staub	Mangelnde Reinigung
Schule 17 Niederrhein Büro der Direktorin	Muffig, stickig	Mangelnde Lüftung	Nutzerverhalten
Schule 17 Niederrhein Mensa	Naphthalin, Aromaten	Schwarzer Kleber	Im darüber liegenden Raum Die Schadstoffe emittierten nach unten
Schule 18 Niederrhein Lehrküche	Naphthalin, Aromaten	Schwarzer Kleber Fußboden	Es brauchte Jahre um durch den PVC- Belag zu emittieren
Schule 18 Niederrhein Klassenzimmer	Naphthalin, Aromaten	Schwarzer Kleber Fußboden	Es brauchte Jahre um durch den PVC- Belag zu emittieren
Schule 18 Niederrhein Putzmittelraum	Naphthalin, Aromaten	Schwarzer Kleber Wandfliesen	Alterung des Fliesenklebers
Juristische Anfrage	Mineralölkohlen- wasserstoffe	Ölgeruch in Wohnung 2. OG	Verdacht auch undichte Öffnungsklappe im Heizölkeller
Juristische Anfrage	Muffig erdig	Schimmelpilze Bakterien	Wasseransammlung hinter den Fliesen bzw. Duschwanne
Kita Niederrhein 3	Muffig, erdig	Schimmelpilze Bakterien	Bauzustand
Kirche 1 Niederrhein	Muffig, erdig	Schimmelpilze Bakterien	Mangelnde Heizung
Gemeindezentrum Niederrhein	Muffig, erdig	Schimmelpilze, Bakterien	Defekte Fußbodenheizung und aufsteigende Nässe

Schule Niederrhein 19 Besprechungszimmer	Brandgeruch	Noch unklar	Noch nicht abgeschlossen
Kita 4 Niederrhein	Beißend, ätzend	Noch unklar	Noch nicht abgeschlossen

Tabelle 7: Auflistung aller im Forschungsprojekt durchgeführten und berücksichtigten Projekte

4.4. Ausgewählte Projekte und die entsprechende Darstellung der Geruchsproblematiken und Ihrer zugeordneten Luftinhaltsstoffe

4.4.1 Geruchsbelastung im Hausstaub, Hintergrundbelastung

Ausgangssituation:

Zu Beginn unseres Forschungsprojektes wurden wir gebeten in einem Niederrheinischen Medizinischen Versorgungszentrum Schadstoffmessungen durchzuführen. In dem Behandlungsraum einer dort praktizierenden Medizinerin würde es bei starker Sonneneinstrahlung immer so „komisch“ riechen. Die Ärztin berichtete von Schleimhautreizungen. Allerdings würden die Beschwerden nicht immer auftreten. Vermehrt bei Aktivitäten im Raum und bei Sonneneinstrahlung

Wir haben eine Raumlufthuntersuchung durchgeführt.

Raumlufthuntersuchung

Substanz	Konzentration [µg/m³]	RW I UBA [µg/m³]	Orientierungs- wert AGÖF [µg/m³]	Geruchsschwellenwert* [µg/m³]
Toluol	1,0	300	30	600
4-hydroxy-4-methyl-2Pentanon	0,7	/	/	/
2-butoxy-Ethanol	1,2	/	/	4000
1-butoxy-2-Propanol	2,1	/	/	/
Phenol	0,9	20	3	180
2-ethyl-Hexanol	1,3	100	13	400
Diethylenglykolbutylether	3,5	400	8	/

* Brauer, Gefahrstoffsensorik, ecomed- Verlag 38 Erg. Lfg. / 7-2000

Tabelle 8: Konzentrationen Raumlufthuntersuchung

Die Konzentrationen der Inhaltsstoffe sind gering.

Die gemessenen Konzentrationen sind als „hygienisch unbedenklich anzusehen“

Sie unterschreiten die Richtwerte und Empfehlungen des Umweltbundesamtes.
Sie unterschreiten die Orientierungswerte der AGÖF. (Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.
Sie liegen unterhalb der Geruchsschwellenwerte.

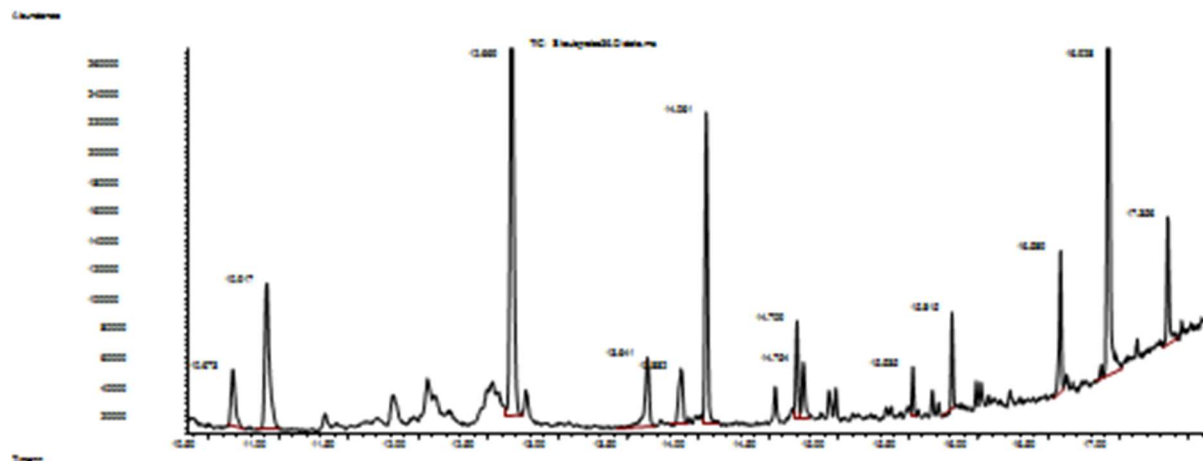
Im Rahmen unserer Vor-Ort Termine haben wir auch den Hausstaub organoleptisch angesprochen. Dabei konnten wir einen süßlichen, parfümartigen Geruch feststellen.

Wir haben dann auch den Hausstaub analytisch untersucht.

Auswertung:

GC-MS-Chromatogramm

Probe 35 Staubprobe



1	1.823	7966547	Blank - CO2 und
2	1.906	858332	Blank - CO2 und
3	1.998	1631615	Aceton
4	2.34	1575896	
5	6.891	-145805	Hexanal
6	8.988	895422	Heptanal
7	10.673	830826	Furan, 2-pentyl-
8	10.917	2319799	Octanal
9	12.669	7736627	Nonanal
10	13.641	1084045	?
11	13.882	742249	Isomenthol
12	14.061	2813014	Decanal
13	14.709	826164	Blank -SPME
14	14.754	567184	Blank -SPME
15	15.535	350696	Decanoic acid, e
16	15.815	591620	Blank -SPME
17	16.589	1113797	Blank -SPME
18	16.928	4034689	Blank -SPME
19	17.356	1056984	Blank -SPME
20	17.635	355348	Blank -SPME

Chromatogramm 3 und Tabelle 9: Messergebniss Hausstaubuntersuchung

Berechnung der Konzentration:

Substanz	Konzentration [µg/g]
Hexanal	1,6
Heptanal	10,0
Octanal	26,0
Nonanal	86,8
Decanal	31,6

Tabelle 10: Konzentrationen im Hausstaub

Wir haben die gemessenen Ergebnisse mit der Studie der ARGUK Umweltlabor GmbH „Aldehyde in Raumluft und Hausstaub–eine Studie zum Vorkommen“ aus November 2005. Seite 12: Vorkommen von Aldehyden in Hausstaub (n=15) [grau unterlegt] verglichen

Substanz	gemessene Konzentration [µg/g]		Mittelwert [µg/g]	90. Perz. [µg/g]
Hexanal	1,6		13	22,8
Heptanal	10,0		3,8	7,4
Octanal	26,0		5,2	12,4
Nonanal	86,8		17,7	47,2
Decanal	31,6		2,5	8,8

Tabelle 11: Literaturangabe Konzentrationen im Hausstaub

Der Vergleich zeigte, dass der untersuchte Hausstaub aus dem Behandlungszimmer von Fr. Dr. XXXX auffällig hohe Konzentrationen an Aldehyden aufweist.

Ich zitiere des Weiteren aus derselben Studie S. 3:

Geruchsnoten, Geruchsschwellen und Reizpotenzial

IUPAC- Bezeichnung	Geruchsnote	Geruchsschwelle ¹ [µg/m³]	Reizpotenzial* R-Sätze gemäß GefStV
Hexanal	ranzig	58	36 / 37 / 38
Heptanal	durchdringend, fruchtig, fettig	23	36 / 37 / 38
Octanal	seifig, ranzig	7	/
Nonanal	seifig, ranzig	14	36 / 38
Decanal	seifig	6	36 / 37 / 38

Tabelle 12: Geruchsnoten, Geruchsschwellen und Reizpotenzial

* 36: reizt die Augen 37: reizt die Atemwege 38: reizt die Haut

¹ L.K. Jensen et. a. (2001) Health evaluation of volatile organic compound (VOC) emissions from wood and wood-based materials. Archives of environmental health, vol 56, no. 4, pp. 419-432

Wir haben seit diesem Zeitpunkt im Rahmen unseres Forschungsprojektes über 25 Staubproben aus mehreren Regionen unseres Landes organoleptisch angesprochen und einen Großteil davon auch instrumentalanalytisch untersucht.

Wobei fast immer die dominierenden Peaks, die von Decanal und Nonanal waren.

Um diese organoleptische Ansprache Ihres Hausstauben haben wir darüber hinaus etwa 10 Kolleginnen und Kollegen gebeten. Auch sie haben diesen süßlich parfümartigen Geruch wahrgenommen.

Wir haben dieses Chromatogramm-Muster (Geruchsfingerabdruck) in Räumen mit folgenden unterschiedlichen Nutzungsarten gemessen:

- Schulen
- Kitas
- Druckereien
- Produktionsstätten von Leiterplatten
- Produktionsräumen der Verpackung
- Produktionsräumen Metallverarbeitung
- Umkleieräumen
- Arztpraxen
 - Behandlungszimmer
 - Warteräume
- Büroräumen
- Kfz-Werkstatt
- Getränkehandel
 - Verkaufsraum
 - Lager
- Laboratoriums Räume (Chemie)
- Vorlesungsräume Hochschule
- Krankenhäuser
- Wohnräume

Folgende übereinandergelegte Chromatogramme zeigen exemplarisch die Übereinstimmungen:

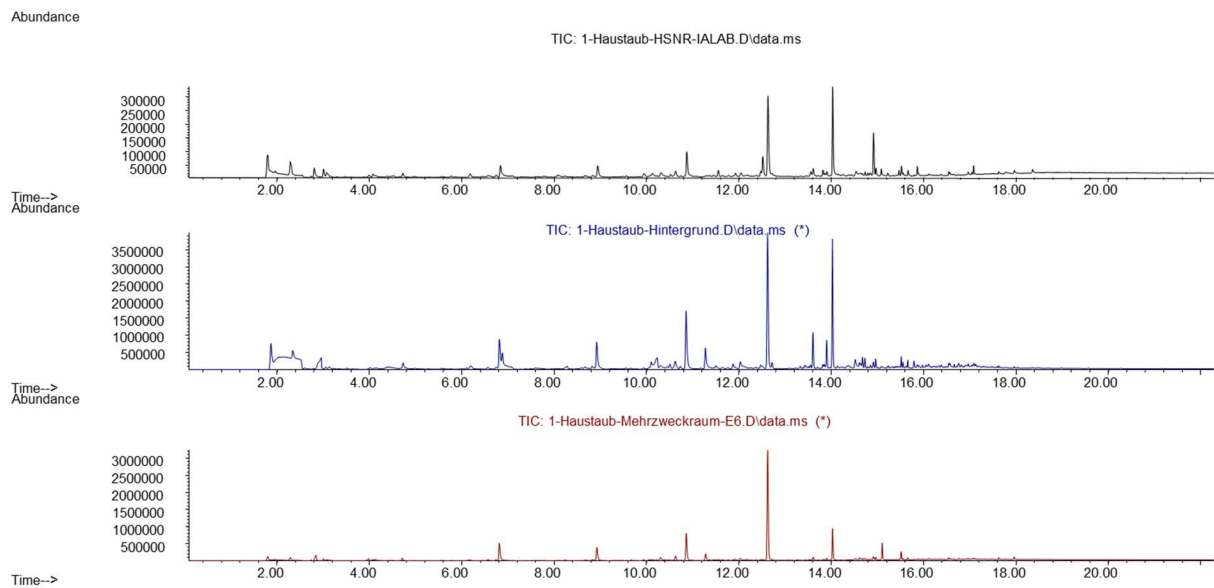


Abbildung 6: GC-Chromatogramme Vergleich

Die Peaks konnten wie folgt identifiziert werden:

6,815: Hexanal;
8,924: Heptanal;
10,859: Octanal;
12,624: Nonanal;
14,03: Decanal;

In einigen Projekten konnten wir, wenn nur sehr wenige Luftinhaltsstoffe in den untersuchten Räumen vorhanden waren, die im Hausstaub nachgewiesenen Aldehyde auch in der Innenraumluft, quasi als Hintergrundbelastung, nachweisen.

4.4.2 Feuchte Dämmstoffe

Ausgangssituation:

Ich wurde durch einen ö.b.u.v. Sachverständigenkollegen der Handwerkskammer Düsseldorf für den Dachdeckerbereich angesprochen.

Er berichtete mir, dass es auf der Baustelle in einem Gebäude zu einer fast unerträglichen Geruchssituation kommt.

Vor Ort überreichte er mir eine Probe des Dämmmaterials.

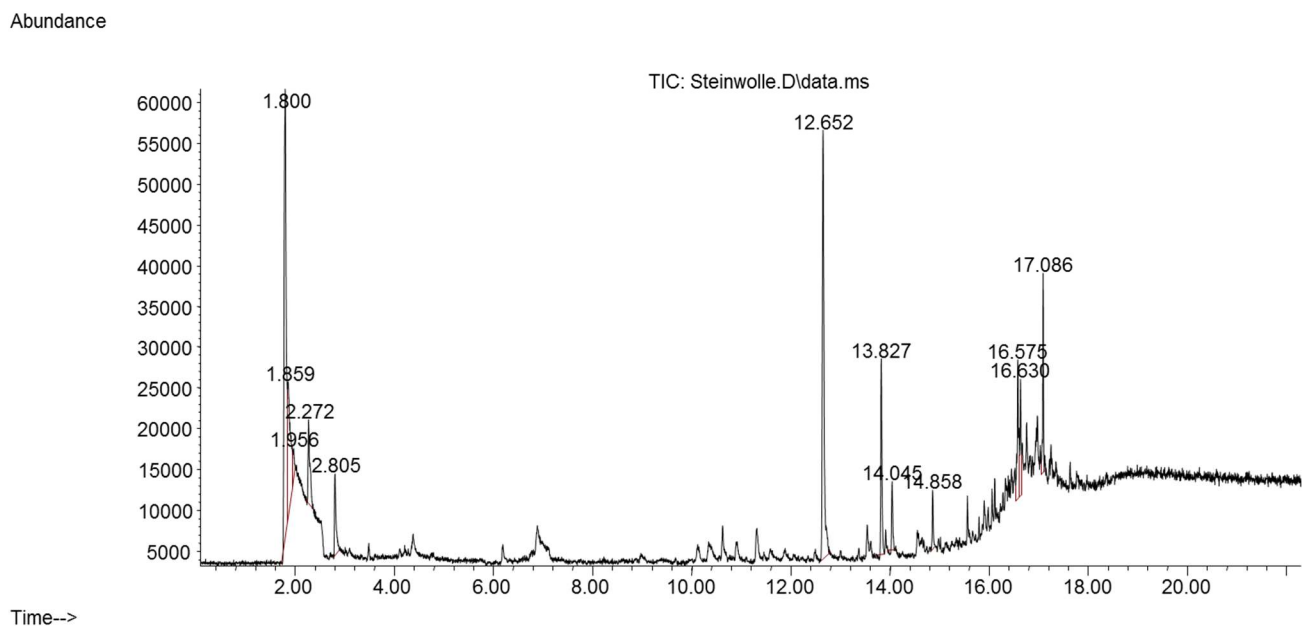
Es handelt sich um einen Dämmstoff eines namhaften Herstellers.

Dieser besagte Dämmstoff war auf der Baustelle durch Nieselregen leicht feucht geworden und setzte dann „Geruchsemissionen“ frei.

Wir haben ein „trockenes“ Stück dieses Dämmstoffes von der Baustelle vorliegen.

Wir haben es im Labor sowohl im trockenen Zustand als auch im leicht nassen Zustand einer GC-MS- Headspace- Untersuchung unterzogen.

Die nächsten Chromatogramme zeigen die Ergebnisse:

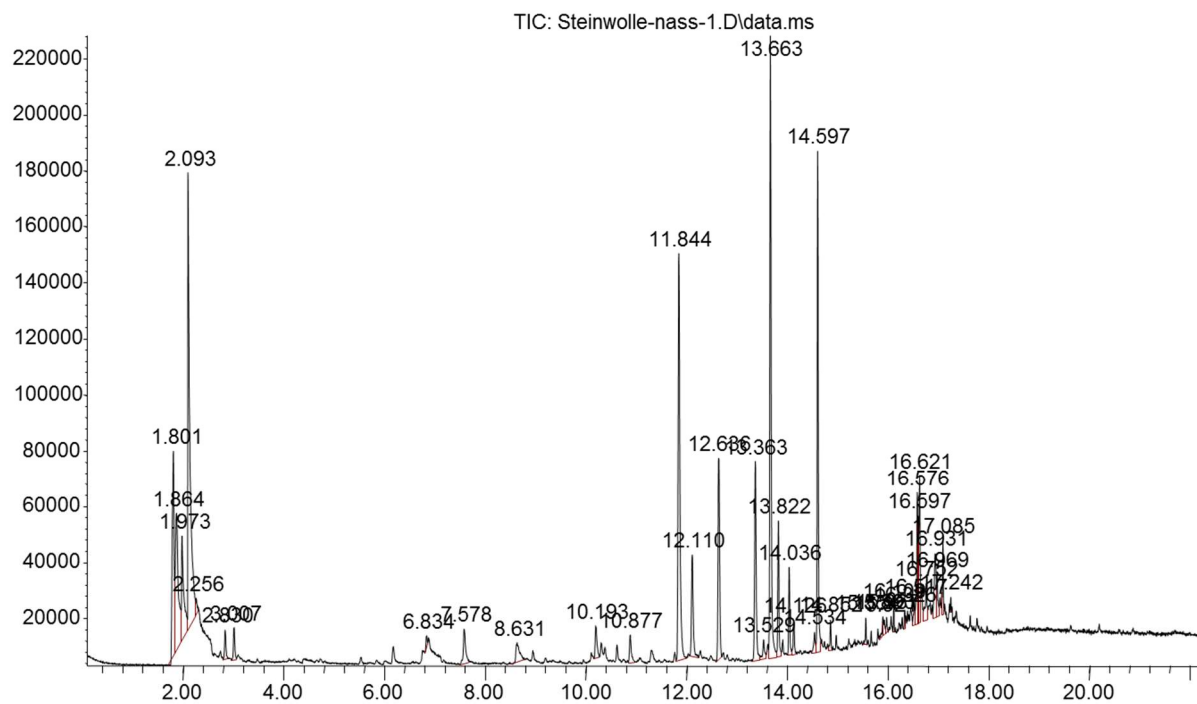


Chromatogramm 4: Chromatogramm Steinwolle trocken.

Peak	RT	Area	Name
1	1.8	1588429	Luft
2	1.859	634528	HCl
3	1.956	89732	?
4	2.272	256090	Acetonitrile
5	2.805	229479	Acetic acid
6	12.652	1267292	Nonanal
7	13.827	370924	? Triazol-Deriv
8	14.045	126763	Decanal
9	14.858	103531	Tridecane
10	16.575	353760	Undecane, 4,
11	16.63	222556	Diethyl Phtha
12	17.086	271901	?

Tabelle 5: Identifizierung der Peaks

Abundance

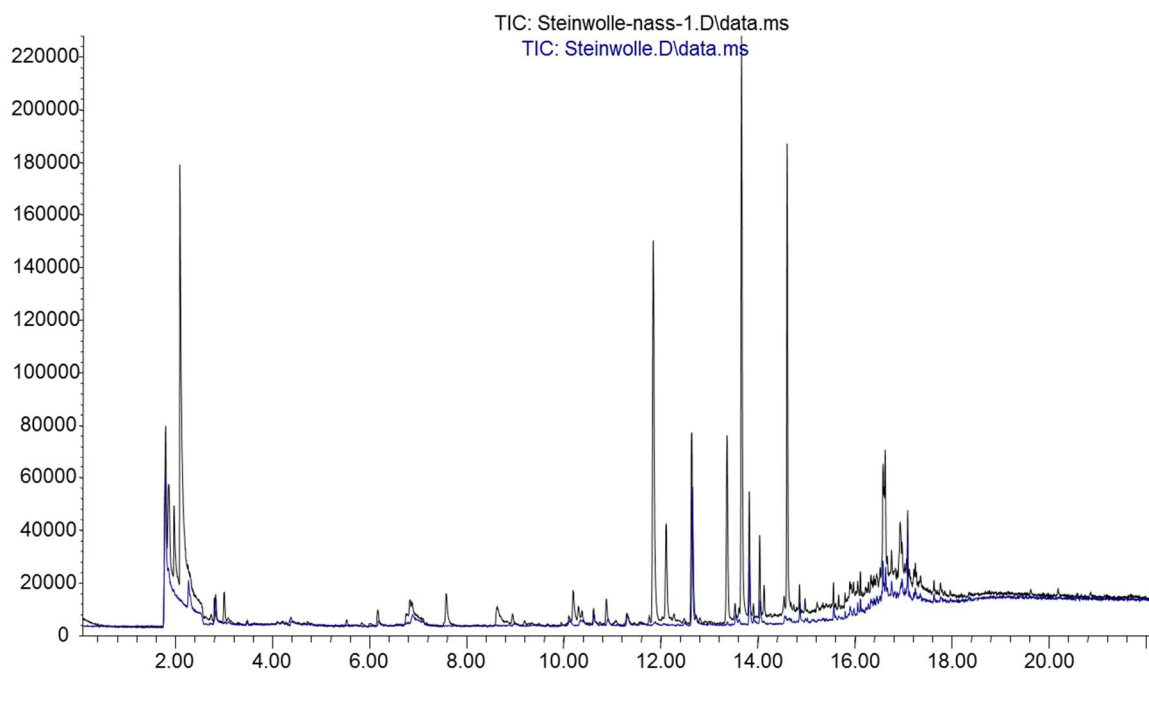


Chromatogramm 5: Chromatogramm Steinwolle feucht (ca. 2 ml. dest. H₂O)

Peak	RT	Area	Name		
1	1.801	1753429	Luft		
2	1.864	2065229	HCl		
3	1.973	1116584	Ethylenimine		
4	2.093	4474627	Methylamine, N,N-dimethyl-		
5	2.256	123393			
6	2.83	187459	Methacrolein		
7	3.007	219380	2,3-Butanedione		
8	6.834	60810	Hexanal		
9	7.578	380555	Furfural		
10	8.631	348605	3-Aminopyridine		
11	10.193	297019	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-		
12	10.877	245274	Octanal		
13	11.844	3542656	Benzaldehyde, 2-hydroxy-		
14	12.11	847505	p-Cresol		
15	12.636	1586955	Nonanal		
16	13.363	1524770	Benzaldehyde, 2-hydroxy-6-methyl-		
17	13.529	184980	2-Nonenal, (E)-		
18	13.663	4113700	2-Hydroxy-5-methylbenzaldehyde		
19	13.822	785510	?		
20	14.036	474702	Decanal		
21	14.126	216594	Phenol, 2,4,6-trimethyl-		
22	14.534	163888	1,2-Benzisothiazole		
23	14.597	2570693	2-Hydroxy-4,6-dimethylbenzaldehyde		
24	14.852	165657	Tetradecane		
25	15.554	114421	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-		
34	16.621	843261	Diethyl Phthalate		

Tabelle 14: Identifizierung der Peaks

Abundance



Chromatogramm 6: Vergleich der Chromatogramme (blau = trocken, schwarz feucht)

Folgende vier Peaks treten im feuchten Zustand auf:

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| ➤ RT 2.093 | Trimethylamin |
| ➤ RT 11.084 | Benzaldehyd |
| ➤ RT 13.663 | Benzaldehyd, 2-hydroxy- 6-methyl |
| ➤ RT 14.597 | 2-Hydroxy -4,6-dimethylbenzaldehyd |

Informationen zu Trimethylamin:

zitiert aus: <https://www.chemie.de/lexikon/Trimethylamin.html>

(Aufruf 15.02.2021)

„Trimethylamin ist ein farbloses brennbares Gas mit schon in starker Verdünnung intensivem fischartigem Geruch; in höheren Konzentrationen erinnert er stärker an den des chemisch nahen verwandten Ammoniakes. Es ist stark hygroskopisch, löst sich gut in Wasser und bildet darin eine recht starke Base. Es kommt als 40 %ige wässrige Lösung und als druckverflüssigtes Gas in den Handel.

Physikalische Eigenschaften:

Bei Raumtemperatur ist Trimethylamin ein farbloses Gas. Es lässt sich durch Abkühlen oder Druckerhöhung verflüssigen. Trimethylamin ist gut löslich in Wasser und aliphatischen Alkoholen wie z.B. Methanol. Es hat einen unangenehmen, fisch- bzw. tran- bis ammoniakartigen Geruch. Es ist schon bei Konzentrationen unter 1 ppb (entsprechend 1 ng/l), deutlich wahrnehmbar und gilt ab dieser Schwelle auch bereits als gesundheitsschädlich. ^[1]

Wirkung auf den menschlichen Körper:

Trimethylamin gilt als schwach giftig. Es wirkt reizend auf Augen und Atmungsorgane. Bei Geruchswahrnehmung (bereits unter 1 ppb) kann schon eine gesundheitsgefährdende Konzentration vorliegen. Beim Verschlucken können die Wirkungen von Erbrechen mit Bauchschmerzen bis zu Verätzungen führen. Verätzungen können bis hin zur Zerstörung von Haut, Augen, Atem- und Verdauungswegen führen.^[1]

Wir hatten die Möglichkeit mit dem Hersteller des Dämmstoffes direkt zu sprechen.

Er wies darauf hin, dass dies ein bekanntes Problem sei, da es schon im Dachdecker-Fachmagazin publiziert wäre. Dämmstoffe dürfen bestimmungsgemäß nicht feucht werden. Die Verantwortung liegt bei den Gewerken auf den Baustellen.

Wir würden uns gerne in einem Folgeprojekt mit dieser Problematik detaillierter beschäftigen. Siehe bitte Kapitel „Ausblick.

4.4.3 Heizkörper in einer Schule „frisch“ gestrichen

Ausgangssituation:

In einer Schule am Niederrhein gab es mehrere Auffälligkeiten im Bereich der Innenraumhygiene. Nach einer gemeinsamen Vor-Ort-Begehung mit dem Städtischen Immobilienmanagement und der Schulleitung wurde ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt. So wurden gezielte Asbest-, PCB-, PAK-, und KBE-Messungen unter Beteiligung zweier akkreditierter Meßinstitute durchgeführt.

Im Kunstraum der Schule waren bei der Begehung starke Geruchsbelastungen durch organoleptische Ansprache (bewusste geruchliche Wahrnehmung) bestätigt worden. Mittels Messungen sollten wir Hinweise auf eine mögliche Ursache finden. Es roch streng, leicht beißend, ranzig und die Nase brauchte länger um sich an den Geruch zu gewöhnen. Die Beteiligten hatten das Gefühl, dass sie beim Verlassen des Raumes den Geruch mit sich trügen.

VOC Messungen Kunstraum EG

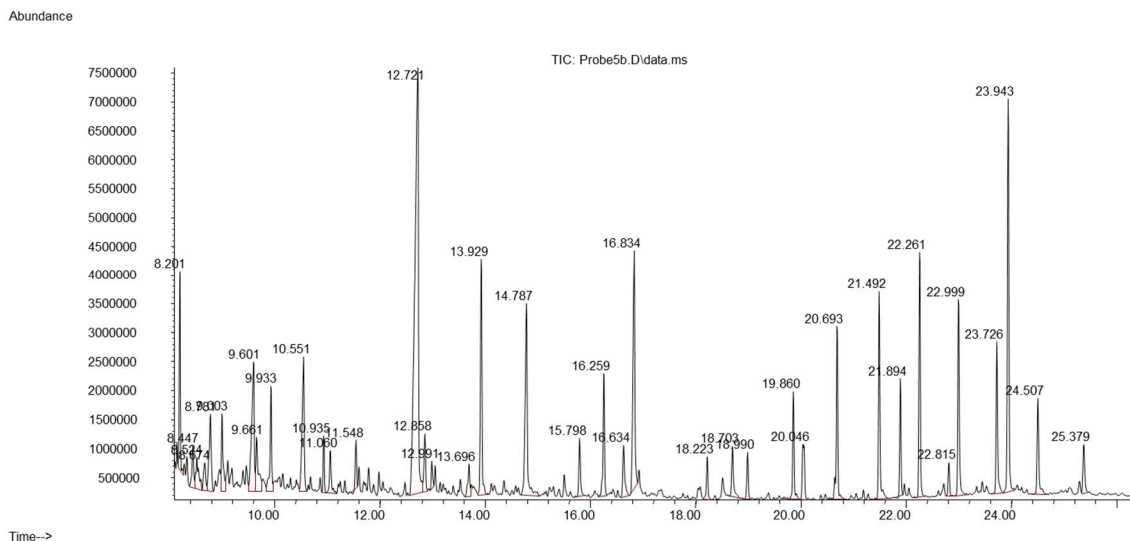
Probenbezeichnung:	Gfl 2020/ XXX / Kunstraum im EG Gebäudeteil 6/ VOC/ 1 Aktivkohlematte
Untersuchungsauftrag:	Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
Probenart:	Innenraumluft
Probenehmer:	Herr Dipl. Ing. Brandes
Probenahmestelle:	XXX Kunstraum im EG, Gebäudeteil 6
Probenahmegerät:	Raumluftfiltrationsgerät der Firma (Probenahmegerät) Hauser Umweltservice GmbH & Co KG
Probenahmevermögen:	264,63m ³
Datum der Probenahme:	02.07.2020 10:09 Uhr bis 30.07.2020 13:35 Uhr
Prüfverfahren:	GC - MS
Proben- Einwaage:	2,2656 g
Extraktion:	Flüssig-Fest-Extraktion Beschleunigte Lösungsmittelextraktion 7 ml Aceton . 8 ml Hexan 100°C, 20 Min
GC:	7890A Agilent Technologies
Säule:	FS-Supreme-5ms-Plus Länge: 30m ID 0,25 mm Filmdicke: 0,25µm
Aufgabesystem:	Kaltaufgabesystem Gerstel 4 (KAS4)
Detektor:	5975 insert XL MSD Triple-Axis-Detektor
Geräteeinstellungen:	
Aufgabesystem:	Splitless
Injektionsmenge:	1 µl
GC:	

Säulenfluß: 0,77 ml/min
 Temperaturprogramm: 50°C 3 min halten
 15°C/min bis 150°C
 35°C/min bis 320°C
 10 min halten
 MS-Detektor: Fullscan
 35-450 Dalton
 3,5 Spektren pro Sekunde

Identifizierte Inhaltsstoffe

TIC: Probe5b.D\data.ms						
1	8.201	51194705				
2	8.447	15990858	1-Nonanol, 4,8-dimethyl-			
3	8.524	20833579				
4	8.674	13677548	Octanoic acid			
5	8.781	38178535	Benzoic acid			
6	9.003	29838364				
7	9.601	74737067	Nonanoic acid			
8	9.661	30493516				
9	9.933	38946883	Tridecane			
10	10.551	62881004	n-Decanoic acid			
11	10.935	15503417				
12	11.06	17254992				
13	11.548	13200945				
14	12.721	328527501	Dodecanoic acid			
15	12.858	22102100				
16	12.991	7779361				
17	13.696	13738970				
18	13.929	87114788	Ethylene glycol - Adipate - Diethylene glycol (Blank aus Adsorbens)			
19	14.787	97185085	Tetradecanoic acid			
20	15.798	20290737	Pentadecanoic acid			
21	16.259	42689181	1-Hexadecanamine, N,N-dimethyl-			
22	16.634	22390215	Palmitoleic acid			
23	16.834	102988087	n-Hexadecanoic acid			
24	18.223	14903163				
25	18.703	20706087	Octadecanoic acid			
26	18.99	14469522				
27	19.86	35119598	n-C22			
28	20.046	30254179				
29	20.693	60582150	n-C24			
30	21.492	68936305	Bis(2-ethylhexyl) phthalate			
31	21.894	32477718	n-C26			
32	22.261	76993936	n-C28			
33	22.815	11509996				
34	22.999	66947808	n-C30			
35	23.726	52031169				
36	23.943	137845265	Squalene			
37	24.507	37817268	n-C32			
38	25.379	20037659	n-C34			

Tabelle 15: Identifikation Inhaltsstoffe Raumluft



Chromatogramm 7: Raumluftanalyse Kunstraum

Substanz	RT [min]
4,8-dimethyl- nonal	8,447
Octansäure	8,674
Benzoessäure	8,781
Nonansäure	9,601
Tridecan	9,933
Decansäure	10,551
Dodecansäure	12,721
Tetradecansäure	14,787
Pentadecansäure	15,798
Hexadecansäure	16,834
Octadecansäure	18,703
Bis(2-ethylhexyl)phthalat	21,492
TVOC	

Tabelle 16: Identifikation Inhaltsstoffe Raumluft

Nach dem unsere Ergebnisse vorlagen, wurden von Auftraggeber Recherchen durchgeführt in deren Verlauf festgestellt wurde, dass in den vorherigen Ferien die Heizungskörper in diesem Raum „frisch“ gestrichen worden waren.

[Durch die unterschiedlichen Kommunikationswege zwischen Immobilienmanagement und der Schulverwaltung und Schulleitung war dieser Umstand nicht allen Beteiligten bekannt].

An diesem Beispiel zeigt sich beispielhaft die Intention unseres Forschungsprojektes. Mit dem angewandten Probenahmesystem sollten durch die Auswertung relativ großer Probenahmevolumina Hinweise auf die Ursachen von Geruchssituationen gefunden werden. Dabei sollen „typische“ Chromatogramme aufgenommen werden, die zukünftig in einer entsprechenden Datenbank /Geruchskataster hinterlegt werden können.

Außerdem wurde in diesem Raum eine PCB-Luftmessung durch ein Fachlabor (GSA Ratingen) durchgeführt:

Probenbezeichnung GSA	296XXX
Probenbezeichnung Kunde	Luftprobe (PU-Schaum + Filter) Vol. = 5,520 m ³
Objekt	XXX

Verbindung	Messwert [ng/m ³]	Bestimmungsgrenze [ng/m ³]
PCB 28	2,76	1
PCB 52	1,77	1
PCB 101	< 1	1
PCB 153	< 1	1
PCB 138	< 1	1
PCB 180	<1	1
Σ PCB	8,53	6
Σ PCB*	42,6	30

Tabelle 17: PCB- Konzentrationen

Σ PCB = Summenwert berechnet mit den vollen BG für die quantifizierten Kongenere.

* Nach einer Empfehlung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) werden die aufgelisteten Kongenere addiert und mit 5 multipliziert, um die PCB-Gesamtkonzentration näherungsweise als Vergleichswert zu berechnen.

Unsere Staubuntersuchung dieses Raumes zeigte folgendes Ergebnis:

Identifizierte Inhaltsstoffe:

Substanz
Hexanal
Heptanal
Octanal
Nonanal
Decanal

Tabelle 18: Inhaltsstoffe Hausstaub

4.4.4 Verwesungsgerüche

Ausgangssituation:

Unseren Forschungsprojekt gingen Versuche mit sogenannten Raumluftrationsgeräten voraus. Diese Geräte wurden konzipiert und hergestellt um Schadstoffe wie PCB und PCP aus der Innenraumlufte mittels Filtration zu entfernen. Dabei werden Kombinationsfilter hergestellt an deren Entwicklung das Deutsche Textilforschungszentrum Nord West in Krefeld beteiligt war. Hergestellt werden diese Geräte von der Firma Hauser Umweltservice GmbH in Dorsten (ehemals Krefeld). Das Kernstück dieser Filtrationsgeräte, der Hauptfilter stammt von der Firma Blücher in Ratingen. Zusammen mit der Firma Hauser Umweltservice GmbH haben wir ein kleines, sehr leises Probenahmegerät entwickelt, in denen ebenfalls der Bücherfilter, allerdings mit geringeren Abmessungen, eingesetzt wird.

In den Vorarbeiten zu diesem Forschungsprojekt wurden wir in eine Grundschule gerufen. Hier beschwerten sich Lehrende, Schüler*innen und Elternvertreter über sehr starke Gerüche.

Stellungnahme der Betroffenen:

Ca. 20 % der Nutzer können keinen Geruch feststellen

Ca. 60 % der Nutzer können „Etwas“ riechen, empfinden es als „störend“

Ca. 20 % der Nutzer klagen über einen starken, sehr unangenehmen, störenden Geruch

Vermutung:

Es könnte nach toten Mäusen riechen.

Aufgabenstellung:

Riecht es im Klassenzimmer nach toten Mäusen?

Als „Vergleichsprobe“ haben wir tote Futtermäuse im Fachhandel gekauft.

Es wurden also keine Tiere für diesen Versuch getötet!

	Herkunft	Art der Probe	Untersuchungsparameter
1	Schule, Klassenzimmer Ohne Raumluftrationsgerät	Luftprobe 4497 Min. 112,25 m ³ * Aktivkohlematte	VOC mit Schwerpunkt Verwesungsgerüche (Amine)
2	Schule, Klassenzimmer Mit Raumluftrationsgerät	Luftprobe 4497 Min. 112,25 m ³ * Aktivkohlematte	VOC mit Schwerpunkt Verwesungsgerüche (Amine)
3	Labor Mausoleum	Luftprobe 4497 Min. 112,25 m ³ * Aktivkohlematte	VOC mit Schwerpunkt Verwesungsgerüche (Amine)

*nach Aussagen des Herstellers (dieser hatte die Durchflussrate bestimmt)

Tabelle 19: Übersicht Probenahmen bei Verwesungsgeruch



Foto 10: Klassenraum mit Luftfiltrationsgerät (groß) und Probensammler (klein)



Foto 11: Luftfiltrationsgerät (groß) und Probensammler (klein)

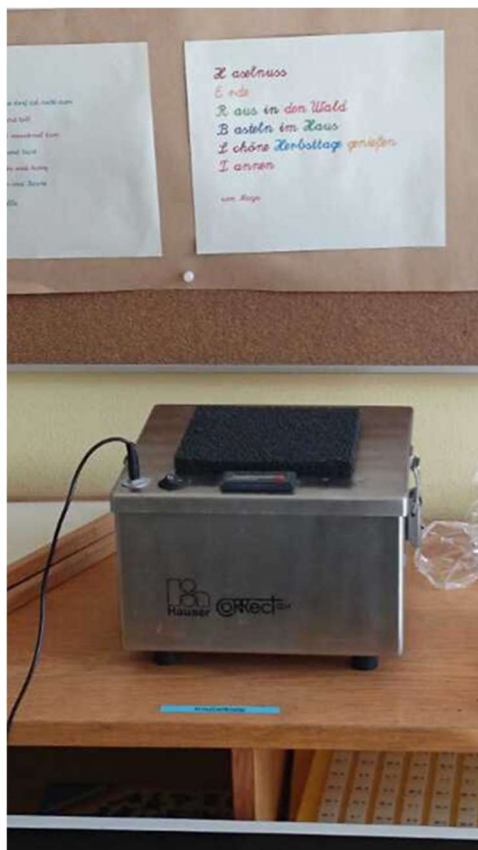


Foto 12: Probensammler Hauser-Gerät 1



Foto 13: Probensammler Hauser Gerät 1 mit Ummantelung („Mausoleum“)

Ergebnisse:

Im Mausoleum konnten gemessen werden:

1- Amino – 2 propanol [CAS 78-96 -6]
2 – Amino – 2 – methylpropanol [CAS 124–68-5]
n- Butylamin [CAS 109 –7-9]
n- Pentylamin [CAS 110–58-7]
Cyclohexylamin [CAS 108-91-8]
Dimethylamin [CAS 109-89-7]
Halbquantitativ,
Dimethyldisulfid 43,6 µg/m³
Dimethyltrisulfid 6,2 µg/ m³

Ergebnisse:

Im Klassenzimmer konnten gemessen werden, ohne RLF – Gerät (Raumluftfiltrationsgerät):

n- Pentylamin [CAS 110–58-7]
Dimethylamin [CAS 109-89-7]
Halbquantitativ,

Dimethyldisulfid 4,6 µg/m³
Dimethyltrisulfid 0,9 µg/ m³

Ergebnisse:

Im Klassenzimmer konnten gemessen werden, mit RLF - Gerät:

Keine Amine
Kein Dimethyldisulfid
Kein Dimethyltrisulfid
Keine Alkohole
Keine Terpene
Gesamt TVOC: 2,1 µg/m³

Fazit:

Es konnten „Verwesungsstoffe von Mäusen“ im Klassenzimmer nachgewiesen werden.
Die Raumluftfiltration hat zu einer deutlichen Minimierung geführt
Die toten Mäuse können ohne „Abriss“ nicht beseitigt werden
Temporäres Problem – Temporäre Lösung

Anmerkung:

Tote Mäuse sind nicht gleich tote Mäuse
Am Anfang riechen tote Labormäuse fast genauso wie tote vergiftete Mäuse
Aufgrund der Mumifizierung bei vergifteten Mäusen ändert sich nach einiger Zeit (ca. 2 Wochen) der Art des Geruches
Auffallend: wie wenig Leichenflüssigkeit bei vergifteten Mäusen anfällt (Mumifizierung)

4.4.5 Linoleumboden falsch gereinigt

Ausgangssituation:

In einer Schule am Niederrhein gab es deutliche geruchliche Auffälligkeit in einem Klassenzimmer. In mehreren anderen Räumen auf der Etage war der Fußbodenbelag erneuert worden. In diesen Räumen konnte ein leichter Geruch wahrgenommen werden, wie er bei neu verlegten PCV-Böden in der Anfangszeit oftmals anzutreffen ist.

Der betroffene Raum um den es ging enthielt noch einen alten Linoleumboden.

Von ihm gingen seit 20 Jahren schon keine Gerüche mehr aus, aber urplötzlich vor wenigen Monaten hatte es extrem angefangen im Klassenzimmer zu riechen. Die Nutzer klagten über diesen Geruch und insbesondere die Eltern der betroffenen Schüler*innen waren aufgebracht, weil der Geruch so an den Kindern haftete, dass die ihn mit nach Hause brachten.

Nach einer gemeinsamen intensiven Vor-Ort-Begehung mit dem Städtischen Immobilienmanagement und der Schulleitung wurde ein umfangreiches Messprogramm durchgeführt. Es wurden in den Räumen mit den neuen Fußböden und in dem betroffenen Klassenzimmer Luftmessungen durchgeführt. Außerdem wurde eine Materialprobe des neuen Fußbodenbelags untersucht

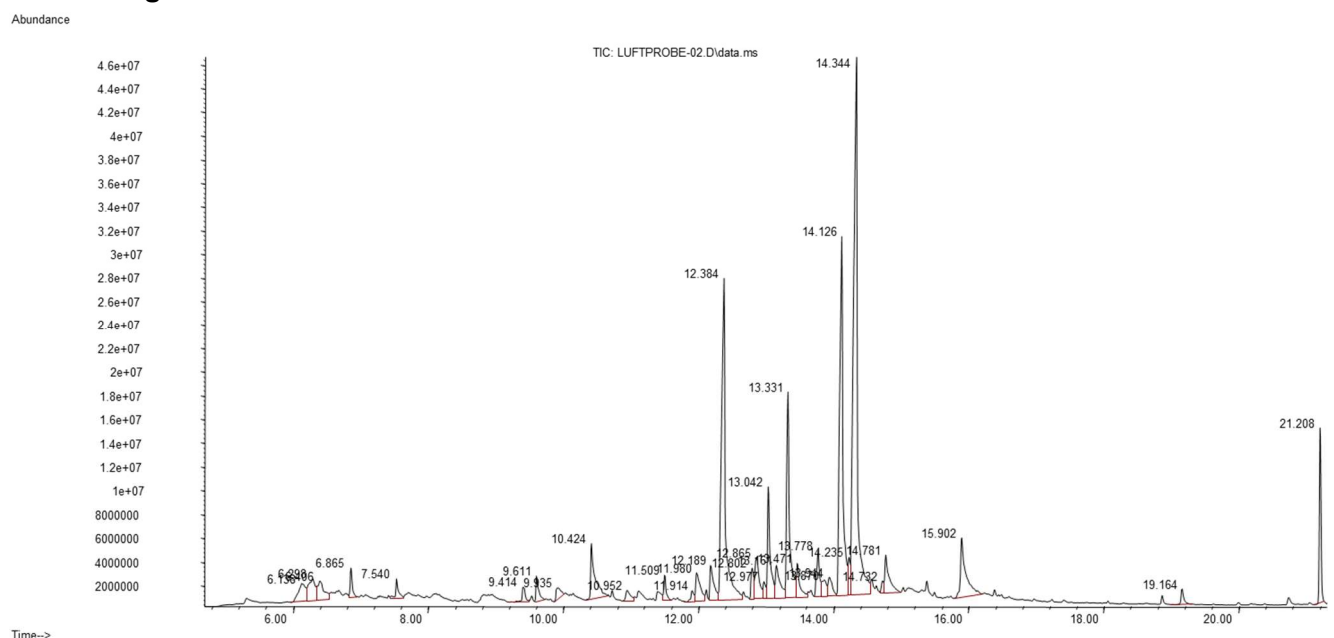
In den Räumen mit den neuen Fußböden und der Materialprobe konnten die Substanzen Pentamethylheptan, Diethylphthalat, iso-butylphthalat, und Dibutylphthalat in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen werden.

VOC Unterrichtsraum 2. OG

Probenbezeichnung:	Gfl / XXX / Klassenraum XX 2. OG hinten links/ VOC/ 5 Aktivkohlematte
Untersuchungsauftrag:	Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
Probenart:	Innenraumluft
Probenehmer:	Herr Dipl. Ing. Brandes
Probenahmestelle:	XXX Klassenraum XX 2. OG hinten links
Probenahmegerät:	Raumluftfiltrationsgerät der Firma (Probenahmegerät) Hauser Umweltservice GmbH & Co KG
Probenahmevermögen:	4986 m ³
Datum der Probenahme:	
Prüfverfahren:	GC - MS
Proben- Einwaage:	2,3657 g
Extraktion:	Flüssig-Fest-Extraktion Beschleunigte Lösungsmittelextraktion 7 ml Aceton. 8 ml Hexan 100°C, 20 Min
GC:	7890A Agilent Technologies
Säule:	FS-Supreme-5ms-Plus Länge: 30m ID 0,25 mm

Aufgabesystem: Filmdicke: 0,25µm
 Detektor: Kaltaufgabesystem Gerstel 4 (KAS4)
 5975 insert XL MSD
 Triple-Axis-Detektor
 Geräteeinstellungen:
 Aufgabesystem: Splitless
 Injektionsmenge: 1 µl
 GC:
 Säulenfluß: 0,77 ml/min
 Temperaturprogramm: 50°C 3 min halten
 15°C/min bis 150°C
 35°C/min bis 320°C
 10 min halten
 MS-Detektor: Fullscan
 35-450 Dalton
 3,5 Spektren pro Sekunde

Chromatogramm:



Chromatogramm 8: Raumluf Klassenzimmer

Identifizierte Inhaltsstoffe:

Substanz	Retentionszeit	Peakfläche
Nonanal	6,865	55.333.761
Decanal	7,54	36.649.776
Geranylaceton	9,414	39.451.353
C ₁₂ -Säure	10,424	201.002.461
C ₁₄ -Säure	12,384	1.089.053.055
C ₁₅ -Säure	13,331	514.597.658
Palmitolsäure	14,126	1.015.413.199
C ₁₆ -Säure	14,344	1.859.003.612
Palmitinsäure	14,732	22.983.729
C ₁₈ -Säure	15,902	269.665.598
Ethylhexalphthalat	19,164	35.815.530
Squalan	21,208	249.441.634

Tabelle 20: Identifikation Inhaltstoffe Raumluf

Beantwortung der Zielsetzung

A) Raum XXX (2. OG Raum hinten links)

- Es konnte ein sehr starker „chemischer“, stechender Geruch wahrgenommen werden
- Auffallend, die Nase gewöhnt sich nicht an diesen Geruch
- seit 2 Jahren beschwerten sich die Eltern, dass die Schüler den Geruch mittels Kleidung mit nach Hause bringen

- **Können Luftinhaltsstoffe gemessen werden, die für den Geruch verantwortlich sind?**
 - **Ja!****Es konnten erhöhte Konzentrationen an höheren Fettsäuren gemessen werden**

- **Warum „haftet“ der Geruch an den Schülern?**
 - **Höhere Fettsäuren sind sehr geruchsintensiv.****Sie reichern sich z.B. in Haaren und Textilien an.**

- **Liegt eine gesundheitliche Gefährdung vor?**
 - **Nein, eine unmittelbare Gesundheitliche Gefährdung ist nicht gegeben!****Allerdings gehen wir von einer relevanten Befindlichkeitsstörung / Belästigung aus.**
Es sollten Maßnahmen ergriffen werden diese Befindlichkeitsstörung / Belästigung zu beseitigen.

- **Woher stammen die Geruchsstoffe?**
 - **Die plausibelste Erklärung ist folgende:****In Linoleum und ähnlichen Fußbodenbelägen wird Leinöl eingesetzt.**
Dieser Fußbodenbelag kann durch natürliche Alterung oder durch falsche Reinigung (vorzeitige Alterung) Fettsäuren freisetzen.

Wir konnten auf dem Reinigungswagen des Reinigungsteams für diesen Raum ein absolut nicht geeignetes Reinigungsmittel (Steinreiniger) feststellen

Empfehlung:

- **Wir empfehlen als Sofortmaßnahme den Einsatz von Raumlufffiltrationsgeräten in diesem Raum.**
- **Mittelfristig sollte der Fußboden erneuert werden.**
- **Wir empfehlen entsprechende Schulungsmaßnahmen für das Reinigungsteam**

4.4.6 Geruchsbelastung in einem Badezimmer

Ausgangssituation:

In einem Einfamilienhaus einer niederrheinischen Kleinstadt traten „plötzlich“ in einem Badezimmer unangenehme Gerüche auf. Wir wurden beauftragt diese Gerüche zu verifizieren. Die genaue Fragestellung lautet:

Treten bei einem vorherigen Verschließen der Fenster des Badezimmers für 30 Minuten erhebliche Geruchsbelästigungen auf, die das übliche Maß für Sanitärräume stark überschreiten?

Durchgeführte Maßnahmen:

- Begehung
- Geruchliche Ansprache
- KBE-Messungen der Innenraumluft im Vergleich zur Außenluft
- MVOC-Messungen nach Standardmethode

KBE-Messungen: Außenluft Parkplatz vor dem Haus:

Messpunkt: Außenluft Parkplatz vor dem Haus Nährboden Probe Nr.	DG 18 25°C 79419	DG 18 37°C 79420	MEA 25°C 79421	MEA 37°C 79422
	Volumen: 100L KBE/m ³	Volumen: 100L KBE/m ³	Volumen: 100L KBE/m ³	Volumen: 100L KBE/m ³
Schimmelpilze				
<i>Aspergillus calidoustus</i>	0	30	0	30
<i>Aspergillus fumigatus</i> -Komplex	60	110	60	120
<i>Aspergillus nidulans</i>	0	10	0	0
<i>Aspergillus sp. Sekt. Nigri</i>	40	0	30	0
<i>Aspergillus westerdijkiae</i>	10	0	10	0
<i>Botrytis sp.</i>	20	0	30	0
<i>Cladosporium spp.</i>	2830	0	2060	0
<i>Fusarium spp.</i>	0	0	80	0
<i>Mucor. Sp.</i>	0	0	0	10
<i>Penicillium spp.</i>	80	0	120	0
sterile Myzelien	0	0	120	0
Summe Schimmelpilze	3040	150	2510	160
Hefen	160	0	210	0
Bakterien	1060	0	0900	0
Nachweisgrenze (KBE/m ³):	10	10	10	10

Tabelle 21: KBE Messungen Außenluft

Die Keimzahlen lagen bei 25°C deutlich über dem sicher auswertbaren Bereich von 100 KBE/Petrischale.

Die Keimzahl der Außenluft und das Artenspektrum sind für die Jahreszeit normal.

KBE-Messungen: Raum Dusche WC EG

Messpunkt: Dusche WC EG Nährboden Probe Nr.	DG 18 25°C 79415	DG 18 37°C 79416	MEA 25°C 79417	MEA 37°C 79418
	Volumen: 100L KBE/m ³	Volumen: 100L KBE/m ³	Volumen: 100L KBE/m ³	Volumen: 100L KBE/m ³
Schimmelpilze				
<i>Aspergillus flavus</i>	0	0	0	10
<i>Aspergillus fumigatus</i> -Komplex	0	110	70	70
<i>Aspergillus nidulans</i>	0	0	0	10
<i>Aspergillus sp. Sect. Nigri</i>	10	70	30	40
<i>Aspergillus versicolor</i> Komplex	0	0	30	0
<i>Aspergillus westerdijkiae</i>	10	0	0	0
<i>Cladosporium spp.</i>	1760	0	1310	0
<i>Penicillium spp.</i>	100	0	50	0
Summe Schimmelpilze	1880	180	1490	130
Hefen	220	0	460	360
Bakterien	960	0	950	0
Nachweisgrenze (KBE/m ³):	10	10	10	10

Tabelle 21: KBE Messungen Dusche WC EG

Die Keimzahlen lagen bei 25°C deutlich über dem sicher auswertbaren Bereich von 100 KBE/Petrischale.

Die Keimzahl der Innenraumluft war zum Zeitpunkt der Probenahme deutlich niedriger als in der Außenluft. Die Betrachtung des Pilzspektrums ergab keine Auffälligkeiten im Vergleich zur Außenluft.

ABER

Als Auffällig kann das Vorkommen schwarzer *Aspergillus*-Arten bei 37°C angesehen werden. Für diese Temperatur liegt die Anzahl der schwarzen Aspergillen zwischen 50 bis 100 KBE/m³ über der Außenluft. In diesem Fall müsste von einer Innenraumquelle für Schimmelpilze ausgegangen werden!

MVOC-Messungen Bad, Dusche EG

Probenbezeichnung: Gfl 2022 / XXX_
 Probenahmestelle: Bad EG Haus Flanderner Str. 24, Geldern
 Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
 Probenart: Luftprobe auf Tenax
 Anmerkung zur Probenahme:
 Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
 Datum der Probenahme: 29.07.2022
 Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-G003-0012
 Dauer der Probenahme: 20 Min
 Probenvolumen: 4 l 3,70 NI (Temp. 23,5, Luftdruck 1017 hPa)
 Probennummer: Mi 297026
 Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_06.04.2022
 In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
 Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 297026
Probenbezeichnung Kunde	XXX

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
MVOC		2,715	
Farmesen (Isomerengemisch)	502-61-4	< 0,30	0,30
Dimethylsulfid	75-18-3	< 0,050	0,050
Dimethyldisulfid	624-92-0	< 0,050	0,050
Dimethyltrisulfid	3658-80-8	< 0,020	0,020
Myrcen	123-35-3	< 0,20	0,20
Geosmin	19700-21-1	< 0,050	0,050
1-Butanol	71-36-3	1,2	0,050
Isobutanol	78-83-1	0,16	0,050
2-Pentanol	6032-29-7	0,035	0,020
1-Decanol	112-30-1	1,1	0,050
2-Methyl-1-butanol	137-32-6	< 0,050	0,050
3-Methylbutanol	123-51-3	0,22	0,050
1-Octen-3-ol	3391-86-4	< 0,050	0,050
MBK	591-78-6	< 0,050	0,050
2-Heptanon	110-43-0	< 0,070	0,070
3-Octanon	106-68-3	< 0,070	0,070
2-Methylfuran	534-22-5	< 0,050	0,050
3-Methylfuran	930-27-8	< 0,050	0,050
2-Pentylfuran	3777-69-3	< 0,050	0,050
2,5-Dimethylfuran	625-86-5	< 0,020	0,020
Pyrazin	290-37-9	< 0,050	0,050
2,4,6-Trichloranisol	87-40-1	< 0,020	0,020
2,5-Dimethylpyrazin	123-32-0	< 0,050	0,050
2-Isopropyl-3-methoxypyrazin	25773-40-4	< 0,050	0,050
2-Methoxy-3(methylpropyl)pyrazin	24168-70-5	< 0,050	0,050
2-Isobutyl-3-Methoxypyrazin	24683-00-9	< 0,050	0,050

Tabelle 23: Ergebnis MVOC - Messung

Zur Bewertung der gemessenen MVOC-Ergebnisse verweise ich auf folgende Literaturquelle (siehe bitte auch Anhang Bewertungskriterien im Detail):

„Mikrobiologisch erzeugte flüchtige organische Verbindungen (MVOC)

Auszugsweise zitiert aus folgender Quelle:

<https://www.agoef.de/schadstoffe/chemische-schadstoffe/voc-svoc-mvoc.html>

letzter Aufruf 21.10.2022“

Als MVOC-Indikatoren werden momentan angesehen:

- Dimethylsulfid
- 2-Methyl-1-butanol
- 2-Pentylfuran
- 1-Octen-3-ol
- Dimethyldisulfid
- 3-Methyl-1-butanol
- 3-Methylfuran

Zusammenfassung der Ergebnisse

Herkunft	Geruchliche Wahrnehmung beim Ortstermin	MVOC-Messungen Beim Ortstermin	KBE-Messungen beim Ortstermin Auffälligkeiten
Haus der Fam. XXX XX Straße YY in YYYY XXX Dusche WC EG	sehr leicht parfümartig (ohne Parfümquelle) und mittelstark erdig, muffig,	Es konnten auffällige MVOC bei dem Ortstermin in dem Raum gemessen werden	Die Keimzahl der Innenraumluft war zum Zeitpunkt der Probenahme deutlich niedriger als in der Außenluft. Die Betrachtung des Pilzspektrums ergab keine Auffälligkeiten im Vergleich zur Außenluft. ABER Als Auffällig kann das Vorkommen schwarzer <i>Aspergillus-Arten</i> bei 37°C angesehen werden. Für diese Temperatur liegt die Anzahl der schwarzen Aspergillen zwischen 50 bis 100 KBE/m ³ über der Außenluft. <i>In diesem Fall müsste von einer Innenraumquelle für Schimmelpilze ausgegangen werden!</i>

Tabelle 24: Zusammenfassung Projektergebnisse

Beantwortung der Zielsetzung

Treten bei einem vorherigen Verschließen der Fenster des Badezimmers für 30 Minuten erhebliche Geruchsbelästigungen auf, die das übliche Maß für Sanitärräume stark überschreiten?

Bei Ortstermin am 29.07.2022 konnten im Raum WC, Dusche im EG mittelstarke Gerüche (erdig, muffig und somit baduntypisch) festgestellt werden. KBE- Ablagerungen waren während des Ortstermins nicht sichtbar. Die KBE-Messungen zeigten eine Auffälligkeit. Bei den MVOC-Messungen konnten geruchsrelevante MVOC-typische-Verbindungen gemessen werden.

Die Frage ist somit bezogen auf den Raum WC, Dusche im EG zu bejahen.

4.4.7 Drei Geruchsprobleme in einer Schule

Ausgangssituation:

Wir hatten die Möglichkeit uns mit einer Geruchsproblematik in einer Grundschule einer Großstadt zu beschäftigen. Auslöser war eine Eingabe der Schulleitung, dass es zu massiven geruchlichen Belastungen in mehreren Räumen des Schulgebäudes kommt.

Der Betreuungszeitraum erstreckte sich aufgrund der Pandemiesituation über ca. 18 Monate.

Die Gerüche waren „plötzlich aufgetaucht“ bzw. schleichend aufgetaucht.

D.h. jahrelang gab es keine Beschwerden, aber plötzlich wären Gerüche wahrnehmbar, die sich immer mehr gesteigert hätten.

Es hatte in den letzten Jahren keine wesentlichen Veränderungen im Gebäude stattgefunden. Keine Renovierung, keine Malerarbeiten, keine Veränderung im Reinigungswesen.

Die Ursachensuche wurde erschwert durch eine Vielzahl von Auffälligkeiten:

- Es waren drei unterschiedliche Räume betroffen
 - Multifunktionsraum
 - Büro Schulleiter
 - Mensa
- In allen drei Räumen waren unterschiedliche Gerüche wahrzunehmen
- Die Ausstattung variierte stark
- Das Gebäude ist sehr alt < 70 Jahre
- Mehrere Umbauten in der Vergangenheit
- Ausgeprägtes Kellersystem
- Es waren nicht mehr alle kleineren baulichen Maßnahmen der Vergangenheit dokumentarisch nachvollziehbar

- Aufgrund der Komplexität der Geruchsproblematik und der massiven Beschwerden der Nutzer wurden sowohl ein sehr namhaftes Umweltinstitut (inkl. Labor) wie auch wir beauftragt, uns mit diesem Projekt zu beschäftigen.

- Die Zusammenarbeit und der sehr gute intensive fachliche Austausch haben schließlich zur Ursachenbestimmung und zu entsprechen Empfehlungen zur Problemlösung geführt.

Multifunktionsraum:

Geruchliche Wahrnehmung:

Geruchliche Auffälligkeit: dumpfer, leicht fruchtiger Geruch

Sonstiger Auffälligkeit: „Duftender“ Hausstaub, riecht sehr stark!!!

Raumausstattung:

Alter Teppichboden, Holzregale, Tische und Stühle, schwere textile Vorhänge an den Fenstern

Nutzung:

Ausweichraum, Musikraum, Leseraum

Mit dem Auftraggeber vereinbarte Messungen

- Hausstaubuntersuchung
- Geruchliche Ansprache aller Innenraumtextilien

Wir haben in insgesamt 6 Räumen Hausstaubproben entnommen.

a) Büro der Schulleitung, b) Ganztage Mehrzweckraum EG, c) Lehrerzimmer Raum 27, d) Turnraum 1. OG Ganztage, e) Raum 113,1 OG Ganztage, f) Sekretariat Raum 25 EG

Die aufgenommenen Chromatogramme und Ergebnisse zeigten einheitlich dasselbe Muster. Exemplarisch haben wir die Ergebnisse des Mehrzweckraumes hier aufgeführt:

Probenbezeichnung:	GfI 2020-2021/ IMD KGS XXX Mehrzweckraum/ VOC/ 3 Hausstaub
Untersuchungsauftrag:	Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
Probenart:	Materialprobe, Hausstaub
Probenehmer:	Herr Dipl. Ing. Brandes
Probenahmestelle:	KGS XXX EG, Ganztage, Mehrzweckraum
Probenahmegerät:	Pinself, Glasgefäß
Probenahmevernolun:	1,002 g
Datum der Probenahme:	04.06.2020

Prüfverfahren: GC - MS

Proben- Einwaage: 0,1405 g

Extraktion:	Flüssig-Fest-Extraktion Beschleunigte Lösungsmittelextraktion 7 ml Aceton. 8 ml Hexan 100°C, 20 Min
-------------	--

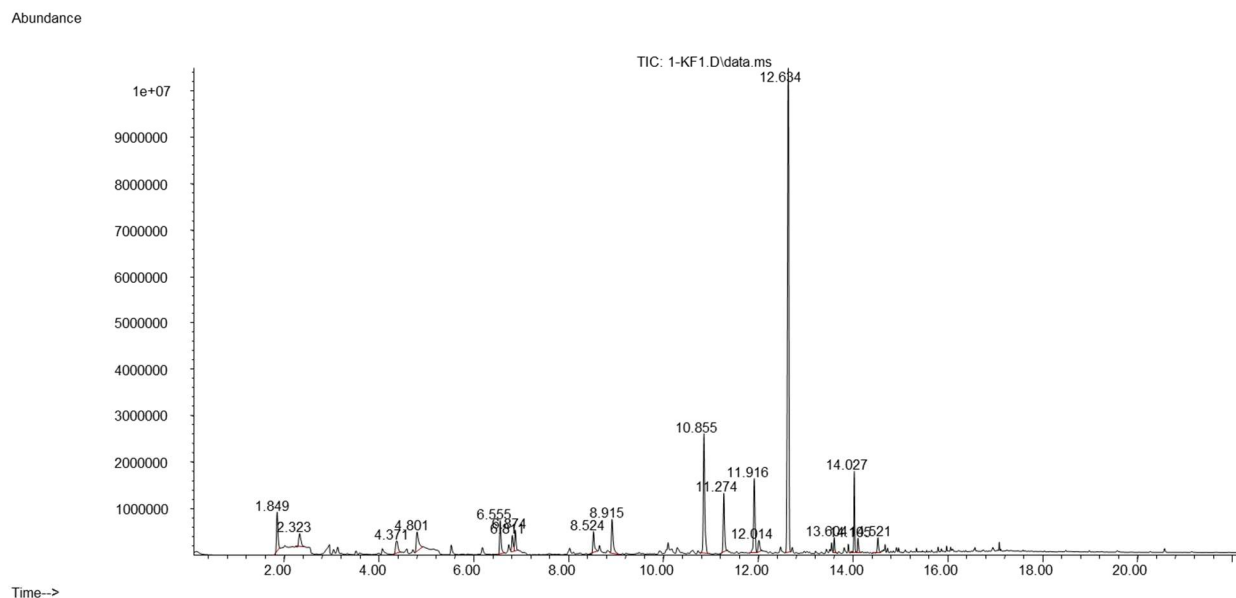
GC:	7890A	Agilent Technologies
-----	-------	----------------------

Säule: FS-Supreme-5ms-Plus
 Länge: 30m
 ID 0,25 mm
 Filmdicke: 0,25µm
 Aufgabesystem: Kaltaufgabesystem Gerstel 4 (KAS4)
 Detektor: 5975 insert XL MSD
 Triple-Axis-Detektor

Geräteeinstellungen:
 Aufgabesystem: Splitless
 Injektionsmenge: 1 µl
 GC:
 Säulenfluß: 0,77 ml/min
 Temperaturprogramm: 50°C 3 min halten
 15°C/min bis 150°C
 35°C/min bis 320°C
 10 min halten

MS-Detektor: Fullscan
 35-450 Dalton
 3,5 Spektren pro Sekunde

GC-MS-Chromatogramm



Chromatogramm 9: Hausstaub

TIC: 1-KF1.D\data.ms				
Peak	RT	Area		
1	1.849	17258682		
2	2.323	8761861		
3	4.371	9467796	Silan (SPME-Faser)	
4	4.801	14934296		
5	6.555	15625472	1-Octene	
6	6.811	7455309	Hexanal	
7	6.874	9037001	Silan (SPME-Faser)	
8	8.524	10089232	4-Ethylbenzoic acid, cyclopentyl ester	
9	8.915	19117940	Heptanal	
10	10.855	55208563	Octanal	
11	11.274	24695646	1-Hexanol, 2-ethyl-	
12	11.916	34135474	Octane, 1-chloro-	
13	12.014	6536930		
14	12.634	214895369	Nonanal	
15	13.604	5301149		
16	14.027	23246312	Decanal	
17	14.105	5033884		
18	14.521	5864126		

Tabelle 25: Inhaltsstoffe Hausstaub

Büro der Schulleitung

Geruchliche Wahrnehmung:

Keine direkte geruchliche Auffälligkeit.

Staubablagerungen, die wie bereits mehrfach erwähnt riechen.

Das Empfinden „abgestandener“ Luft, trocken, dumpf, nach einiger Zeit im Raum leicht fruchtiger Geruch

Raumausstattung:

Neuer textiler Fußbodenbelag, Besprechungsecke mit Tisch und mehreren Stühlen, ein großer Schreibtisch samt Stuhl, Computer, Drucker, Wandregale, Holzleiste über dem Schreibtisch, Regalschrank zwischen Fenster und Besprechungsecke.

(Sprechanlage für Durchsagen auf dem Fensterbrett

Nutzung:

Büro Schulleitung

Mit dem Auftraggeber vereinbarte Messungen

1 x Langzeitgeruchsmessung in der Innenraumluf

1 x Hausstaubuntersuchung (Inhaltsstoffe)

Spätere Beauftragung:

Materialprobe Holzleiste auf PCB und PCP

Raum	VOC in der Raumluf	Aldehyde im Hausstaub	Lindan in Materialproben [mg/kg]	PCP in Materialproben [mg/kg]	PCB in Materialproben [mg/kg]
Raum der Schulleitung, Raum xx	< 300 µg/m ³	Homologe Reihe von Hexanal bis Decanal	< 0,1	< 0,1	3,23

Tabelle 26: Ergebnisse Raum Schulleitung

Langzeitgeruchsmessung Raum xx, Büro der Schulleitung

Gemäß den Leitwerten für TVOC in der Innenraumluft (2007) (Umweltbundesamt) ist die TVOC-Innenraumluftkonzentration als hygienisch unbedenklich einzustufen.

Es konnten einige Luftinhaltsstoffe gemessen werden:

Substanz	RT [min]	Konzentration* µg/m³
Styrol	6,648	12
Benzolderivat	8,26	1,3
2-Decanal	9,693	2,8
2-Undecanal	10,702	3,0
8-Heptadecane	13,928	2,8
(Z)-9-Octadecensäure-methylester	18,157	4,9
Ölsäure	18,533	20,8
1,3,5-Triphenyl-Cyclohexan	21,566	12,7
TVOC		< 300

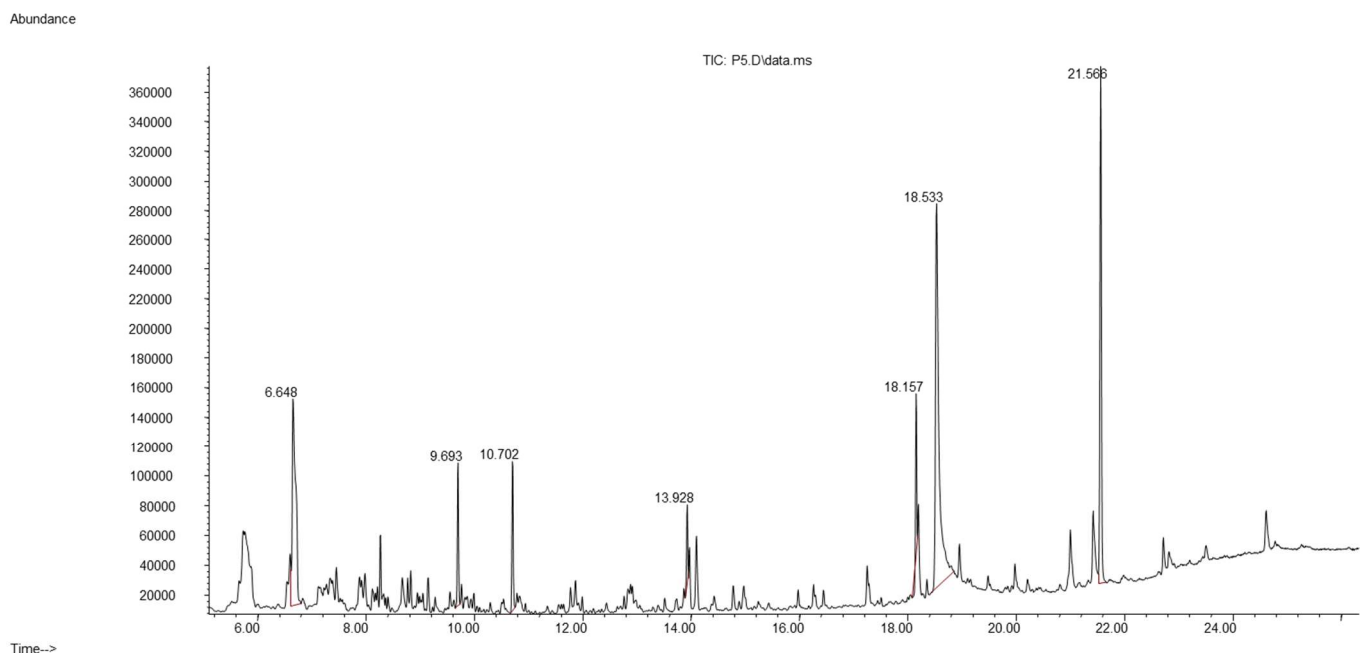
Tabelle 27: Inhaltsstoffe Raumluft

Sie unterschreiten die Richtwerte und Empfehlungen des Umweltbundesamtes.
Sie unterschreiten die Orientierungswerte der AGÖF. (Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) e.V.

*Es handelt sich um eine näherungsweise Berechnung.

Das Probenahmevolumen bezieht sich auf eine Werksangabe des Herstellers.

Die Probenvorbereitung und Analyse entspricht keiner VDI-, DIN ISO-, AGÖF- Vorgabe.



Chromatogramm 10: Raumluftanalyse

Materialuntersuchung Raum xx, Büro der Schulleitung

Es konnten keine relevanten Konzentrationen an PCB, PCP und Lindan in der Holzprobe gemessen werden.

Probenbezeichnung GSA	305002
Probenbezeichnung Kunde	EG., Raum xx Büro Schulleitung
Objekt	KGS XXX

Komponente	Messwert [mg/kg]	Bestimmungsgrenze [mg/kg]
PCB - 28	< 0,1	0,1
PCB - 52	< 0,1	0,1
PCB - 101	< 0,1	0,1
PCB - 153	0,146	0,1
PCB - 138	< 0,1	0,1
PCB - 180	< 0,1	0,1
Summe der Ballschmitter-PCB	0,646	0,6
Gesamt PCB	3,23	3,0

Tabelle 28: PCB-Ergebnisse Holzprobe

- Primärquelle ist gemäß PCB-Richtlinie gegeben, wenn Gesamt PCB > 1000 mg/kg (>0,1%)
- Als PCB-haltig gilt ein Material, wenn die PCB-Konzentration > 50 mg/kg ist, abfalltechnischer Richtwert (PCB-Richtlinie des Landes NRW)

Nach mehreren Begehungen mit dem Auftraggeber haben wir das verstärkt das Nutzerverhalten betrachtet. Nach Rücksprache mit dem zuständigen Haustechniker haben wir erneut die Raumlüftung hinterfragt. Da auf der Fensterbank die Sprechanlage stand, konnte und wurde das Fenster nicht regelmäßig geöffnet, sondern nur eine Kipplüftung durchgeführt.

Die Sprechanlage konnte Anschluss bedingt an keiner anderen Stelle im Büro aufgestellt werden. Der Auftraggeber hat im Fenster eine Ventilatorlüftung eingebaut.

Die neue Schulleitung hat sich bisher nicht beschwert.

Mensa

Geruchliche Wahrnehmung:

Starke direkte geruchliche Auffälligkeit.

Starker Geruch nach Naphthalin, leichter Brand,- Teergeruch, beißend, dumpf.

Raumausstattung:

Neuer textiler Fußbodenbelag (PVC), Esstische und Stühle, Küchenschränke, Küchenzeile, Waschbecken, und Theke für Essensausgabe, Lüftungskappen wie von einem Belüftungssystem. Alter stillgelegter Kamin.

Nutzung:

Mensa, hier essen täglich die Schüler

Mit dem Auftraggeber vereinbarte Messungen

1 x Langzeitgeruchsmessung

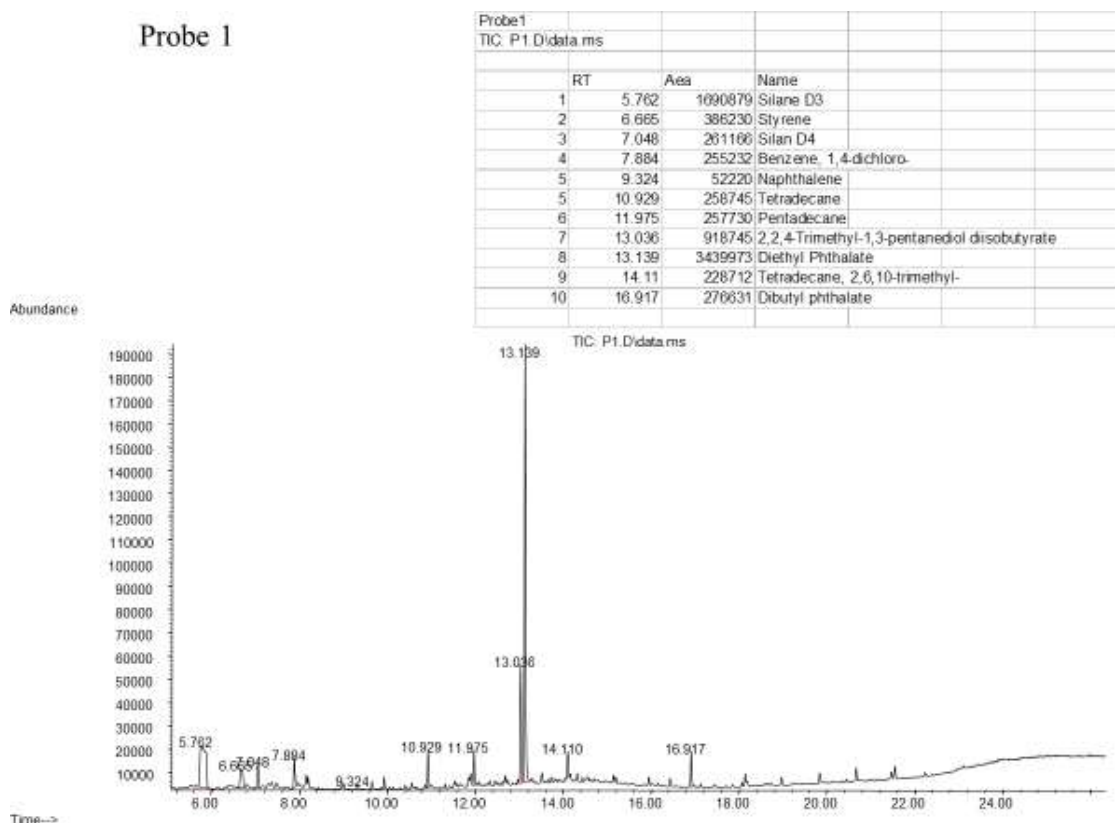
Es konnte neben aromatischen Verbindungen auch in sehr geringen Konzentrationen Naphthalin nachgewiesen werden.

Die Untersuchung stimmte mit denen des namhaften Instituts überein.

Da ein PAK-haltiger Kleber als Quelle vermutet wurde, hat dieses Institut auf Kernbohrungen in der Mensa durchgeführt. Das Ergebnis war negativ.

Wir hatten nun den alten Lüftungsschacht und den Kamin in Verdacht.

Daher haben wir nach Absprache drei Kurzzeitmessungen in unterschiedlichen Höhen und im Lüftungsschacht durchgeführt.



Chromatogramm 11: Raumlufanalyse

3 x VOC-Messungen in der Innenraumluft, quantitativ mit akkreditierter Messmethode und akkreditierten Messlabor (PICA in Berlin), da wir eine Gefährdung der Nutzer der Mensa nicht ausschließen konnten.

Herkunft	Art der Probe	Untersuchungsparam.	PN -Datum
Schule XXX Flur Lüftungsschacht Bereich vorne	Luftprobe Tenax Mi 145087	VOC 3 l Temp. 19,6°C Luftdruck: 1.029 hPa 2,84 NI	01.03.2022 10:34 Uhr
Schule XXX Flur Lüftungsschacht Bereich hinten 80 cm	Luftprobe Tenax Mi 144030	VOC 3 l Temp. 19,6°C Luftdruck: 1.029 hPa 2,84 NI	01.03.2022 10:45 Uhr
Schule XXX Mensa	Luftprobe Tenax Mi 164813	VOC 3 l Temp. 19,6°C Luftdruck: 1.029 hPa 2,84 NI	01.03.2022 10:56 Uhr

Tabelle 29: Übersicht Messungen Mensa

**Bestimmung Leichtflüchtigen organischen Komponenten
(VOC) in der Innenraumluft
KGS XXX, EG, Flur Lüftungsschacht vorderer Bereich**

Probenbezeichnung: Gfl 2022 / KGS XXX
 Probenahmestelle: EG, Flur Lüftungsschacht vorderer Bereich
 Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
 Probenart: Luftprobe auf Tenax
 Anmerkung zur Probenahme:
 Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes
 Datum der Probenahme: 01.03.2022
 Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-XXX
 Dauer der Probenahme: 20 Min
 Probenvolumen: 3 l 2,84 l
 Probennummer: Mi 145087
 Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_05.08.2019
 In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
 Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 145087
Probenbezeichnung Kunde	KGS XXX, EG, Flur, Lüftungsschacht vorderer Bereich

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		55	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe			
Alkene		0	
Triisobutylene	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		0	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	< 1,0	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0
n-Alkane		0	
n-Heptan	142-82-5	< 1,0	1,0
n-Octan	111-65-9	< 1,0	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0
n-Undecan	1120-21-4	< 1,0	1,0
n-Dodecan	112-40-3	< 1,0	1,0
n-Tridecan	629-50-5	< 1,0	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	< 1,0	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		11,4	
BTEX		9	
Benzol	71-43-2	1,1	0,50
Toluol	108-88-3	5,1	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	< 1,0	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	2,8	1,0
o-Xylol	95-47-6	< 1,0	1,0
C3-Benzole		1,1	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	< 1,0	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 1,0	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	< 1,0	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	1,1	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 1,0	1,0
C4-Benzole		0	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	< 2,0	2,0
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	< 1,0	1,0
PAK		1,3	
Naphtalin	91-20-3	1,3	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe		0	
Styrol	100-42-5	< 1,0	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphtalin	119-64-2	< 2,0	2,0
Ether		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 30: Messerergebnisse pica

KGS XXX, EG, Flur Lüftungsschacht 80 cm Tiefe

Probenbezeichnung: Gfl 2022 / KGS XXX
Probenahmestelle: EG, Flur Lüftungsschacht, 80 cm Tiefe
Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
Probenart: Luftprobe auf Tenax
Anmerkung zur Probenahme:
Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes
Datum der Probenahme: 01.03.2022
Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-XXX
Dauer der Probenahme: 20 Min
Probenvolumen: 3 l 2,84 NI
Probennummer: Mi 144030
Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_05.08.2019
In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 144030
Probenbezeichnung Kunde	KGS XX, EG, Flur, Lüftungsschacht, 80 cm Tiefe

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		56	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe			
Alkene		0	
Triisobutylen	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		0	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	< 1,0	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0
n-Alkane		0	
n-Heptan	142-82-5	< 1,0	1,0
n-Octan	111-65-9	< 1,0	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
n-Undecan	1120-21-4	< 1,0	1,0
n-Dodecan	112-40-3	< 1,0	1,0
n-Tridecan	629-50-5	< 1,0	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	< 1,0	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		14,9	
BTEX		12,6	
Benzol	71-43-2	1,2	0,50
Toluol	108-88-3	4,5	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	1,2	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	4,5	1,0
o-Xylol	95-47-6	1,2	1,0
C3-Benzole		1,2	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	< 1,0	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 1,0	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	< 1,0	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	1,2	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 1,0	1,0
C4-Benzole		0	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	< 2,0	2,0
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	< 1,0	1,0
PAK		1,1	
Napthalin	91-20-3	1,1	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe		0	
Styrol	100-42-5	< 1,0	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	119-64-2	< 2,0	2,0
Ether		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 31: Messerergebnisse pica

KGS XXX, EG, Mensa

Probenbezeichnung: Gfl 2022 / KGS Grabenstraße Duisburg
Probenahmestelle: EG, Mensa
Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
Probenart: Luftprobe auf Tenax
Anmerkung zur Probenahme:
Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes
Datum der Probenahme: 01.03.2022
Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-XXX
Dauer der Probenahme: 20 Min
Probenvolumen: 3 l 2,84 NI
Probennummer: Mi 164813
Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_05.08.2019
In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 164813
Probenbezeichnung Kunde	KGS XX

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		130	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe			
Alkene		0	
Triisobutylen	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		0	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	< 1,0	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0
n-Alkane		0	
n-Heptan	142-82-5	< 1,0	1,0
n-Octan	111-65-9	< 1,0	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
n-Undecan	1120-21-4	< 1,0	1,0
n-Dodecan	112-40-3	< 1,0	1,0
n-Tridecan	629-50-5	< 1,0	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	< 1,0	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		12,9	
BTEX		11,7	
Benzol	71-43-2	2,4	0,50
Toluol	108-88-3	5,9	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	< 1,0	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	3,4	1,0
o-Xylol	95-47-6	1,2	1,0
C3-Benzole		1,2	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	< 1,0	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 1,0	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	< 1,0	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	1,2	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 1,0	1,0
C4-Benzole		0	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	< 2,0	2,0
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	< 1,0	1,0
PAK		0,0	
Napthalin	91-20-3	< 1,0	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe		0	
Styrol	100-42-5	< 1,0	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	119-64-2	< 2,0	2,0
Ether		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 32: Messerergebnisse pica

Zusammenfassung der Ergebnisse

Herkunft	Art der Probe	Ergebnis
Schule XXX Flur Lüftungsschacht Bereich vorne	Luftprobe Tenax Mi 145087	Die TVOC Summen-Konzentration $\leq 0,3 \text{ mg/ m}^3$ Sie ist somit Hygienisch unbedenklich Aber: es konnten aromatische Kohlenwasserstoffe, BTEX gemessen werden. Darunter auch Benzol!
Schule XXX Flur Lüftungsschacht Bereich hinten 80 cm	Luftprobe Tenax Mi 144030	Die TVOC Summen-Konzentration $\leq 0,3 \text{ mg/ m}^3$ Sie ist somit Hygienisch unbedenklich Aber: es konnten aromatische Kohlenwasserstoffe, BTEX gemessen werden. Darunter auch Benzol!
Schule XXX Mensa	Luftprobe Tenax Mi 164813	Die TVOC Summen-Konzentration $\leq 0,3 \text{ mg/ m}^3$ Sie ist somit Hygienisch unbedenklich Aber: es konnten aromatische Kohlenwasserstoffe, BTEX gemessen werden. Darunter auch Benzol!

Tabelle 33: Zusammenfassung der Ergebnisse

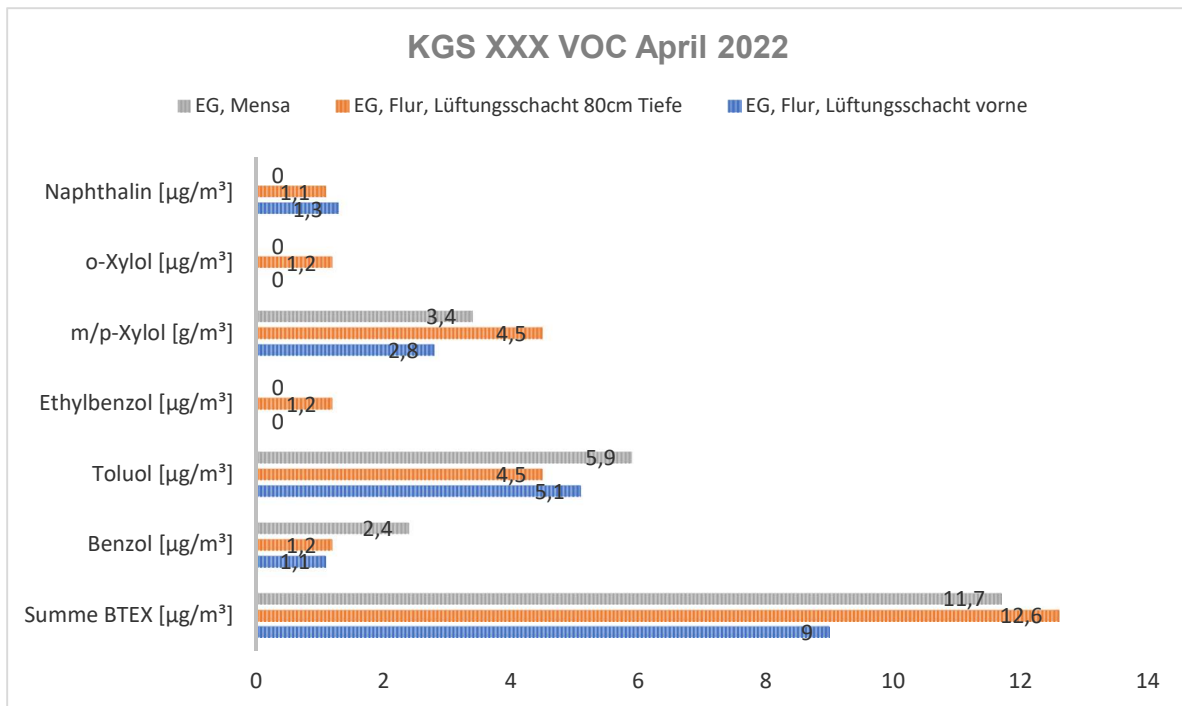


Abbildung 7: Darstellung der Konzentrationen in Abhängigkeit vom Messpunkt

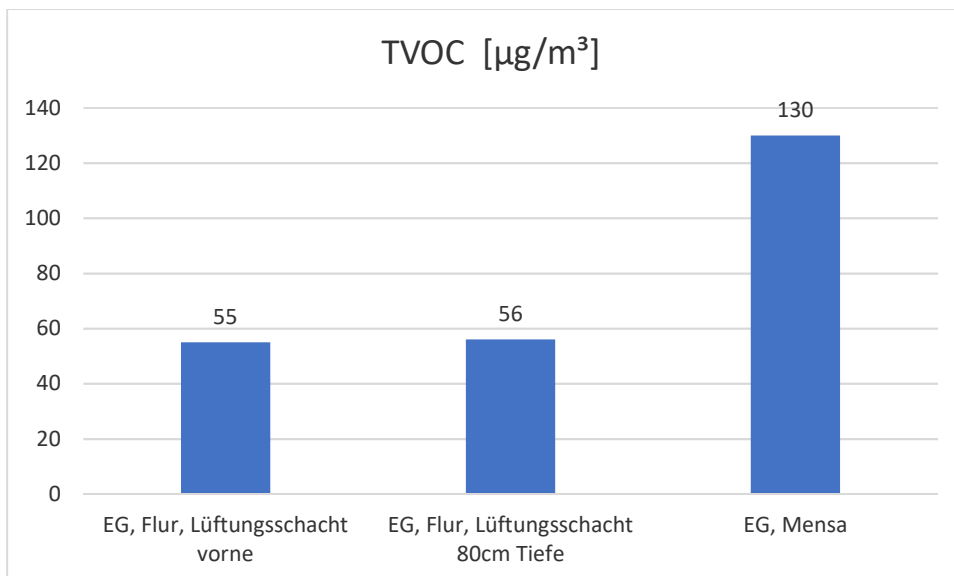


Abbildung 8: Darstellung der Konzentrationen in Abhängigkeit vom Messpunkt

Beantwortung der Zielsetzung

Ist in der Mensa ein Geruch feststellbar?

Ja, in der Mensa ist ein intensiver Geruch feststellbar!

„Geht von dem Geruch bzw. von den für den Geruch verantwortlichen Luftinhaltsstoffen eine gesundheitliche Gefährdung für die Nutzer aus?“

Die TVOC Summen-Konzentration

$\leq 0,3 \text{ mg/ m}^3$

Sie ist somit

Hygienisch unbedenklich

Aber: es konnten aromatische Kohlenwasserstoffe, BTEX gemessen werden. Darunter auch Benzol! Allerdings in geringer Konzentration.

Somit ist eine gesundheitliche Gefährdung nicht grundsätzlich auszuschließen.

Lassen sich in dem Lüftungsschacht im Flur relevante Luftinhaltsstoffe nachweisen?

Ja, es konnten aromatische Kohlenwasserstoffe, BTEX gemessen werden. Darunter auch Benzol! Allerdings in geringer Konzentration

„Lässt sich eine Ursache für die Geruchsbelastung bzw. für den „Duftenden Hausstaub“ feststellen?“

Nach intensivem Austausch mit dem namhaften Umweltinstitut hat dieses den Raum über der Mensa untersucht. Hier war ein Parkettboden mit schwarzem Kleber verlegt. Dieser Kleber war hochkonzentriert mit Aromaten und PAKs belastet.

In der Raumluft dieses Raumes konnten keine Auffälligkeiten gemessen werden. Auch eine geruchliche Auffälligkeit konnte nicht festgestellt werden.

Die in der Mensa gemessenen Luftinhaltsstoffe waren durch die Zimmerdecke aus dem darüber liegenden Raum hinein diffundiert!

Unsere, momentan mit dem BBSR und dem UBA diskutierte, Arbeitsthese geht davon aus, dass die im Hausstaub nachgewiesenen Aldehyde (Hexanal bis Decanal) auf menschliches Hautfett zurückzuführen ist. Dem steht die Arbeitsthese des UBA gegenüber, dass Inhaltsstoffe von Reinigungsmitteln für die Aldehydkonzentrationen verantwortlich ist.

Wir würden diese Arbeitsthese gerne in einem nachfolgenden Forschungsauftrag bearbeiten.

4.4.8 Fettgerüche in einem Automaten-Casino

Ausgangssituation:

Im Rahmen unserer Vorstudie zu diesem Forschungsprojekt wurden wir gebeten die vorhandene Geruchsproblematik in einem Automaten-Casino zu untersuchen.

Olfaktorische Wahrnehmung in der Spielstätte

Folgende Personen, bzw. Personengruppen konnten dauerhaft zu unterschiedlichen Messzeitpunkten in der Innenraumluft der CASINO XXX Spielothek eine Geruchssituation wahrnehmen, die als **erheblich belästigend** beschrieben wurde:

- Nutzer / Gäste
- Mitarbeiterinnen
- der Unterzeichner

Die Geruchswahrnehmung wurde als ranzig, fettig, ölig beschrieben, vereinzelt wurde von einigen Benutzern auch der Begriff „leicht beißend“ verwendet.

Zielsetzung:

Der Auftraggeber bat um die Beantwortung folgender Fragen:

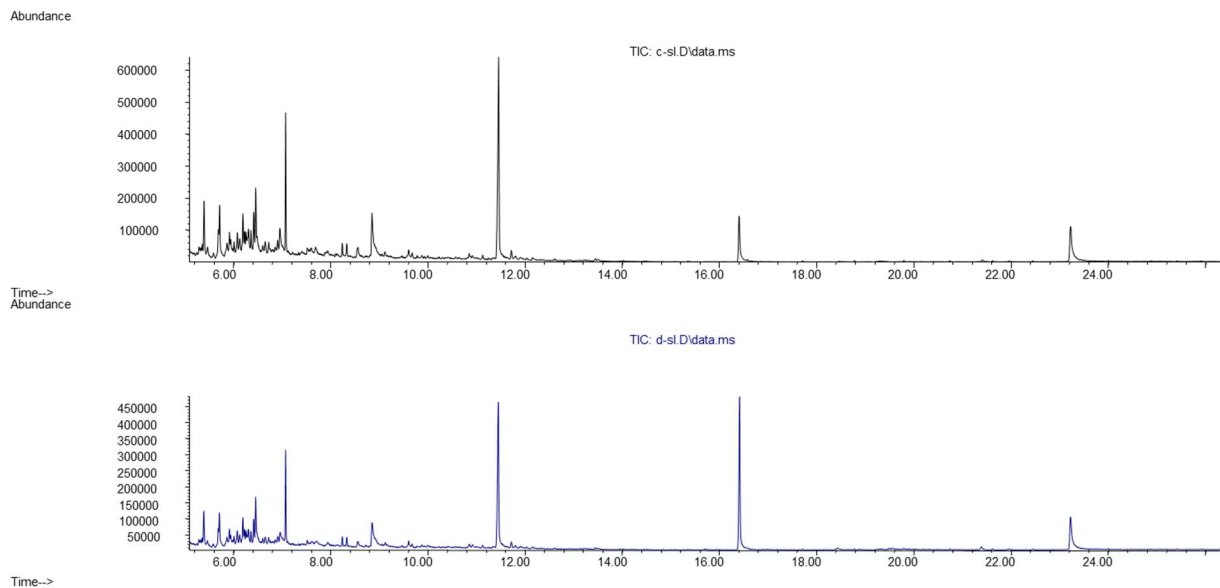
- 1) Lassen sich Inhaltsstoffe in der Luft nachweisen, die für die Geruchssituation verantwortlich sind?
- 2) Lässt sich eine Ursache für die Geruchsproblematik benennen?
- 3) Sind technische Maßnahmen möglich, die den momentanen Zustand für die Nutzer temporär verbessern?

Durchgeführte Messungen:

Herkunft	Art der Probe	Untersuchungsparam.
Aufenthaltsraum Spielothek ohne RLF Geräte	Luftprobe 1 13699 Min 3424,8 m ³ * Aktivkohlematte	VOC „Fettgerüche“
Aufenthaltsraum Spielothek mit RLF Geräten	Luftprobe 2 16002 Min 4000,5 m ³ * Aktivkohlematte	VOC „Fettgerüche“

Tabelle 34: Übersicht Raumluftmessungen

*= Die Volumenangaben beruhen auf den Berechnungen des Herstellers.



Chromatogramm(e) 12: Raumluftmessungen Automatencasino

Das obere Chromatogramm zeigt die Geruchssituation ohne RLF Gerät.
Das untere Chromatogramm zeigt die Geruchssituation mit RLF-Gerät
(Bitte Skalierung beachten)

Substanz	Ohne RLF Gerät Konz. Innenraumluft [µg/m³]	Mit RLF-Geräte Konz. Innenraumluft [µg/m³]	Reduktion [%]
Butoxyethanol	0,27	0,24	11
1 Butoxy 2 propanol	1,64	0,29	82
n Dekan	0,75	0,09	88
Trimethylbenzol	1,21	0,21	83
Limonen	1,63	0,08	95
Mandelsäuretrisilylester	2,38	0,14	94
Nicotin	1,81	0,27	85
Glycin	7,16	1,49	79
Zitronensäuretributylester	1,8	1,45	19
Caprinsäure	2,33	0,56	76
Gesamt TVOC	20,98	4,82	77

Tabelle 35: Übersicht Messergebnisse

Die Tabelle stellt die gemessenen Innenraumluftkonzentrationen relevanter Geruchsinhaltsstoffe ohne RLF Gerät und mit RLF-Gerät gegenüber. Zugleich wird die Reduktion der Geruchsinhaltsstoffe durch die RLF-Geräte in % angegeben.

Die hier angewandte Messmethode ist wie bereits mehrfach ausgeführt Halbquantitativ. Ich halte die Aussage der Reduktion dennoch für statthaft, da zwei nach identischen Verfahren gewonnenen Ergebnisreihen gegenübergestellt werden.

Beantwortung der Zielfragen:

- 1) Lassen sich Inhaltsstoffe in der Luft nachweisen, die für die Geruchssituation verantwortlich sind?

Ja, es konnten der Geruchssituation eindeutig Luftinhaltsstoffe zugeordnet werden.

- 2) Lässt sich eine Ursache für die Geruchsproblematik benennen?

Ja, im Nachbargebäude, nur durch eine gemeinsame Hauswand getrennt, befand sich ein Imbissgrill. Nach unseren Messungen untersuchte der Betreiber seine Abluftanlage und seine Frittiertemperatur. Die Abluftanlage war nicht richtig eingestellt und die Frittiertemperatur zu hoch.

- 3) Sind technische Maßnahmen möglich, die den momentanen Zustand für die Nutzer temporär verbessern?

Die aufgestellten RLF -Geräte (Raumlufffiltrationsgeräte) „sansoro“ minimierten eindeutig die Geruchssituation.

4.4.9 Geruchsbelastung In einem Büro einer Schule, Mangelnde Lüftung

Ausgangssituation:

Wir hatten die Möglichkeit uns mit einer Geruchsproblematik in einer Schule einer niederrheinischen Stadt zu beschäftigen. Auslöser war eine Eingabe der Mitarbeiter*innen, dass es zu einer permanenten geruchlichen Belastung in einem Büro im 1. OG kommen würde.

Die Nutzer klagten über eine dumpfe, drückende Innenraumluft.

Der Betreuungszeitraum erstreckte sich aufgrund der Pandemiesituation über ca. 18 Monate.

Geruchliche Wahrnehmung:

Keine direkte geruchliche Auffälligkeit.

Staubablagerungen, die wie bereits mehrfach erwähnt riechen.

Das Empfinden „abgestandener“ Luft, trocken, dumpf, leicht stickig.

Raumausstattung:

Textiler Fußbodenbelag, zwei große Schreibtische samt Stühlen, Computer, Drucker, Wandregale.

Besonderheit: Der Raum lässt sich nur über die Kippstellung der Fenster öffnen.

Vor den Fenstern befinden sich metallene Sichtelemente.

Nutzung:

Büro für zwei Mitarbeiter*innen.

Mit dem Auftraggeber vereinbarte Messungen

1 x Langzeitgeruchsmessung in der Innenraumluft (Methode 1)

1 x Hausstaubuntersuchung (Inhaltsstoffe)

Spätere Beauftragung:

1 x Langzeitgeruchsmessung in der Innenraumluft (Methode 2).

Materialuntersuchungen.

Einsatz von Datenloggern zur Aufzeichnung der Luftqualitätsparameter Temp., rel. Feuchte, CO₂-Konzentration.

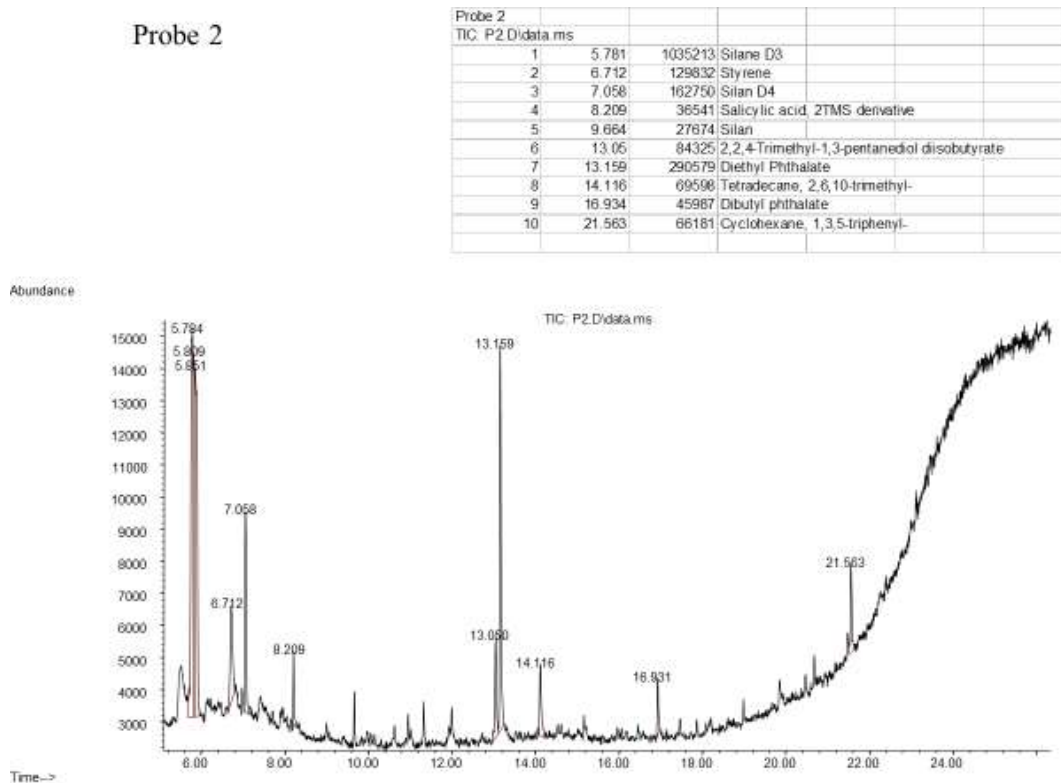
Wir haben diesem Projekt gemeinsam mit der Hochschule Niederrhein FB Chemie, Instr. Analytik durchgeführt.

Unser Ansprechpartner in der Schule war die zuständige Fachkraft für Arbeitssicherheit.

Das Chromatogramm der Hausstaubuntersuchung zeigte das bekannte Profil mit den Peaks für Hexanal, Heptanal, Octanal, Nonanal und Decanal.

Die Ergebnisse der ersten Langzeitprobenahme aus Juni 2021 zeigten keine Auffälligkeiten im Chromatogramm.

Diese Ergebnisse wurden der Fachkraft für Arbeitssicherheit mitgeteilt.



Chromatogramm 13: Raumluftanalyse Büroraum

Chromatogramm zur ersten Langzeitprobenahme in diesem Projekt.

Es konnten nur sehr geringe Konzentrationen an Inhaltsstoffen, hauptsächlich Silanen und Phthalaten nachgewiesen werden.

Im März 2022 meldete sich unser Ansprechpartner erneut und bat um weitere Messungen. In den folgenden Fachgesprächen stellte sich heraus, dass, in guter Absicht“ an unserem Probenahmegerät Eingriffe von Dritten stattgefunden hatten.

Bei der Methode 1 wird das Luftfiltrationsgerät der Firma Hauser Umweltservice eingesetzt. Dieses ist, wie bereits ausgeführt, extrem leise. Darum eignet es sich gut für den alltäglichen Einsatz während des Unterrichtes oder bei konzentrierter Arbeit in Büroräumen (unter der Prämisse, dass eine qualitative Aussage hinsichtlich Luftinhaltsstoffe getroffen werden soll). Der Haustechniker der für das Verwaltungsgebäude zuständig ist, hatte bei einem Kontrollgang keine Motor- bzw. Luftzuggeräusche gehört und hat dann, in guten Glauben, das Probenahmegerät geöffnet. Konstruktionsgemäß schaltete sich das Gerät natürlich sofort ab. Der Haustechniker fühlte sich bestätigt. Tage später haben dann die Nutzer des Gerätes gesehen, dass sich das Gerät ausgeschaltet hatte und haben es wieder angestellt. Die genauen Zeitabläufe waren nicht mehr detailliert nachzuverfolgen. Auch die Frage ob die Filtermedien unter den Handlungen gelitten hatten, ließ sich nicht beantworten.

Die Ergebnisse waren somit nicht zu verwerten!

Im März 2022 wurden dann zeitgleich eine Langzeitprobenahme mit dem GSA-Probensammler (Methode 2) durchgeführt, sowie Materialproben untersucht und Datenlogger für die Raumluftparameter Temp., rel. Feuchte, CO₂-Konzentration aufgestellt.

Angaben zur Probenahme:

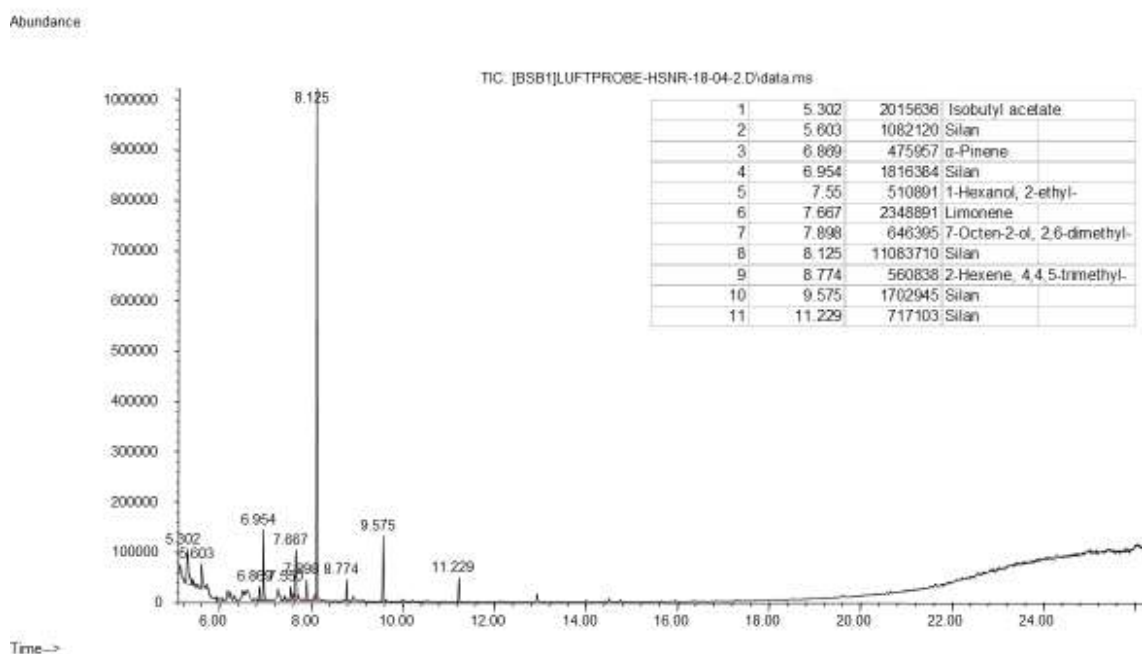
Beginn: 18.03.2022 um 14:28 Uhr
 Ende: 08.04.2022 um 14:07 Uhr

Die GSA – Pumpe regelt den vorgegebenen Volumenstrom immer automatisch nach. Die Probenahmegerät wird regelmäßig in kurzen Abständen bei der GSA in Ratingen gewartet.

Laufzeit in diesem Projekt: 30.219 Min
 Eingestellter Volumenstrom: 2,0 l/min
 Probenahmevolumen: 60,438 m³
 Adsorber: Dräger Aktivkohle ORSA Einwaage: 10,0 g

Das Labor der Instr. Analytik, Hochschule Niederrhein in Krefeld teilte mir mit, dass im Chromatogramm lediglich Limonen, α -Pinen und Silane nachgewiesen wurden. Die Auswertung ergab für alle gemessenen Substanzen Konzentrationen < 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Raumluftprobe Büro XXX 18.0322-08.04.22 HSNR

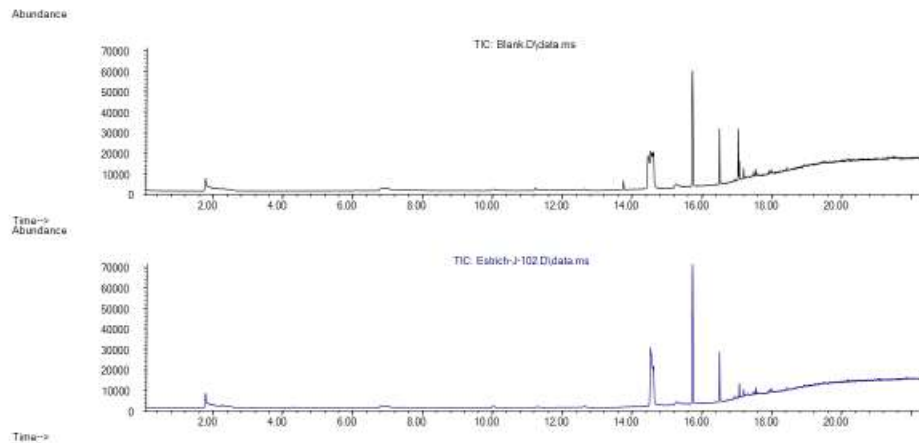


Chromatogramm 14: Raumluftanalyse Büroraum

Auch die Materialproben zeigten keine relevanten Auffälligkeiten:

Proben Raum XXX

Estrich vs. Blindwert

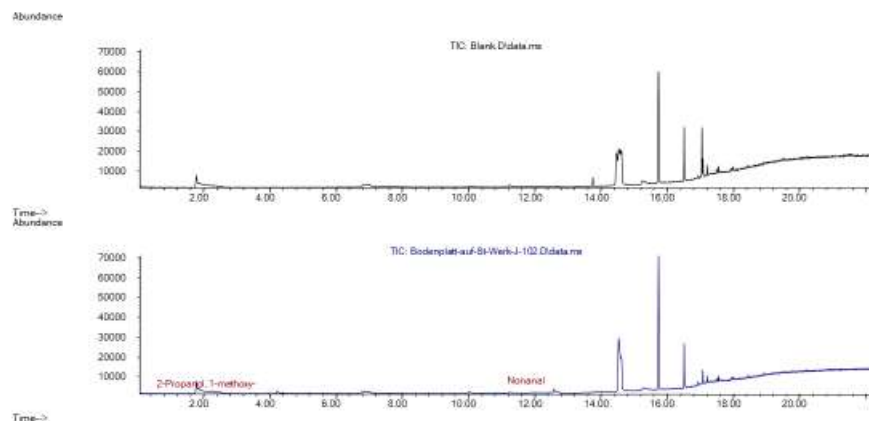


Chromatogramm 15: Materialanalyse Büroraum

Proben Raum XXX

Bodenplatte vs. Blindwert 1

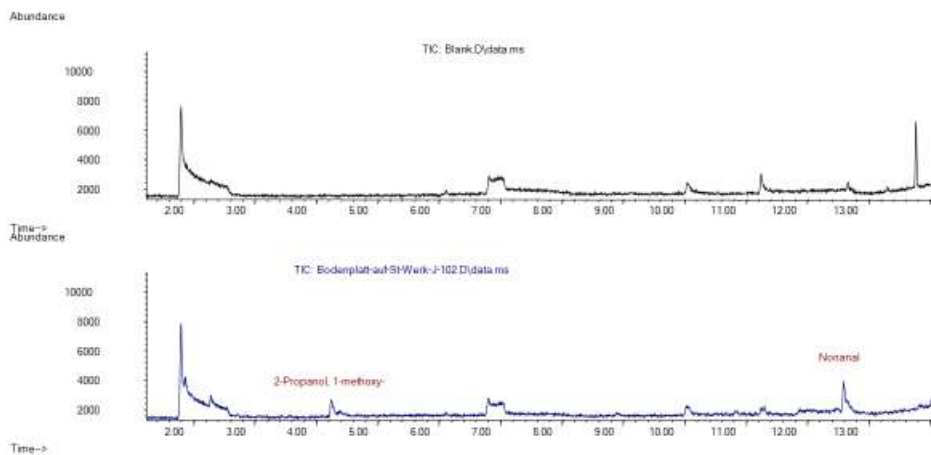
- Estrich vs. Blindwert



Chromatogramm 16: Materialanalyse Büroraum

Proben Raum XXX

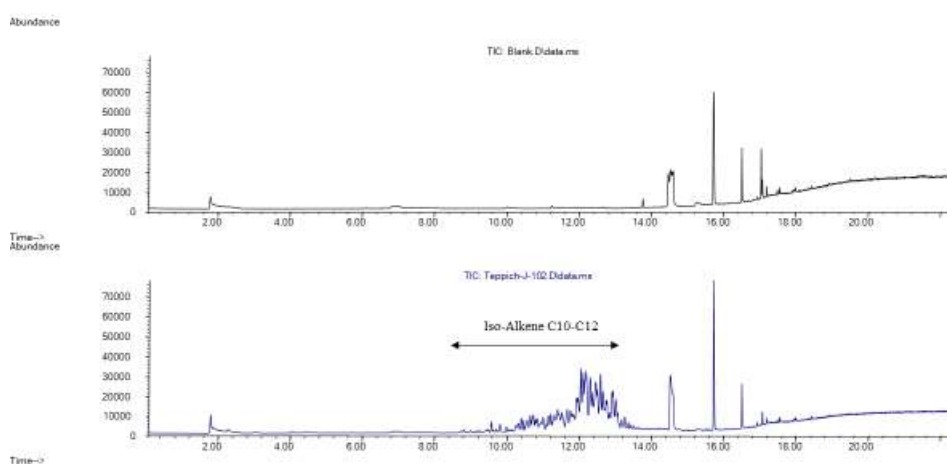
Bodenplatte vs. Blindwert 2



Chromatogramm 17: Materialanalyse Büroraum

Proben Raum XXX

Teppich vs. Blindwert



Chromatogramm 18: Materialanalyse Büroraum

Die Messungen mit den Datenloggern zeigten folgende Ergebnisse:

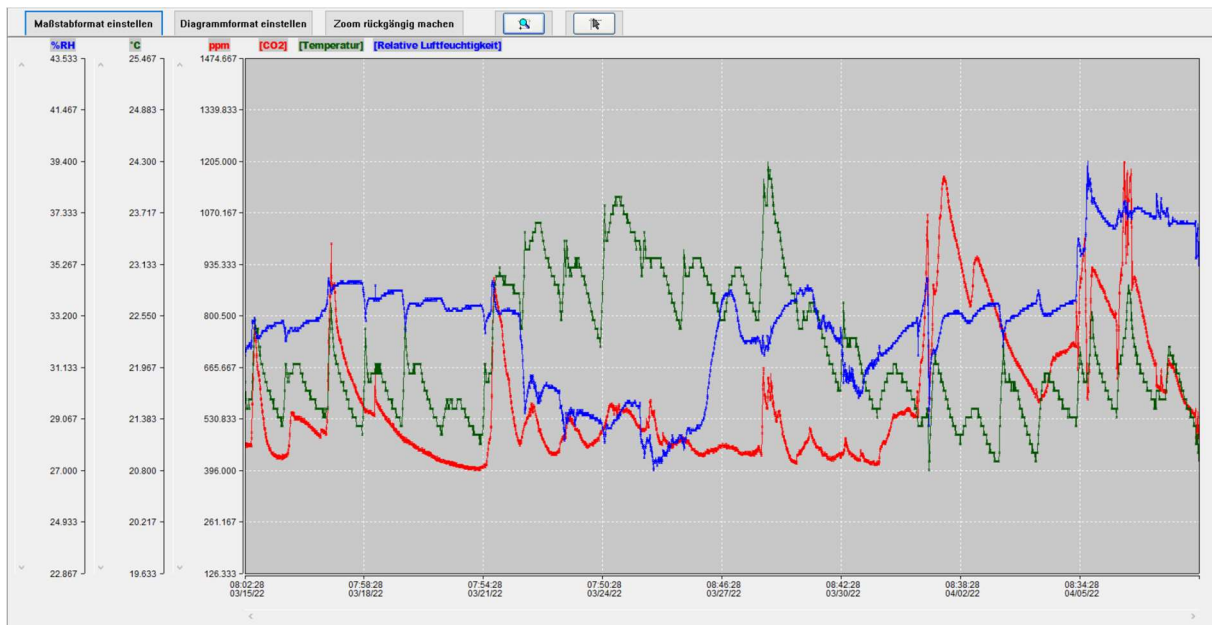


Abbildung 9: Datenübersicht Datenlogger

802_17032800254 Datenübersicht

Abtastfrequenz: 120 Sekunden
 Messproben: 17264
 Zeit starten: 03/15/22 08:02:28
 Zeit beenden: 04/08/22 08:28:28
 Erfassungszeit: 23Tage 23Stunden 28Minuten

Kanal 1: CO2

Maximum: 1205.00ppm @ 04/06/22 11:22:28
 Minimum: 396.00ppm @ 03/21/22 03:34:28
 Durchschnitt: 582.99ppm

Kanal 2: Temperatur

Maximum: 24.30°C @ 03/28/22 12:30:28
 Minimum: 20.80°C @ 04/01/22 13:36:28
 Durchschnitt: 22.16°C

Kanal 3: Relative Luftfeuchtigkeit

Maximum: 39.40%RH @ 04/05/22 13:24:28
 Minimum: 27.00%RH @ 03/25/22 14:32:28
 Durchschnitt: 32.83%RH

Es gelten die Leitwerte für Kohlendioxid des Umweltbundesamtes:

Leitwerte für Kohlendioxid (2008)

CO₂-Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertungen	Empfehlungen
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000-2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
>2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Tabelle 36: Leitwerte für Kohlendioxid

Fazit:

Weder die Innenraumluftmessungen noch die Materialproben erbrachten Hinweise auf die geruchliche Beeinträchtigung der Nutzer:

Auffällig waren: der Hausstaub mit den bekannten Inhaltsstoffen und die Ergebnisse des Datenlogger mit der zeitweisen CO₂-Konzentration über 1.000 ppm.

Die Innenraumluft ist also zeitweise hygienisch auffällig.

Leider kann aus baulichen Gründen das Lüftungsverhalten bzw. der Luftwechsel nicht verbessert werden.

4.4.10 Geruchsbelastung in einer Schule, Fußboden in 2 Räumen

Ausgangssituation:

Wir hatten die Möglichkeit uns mit einer Geruchsproblematik in einer Schule einer Großstadt zu beschäftigen. Auslöser war eine Eingabe der Schulleitung, dass es zu massiven geruchlichen Belastungen in mehreren Klassenräumen im 1. OG außerdem im Raum der Reinigungskräfte und in der „Lehrküche“ im 2. OG kommen würde. Die betroffenen Klassenräume im 1. OG und die Lehrküche lagen direkt untereinander.

Der Raum der Reinigungskräfte befindet sich in einem anderen Gebäudetrakt.

Neben der Schulleitung, dem Haustechniker, dem Städtische Gebäudemanagement waren außer uns auch noch das örtliche Gesundheitsamt involviert.

Der Betreuungszeitraum erstreckte sich aufgrund der Pandemiesituation über ca. 18 Monate.

Die Gerüche waren „plötzlich aufgetaucht“.

Es hatten keine Veränderungen im Gebäude stattgefunden. Keine Renovierung, keine Malerarbeiten, keine Veränderung im Reinigungswesen. Allerdings war vor mehreren Jahren der Fußbodenbelag erneuert worden. Dieser wies keine Beschädigungen oder Abriebspuren auf.

Die Ursachensuche wurde erschwert durch eine Vielzahl von Auffälligkeiten:

- Nur die bereits aufgeführten Räume waren von der Geruchsbelastung betroffen
- Der Raum der Reinigungskräfte wurde saniert, vom dabei sichtbaren Fliesenkleber ging ein starker Geruch aus, der der Geruchswahrnehmung in den Klassenzimmern und der Lehrküche vergleichbar war
- In allen Räumen waren Fußleisten mit undefinierbaren Lüftungsschlitzen vorhanden (nach den letzten Messungen haben wir einige entfernt um ihren Verwendungszweck zu verstehen [Lüftungsleitungen waren nicht vorhanden])
- In der Lehrküche befanden sich unter jeder Spüle offene Lüftungsrohre, deren Sinn vom SHK-Sachverständigen nicht ergründet werden konnte, sie waren aber nicht die Ursache der Geruchsproblematik)
- Nach dem Starkregenereignis im Sommer 2021 traten in der Schule Schimmelpilzschäden auf, die zu einer zusätzlichen Geruchbelastung führten



Foto 14: Lüftungsschlitze in der Fußleiste



Foto 15: „Belüftungsröhr?“ unter einer Spüle

Messungen:

Unsere Messungen wurden in folgender Reihenfolge durchgeführt

- Materialprobe Fliesenkleber Raum der Reinigungskräfte (Putzmittelraum)
- Langzeit VOC-Messung im Raum 14.1 im 1. OG
- Langzeit VOC- Messung in der Lehrküche im 2. OG
- VOC-Messung mittels Tenax im Raum 13 (Kurzzeitmessung) im 1. OG
- VOC-Messung mittels Tenax im Raum 13 (Kurzzeitmessung) „Bodenluft“ im 1. OG
- VOC-Messung mittels Tenax in der Lehrküche (Kurzzeitmessung) im 2. OG
- VOC-Messung mittels Tenax in der Lehrküche (Kurzzeitmessung) „Bodenluft“ im 2. OG

Bestimmung von VOC`s in Materialproben

Probenbezeichnung:	Gfl 2021/ Schule / 1. OG Putzmittelwagenraum/ VOC/ 1 Wandfliese und Untergrund (Kleber und Putz)
Untersuchungsauftrag:	Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
Probenart:	Materialprobe
Probennehmer:	Herr Dipl. Ing. Brandes
Probenahmestelle:	Schule XXX Reinigungsraum Putzmittelraum Wand neben Waschbecken
Probenahmegerät:	Probenahmegerät:
Probenahmeverfahren:	Fliese mit Kleber und Putz
Datum der Probenahme:	21.06.2021
Prüfverfahren:	GC - MS
Proben- Einwaage:	4,3875 g
Extraktion:	Flüssig-Fest-Extraktion Beschleunigte Lösungsmittelextraktion 7 ml Aceton. 8 ml Hexan 100°C, 20 Min
GC:	7890A Agilent Technologies
Säule:	FS-Supreme-5ms-Plus Länge: 30m ID 0,25 mm Filmdicke: 0,25µm
Aufgabesystem:	Kaltaufgabesystem Gerstel 4 (KAS4)
Detektor:	5975 insert XL MSD Triple-Axis-Detektor
Geräteeinstellungen:	
Aufgabesystem:	Splitless
Injektionsmenge:	1 µl
GC:	
Säulenfluß:	0,77 ml/min
Temperaturprogramm:	50°C 3 min halten 15°C/min bis 150°C 35°C/min bis 320°C 10 min halten
MS-Detektor:	Fullscan 35-450 Dalton 3,5 Spektren pro Sekunde

Identifizierte Inhaltsstoffe

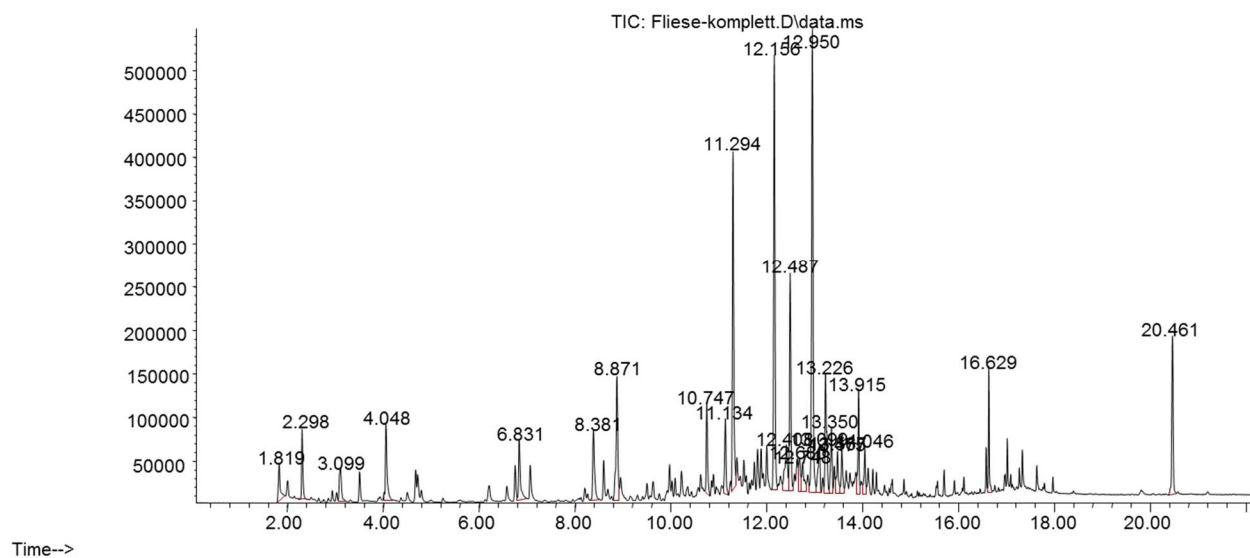
Peakliste Fliese komplett:

TIC: Fliese-komplett.D\data.ms						
1	1.819	851906	System-Blank			
2	2.298	1371939	Acetone			
3	3.099	1082599	2-Butanone			
4	4.048	2087252	1-Butanol+Pentanal			
5	4.669	293642	Heptane			
6	6.746	784343	Octane			
7	6.831	1619467	Hexanal			
8	7.06	936873	Acetic acid, butyl ester			
9	8.381	2055520	m/p-Xylol			
10	8.595	754045	3-Heptanone			
11	8.871	3264525	o-Xylol			
12	9.97	576392	Hexanal, 2-ethyl-			
13	10.747	2000093	1-Hexanol, 2-ethyl-			
14	11.134	1806355	Mesitylene			
15	11.294	7613257	Decane, 4-methyl-			
16	11.375	570167	Decane, 2-methyl-			
17	11.807	954549	Decane, 3-methyl-			
18	11.881	587055	Naphthalene, decahydro-,			
19	11.999	967512	2-Undecene+?			
20	12.156	9914376	Undecane			
21	12.408	1794412	trans-p-mentha-1(7),8-dien-2-ol+trans-Decalin, 2-methyl-			
22	12.487	4688498	Acetic acid, 2-ethylhexyl ester			
23	12.95	11123966	cis-Decahydronaphthalene			
24	13.099	1534439	trans-p-mentha-1(7),8-dien-2-ol+Decahydro-2-methylnaphthalene			
25	13.226	3381100	Cyclohexane, pentyl-+3-Methylheptyl acetate			
26	13.35	1631126	4-Caranone			
27	13.475	1104648	Undecane, 2-methyl-			
28	13.567	967150	2-Hexyl-1-octanol			
29	13.915	1753096	Dodecane			
30	14.046	765022	Undecane, 2,6-dimethyl-			
31	16.573	614376	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-			
32	16.629	1784358	Diethyl Phthalate			
33	17.014	695624	1,3-Diphenylpropane			
34	17.328	615711	1,2-Diphenylcyclopropane			
35	20.461	3531286	Cyclohexane, 1,3,5-triphenyl-			
	RT	Name				
	2.64	Carbon disulfide				
	2.93	3-Butanedione				
	2.85	Methacrolein				
	3.5	2-Pentanol, 2-methyl-				
	4.49	2-Pentanone				

Tabelle 37: Inhaltsstoffe Wandfliese komplett

Chromatogramm:

Abundance



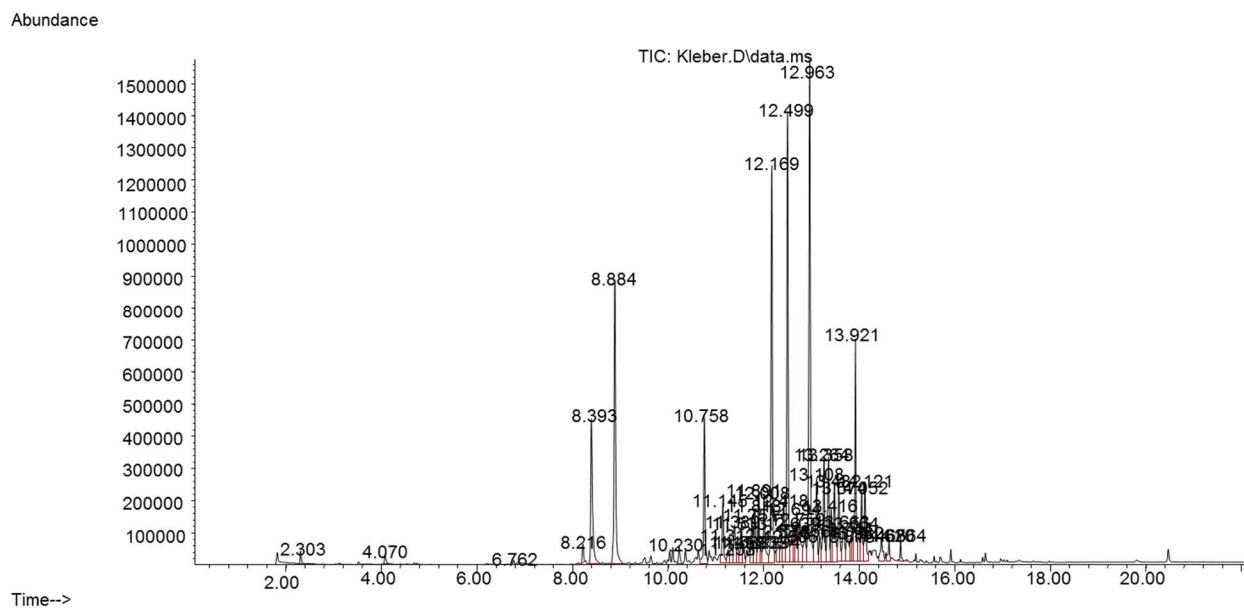
Chromatogramm 19: Inhaltsstoffe Wandfliese komplett

Peakliste Klebstoff:

TIC: Kleber.D\data.ms					
1	2.303	640680	Acetone		
2	4.07	670302	1-Butanol		
3	6.762	251138	Octane		
4	8.216	1171879	Ethylbenzene		
5	8.393	12150892	m/p-Xylol		
6	8.884	21260243	o-Xylol		
7	10.23	1311057	Octane, 3-ethyl-		
8	10.758	9528277	Decane		
9	11.145	4259663	Decane, 4-methyl-		
10	11.253	1061998			
11	11.312	2205939	1-Hexanol, 2-ethyl-		
12	11.389	3153108	Mesitylene		
13	11.458	1425619			
14	11.533	2967833	Cyclohexane, butyl-		
15	11.583	1247128	Cymene		
16	11.751	2836834			
17	11.818	3896164			
18	11.891	4172976	iso-Alkane		
19	11.933	1180991			
20	12.008	5651932			
21	12.169	26178563	Naphthalene, decahydro-, trans-		
22	12.294	2216721			
23	12.374	1843861			
24	12.418	5318313			
25	12.499	26973707	Undecane		
26	12.587	2225914			
27	12.639	2821151			
28	12.694	4510712	7-Methyl-1,2,3,5,8,8a-hexahydronaphthalene		
29	12.759	4030620			
30	12.866	2926609			
31	12.963	35736852	Naphthalene, decahydro-, cis-		
32	13.108	7501190			
33	13.176	1935215			
34	13.264	7632644	Cyclohexane, pentyl-		
35	13.358	8063970			
36	13.416	3055529			
37	13.482	6304952			
38	13.574	5309438	iso-Alkane		
39	13.663	3667514			
40	13.744	3256626			
41	13.815	1457584			
42	13.864	2438906			
43	13.921	11250360	Dodecane		
44	13.982	2208085			
45	14.052	5047341			
46	14.121	5810400			
47	14.465	2323319			
48	14.62	1380298			
49	14.864	1024311			

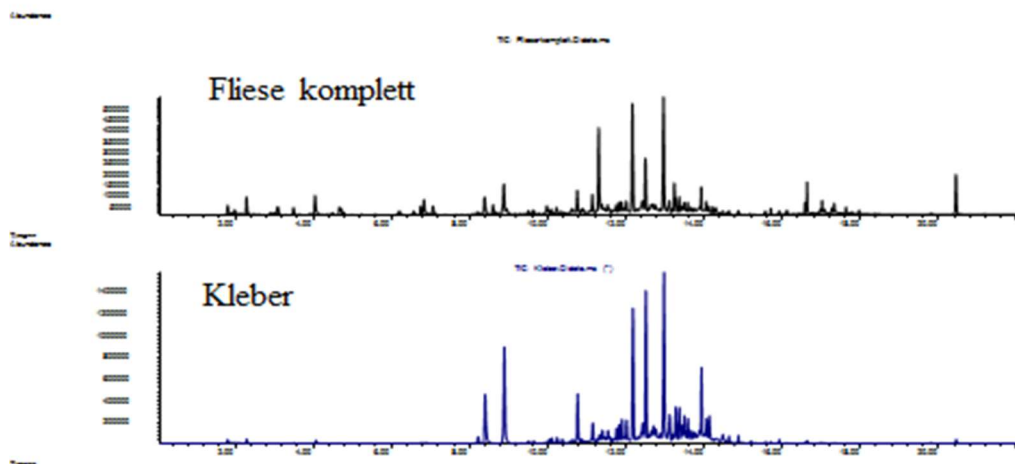
Tabelle 38: Inhaltsstoffe Klebstoff

Chromatogramm:



Chromatogramm 20: Inhaltsstoffe Klebstoff

Overlay Fliese / Kleber



Chromatogramm(e) 21: Overlay Fliese / Klebstoff

Die Untersuchungen zeigten relevante Inhaltsstoffe in den Materialproben.

Diese stammen in erster Linie aus dem Fliesenkleber.

Besonders hervorzuheben sind hier folgende Substanzen:

- m-/o-/p-Xylol
- Undecan
- Naphtalin
- Kohlenstoffdisulfid

VOC Messungen 1. OG Raum 14

Probenbezeichnung:	Gfl 2021/ Schule / 1. OG Raum 14 / VOC/ 2 Innenraumluft
Untersuchungsauftrag:	Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
Probenart:	Materialprobe
Probennehmer:	Herr Dipl. Ing. Brandes
Probenahmestelle:	Schule XXX Raum 14, 1. OG (Klassenzimmer)
Probenahmegerät:	Raumluftfiltrationsgerät der Firma (Probenahmegerät) Hauser Umweltservice GmbH & Co KG
Probenahmevolumen:	263,34 m ³
Datum der Probenahme:	24.06.2021 08:30 Uhr bis 22.07.2021 08:38 Uhr [=40328 Minuten]
Prüfverfahren:	GC - MS
Proben- Einwaage:	1,6039 g
Extraktion:	Flüssig-Fest-Extraktion Beschleunigte Lösungsmittlextraktion 7 ml Aceton. 8 ml Hexan 100°C, 20 Min
GC:	7890A Agilent Technologies
Säule:	FS-Supreme-5ms-Plus Länge: 30m ID 0,25 mm Filmdicke: 0,25µm
Aufgabesystem:	Kaltaufgabesystem Gerstel 4 (KAS4)
Detektor:	5975 insert XL MSD Triple-Axis-Detektor
Geräteeinstellungen:	
Aufgabesystem:	Splitless
Injektionsmenge:	1 µl
GC:	
Säulenfluß:	0,77 ml/min
Temperaturprogramm:	50°C 3 min halten 15°C/min bis 150°C 35°C/min bis 320°C 10 min halten
MS-Detektor:	Fullscan 35-450 Dalton 3,5 Spektren pro Sekunde

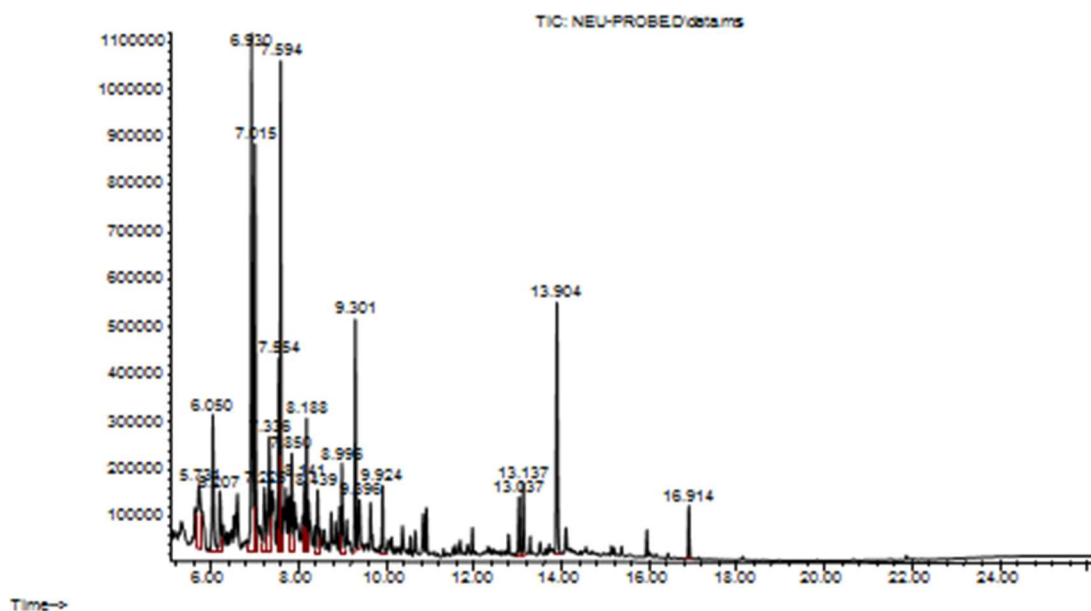
Identifizierte und Quantifizierte Inhaltsstoffe

1	5.731	7420642	Acetic acid, butyl ester			
2	6.05	6784013	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-			
3	6.207	3698920	1-Methoxy-2-propyl acetate			
4	6.93	23865882	α -Pinene			
5	7.015	14005879	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-			
6	7.225	4320801	Benzaldehyd			
7	7.336	6080693	β -Pinene			
8	7.554	6123421	: 3-Carene			
9	7.594	16158833	1-Hexanol, 2-ethyl-			
10	7.85	4741728	Indane			
11	8.141	2523151	Undecane			
12	8.188	4890200	: 2-[(Trimethylsilyl)oxy]-2-[4-[(trimethylsilyl)oxy]phenyl]ethanamine			
13	8.439	3288428	Benzofuran, 2-methyl-			
14	8.996	3640875	Dodecane			
15	9.301	8256799	Naphthalene			
16	9.396	2533884	2-Propanol, 1-(2-butoxy-1-methylethoxy)- + Ethanol, 2-phenoxy-			
17	9.924	2265352	Tridecane			
18	13.037	2427648	: 2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate			
19	13.137	2873556	Diethyl Phthalate			
20	13.904	11220381	Ethylene glycol - Adipate - Diethylene glycol			
21	16.914	1983756	Dibutyl phthalate			

Tabelle 39: Inhaltsstoffe Raumluft

Probe Schule

Abundance



Chromatogramm 22: Raumluftanalyse

Substanz	RT [min]	Konzentration* µg/m ³
Acetic acid, butyl ester	5,731	10,3
2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl	6,05	9,4
α-Pinene	6,93	34,8
Cyclotetrasiloxane, octamethyl	7,015	18,7
Benzaldehyd	7,225	5,6
β-Pinene	7,336	8,0
3-Carene	7,554	8,1
1-Hexanol, 2-ethyl	7,594	21,45
Undecane	8,141	3,3
1-[(trimethylsilyloxy)-2-(4[trimethylsilyloxy]phenyl)ethanamine	8,188	6,4
Benzofuran, 2-methyl	8,439	4,3
Dodecane	8,996	4,7
Naphthalene	9,301	11,0
Diethyl Phthalate	13,137	3,8
Ethylene glycol-Adipate-Diethylene glycol	13,904	15,0
Dibutyl phthalate	16,914	2,5
TVOC		

Tabelle 40: Inhaltsstoffe Raumluf

Eine zusätzliche spezifischere Auswertung des Chromatogramms in dem Retentionszeitraum von 7,5 Minuten bis 10 Minuten zeigte bei der Retentionszeit von 9,3 Minuten eindeutig die Substanz **Benzothiophen**.

*Es handelt sich um eine näherungsweise Berechnung.

Das Probenahmevolumen bezieht sich auf eine Werksangabe des Herstellers.

Die Probenvorbereitung und Analyse entspricht keiner VDI-, DIN ISO-, AGÖF- Vorgabe.

Wir haben mit dieser Auswertung versucht ein Gefühl für die vorliegende Größenordnung zu bekommen.

Substanz	Konzentration µg/m ³	RW I (UBA) µg/m ³	OW AGÖF µg/m ³
Acetic acid, butyl ester	10,3	/	/
2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl	9,4	/	/
α-Pinene	34,8	200	68
Cyclotetrasiloxane, octamethyl	18,7	/	/
Benzaldehyd	5,6	20	15
β-Pinene	8,0	200	8,7
3-Carene	8,1	200	2,6
1-Hexanol, 2-ethyl	21,45	/	13
Undecane	3,3	/	/ [<2]/
1-[(trimethylsilyloxy)-2-(4[trimethylsilyloxy]phenyl)ethanamine	6,4	/	/
Benzofuran, 2-methyl	4,3	/	/
Dodecane	4,7	/	/ [<2]
Naphthalene	11,0	10	1,2
Diethyl Phthalate	3,8	/	1,8
Ethylene glycol-	15,0	/	/
Diethylene glycol			
Dibutyl phthalate	2,5	/	/ [<7]
	167,35		
TVOC	> 300		

Tabelle 41: Gegenüberstellung Messwerte, RW I und OW AGÖF

VOC Messungen 2. OG Lehrküche

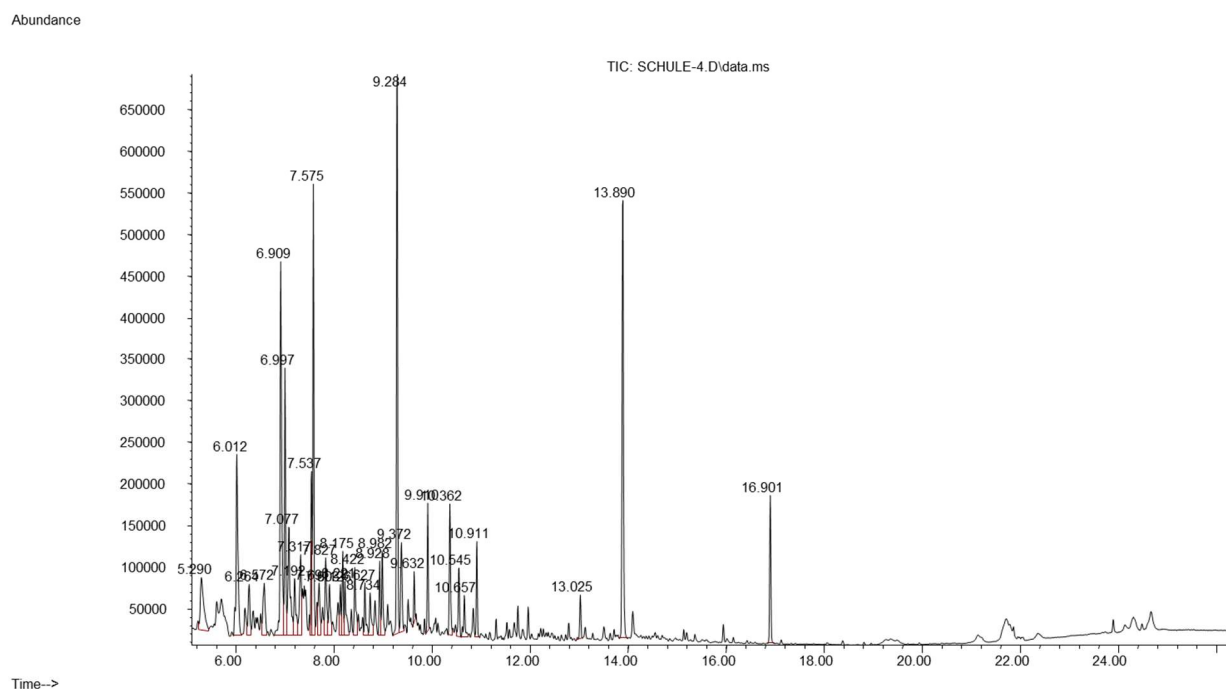
Probenbezeichnung:	Gfl 2021/ Schule / 1. OG 2. OG Lehrküche/ VOC/ 3 Innenraumluft
Untersuchungsauftrag:	Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC)
Probenart:	Materialprobe
Probennehmer:	Herr Dipl. Ing. Brandes
Probenahmestelle:	Schule XXX 2. OG, Lehrküche
Probenahmegerät:	Raumluftfiltrationsgerät der Firma (Probenahmegerät) Hauser Umweltservice GmbH & Co KG
Probenahmevolumen:	133,02 m ³
Datum der Probenahme:	22.07.2021 08:40 Uhr bis 05.08.2021 12:10 Uhr [= 20370 Min]
Prüfverfahren:	GC - MS
Proben- Einwaage:	1,8057 g
Extraktion:	Flüssig-Fest-Extraktion Beschleunigte Lösungsmittlextraktion 7 ml Aceton. 8 ml Hexan 100°C, 20 Min
GC:	7890A Agilent Technologies
Säule:	FS-Supreme-5ms-Plus Länge: 30m ID 0,25 mm Filmdicke: 0,25µm
Aufgabesystem:	Kaltaufgabesystem Gerstel 4 (KAS4)
Detektor:	5975 insert XL MSD Triple-Axis-Detektor
Geräteeinstellungen:	
Aufgabesystem:	Splitless
Injektionsmenge:	1 µl
GC:	
Säulenfluß:	0,77 ml/min
Temperaturprogramm:	50°C 3 min halten 15°C/min bis 150°C 35°C/min bis 320°C 10 min halten
MS-Detektor:	Fullscan 35-450 Dalton 3,5 Spektren pro Sekunde

Identifizierte und Quantifizierte Inhaltsstoffe

1	5.29	3153086	Toluene			
2	6.012	5845744	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-			
3	6.264	1561007	Pentanoic acid			
4	6.572	2053025	Styrene + Ethanol, 2-butoxy-			
5	6.909	10472881	α -Pinene			
6	6.997	5219510	Cyclotetrasiloxane, octamethyl-			
7	7.077	4286077	Hexanoic acid			
8	7.192	1956376	C3-Aromat			
9	7.317	2646686	β -Pinene			
10	7.537	2982000	3-Carene			
11	7.575	7931698	1-Hexanol, 2-ethyl-			
12	7.691	1649010	. β -Terpinyl acetate			
13	7.827	2339298	Benzene, 1-propenyl-			
14	7.903	1565333	C4-Aromat			
15	8.126	1048756	Undecane			
16	8.175	1798025	Silane			
17	8.221	1643181	Nonanal			
18	8.422	1909858	Benzofuran, 2-methyl-			
19	8.627	1263836	Octanoic acid			
20	8.734	1317140	1-Phenyl-1-butene			
21	8.928	1496954	Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-			
22	8.982	1929604	Dodecane			
23	9.284	11716789	Naphthalene			
24	9.372	2497807	Benzo[c]thiophene			
25	9.51	710621	Nonanoic acid			
26	9.632	807581	Tridecane, 7-methyl-			
27	9.91	2151060	Tridecane			
28	10.362	2891483	Naphthalene, 1-methyl-			
29	10.545	1593597	Naphthalene, 2-methyl-			
30	10.657	1153476	Dodecane, 2,6,10-trimethyl-			
31	10.911	1796604	Tetradecane			
32	11.75	748687	1-Dodecanol			
33	11.96	633575	Pentadecane			
34	13.025	916658	Hexadecane			
35	13.89	10524851	Ethylene glycol - Adipate - Diethylene glycol			
36	16.901	3066681	Dibutyl phthalate			

Tabelle 42: Inhaltsstoffe Raumluft

Chromatogramm



Chromatogramm 23: Raumluftanalyse

Substanz	RT [min]	Konzentration* [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl	6,012	14,4
α -Pinene	6,909	25,9
Cyclotetrasiloxane, octamethyl	6,997	12,9
β -Pinene	7,317	6,6
3-Carene	7,537	7,4
1-Hexanol, 2-ethyl	7,575	12,4
Undecane	8,126	2,6
Benzofuran, 2-methyl	8,422	4,6
Dodecane	8,982	4,6
Naphthalene	9,284	28,2
Benzo[c]thiophene	9,372	6,0
Naphthalene, 1-methyl-	10,362	6,9
Naphthalene, 2-methyl-	10,545	2,8
Ethylene glycol-Adipate-Diethylene glycol	13,89	26,7
Dibutyl phthalate	16,901	7,7
TVOC		< 300

Tabelle 43: Inhaltsstoffe Raumluft

*Es handelt sich um eine näherungsweise Berechnung.

Das Probenahmevolumen bezieht sich auf eine Werksangabe des Herstellers.

Die Probenvorbereitung und Analyse entspricht keiner VDI-, DIN ISO-, AGÖF- Vorgabe.

Wir haben mit dieser Auswertung versucht ein Gefühl für die vorliegende Größenordnung zu bekommen.

Substanz	Konzentration µg/m ³	RW I (UBA) µg/m ³	OW AGÖF µg/m ³
2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl	14,4	/	/
α-Pinene	25,9	200	68
Cyclotetrasiloxane, octamethyl	12,9	/	/
Benzaldehyd	/	20	15
β-Pinene	6,6	200	8,7
3-Carene	7,4	200	2,6
1-Hexanol, 2-ethyl	12,4	/	13
Undecane	2,6	/	/ [<2]/
1-[(trimethylsilyloxy)-2-(4[trimethylsilyloxy]phenyl)ethanamine	/	/	/
Benzofuran, 2-methyl	4,6	/	/
Dodecane	4,6	/	/ [<2]
Naphthalene	28,2	10	1,2
Diethyl Phthalate	/	/	1,8
Ethylene glycol-	26,7	/	/
Diethylene glycol			
Dibutyl phthalate	7,7	/	/ [<7]
TVOC	> 300		

Tabelle 44: Gegenüberstellung Messwerte, RW I und OW AGÖF

Bestimmung Leichtflüchtigen organischen Komponenten (VOC)

in der Innenraumluft

Küche, 2. OG Raumluft

Probenbezeichnung: Gfl 2022/ Schule. / 2. OG Raum Küche / VOC/ 1
Probenahmestelle: Schule XXX
Küche 2- OG
Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
Probenart: Luftprobe auf Tenax
Anmerkung zur Probenahme: Dräger Handpumpe
Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
Datum der Probenahme: 14.10.2022
Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-G003-0016
Dauer der Probenahme: 10 Min
Probenvolumen: 3 l 2,79 nl
Probennummer: Mi 297019
Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_19.07.2022
In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 297019
Probenbezeichnung Kunde	Schule XXX, Küche 2 OG

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		200	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe			
Alkene		0	
Triisobutylen	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		0	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	< 1,0	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0
n-Alkane			
n-Heptan	142-82-5	< 1,0	1,0
n-Octan	111-65-9	< 1,0	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0
n-Undecan	1120-21-4	< 1,0	1,0
n-Dodecan	112-40-3	< 1,0	1,0
n-Tridecan	629-50-5	< 1,0	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	< 1,0	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		39,5	
BTEX		5,5	
Benzol	71-43-2	1,3	0,50
Toluol	108-88-3	3,1	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	< 1,0	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	1,1	1,0
o-Xylol	95-47-6	< 1,0	1,0
C3-Benzole		1	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	< 1,0	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 1,0	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	< 1,0	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	1,0	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 1,0	1,0
C4-Benzole		0	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	< 2,0	2,0
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	< 1,0	1,0
PAK		33	
Naphtalin	91-20-3	33	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe			
Styrol	100-42-5	< 1,0	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	119-64-2	< 2,0	2,0
Ether		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 45: Inhaltsstoffe Raumluft

Küche, 2. OG „Bodenluft“

Probenbezeichnung:	GfI 2022/ Schule / 2. OG Raum Küche / VOC/ 2
Probenahmestelle:	Schule XXX Küche 2. OG
Untersuchungsauftrag:	VOC in der „Bodenluft“
Probenart:	Luftprobe auf Tenax
Anmerkung zur Probenahme:	Dräger Handpumpe
Probenehmer:	Herr Dipl. Ing. J. Brandes, GfI mbH
Datum der Probenahme:	14.10.2022
Bezeichnung im Labor:	Prüfbericht 22-G003-0017
Dauer der Probenahme:	10 Min
Probenvolumen:	2,2 l 2,05 NI
Probennummer:	Mi 309749
Prüfverfahren:	LA-GC-012.04b_19.07.2022 In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 309749
Probenbezeichnung Kunde	Schule XXX, Küche 2 OG

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		7500	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe		18,7	
Alkene		0	
Triisobutylen	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		1,3	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	1,3	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0
n-Alkane		17,4	
n-Heptan	142-82-5	2,5	1,0
n-Octan	111-65-9	2,6	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0
n-Undecan	1120-21-4	1,1	1,0
n-Dodecan	112-40-3	2,8	1,0
n-Tridecan	629-50-5	5,9	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	3,5	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		1015,4	
BTEX		35,7	
Benzol	71-43-2	11	0,50
Toluol	108-88-3	17	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	1,1	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	3,9	1,0
o-Xylol	95-47-6	2,7	1,0
C3-Benzole		54,5	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	3,5	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	3,3	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	14	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	1,7	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	19	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	13	1,0
C4-Benzole		28,9	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	27	2,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	1,9	1,0
PAK		890	
Naphtalin	91-20-3	890	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe		6,3	
Styrol	100-42-5	1,6	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	119-64-2	4,7	2,0
Ether		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 46: Inhaltsstoffe Bodenluft

Raum 13, 1. OG

Probenbezeichnung: Gfl 2022/ Schule / 1. OG
 Raum 13 / VOC/ 3
 Probenahmestelle: Schule XXX
 Raum 13 1. OG
 Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
 Probenart: Luftprobe auf Tenax
 Anmerkung zur Probenahme: Dräger Handpumpe
 Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
 Datum der Probenahme: 14.10.2022
 Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-G003-0018
 Dauer der Probenahme: 10 Min
 Probenvolumen: 3,0 l 2,79 NI
 Probennummer: Mi 118850
 Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_19.07.2022
 In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
 Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 118850
Probenbezeichnung Kunde	Schule XXX, Raum 13

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		200	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe		0	
Alkene		0	
Triisobutylen	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		0	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	< 1,0	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
<i>n-Alkane</i>		0	
n-Heptan	142-82-5	< 1,0	1,0
n-Octan	111-65-9	< 1,0	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0
n-Undecan	1120-21-4	< 1,0	1,0
n-Dodecan	112-40-3	< 1,0	1,0
n-Tridecan	629-50-5	< 1,0	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	< 1,0	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		44,41	
<i>BTEX</i>		3,41	
Benzol	71-43-2	0,91	0,50
Toluol	108-88-3	2,5	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	< 1,0	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	< 1,0	1,0
o-Xylol	95-47-6	< 1,0	1,0
<i>C3-Benzole</i>		0	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	< 1,0	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 1,0	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	< 1,0	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	< 1,0	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 1,0	1,0
<i>C4-Benzole</i>		0	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	< 2,0	2,0
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	< 1,0	1,0
<i>PAK</i>		41	
Naphtalin	91-20-3	41	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe		6,3	
Styrol	100-42-5	< 1,0	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphtalin	119-64-2	< 2,0	2,0
<i>Ether</i>		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 47: Inhaltsstoffe Raumluft

Raum 13, 1. OG „Bodenluft“

Probenbezeichnung: Gfl 2022/ Schule / 2. OG Raum Küche / VOC/ 4
 Probenahmestelle: Schule XXX
 Raum 13, 1. OG
 Untersuchungsauftrag: VOC in der „Bodenluft“
 Probenart: Luftprobe auf Tenax
 Anmerkung zur Probenahme: Dräger Handpumpe
 Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
 Datum der Probenahme: 14.10.2022
 Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 22-G003-0019
 Dauer der Probenahme: 10 Min
 Probenvolumen: 2,2 l 2,05 NI
 Probennummer: Mi 168289
 Prüfverfahren: LA-GC-012.04b_19.07.2022
 In Anlehnung an DIN ISO 16000-06; GC-MS nach
 Thermodesorption

Probenbezeichnung Pica	Mi 168289
Probenbezeichnung Kunde	Schule XXX, Raum 13, 1.OG

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
TVOC (C6-C16)		840	30
Aliphatische Kohlenwasserstoffe		18,7	
Alkene		0	
Triisobutylen	7756-94-7	< 1,0	1,0
4-Vinylcyclohexan	100-40-3	< 1,0	1,0
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	< 1,0	1,0
Cycloalkane		0	
Methylcyclopentan	96-37-7	< 2,0	2,0
Cyclohexan	110-82-7	< 2,0	2,0
Methylcyclohexan	108-87-2	< 1,0	1,0
Cis-Decahydronaphthalin	493-01-6	< 2,0	2,0
Trans-Decahydronaphthalin	4390-04-9	< 2,0	2,0
Isoalkane		0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	< 2,0	2,0
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	< 1,0	1,0
n-Alkane		0	
n-Heptan	142-82-5	< 1,0	1,0
n-Octan	111-65-9	< 1,0	1,0
n-Nonan	111-84-2	< 1,0	1,0
n-Decan	124-18-5	< 1,0	1,0
n-Undecan	1120-21-4	< 1,0	1,0
n-Dodecan	112-40-3	< 1,0	1,0
n-Tridecan	629-50-5	< 1,0	1,0
n-Tetradecan	629-59-4	< 1,0	1,0
n-Pentadecan	629-62-9	< 1,0	1,0
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
Aromatische Kohlenwasserstoffe		158	
BTEX		13	
Benzol	71-43-2	2,3	0,50
Toluol	108-88-3	8,7	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	< 1,0	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	2,0	1,0
o-Xylol	95-47-6	< 1,0	1,0
C3-Benzole		5	
Isopropylbenzol	98-82-8	< 1,0	1,0
n-Propylbenzol	103-65-1	< 1,0	1,0
3-Ethyltoluol	620-14-4	1,1	1,0
4-Ethyltoluol	622-96-8	< 1,0	1,0
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	< 1,0	1,0
2-Ethyltoluol	611-14-3	1,5	1,0
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	2,4	1,0
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	< 1,0	1,0
C4-Benzole		0	
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	< 2,0	2,0
n-Butylbenzol	104-51-8	< 2,0	2,0
p-Cymol	99-87-6	< 2,0	1,0
PAK		140	
Naphtalin	91-20-3	140	1,0
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe		6,3	
Styrol	100-42-5	< 1,0	1,0
1,2,3,4-Tetrahydronaphtalin	119-64-2	< 2,0	2,0
Ether		0	
MTBE	1634-04-4	< 2,0	2,0

Tabelle 48: Inhaltsstoffe Bodenluft

Bewertungsgrundlagen

Übersicht Messergebnisse und AGÖF- DGNB,- und UBA-Richtwerte

Parameter	Gehalt [µg/m³] Raum 13	Gehalt [µg/m³] Küche	AGÖF [µg/m³]			DGNB [µg/m³]	UBA Richtwert [µg/m³]	
			Nw	Aw	Ow	N-OW	I	II
TVOC (C6-C16)	200	200						
Aliphatische Kohlenwasserstoffe	0	0						
Alkene	0	0						
Triisobutylen	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,5				
4-Vinylcyclohexan	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0				
4-Phenylcyclohexen	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0				
Cycloalkane	< 2,0	0						
Methylcyclopentan	< 2,0	< 2,0	< 1,0	3,0	3,0			
Cyclohexan	< 1,0	< 2,0	1,0	9,0	9,0			
Methylcyclohexan	< 2,0	< 1,0	< 1,0	4,0	4,0			
Cis-Decahydronaphthalin	< 2,0	< 2,0						
Trans-Decahydronaphthalin	< 2,0	< 2,0	< 1,0	1,0	1,0			
Isoalkane	0	0						
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	< 2,0	< 2,0	< 1,0	4,8	4,8			
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	1,0			
n-Alkane	0	0						
n-Heptan	< 1,0	< 1,0	2,0	9,0	9,0			
n-Octan	< 1,0	< 1,0	1,0	5,0	5,0			
n-Nonan	< 1,0	< 1,0	< 1,0	5,0	5,0			
n-Decan	< 1,0	< 1,0	1,0	11	11			
n-Undecan	< 1,0	< 1,0	2,0	14	14			
n-Dodecan	< 1,0	< 1,0	1,0	9,0	9,0			
n-Tridecan	< 1,0	< 1,0	1,0	5,0	5,0			
n-Tetradecan	< 1,0	< 1,0	1,0	4,0	4,0			
n-Pentadecan	< 1,0	< 1,0	1,0	3,0	3,0			
n-Hexadecan	< 1,0	< 1,0	1,0	2,0	2,0			
Aromatische Kohlenwasserstoffe	44,41	39,5						
BTEX	3,41	5,5						
Benzol	0,91	1,3	1,0	3,0	3,0			
Toluol	2,5	3,1	7,0	30	30		300	3000
Ethylbenzol	< 1,0	< 1,0	7,0	30	30		300	3000
m/p-Xylol	< 1,0	1,1	1,0	10	10		200	2000
o-Xylol	< 1,0	< 1,0	3,0	29	29	(b) 240	(b) 100	(b) 800
C3-Benzole	0	1						
Isopropylbenzol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,0	1,0			
n-Propylbenzol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,1	2,1			
3-Ethyltoluol	< 1,0	< 1,0	1,0	6,7	6,7			

4-Ethyltoluol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	3,0	3,0			
1,3,5-Trimethylbenzol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	3,0	3,0			
2-Ethyltoluol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	3,0	3,0			
1,2,4-Trimethylbenzol	< 1,0	1,0	1,0	11	11			
1,2,3-Trimethylbenzol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,6	2,6			
C4-Benzole	0							
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0				
n-Butylbenzol	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0				
p-Cymol	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,0	2,0			
PAK	41	33						
Naphtalin	41	33	< 1,0	1,0	1,2		(C) 10	(C) 30
Weitere aromatische Kohlenwasserstoffe	0	0						
Styrol	< 1,0	< 1,0	1,0	12	12		30	300
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	< 2,0	< 2,0	< 1,0	< 1,0				
Ether	0	0						
MTBE	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0				

Tabelle 49: Übersicht Messergebnisse und AGÖF- DGNB,- und UBA-Richtwerte

AGÖF = Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute

NW = Normalwert

Aw= Auffälligkeitswert

Ow = Orientierungswert der AGÖF

DGNB = Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.

N-OW = Neubau-Orientierungswert

UBA Richtwerte

Richtwerte der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörde

„Mit der Veröffentlichung des sogenannten Basisschemas der Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK/AOLG haben das Umweltbundesamt und die Obersten Landesgesundheitsbehörden in Deutschland eine Leitlinie für die Abschätzung von Risiken durch Verunreinigungen der Innenraumluft vorgegeben.

Auf dieser Grundlage wurden zwischenzeitlich Richtwerte für eine Reihe von Substanzen in der Raumluft abgeleitet.

Der Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt.

Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung dazustellen.

Je nach Wirkungsweise des betrachteten Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder Langzeitwert (RW II L.) definiert sein.

Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z.B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition. Eine Schließung der Räume

kann daher notwendig sein. Die Überschreitung des RW II sollte umgehend mit einer Kontrollmessung unter üblichen Nutzungsbedingungen und – soweit möglich und sinnvoll – einer Bestimmung der inneren Belastung der Raumnutzer verbunden werden.

Der Richtwert I (RW I) ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigen Erkenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf.

Der RW I wird vom RW II durch Einführen eines zusätzlichen Faktors (in der Regel 10) abgeleitet. Dieser Faktor ist eine Konvention. Bei geruchsintensiven Stoffen muss der RW I abweichend von dieser schematischen Ableitung auf der Grundlage der Geruchswahrnehmung (Detektionsschwelle) festgelegt werden, wenn sich dadurch ein kleinerer Zahlenwert ergibt. Der RW I kann als Sanierungszielwert dienen. Er soll nicht „ausgeschöpft“, sondern nach Möglichkeit unterschritten werden.“ (UBA)

Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft (2007)

Stufe	Konzentrationsbereich [mg TVOC/m ³]	Hygienische Bewertung
1	≤ 0,3 mg/ m ³	Hygienisch unbedenklich
2	> 0,3 – 1 mg/m ³	Hygienisch noch unbedenklich, sofern kein Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen
3	> 1 – 3 mg/m ³	Hygienisch auffällig
4	>3 – 10 mg/m ³	Hygienisch bedenklich
5	>10mg/m ³	Hygienisch inakzeptabel

Tabelle 50: Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft

Zusammenfassung der Ergebnisse

Innenraumluftuntersuchungen

Parameter	Gehalt [µg/m ³] Raum 13, 1.OG	Gehalt [µg/m ³] Küche 2. OG	AGÖF			DGNB	UBA Richtwert	
			Nw	Aw	Ow		I	II
TVOC (C6-C16)	200	200						
Aromatische Kohlenwasserstoffe	44,41	39,5						
BTEX	3,41	5,5						
Benzol	0,91	1,3	1,0	3,0	3,0			
PAK	41	33						
Naphtalin	41	33	< 1,0	1,0	1,2		(C) 10	(C) 30

Tabelle 51: Zusammenfassung der Ergebnisse

Sowohl im Raum 13 im 1. OG wie in der Lehrküche im 2. OG konnten in der Innenraumluft Benzol und Naphthalin nachgewiesen werden.

Die gemessenen Naphthalin-Konzentrationen überschreiten den UBA-Richtwert II.

Beantwortung der Zielsetzung

„Geht von dem Geruch bzw. von den für den Geruch verantwortlichen Luftinhaltsstoffen eine gesundheitliche Gefährdung für die Nutzer aus?“

Die gemessenen Konzentrationen der Luftinhaltsstoffe sind als „hygienisch unbedenklich“ anzusehen“ [TVOC < 300 µg/m³].

ABER:

Sowohl im Raum 13 im 1. OG wie in der Lehrküche im 2. OG konnten in der Innenraumluft Benzol und Naphthalin nachgewiesen werden.

Die gemessenen Naphthalin-Konzentrationen überschreiten den UBA-Richtwert II.

Somit ist eine gesundheitliche Gefährdung im Klassenzimmer Raum 13 im 1. OG Und in der Lehrküche im 2. OG nicht auszuschließen!

„Lässt sich eine Ursache für die Geruchsbelastung feststellen?“

Unter dem PVC-Boden befindet sich eine mehrere cm dicke schwarze Schicht, die als Quelle der Schadstoff- und Geruchsbelastung anzusehen ist.



Bild 16: Bohrkern erste graue Schicht PVC-Boden dann 1,5 cm dicke schwarze Schicht, dann Holz, dann zweite schwarze Schicht, dann Estrich

Empfehlung

Wir empfehlen die Nutzung der betroffenen Räume. zu unterbinden.
Wir empfehlen außerdem die weitere Einbindung des zuständigen Gesundheitsamtes.
Wir empfehlen eine bauliche Sanierung der betroffenen Räume.

Vergleich der Messergebnisse:

Langzeitmessung (Methode 1) Innenraumluft Lehrküche:

Substanz	RT [min]	Konzentration* µg/m³
Naphthalene	9,284	28,2
Benzo[c]thiophene	9,372	6,0
Naphthalene, 1-methyl-	10,362	6,9
Naphthalene, 2-methyl-	10,545	2,8
TVOC		< 300

Tabelle 52: VOC-Langzeitmessung, Innenraumluft Lehrküche

*Es handelt sich um eine näherungsweise Berechnung.

Das Probenahmevolumen bezieht sich auf eine Werksangabe des Herstellers.

Die Probenvorbereitung und Analyse entspricht keiner VDI-, DIN ISO-, AGÖF- Vorgabe.

Wir haben mit dieser Auswertung versucht ein Gefühl für die vorliegende Größenordnung zu bekommen.

Kurzzeitmessung DIN ISO 16000-6 Innenraumluft Lehrküche:

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
n-Hexadecan	544-76-3	< 1,0	1,0
Aromatische Kohlenwasserstoffe		39,5	
BTEX		5,5	
Benzol	71-43-2	1,3	0,50
Toluol	108-88-3	3,1	0,50
Ethylbenzol	100-41-4	< 1,0	1,0
m/p-Xylol	108-38-3 106-42-3	1,1	1,0
o-Xylol	95-47-6	< 1,0	1,0
PAK		33	
Naphtalin	91-20-3	33	1,0
TVOC		200	

Tabelle 53: VOC-Messung DIN ISO 16000-6 Innenraumluft Lehrküche

Zwei unterschiedliche Messmethoden zeigen aus unserer Sicht eine gute Übereinstimmung.

Sie bestätigen sich in Ihren Kernaussagen.

4.4.11 Geruchsproblem an einer Trinkwasserentnahmestelle (in einer Schule)

Ausgangssituation:

Wir hatten die Möglichkeit uns mit einer Geruchsproblematik in einer Grundschule einer Großstadt zu beschäftigen. Auslöser war eine Eingabe der Schulleitung, dass es zu massiven geruchlichen Belastungen im sogenannten Betreuungsraum kommt

Die Gerüche waren „plötzlich aufgetaucht.

Immer wenn die Kinder den Wasserhahn am Waschbecken betätigen, käme aus den Öffnungen des Waschbeckens schwefelartige Gerüche.

Olfaktorische Wahrnehmung bei der Vor-Ort-Terminen

Es konnten bei der Betätigung des Wasserhahns am Waschbecken, sehr starke schwefelartige Gerüche festgestellt werden (Geruch nach faulen Eiern)

Zielsetzung:

Der Auftraggeber bat um die Beantwortung folgender Fragen:

Lässt sich der Geruch im Betreuungsraum messanalytisch beschreiben?

Geht von den Luftinhaltsstoffen die für den Geruch verantwortlich sind, eine konkrete Gefahr oder eine Beeinträchtigung für die Nutzer aus?

Durchgeführte Messungen:

Die wahrgenommenen Gerüche legten den Verdacht nahe, dass es sich um schwefelartige sehr leicht flüchtige Verbindungen handelt. Dies sind mit Aktivkohle nur schwer zu binden. Nach Fachdiskussion mit dem erfahrenen Prüflabor PiCA Prüfinstitut Chemische Analytik GmbH in Berlin und der Firma Dräger Safety AG & Co. KGaA aus Lübeck haben wir uns für Probenahmesysteme mit Silicagel plus direktanzeigenden elektronischen Maßsystemen verständigt.

Als Messpunkte haben wir folgende 2 Stellen festgelegt:

- Am Waschbecken, Wasserhahn im Betrieb
- 2 m vom Waschbecken entfernt, Wasserhahn im Betrieb

**Bestimmung Leichtflüchtigen organischen Komponenten
(VOC) in der Innenraumluft
Kellerraum 3, Betreuung 1. Messung**

Probenbezeichnung : Gfl 2021 / YYY / GGS XXX. / Kellerraum 3
 Probenahmestelle: Kellerraum 3 Betreuung, Messung am Waschbecken
 Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
 Probenart: Luftprobe auf Silicagel
 Anmerkung zur Probenahme: Wasserhahn war im Betrieb
 Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
 Datum der Probenahme: 05.11.2021 10:40 – 11:45 Uhr
 Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 21-XXX-YYY
 Dauer der Probenahme: 65 Min
 Probenvolumen: 100 l
 Probennummer: Silicagelröhrchen 1
 Prüfverfahren: LA-GC-013.043_02.03.2012
 Headspace-GC/MS nach Thermodesorption/

Probenbezeichnung Pica	Silicagelröhrchen 1
Probenbezeichnung Kunde	GGS XXX Kellerraum 3, Betreuung Am Waschbecken

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
2-Butanthiol	513-53-1	< 10	10
Methylmercaptan	74-93-1	< 10	10
Ethandiol	75-08-1	< 10	10
2-Propanthiol	75-33-2	< 10	10
n-Propylmercaptan	107-03-9	< 10	10
2-Methyl-1-propanthiol	513-44-0	< 10	10
1-Butanthiol	109-79-5	< 10	10
1-Pentanthiol	110-66-7	< 10	10
2-Methyl-2-prpanthiol	75-661	< 10	10

Tabelle 54: Messergebnisse pica Schwefelverbindungen

Kellerraum 3, Betreuung 2. Messung

Probenbezeichnung: Gfl 2021 / YYY / GGS XXX. / Kellerraum 3
Probenahmestelle: Kellerraum 3 Betreuung, Messung 2
2 m vom Waschbecken entfernt
Untersuchungsauftrag: VOC in der Innenraumluft
Probenart: Luftprobe auf Silicagel
Anmerkung zur Probenahme: Wasserhahn war im Betrieb
Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
Datum der Probenahme: 05.11.2021 11:00 – 12:05 Uhr
Bezeichnung im Labor: Prüfbericht 21-G003-0005
Dauer der Probenahme: 65 Min
Probenvolumen: 100 l
Probennummer: Silicagelröhrchen 1
Prüfverfahren: LA-GC-013.043_02.03.2012
Headspace-GC/MS nach Thermodesorption/

Probenbezeichnung Pica	Silicagelröhrchen 1
Probenbezeichnung Kunde	GGs XXX. Kellerraum 3, Betreuung 2 m vom Waschbecken entfernt

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
2-Butanthiol	513-53-1	< 10	10
Methylmercaptan	74-93-1	< 10	10
Ethandiol	75-08-1	< 10	10
2-Propanthiol	75-33-2	< 10	10
n-Propylmercaptan	107-03-9	< 10	10
2-Methyl-1-propanthiol	513-44-0	< 10	10
1-Butanthiol	109-79-5	< 10	10
1-Pentanthiol	110-66-7	< 10	10
2-Methyl-2-prpanthiol	75-661	< 10	10

Tabelle 55: Messergebnisse pica Schwefelverbindungen

Kellerraum 3, Betreuung 3. Messung

Probenbezeichnung : Gfl 2021 / YYY / GGS XXX. / Kellerraum 3
Probenahmestelle: Kellerraum 3 Betreuung, Messung 3
Am Waschbecken
Untersuchungsauftrag: H₂S in der Innenraumluft
Anmerkung zur Probenahme: Vor Ort Messung, direkt anzeigend, Wasserhahn lief
Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
Datum der Probenahme: 17.12.2021 11:10 – 11:15 Uhr
Bezeichnung im Labor: Vor Ort Messung
Dauer der Probenahme: 15 Min
Probenvolumen: vor Ort Messung
Prüfverfahren: Dräger X-am 5600 mit H₂S-Sensor

Probenbezeichnung	Vor Ort Messung
Probenbezeichnung Kunde	GGs XX. Kellerraum 3, Betreuung Am Waschbecken

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
H ₂ S	7783-06-4	0,0	

Tabelle 56: Messergebnisse Schwefelwasserstoff vor Ort

Kellerraum 3, Betreuung 4. Messung

Probenbezeichnung : Gfl 2021 / YYY / GGS XXX. / Kellerraum 3
Probenahmestelle: Kellerraum 3 Betreuung, Messung 3
2 m vom Waschbecken entfernt
Untersuchungsauftrag: H₂S in der Innenraumluft
Anmerkung zur Probenahme: Vor Ort Messung, direkt anzeigend, Wasserhahn lief
Probenehmer: Herr Dipl. Ing. J. Brandes, Gfl mbH
Datum der Probenahme: 17.12.2021 11:16 – 11:22 Uhr
Bezeichnung im Labor: Vor Ort Messung
Dauer der Probenahme: 15 Min
Probenvolumen: vor Ort Messung
Prüfverfahren: Dräger X-am 5600 mit H₂S-Sensor

Probenbezeichnung	Vor Ort Messung
Probenbezeichnung Kunde	GGs XXX. Kellerraum 3, Betreuung 2 m vom Waschbecken entfernt

Parameter	CAS-Nummer	Gehalt [µg/m³]	Bestimmungsgrenze
H ₂ S	7783-06-4	0,0	

Tabelle 57: Messergebnisse Schwefelwasserstoff vor Ort

Zusammenfassung der Ergebnisse

GGs XXX Kellerraum 3 Betreuungsraum Wasserhahn im Betrieb Am Waschbecken	1 x Thiole/Mercaptane in der Luft von Silicagel	Es konnten keine Thiole / Mercaptane nachgewiesen werden.
GGs XXX Kellerraum 3 Betreuungsraum Wasserhahn im Betrieb 2 m vom Waschbecken entfernt	1 x Thiole/Mercaptane in der Luft von Silicagel	Es konnten keine Thiole / Mercaptane nachgewiesen werden.
GGs XXX Kellerraum 3 Betreuungsraum Wasserhahn im Betrieb Am Waschbecken	1 x Direkt anzeigende Vor Ort Messung H₂S	Es konnte kein H ₂ S nachgewiesen werden.
GGs XXX Kellerraum 3 Betreuungsraum Wasserhahn im Betrieb 2 m vom Waschbecken entfernt	1 x Direkt anzeigende Vor Ort Messung H₂S	Es konnte kein H ₂ S nachgewiesen werden.

Tabelle 58: Zusammenfassung der Ergebnisse

Fazit:

Der Auftraggeber hatte SHK-Fachhandwerker beauftragt, das Waschbecken mit den Versorgungsrohren und Belüftungssystemen umzubauen.
Danach waren keine Gerüche mehr feststellbar.

Wir mussten an diesem Beispiel erkennen, dass es für uns bei der Geruchsproblematik in Innenräumen Ausnahmefälle gibt, bei der es trotz der Anwendung unterschiedlicher Probenahme- und Messsysteme zurzeit keine ausreichenden Ergebnisse zur Identifizierung erlangt werden können.

Darauf möchten wir in unseren neuen Forschungsantrag, der auf unseren bisherigen Ergebnissen aufbaut, näher eingehen.

Eine sinnvolle Probenahme in diesem Beispiel wäre die Sammlung in „Gassäcken“ und anschließender Untersuchung mit Olfaktometer und GC/MS mit Sniff-Detektor.

5. Erstellung eines Entwurfes für den Aufbau eines Geruchskatasters

5.1. Übersicht der verschiedenen Ebenen:

Wir haben in 11 Praxisbeispielen eindeutige, reproduzierbare Chromatogramme, die für Ihre Geruchs-Situation „typisch“ sind, aufgeführt

Anhand dieser Beispiele soll der Aufbau eines „Geruchskatasters“ erprobt werden. Dabei soll es möglich sein, verschiedene Ebenen zu kombinieren.

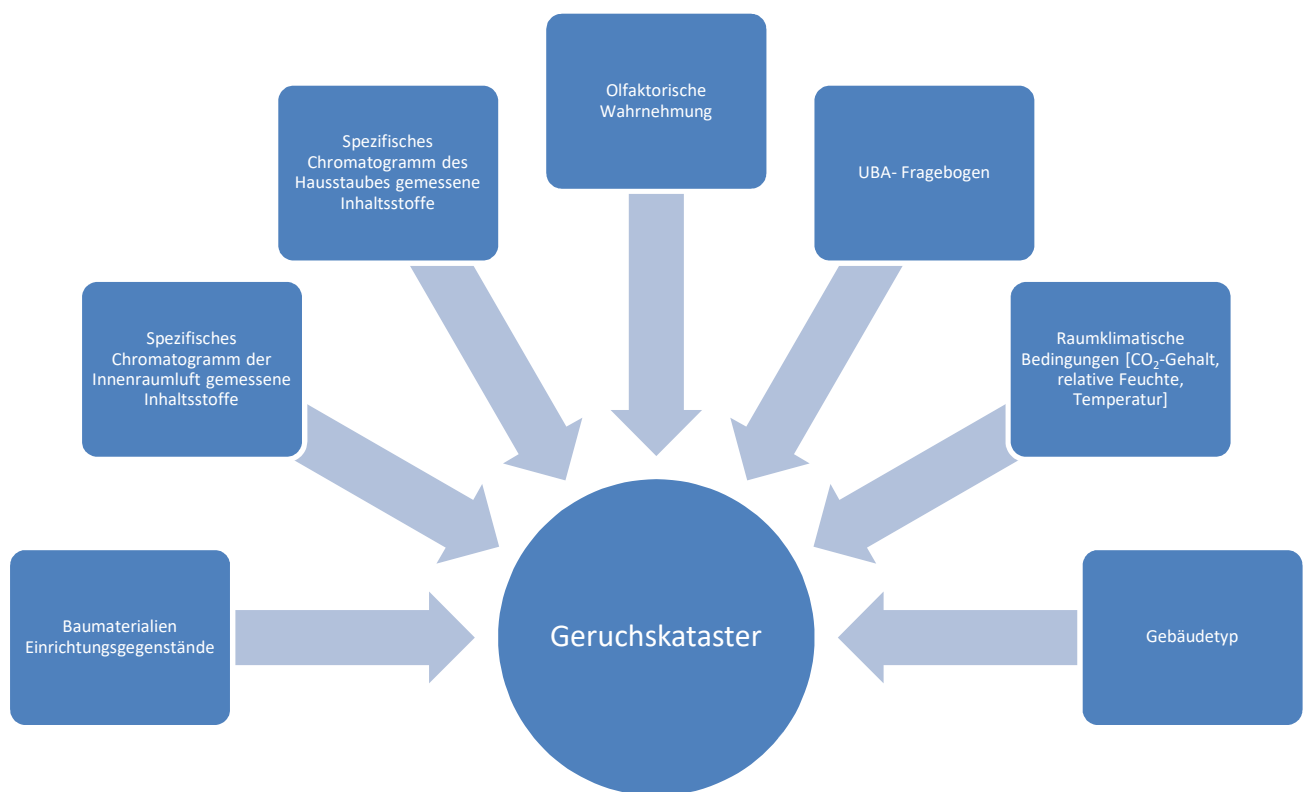


Abbildung 10: Hauptebenen für den Aufbau eines Geruchskatasters

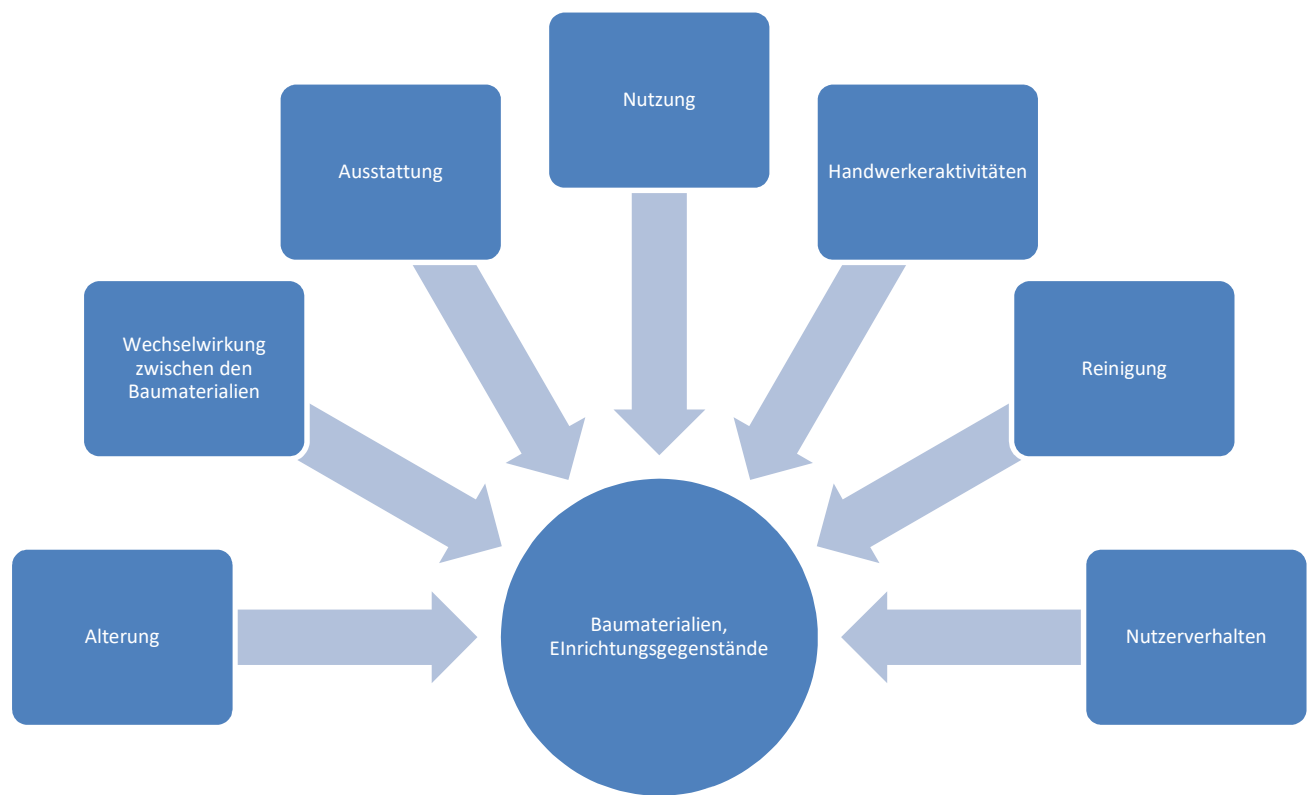


Abbildung 11: Wichtige Unterebenen für den Aufbau eines Geruchskatasters

5.1.1 Beispiele für den Aufbau eines Geruchskatasters

Hausstaub, Hintergrundbelastung

Gebäudetyp	In Wohnhäusern, Büroräumen, Kitas, Schulen, Hochschulen, Verkaufsräume, Lager, Produktionsräume, Privatwohnungen
Geruchliche Wahrnehmung	dumpf, leicht ranzig, leicht fruchtig
Hausstaubuntersuchung	Ja
Materialprobe	Ja Hausstaub
KBE-Luftmessung	nein
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	/
Identifizierte Inhaltsstoffe	Im Hausstaub: Hexanal, Heptanal, Octanal, Nonanal, Decanal
Nutzung	Vielfältige Nutzung
Betroffene Baumaterialien	/
Ursache	Arbeitsthese 1: Anreicherung aus Reinigungsmitteln Arbeitsthese 2: Abbaureaktionen von Hautfetten

Tabelle 59: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Hausstaub

Feuchte Dämmstoffe

Gebäudetyp	/
Geruchliche Wahrnehmung	Übelriechend, fischig
Hausstaubuntersuchung	/
Materialprobe	ja
KBE-Luftmessung	nein
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	/
Identifizierte Inhaltsstoffe	Im Headspace Trimethylamin, Benzaldehyd, Benzaldehyd, 2-hydroxy- 6-methyl, 2-Hydroxy -4,6-dimethylbenzaldehyd
Nutzer	Handwerker, Bewohner, Nutzer, Gäste
Betroffene Baumaterialien	Dämmstoff, Mineralwolle
Ursache	Bestimmungsgemäß darf diese Baumaterialie nicht feucht werden. Aber bei der Verarbeitung am und im Haus kann dies passieren (z.B. Regen)

Tabelle 60: Beispiel Aufbau Geruchskataster, feuchte Dämmstoffe

Heizkörper gestrichen

Gebäudetyp	Schule, Gebäude etwa 50 Jahre alt
Geruchliche Wahrnehmung	
Hausstaubuntersuchung	ja
Materialprobe	nein
KBE-Luftmessung	nein
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	4,8-dimethyl- nonal, Octansäure, Benzoessäure Nonansäure, Tridecan, Decansäure Dodecansäure, Tetradecansäure Pentadecansäure, Hexadecansäure Octadecansäure, Bis(2-ethylhexyl) phthalat
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Heizkörper
Ursache	Heizkörper wurden vor kurzer Zeit frisch gestrichen

Tabelle 61: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Heizkörper gestrichen

Verwesungsgerüche (tote Maus)

Gebäudetyp	Schule etwa 50 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Streng, drückend, beißend
Hausstaubuntersuchung	nein
Materialprobe	nein
KBE-Luftmessung	nein
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	n- Pentylamin, Dimethylamin, Dimethyldisulfid, Dimethyltrisulfid
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Öffnungen, Hohlräume hinter Wänden und Decken
Ursache	Tote Maus in einem Hohlraum

Tabelle 62: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Verwesungsgerüche tote Maus

Linoleumboden falsch gereinigt

Gebäudetyp	Schule älter 80 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Beißend, ranzig, buttrig, stechend Auffallend die Nase gewöhnt sich nicht an den Geruch und der Geruch haftet an den Haaren und Kleidung der Nutzer
Hausstaubuntersuchung	/
Materialprobe	/
KBE-Luftmessung	/
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	Nonanal, Decanal, Geranylaceton C12-Säure, C14-Säure, C15-Säure Palmitolsäure, C16-Säure, Palmitinsäure C18-Säure, Ethylhexalphthalat
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Linoleumboden
Ursache	Falsche Reinigung mit Steinreiniger

Tabelle 63: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Linoleumboden falsch gereinigt

Geruchsbelastung in einem Badezimmer

Gebäudetyp	Zweifamilienhaus weniger als 10 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Muffig, erdig, (wie alter Keller)
Hausstaubuntersuchung	/
Materialprobe	/
KBE-Luftmessung	Ja, mit Auffälligkeit
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	1-Butanol, Isobutanol, 2-Pentanol, 1-Decanol, 3-Methylbutanol
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Bewohner und Gäste
Betroffene Baumaterialien	Badezimmer hinter Fliesen und Vorsatzwänden
Ursache	Feuchteeintrag hinter Fliesen in Hohlräume

Tabelle 64: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Geruchsbelastung in einem Badezimmer

Geruchsproblem in einer Schule, Mangelnde Reinigung

Gebäudetyp	Schule älter als 70 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	dumpfer, leicht fruchtiger Geruch
Hausstaubuntersuchung	ja
Materialprobe	/
KBE-Luftmessung	/

Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	/ Im Hausstaub: Hexanal, Heptanal, Octanal, Nonanal, Decanal
Identifizierte Inhaltsstoffe	
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Teppichboden, Staubablagerungen auf Regalen und Schränken
Ursache	Mangelnde Reinigung, Staubablagerungen

Tabelle 65: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Mangelnde Reinigung

Geruchsproblem in einer Schule, Fußboden / Deckenbelastung

Gebäudetyp	Schule älter als 70 Jahre, Mensa mit erneuertem Fußbodenbelag
Geruchliche Wahrnehmung	Starke direkte geruchliche Auffälligkeit. Starker Geruch nach Naphthalin, leichter Brand,- Teergeruch, beißend, dumpf
Hausstaubuntersuchung	/
Materialprobe	/
KBE-Luftmessung	/
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m/p-Xylol, Naphthalin Die TVOC Summen-Konzentration $\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$ Sie ist somit Hygienisch unbedenklich Aber: es konnten aromatische Kohlenwasserstoffe, BTEX gemessen werden. Darunter auch Benzol! Allerdings in geringer Konzentration.
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Zimmerdecke
Ursache	Nach intensivem Austausch mit einem namhaften Umweltinstitut hat dieses den Raum über der Mensa untersucht. Hier war ein Parkettboden mit schwarzem Kleber verlegt. Dieser Kleber war hochkonzentriert mit Aromaten und PAKs belastet. In der Raumluft dieses Raumes konnten keine Auffälligkeiten gemessen werden. Auch eine geruchliche Auffälligkeit konnte nicht festgestellt werden. Die in der Mensa gemessenen Luftinhaltsstoffe waren durch die Zimmerdecke aus dem darüber liegenden Raum hinein diffundiert!

Tabelle 66: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Fußboden- Deckenbelastung

Geruchsproblem in einem Automaten-Casino, Fettgerüche

Gebäudetyp	Altbau, Stadthaus, Ladenlokal plus Wohnungen
Geruchliche Wahrnehmung	Ranzig, fettig, ölig, leicht beißend
Hausstaubuntersuchung	/
Materialprobe	/
KBE-Luftmessung	/
Identifizierte Innenraumlufthaltstoffe	Butoxyethanol, 1 Butoxy 2 propanol, n Dekan Trimethylbenzol, Limonen, Mandelsäuretrisilylester, Nicotin, Glycin Zitronensäuretributylester, Caprinsäure
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Mitarbeiter und Kunden / Gäste
Betroffene Baumaterialien	/
Ursache	Im Nachbargebäude, nur durch eine gemeinsame Hauswand getrennt, befand sich ein Imbissgrill. Nach unseren Messungen untersuchte der Betreiber seine Abluftanlage und seine Frittiertemperatur. Die Abluftanlage war nicht richtig eingestellt und die Frittiertemperatur zu hoch.

Tabelle 67: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Fettgerüche

Geruchsproblem in einem Büro, Mangelnde Lüftung

Gebäudetyp	Schule-Verwaltung, Gebäude < 20 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Keine direkte geruchliche Auffälligkeit. Staubablagerungen, die wie bereits mehrfach erwähnt riechen. Das Empfinden „abgestandener“ Luft, trocken, dumpf, leicht stickig
Hausstaubuntersuchung	Ja homologe Reihe Hexanal bis Decanal
Materialprobe	Ja, ohne Auffälligkeit
KBE-Luftmessung	nein
Identifizierte Innenraumlufthaltstoffe	Limonen, α -Pinen und Silane < 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
Raumklimatische Bedingungen	Datenlogger mit der zeitweisen CO ₂ -Konzentration über 1.000 ppm. Die Innenraumluft ist also zeitweise hygienisch auffällig.
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	2 Mitarbeiter, Haustechniker, Reinigungskräfte
Betroffene Baumaterialien	/
Ursache	Lüftungsverhalten bzw. Lüftungsmöglichkeit

Tabelle 68: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Mangelnde Lüftung

Geruchsproblem in einer Schule, Alter Fliesenkleber

Gebäudetyp	Schule, Altbau, Älter 70 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Beißend, stechend, leicht dumpf, nach Mottenkugeln
Hausstaubuntersuchung	Ja, homologe Reihe Hexanal bis Decanal
Materialprobe	Ja Fliese und Fliesenkleber
KBE-Luftmessung	/
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	/
Identifizierte Inhaltsstoffe	m-/o-/p-Xylol, Undecan, Naphtalin, Kohlenstoffdisulfid
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Fliesenkleber
Ursache	Alterung der Baumaterialien

Tabelle 69: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Alter Fliesenkleber

Geruchsproblem in einer Schule, Fußboden in 2 Räumen

Gebäudetyp	Schule, Altbau, Älter 70 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Beißend, stechend, leicht dumpf, nach Mottenkugeln
Hausstaubuntersuchung	Ja, homologe Reihe Hexanal bis Decanal
Materialprobe	Ja Kernbohrung Fußboden
KBE-Luftmessung	/
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	Benzol, Toluol, Ethylbenzol, m/p-Xylol, 1,2,4-Trimethylbenzol, Naphtalin
Identifizierte Inhaltsstoffe (Bodenluft)	n-Heptan, n-Octan, n-Undecan, n-Dodecan n-Tridecan, n-Tetradecan, Benzol, Toluol Ethylbenzol, m/p-Xylol, o-Xylol, 3-Ethyltoluol 4-Ethyltoluol, 1,3,5-Trimethylbenzol 2-Ethyltoluol, 1,2,4-Trimethylbenzol 1,2,3-Trimethylbenzol, 1,2,4,5-Tetramethylbenzol, p-Cymol, Naphtalin Styrol, 1,2,3,4-Tetrahydronaphtalin
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Fußbodenaufbau
Ursache	Unter dem PVC-Boden befindet sich eine mehrere cm dicke schwarze Schicht, die als Quelle der Schadstoff- und Geruchsbelastung anzusehen ist.

Tabelle 70: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Fußbodenaufbau

Geruchsproblem in einer Schule, Waschbecken

Gebäudetyp	Schule, Altbau, Älter 50 Jahre
Geruchliche Wahrnehmung	Schwefelartig, „faule Eier“
Hausstaubuntersuchung	Ja, homologe Reihe Hexanal bis Decanal
Materialprobe	/
KBE-Luftmessung	/
Identifizierte Innenraumluftinhaltsstoffe	Es konnten keine Thiole / Mercaptane nachgewiesen werden. Es konnte kein H ₂ S nachgewiesen werden
Identifizierte Inhaltsstoffe	/
Nutzer	Schüler und Pädagogen, Reinigungskräfte, Haustechniker
Betroffene Baumaterialien	Waschbecken
Ursache	Installationsproblem am Waschbecken zwischen Versorgungsleitung und Entlüftung.

Tabelle 71: Beispiel Aufbau Geruchskataster, Waschbeckengeruch

5.1.2. Beispiel eines Fragebogens / Begehungsprotokoll (UBA):

Begehungsprotokoll - Innenraumhygiene:

Projekt:	
----------	--

Institution / Firma:		Name:	
----------------------	--	-------	--

Datum	
-------	--

<u>Örtlichkeit, Allgemein:</u>	
Bezeichnung	
Adresse	
PLZ, Ort	
Lage, Größe	
Alter des Gebäudes	
Bauliche Besonderheiten	
Nassräume	
Baumaterialien	
Unterkellerung	
Dachgeschoss	
Dämmung	
Art der Fenster	
Umfeld, Betriebe, Industrie, Wald, Feld	

<u>Messbedingungen:</u>	
Bezeichnung	
Adresse	
PLZ, Ort	
<u>Bedingungen außen:</u>	
Luftdruck [bar]	
Temperatur [°C]	
Luftgeschwindigkeit [m/s]	
<u>Bedingungen innen</u>	
Luftdruck [bar]	
Temperatur [°C]	
Luftgeschwindigkeit [m/s]	

Örtlichkeit, Innenraum:	
Raumbezeichnung	
Raumziffer*	
Größe	
Fußbodenbelag	
Wände	
Gardinen-Vorhänge	
Gardinen	
Topfpflanzen	
Luftbefeuchter	
Schränke	
Regale	
Betten	
Matratzen	
Büroeinrichtung	
Elektronische Geräte	
RLT- Anlagen	
Heizungssystem	
Art der Raumnutzung	
Anzahl der Nutzer	
Heizungs- und Lüftungsverhalten	
Wärmedämmmaßnahmen	
Geruch vorhanden	
Geruchart:	
Geruchsintensität:	
Bauliche Veränderungen in den letzten drei Jahren	
Renovierungsarbeiten / Handwerkliche Veränderungen in den letzten drei Jahren	
Innenraumveränderungen in den letzten drei Jahren	
Nutzungsänderungen im Laufe der Zeit	
Reinigungsart, Intervall	
Eingesetzte Reinigungsmittel	
Duftspender:	
Elektrogeräte	
PC, Drucker, etc.	

*beginnend mit dem Eingangsbereich, links im Uhrzeigersinn beginnend,
nachfolgend Etagenzahl [EG = 0] [1.OG= 1] [Keller = -1]
Beispiel: 3 Raum vom Eingang im EG = 3/0

<u>Nutzerangaben / Gesundheitliche Beschwerden:</u>	
Welche Beschwerden	
Atembeschwerden	
Kopfschmerzen	
Augenbeschwerden	
Kratzen im Hals	
Benommenheit	
Nasenbeschwerden	
Hautreaktionen	
Sonstiges	
Wann treten die Beschwerden auf	
Wie häufig treten sie auf	
Verschwanden die Beschwerden, wenn Sie den Raum verlassen	
Hobbys	
Haustiere	

<u>Hinweise auf Schadstoffe:</u>	
Asbest / KMF	
Fogging	
Stäube	
VOC / SVOC / MVOC	
Gerüche	
Mikrobiologischer Befall	
Insekten	
Infektionserreger	
„Phänomen der schwarzen Flecken“	

<u>Hinweise auf Schimmelbefall und/oder Feuchteschäden im Innenraum:</u>	
Sichtbarer Schimmelbefall, Feuchteflecken und sonstige Feuchteschäden	
Früheres oder aktuelles Auftreten von Feuchte-bzw. Schimmelproblemen	
Bisher erfolgte Maßnahmen:	
Wasserschäden, Heizungsleckagen	
Materialien mit Feuchteschäden (z. B. Mauerwerk, Möbel, Dämmmaterialien, Bücher)	
Baumaßnahmen mit Feuchteintrag	
Sonstiges	

<u>Mögliche weitere Schimmel- oder Feuchtequellen im Innenraum:</u>	
Sammeln von Biomüll oder „Grüner Punkt-Müll“ im Innenraum	
Topferde von Zimmerpflanzen	
Käfigtierhaltung	
Gewächshaus in Verbindung mit dem Innenraum	
Luftbefeuchter, Zimmerspringbrunnen	
Aquarium in der Wohnung	
feuchtes Feuerholz	

<u>Mögliche Schimmelquellen im Umfeld:</u>	
emittierende Betriebe in der Umgebung	
Kompostwerke	
Gärtnereien	
Wertstoffsortieranlagen	
Landwirtschaftliche Betriebe	
Holzbearbeitendes Handwerk	
Mülltonnen für Bioabfälle	
Komposthaufen	
Gartenbeete unter Fenstern	
Abluftschächte von RLT - Anlagen	

<u>Geruchsempfindung des Nutzers:</u>	
Akzeptanz von -10 bis +10 -10 = völlig unakzeptabel -1 = unakzeptabel + 1 = akzeptabel + 10 = völlig akzeptabel	
Intensität von -10 bis +10 -10 = völlig unakzeptabel -1 = unakzeptabel + 1 = akzeptabel + 10 = völlig akzeptabel	
Hedonik von - 4 bis + 4 -4 = äußert unangenehm 0 = weder angenehm noch unangenehm +4 = äußerst angenehm	
Art des Geruches (Mehrfachnennungen möglich):	
Minzig	
Moschusartig	
Blumig	
Kampferartig	
Ätherisch	
Stechend	
Faulig	

Fotodokumentation Gebäude:

Fotodokumentation Innenraum:

Ort, Datum:

Unterschrift Kunde

Unterschrift Sachverständiger / Bearbeiter

6. Bewertungsgrundlagen

6.1 Übersicht der Bewertungsgrundlagen für Innenraumluftinhaltsstoffe

Die folgenden Grafiken zeigen eine Übersicht der unterschiedlichen Bewertungsgrundlagen bezüglich Innenraumluftinhaltsstoffe

Erste Differenzierung

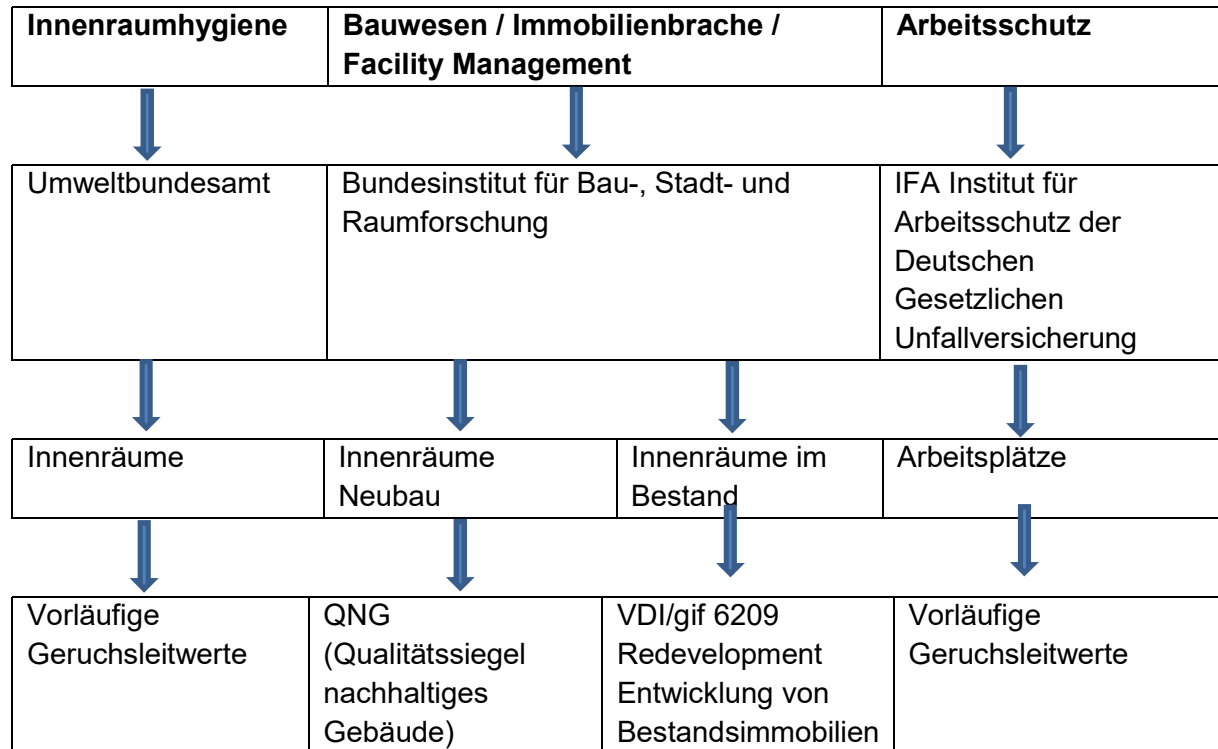
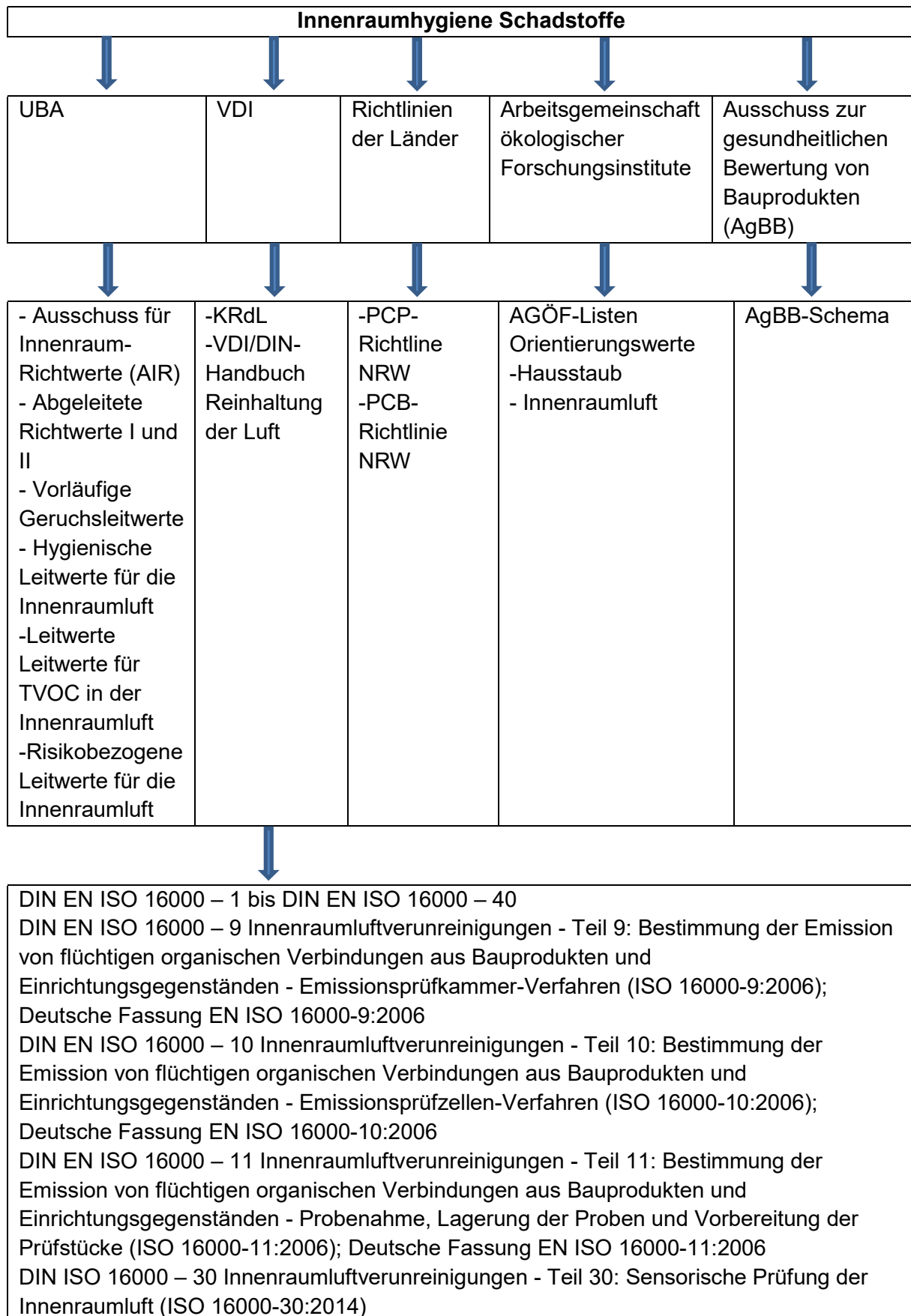


Abbildung 12: Differenzierung nach Anwendungsbereichen

Detailbetrachtung 1:



VDI 4302 Blatt 1 Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien Grundlagen
 VDI 4302 Blatt 3 Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien - Erhebung der Zufriedenheit mit der Raumluftqualität in Wohnungen und Büroräumen mittels Fragebogen
 VDI 6022 Blatt 1 bis VDI 6022 Blatt 7
 (VDI 6022 Blatt 3 Beurteilung der Raumluftqualität)

Abbildung 13: Detailbetrachtung Innenraumhygiene

Detailbetrachtung 2:

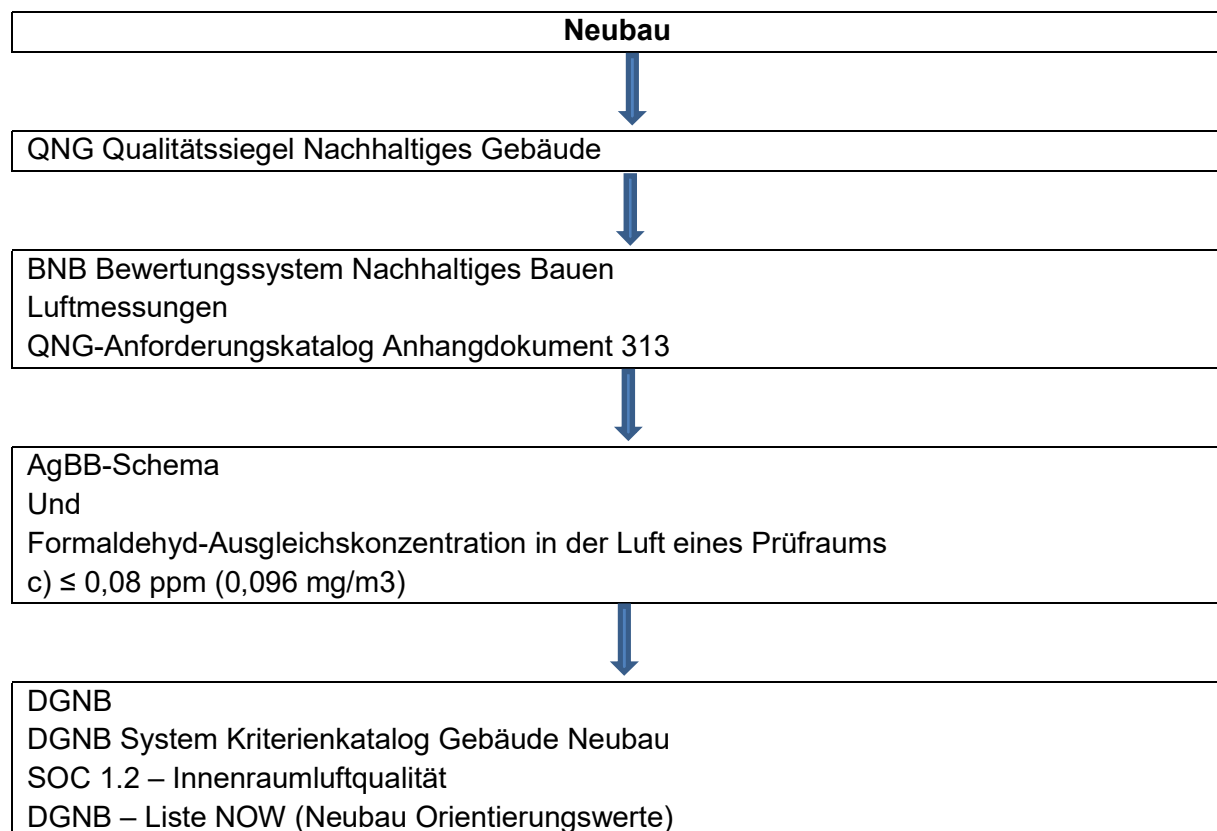


Abbildung 14: Bewertungsschema Neubau

„Für die Bewertung von VOC ohne Ad-hoc-Richtwert sind die im Rahmen eines Forschungsauftrages des Umweltbundesamtes ermittelten VOC-Neubauorientierungswerte, siehe Anlage 2, heranzuziehen¹. Für Stoffe, für die von der Ad-hoc-AG vorläufige Geruchsleitwerte abgeleitet wurden, wird der jeweilige Geruchsleitwert II ausgewiesen. Für Werte in dieser Größenordnung ist mit Geruchsbelastungen zu rechnen. Messwerte, die oberhalb dieser Vergleichswerte liegen, weisen darauf hin, dass das untersuchte Gebäude eine statistisch signifikant über dem Hintergrundniveau liegende VOC-Raumluftbelastung aufweist. Treten für einzelne VOC (gemeint sind hier der NOW- oder RWI- Wert gemäß Anlage 2) deutlich höhere Konzentrationen auf, als dies „normal“ zu erwarten wäre, führt dies nicht zu einer Ablehnung des Gebäudes, sondern es muss neben dem Prüfbericht eine ergänzende gutachtliche Stellungnahme, die einen Hinweis auf die Quelle des Stoffeintrages oder eine Aussage zum Abklingverhalten macht, vorgelegt werden. Bei Fehlen solcher Angaben wird die Messung nicht anerkannt.“

Die Empfehlung des Gutachters (wie z. B. Lüftungsempfehlungen oder Nachmessung) bei Überschreitung von Einzelstoffen oder Grenzwerten bei TVOC und Formaldehyd muss dem Antragsteller / Bauherrn zur frühzeitigen Maßnahmenenergreifung zur Verfügung gestellt werden.“

Um das Nachweisverfahren zu erleichtern wird eine Vorlage zur Nachweisführung erstellt (siehe Anlage 1).“

Quelle: DGNB System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau, VERSION 2018

Wir haben im Rahmen unseres Forschungsprojektes Kontakt zur DGNB aufgenommen. An einem fachlichen Austausch über die verstärkte Einbindung der Bewertung von Geruchsproblematiken in das DGNB-System sind das DGNB wie auch wir sehr interessiert.

Detailbetrachtung 3:

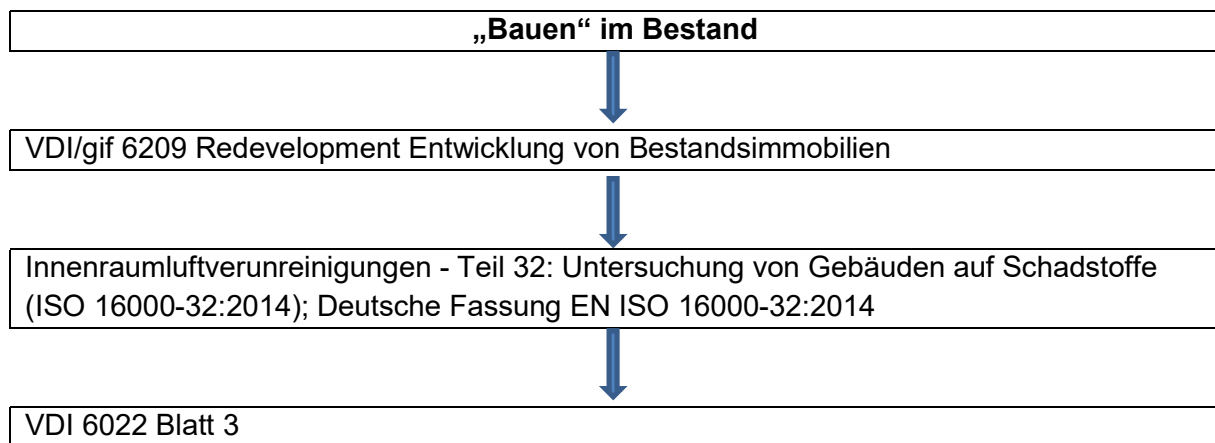


Abbildung 15: Bewertungsschema Redevlopment

„Begriffserläuterungen:

Refurbishment (Aufpolieren)

Nutzung bleibt,
Objekt „funktioniert“ wirtschaftlich,
benötigt aber wesentliche Modernisierung
z.B. Modernisierung eines Einkaufszentrums

Revitalisierung (Wiederbelebung)

Nutzung bleibt,
Objekt akut leerstandsgefährdet,
benötigt umfassende baulich- funktionelle Umgestaltung
z.B. bei einem (teilweise) leerstehenden Bürogebäude

Redevelopment (Wieder-Entwicklung)

Nutzung ändert sich,

dafür ist umfassende baulich-funktionale Umgestaltung (meist Abriss und Neubau) erforderlich

z.B. Wohnungsneubau auf früherem Industriegelände

Umweltthematische Besonderheiten

Checkliste 1 – Quickcheck

1.4.1 Umweltthematische Auffälligkeiten beurteilen (sichtbare Schadstoffe, aktuelle Nutzung/Zustand, Indizien aus Exposé und Objektunterlagen usw.).

1.4.2 Mögliche Indizien auf Schadstoffe anhand des Gebäudealters beurteilen (Abgleich mit Schadstoffampel nach Anhang B für aktuelle und historische Gebäudenutzung).

1.4.3 Auskunft aus dem amtlichen Altlastenkataster bezüglich des Grundstücks einholen (Nutzungshistorie recherchieren und bewerten, Einfluss von Umfeld/Nachbarschaft auf mögliche umweltrelevante Themen prüfen).

Umweltthematische Besonderheiten

Checkliste 2 – Projektinitiierung

2.4.1 Datenraum/Unterlagen hinsichtlich Aussagen zu möglichen schadstoffhaltigen Verbauungen und potenziellen „Verschmutzungsbereichen“ prüfen

(Dokumentationen/Gutachten zu bereits erfolgten Schadstoffsanierungen sichten, siehe auch VDI 6202).

2.4.2 Begehung vor Ort durchführen. Probenlose/zerstörungsfreie Begehung durchführen, Klebproben nehmen (Asbestverdacht), Passivsammler auslegen (Leichtflüchter), Decken- und Bodenverschlüsse öffnen, Versorgungs- und Kabelschächte kontrollieren,

Zeitzeugen und Nachbarn/Anwohner befragen. Bei Freiflächen: Geländetopografie, Anomalien, Bewuchs, Nachbarschaft erfassen.

2.4.3 Einsicht in das Altlastenkataster nehmen (Termin bei der zuständigen Behörde vereinbaren), Plausibilität und Vollständigkeit von Altgutachten prüfen, Lage der Immobilie zu Grundwasserbelastungsfahnen analysieren, Ergebnisse laufender Monitoringmaßnahmen berücksichtigen

2.4.4 Historische Recherche durchführen: Auswertung alter Betriebspläne, multitemporale Luftbildauswertung.

2.4.5 Defizitanalyse bestehender Gutachten erstellen (eventuellen Aktualisierungsbedarf feststellen), neues bzw. ergänzendes Untersuchungsprogramm erstellen und mit den zuständigen Behörden abstimmen.

2.4.6 Umwelt-Due-Diligence(UDD)-Phase-I-Bericht erstellen, siehe Anhang A.

2.4.7 Immobilie auf eventuelle Immissionen von Nachbarnutzungen überprüfen (Lärm, Geruch usw. nach Geruchsimmissions-Richtlinie).

Umweltthematische Besonderheiten

Checkliste 3 – Projektkonzeption

3.4.1 Gebäudesubstanzuntersuchungen durchführen (Bauteile und Verbauungen öffnen, Kernbohrungen durchführen, Bausubstanz- und Materialproben nehmen zur analytischen Untersuchung und zur Erstellung eines Gebäudeschadstoffkatasters).

3.4.2 *Raumlufmessungen zur Bestimmung der Belastung durch leichtflüchtige Schadstoffe durchführen („Raumlufthygiene“, siehe auch VDI 6022 Blatt 3).*

3.4.3 Bohrungen und Sondierungen (bzw. Schürfungen) zur Bodenprobenahme im Gelände durchführen (gegebenenfalls auch unterhalb der Gebäude, neben/unter VAWS-Anlagen (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe – Anlagenverordnung) und Becken, Tanks, Stoffstrom- und Entwässerungsleitungen)).

3.4.4 Bodenluftuntersuchungen durchführen.

Umweltthematische Besonderheiten

Checkliste 4 – Projektkonkretisierung

4.4.1 Aufmaße der schadstoffhaltigen Verbauungen machen, Sanierungs-, Abbruch- und Entsorgungskonzept erstellen, Abfallerzeugernummer beantragen (gemäß elektronischem Abfallnachweisverfahren (eANV)).

4.4.2 Schwarz-Weiß-Bereiche festlegen (Anforderungen der TRGS 519/TRGS 521 beachten, Schadstoffsanierungsarbeiten mit dem Gewerbeaufsichtsamt abstimmen).

4.4.3 Sanierungsziele im Hinblick auf die Folgenutzung mit der zuständigen Behörde abstimmen.

4.4.4 Weitere Sanierungsuntersuchungen/Detailerkundung (EDDA-Phase III) durchführen.

4.4.5 Mögliche Sanierungsvarianten und Restriktionen mit Fachplanern und Projektbeteiligten diskutieren.

4.4.6 Sanierungsplan nach Bodenschutzgesetz mit dem Ziel der Verbindlichkeitserklärung erstellen

Umweltthematische Besonderheiten

Checkliste 5 – Projektrealisierung/Management

5.4.1 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator (SiGeKo) bestellen (Monitoringmaßnahmen abstimmen, **Arbeitsbereichsmessungen** durchführen, Beweissicherung durchführen).

5.4.2 Angebote prüfen, Sondervorschläge auswerten.

5.4.3 Schadstoffsanierungsarbeiten anmelden, Baustelleneinrichtungs- und Schwarz-Weiß-Bereiche festlegen.

5.4.4 Abfall- und Entsorgungsmanagement einführen, Haufwerk beproben, Deklarationsanalytik durchführen, **Freimessungen** sowie Sohl- und Böschungsbeprobungen durchführen“

Quelle: VDI/gif 6209

6.2 Kurze Vorstellung der Bewertungsgrundlagen und Betrachtung hinsichtlich der Anwendbarkeit bei Geruchsauffälligkeiten in Innenräumen

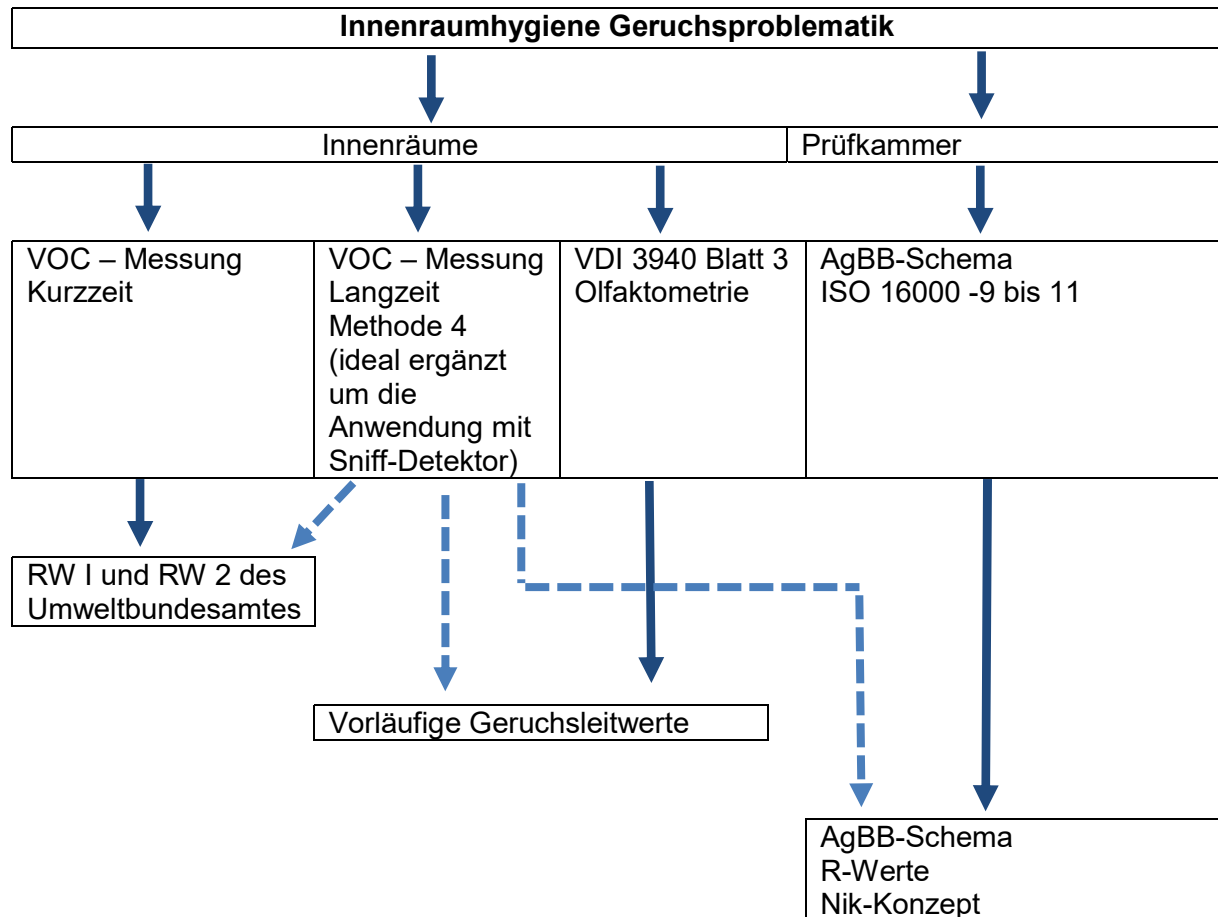


Abbildung 16: Vorgehensweise und Bewertung bei Geruchsproblematiken

Wir haben versucht in diesem Forschungsprojekt zu erkunden, ob es in ersten Ansätzen möglich ist die Methoden der GC/MS durch eine Probenvolumenerhöhung mit der Bewertung durch die vorläufigen Geruchsleitwerte und dem AgBB-Schema zu verknüpfen.



Gaschromatographie
Quelle Shimadzu
Foto17: Gaschromatograph



Olfaktometrie
Quelle: Firma olfasense
Foto 18: Olfaktometer

6.2.1 Publikation des Umweltbundesamtes zur Bewertung von Gerüchen

„Gerüche aus Bauprodukten“

Ich zitiere im Folgenden aus:

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/bauprodukte/gerueche-aus-bauprodukten#wie-riechts-bei-ihnen>

aktualisiert: 05.09.2019

„Renovieren macht Spaß und die Wohnung schöner. Doch nicht selten schlummern in Bauprodukten – wie Fugendichtstoffe, Lacke und Farben – gefährliche Stoffe. Flüchtige organische Substanzen (VOC) und Gerüche, die aus Bauprodukten ausgasen, können der Gesundheit und somit dem Wohlbefinden der Raumnutzerinnen und Raumnutzer schaden. Daher ist eine gesunde Innenraumluft besonders wichtig.

„Wie riecht's bei Ihnen?“

Verhalten, Nutzungsgewohnheiten und Materialien oder Produkte, mit denen Gebäude errichtet wurden oder Wohnungen ausgestattet sind, können Quellen für Schadstoffe und Gerüche sein. Um mehr über Gerüche, ihre Ursachen und Wirkungen herauszufinden, führte das Umweltbundesamt eine mehrmonatige internetbasierte Umfrage durch. Knapp 300 betroffene Personen (mind. 59 % Frauen, mind. 38 % Männer) antworteten auf die Fragen zu Gerüchen in Wohnungen, Büroräumen und öffentlichen Räumen. Den Teilnehmenden wurden neben Fragen zu Alter und Geschlecht, insgesamt elf Fragen gestellt. Die Befragten sollten u. a. die Art des Gebäudes, in dem es zu einer Geruchsbelastung kam, mögliche Quellen für Gerüche im Innenraum und ihre damit im Zusammenhang stehenden gesundheitlichen Beschwerden benennen. Sie wurden auch zum eigenen Lüftungsverhalten befragt und um die Bewertung der Hedonik (angenehm-unangenehm, Qualität) und der Geruchsintensität (sehr schwach-sehr stark) von Gerüchen gebeten.

Ursachen und Wirkung von Gerüchen

Die Auswertung der Umfrage ergab, dass sich 76 % (226) der Teilnehmenden durch Gerüche im Innenraum gestört fühlten. Besonders häufig wurde über Gerüche in Bürogebäuden (40 %) und Mehrfamilienhäusern (32,9 %) geklagt (Abbildung 1). Unabhängig von der Gebäudeart, fühlten sich etwa drei Viertel der knapp 300 Teilnehmenden von Gerüchen betroffen. So beurteilten sie mit überwiegender Mehrheit Gerüche als „sehr unangenehm“ oder „unangenehm“ bzw. „belästigend“. Die Qualität der Gerüche (Hedonik) spielte dabei eine wichtige Rolle: sie war für die Betroffenen viel entscheidender als die Intensität.

Je häufiger ein Geruch wahrgenommen wurde, desto mehr gesundheitliche Beschwerden benannten die befragten Personen: Reizungen der Nase, des Rachens/des Halses, Augenreizungen. Bei andauernder Geruchsbelästigung traten Kopfschmerzen, Benommenheit und Müdigkeit auf (Abbildung 2).

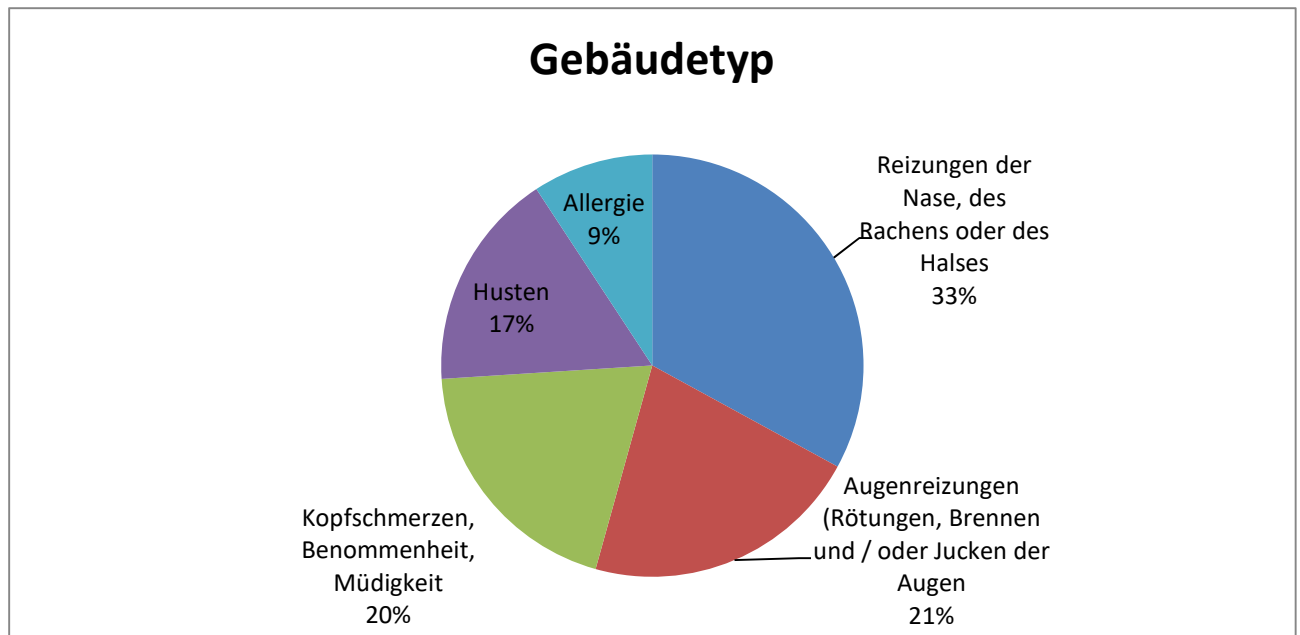


Abbildung 1

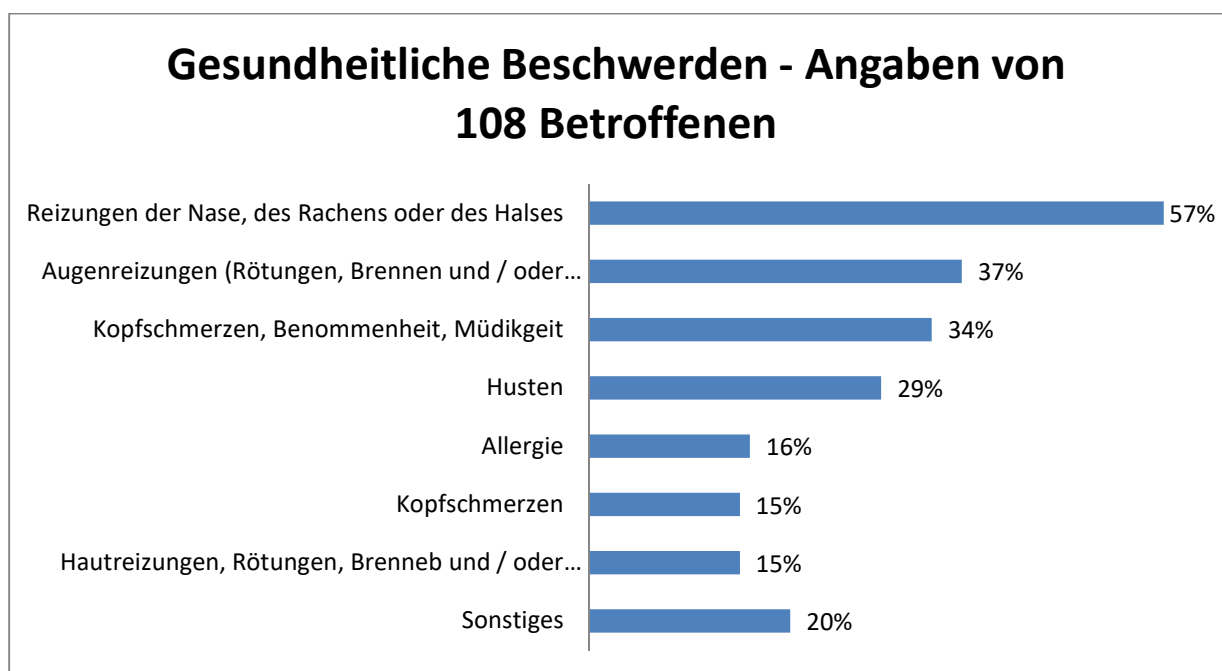


Abbildung 2

Als drei wichtigste Quellen für Gerüche benannten Betroffene Bodenbeläge (38 %), Möbel (inklusive Polstermöbel) und Wandfarben/Wände zu je 20 %. In der Umfrage waren mögliche Quellen bereits vorgegeben, neben diesen konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch weitere vermutliche Geruchsquellen benennen und beschreiben. Erwartungsgemäß deckten die genannten Geruchsquellen ein breites Spektrum ab. Zusätzlich zu den Bauprodukten wurden beispielsweise auch Reinigungs- und Waschmittel, Duftstoffe oder Kunststoffe (14 %) benannt.

Die Umfrage hat nicht den Anspruch repräsentativ zu sein, aber die persönlichen Einschätzungen der Befragten sind eine wichtige Quelle für Maßnahmen zur Verbesserung der Situation. Die Umfrage verdeutlicht, dass das Thema der Belästigung durch Gerüche in Wohn- und Büroräumen an Bedeutung gewinnt und hier Handlungsbedarf besteht.

Die Einführung einer sensorischen Prüfung (Geruchsprüfung) in das **Beurteilungsschema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB)** kann hier einen Beitrag leisten und den Geruchsbelästigungen durch Emissionen aus Bau- und Einrichtungsprodukten vorbeugen.

Geruchsarme Bauprodukte

Gerüche im Innenraum lassen sich einfach feststellen. Starkes Lüften kann vorübergehend helfen, zum Beispiel nach einer Renovierung. Allerdings lassen sich viele Gerüche nicht einfach weg lüften und viele Emissionen bemerkt die Nase nicht. Dabei ermöglichen geruchsarme Bauprodukte hygienische Bedingungen im Innenraum und tragen zum Energiesparen bei. Zu emissionsarmen Produkten weist der Blaue Engel den Weg.

Hilfreiche Informationen, Tipps zum Umgang mit Farben, Lacken und anderen Renovierungsprodukten sowie Hinweise zum Umweltzeichen Blauer Engel enthält die Broschüre „Gesund und umweltfreundlich renovieren“. Mit der richtigen Produktwahl lassen sich mögliche Gesundheitsgefahren und Umweltbelastungen auf ein Minimum reduzieren. Geruchsarme Bauprodukte gehören bereits heute zu den Kriterien moderner Gebäudezertifizierungssysteme wie etwa beim Bewertungssystem „Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude“.

Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten

In Deutschland hat sich zur Bewertung der VOC-Emissionen aus Bauprodukten das Schema des Ausschusses zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB-Schema) bewährt. Das Bewertungsschema sieht eine sensorische Prüfung und Bewertung zwar für erforderlich an, fordert diese bei der Prüfung aber nicht, da bislang ein einheitliches Messverfahren nicht zur Verfügung stand.

In zwei Forschungsprojekten des UBA haben das Hermann-Rietschel-Institut (HRI) der Technischen Universität Berlin, die Bundesanstalt für Materialforschung und – Prüfung (BAM) und die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen) ein Messverfahren und Bewertungsmaßstäbe entwickelt, die sich für die sensorische Bewertung von Bauprodukten eignen.

Seit 2011 steht mit der neuen Norm DIN ISO 16000-28 „Innenraumluftverunreinigungen“ ein international anerkanntes Messverfahren zur Verfügung.

Praxistest: AgBB-Schema und Blauer Engel

Verfahren zur Messung und Bewertung von Geruchsemissionen werden an verschiedenen Stellen benötigt: bei der Eigenüberwachung der Hersteller, beim Blauen Engel und bei der Bewertung von Bauprodukten.

Heute liegen viele Messungen mit der neuen Methode zum Beispiel an Bodenbelägen, Klebern und Holzwerkstoffen vor. In einer Pilotphase bis 2014 erprobt der AgBB in

Zusammenarbeit mit Bauproduktherstellern die sensorische Bewertung von Bauprodukten. Die ersten Blauen Engel für emissionsarme Bauprodukte mit sensorischer Bewertung werden vorbereitet. Besonders in energieeffizienten Gebäuden sind emissions- und geruchsarme Bauprodukte unverzichtbar.

Bauherren und Bauträger können sich auf die freiwillige Kennzeichnung von emissionsarmen Bauprodukten mit dem Blauen Engel verlassen. Die Vergabe erfolgt an Produkte, die anerkannte Labore nach dem AgBB-Bewertungsschema geprüft haben. Die Anforderungen an die Emissionswerte sind allerdings strenger.

Ergebnisse des Forschungsprojekts 2011 und Fachveranstaltung 2010

Im März 2010 präsentierte das UBA gemeinsam mit dem HRI, der BAM und der RWTH Aachen auf einer Fachveranstaltung die wichtigsten Ergebnisse des Forschungsvorhabens „Sensorische Bewertung der Emissionen aus Bauprodukten – Integration in die Vergabegrundlagen für den Blauen Engel und das Bewertungsschema des Ausschusses zur Gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten“. Der gleichlautende Forschungsbericht wurde 2011 veröffentlicht.

Auf der Basis umfangreicher Emissionsmessungen von Gerüchen und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten hat das Forschungsteam Bewertungsmaßstäbe entwickelt, die sich für die sensorische Bewertung von Bauprodukten eignen.

Das Projekt hatte das Ziel, das Emissionsverhalten von Bauprodukten zu ermitteln und die national und international angewendeten Prüfmethoden zur VOC-Messung zu testen und zu erweitern, um Bauprodukte nach der Vorgehensweise des AgBB sicher gesundheitlich bewerten zu können. Ein Schwerpunkt lag auf der Entwicklung einer Methodik der Geruchsmessung.

Eines zeigen die Ergebnisse deutlich: Bauprodukte sind gesundheitlich unbedenklicher, als noch vor einigen Jahren. Aber es gibt auch Handlungsbedarf: 14 Produkte, vorwiegend Dichtungsmassen und Kunstharzfertigputze, überschritten die Anforderungen des AgBB. Das tatsächliche Emissionsverhalten verschiedener Produktgruppen ist seit den Ergebnissen des Forschungsprojektes 2006 bekannt und kann ausreichend beschrieben werden. Auch für die sensorische Bewertung steht seither ein geeignetes Messverfahren zur Verfügung. Im Folgeprojekt 2010 hat das Umweltbundesamt das Messverfahren anhand ausgewählter Produktgruppen durch das HRI und die BAM ausreichend erproben lassen, um Anforderungen zur Bewertung von Gerüchen festzulegen.

Das Messverfahren und die weiteren Untersuchungsergebnisse wurden auf einer Fachveranstaltung im September 2006 in Berlin präsentiert. Die Folien der Vorträge können auf der Homepage des Hermann-Rietschel-Instituts heruntergeladen werden. Auf Basis der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt ist eine umfangreiche Broschüre entstanden, die Informationen für beabsichtigte Bau- oder Renovierungsmaßnahmen enthält und ausführliche Hinweise, worauf man beim Einkauf achten sollte. Die Broschüre informiert über Emissionen aus Bauprodukten und richtet sich an Heimwerker, Architekten und Bauingenieure, aber auch an Beschäftigte in Gesundheits-, Bauaufsichts- und Umweltbehörden.“

Wenn wir Baumaterialien hinsichtlich Ihrer VOC-Emissionen bewerten wollen, welche Vorgaben müssen / sollten wir beachten?

- *AgBB-Schema*
- *Ü-Zeichen*
- *EMICODE*
- *EN 15251:2012-12 Anhang C*
- *Blauer Umweltengel*
- *Publikationen BBSR*
- *wcobis (BBSR)*
- *Publikationen des UBA*
- *BNB Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen*
- *Ausschreibung gemäß den Vorgaben spezifischer z.B. „Naturplus“*
- *ISO 16000-28 als Prüfmethode*

Der Unterzeichner hält es für eine sehr „interessante Zusatzaufgabe“ im Rahmen dieser Arbeit die Anforderungen und Vorgaben gegenüberzustellen und wenn möglich, bzw. wenn nötig, auch zu gewichten (unter Hinzuziehung eines Baujuristen).

Tatsächlich wäre das für ein aktuelles konkretes Praxisprojekt in Duisburg sehr hilfreich.

Ich zitiere aus der Homepage der eco Germany GmbH:

„AgBB-Schema Bewertungsschema für VOC-Emissionen aus Bauprodukten“

VOC-Emissionen aus Bauprodukten sind eine wichtige Ursache für Verunreinigungen der Innenraumluft.

Daher erarbeitete der 1997 gegründete Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) Prüfkriterien und – auf Grundlage dieser Kriterien – das AgBB-Bewertungsschema für VOC-Emissionen aus Bauprodukten.

Das sogenannte AgBB-Schema wird regelmäßig überarbeitet und angepasst, zuletzt im August 2018. Ab August 2019 ist die Verwendung der Version 2015 nicht mehr zulässig.

Auf Grundlage des AgBB-Schemas entwickelte das Deutsche Institut für Bautechnik 2004 die „Grundsätze zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten in Innenräumen“. Diese sind maßgeblich, um das Ü-Zeichen im Rahmen der allgemeinen technischen Zulassung (abZ) zu erlangen. Allerdings befinden sich diese baurechtlichen Anforderungen hinsichtlich der Produktbewertungen in einem Erneuerungsprozess.

Das AgBB-Schema berücksichtigt die weltweit für Bauprodukte wegweisende Normenreihe der ISO 16000 und orientiert sich damit an nationalen und internationalen Anforderungen. So werden Produkte, die die AgBB-Anforderungen erfüllen, auch für den Einsatz in internationalen LEED-Bauprojekten anerkannt.

Übersicht europäischer Grenzwerte nach 28 Tagen

Substanz / Grenzwert	AgBB 2018	Belgische VOC-Verordnung 2014	Französische VOC-Verordnung (Klasse A+) 2011	AFSSET 2009
TVOC	$\leq 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
TSVOC	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	nicht definiert	nicht definiert
Toluol	$2.900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *)	$\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 300 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehyd	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Acetaldehyd	$1.200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *)	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$
CMR-Stoffe 1A & 1B	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CMR-Verordnung)	$\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CMR-Verordnung)
R-Wert	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
TVOC ohne NIK	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	nicht definiert	nicht definiert	$\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

* NIK, LCI, CLI“

CMR-Stoffe = sind Stoffe, die als -krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend eingestuft sind

NIK = Niedrigste Interessierende Konzentrationen

LCI = (NIK-Werte, engl. LCI, franz. CLI)

CLI = (NIK-Werte, engl. LCI, franz. CLI)“

Ich zitiere aus der Homepage der eco Germany GmbH:

„Ü-Zeichen

Prüfungen für DIBt-Zulassungen | Ü-Zeichen | ETA

In der europäischen Bauproduktenverordnung sind grundsätzliche Anforderungen zu Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz beschrieben. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat diese Anforderungen in den Grundsätzen für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten – insbesondere hinsichtlich der Emissionen – konkretisiert.

In Deutschland war daher aus Gründen des Gesundheits- und Umweltschutzes das Ü-Zeichen für Produkte, die im Innenraum verwendet werden, vorgeschrieben – auf der Grundlage einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (abZ).

Der Europäische Gerichtshof sah im Ü-Zeichen und der deutschen Sonderregelung zum Gesundheitsschutz ein Handelshemmnis auf dem EU-Markt und setzte die verpflichtende Anwendung für Bodenbeläge in Deutschland zum 16. Oktober 2016 aus: Laut EuGH genüge das europäischen CE-Zeichen.

Die Bundesregierung hat im Frühjahr 2017 Klage gegen das EuGH-Urteil erhoben, da dadurch ihrer Meinung nach große Lücken in den Sicherheitsstandards für Bauprodukte entstanden sind.

Auf dieser Seite informieren wir Sie über die Entwicklungen des Ü-Zeichens.“

„2006 veröffentlichte die französische Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) erstmals eine Richtlinie zur Begrenzung von VOC-Emissionen (durch Bauprodukte) in der Innenraumluft.

2009 hat AFSSET die Richtlinie nochmals überarbeitet; nun berücksichtigt diese VOC-Emissionen aus 165 Substanzen.

Die Prüfgrundlage mit der ISO 16000 der in Deutschland gesetzlich vorgeschriebenen Methodik, die auch der Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten (AgBB) bzw. das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) zu Grunde legen.

Diese Prüfung nach dem so genannten AFSSET-Schema ist nicht zu verwechseln mit der Prüfung nach der französischen VOC-Verordnung – diese ist für Bau- und Einrichtungsprodukte auf dem französischen Markt verpflichtend vorgeschrieben und muss vom Produkthersteller nachgewiesen werden.

Eine Prüfung nach den AFSSET-Kriterien ist hingegen freiwillig, dafür aber wesentlich umfassender.“

Wir finden in der Praxis immer wieder Beispiele, dass trotz Verwendung von Baumaterialien die diesen Anforderungen und Grenzwerten entsprechen, es vor Ort im Gebäude zu Emissionen und damit verbundenen Geruchssituationen kommt.

Arbeitsthese 1:

Diese VOC-Emissionen sind von der Konzentration so gering, dass sie die Anforderungen und Grenzwerte unterschreiten, aber oberhalb der Geruchswahrnehmung liegen.

Arbeitsthese 2:

Es kommt vor Ort, in der Praxis zu Bedingungen, die in den Güteuntersuchungen nicht berücksichtigt werden. Solche Bedingungen können z.B. sein, Temperatur, Feuchte, pH-Wert, Reaktion mit anderen Substanzen die zum „baumaterialgehörenden System“ gehören. Beispiel: System textiler Fußbodenbelag: Alter Estrich (Alte Baustoffe), Beton - Schrenzlage - Styropor - Estrich - Grundierung - Spachtelmasse - Klebstoff - Teppichbodenrücken - Teppichboden - Ausrüstung.

Aber auch die Art und Häufigkeit der Reinigung spielt ebenso eine elementare Rolle wie die Alterung der Baumaterialien.

6.2.2. Vorläufige Geruchsleitwerte:

Zwei Arbeitsgruppen haben sich in den letzten Jahren intensiv mit der Bewertung von Gerüchen in Innenräumen beschäftigt:

a) Ausschuss für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes, Berlin (UBA)

Herr Prof. Dr. Moriske

bzw.: der UAG Geruch

b) Institut für Prävention und Arbeitsmedizin der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Institut der Ruhr-Universität-Bochum (IPA)

Fr. Dr. rer. nat. Sucker

Insbesondere mit Herrn Prof. Dr. Moriske hatten wir während dieses Forschungsprojektes einen regen Fachaustausch.

Die Definition der vorläufigen Geruchsleitwerte des UBA lautet:

Geruchsleitwert 1 (UBA) [Ausschuss für Innenraumrichtwerte]

- **vorläufiger Geruchsleitwert I**
vGLW I = 6 ODT₅₀^{a)}
- **C > 6 ODT₅₀ „geruchlich auffällig“**

Geruchsleitwert II (UBA) [Ausschuss für Innenraumrichtwerte]

- **vorläufiger Geruchsleitwert II**
vGLW II = 48 ODT₅₀^{a)}
- **C > 48 ODT₅₀ „geruchlich erheblich belästigend“**

a) Unter ODT 50 versteht man die Konzentration eines Geruchsstoffes, die bei der Hälfte einer Probandengruppe eine Geruchswahrnehmung auslöst.

**Abschätzung der Intensitätsabhängigen Konzentration eines Geruchsstoffes:
Weber-Fechner-Gleichung:**

$$I = k_w \log (c_i / \text{ODT}_{50}) + 0,5$$

I	=	Geruchsintensität
k _w	=	Weber-Fechner-Koeffizient (vereinfacht 2,33) (1,9-2,7)
C _i	=	Konzentration eines Geruchsstoffes bei einer bestimmten Geruchsintensität
ODT ₅₀	=	Unter ODT 50 versteht man die Konzentration eines Geruchsstoffes, die bei der Hälfte einer Probandengruppe eine Geruchswahrnehmung auslöst

Einstufungen der Geruchsintensität nach VDI 3882 Blatt 1

Stufe	Geruchsbeschreibung	Abschätzung n. W.-F.
0	Kein Geruch	$c_0 = 0$
1	Sehr schwacher Geruch	$c_1 = 1,6 \text{ ODT}_{50}$
2	Schwacher Geruch	$c_2 = 4,5 \text{ ODT}_{50}$
3	Deutlicher Geruch	$c_3 = 12 \text{ ODT}_{50}$
4	Starker Geruch	$c_4 = 32 \text{ ODT}_{50}$
5	Sehr starker Geruch	$c_5 = 85 \text{ ODT}_{50}$
6	Extrem starker Geruch	$c_6 = 141 \text{ ODT}_{50}$

6.2.3. AgBB-Schema

Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten AgBB –2021

Anforderungen an die Innenraumluftqualität in Gebäuden: Gesundheitliche Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, VOC und SVOC) aus Bauprodukten

„Zur toxikologischen Bewertung von emittierten Stoffen aus Bauprodukten werden Konzentrationsniveaus ermittelt, oberhalb derer für den Einzelstoff nachteilige Wirkungen auf die Gesundheit zu befürchten sind (NIK–Werte; niedrigste interessierende Konzentration für den Einzelstoff, englisch LCI - lowest concentration of interest) [ECA 29, 2013]. NIK-Werte werden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben und sind ausschließlich in Zusammenhang mit gesundheitsbezogenen Beurteilungen von Bauproduktemissionen anzuwenden“

„Zur Beurteilung kombinatorischer Effekte von Stoffen in einem emittierten Substanzgemisch eines Bauproduktes wird im AgBB-Bewertungsschema der Gefahrenindex „R“ (R-Wert oder Risikoindex) verwendet. Er basiert auf der Empfehlung des europäischen Expertengremiums im ECA-Bericht Nr. 18 und wurde mit dem ECA-Bericht 29 erneut bestätigt [ECA 18, 1997a; ECA 29, 2013]. Da im konservativen Ansatz lediglich die Annahme additiver Wirkung zugrunde liegt und immer alle VOC bei der Bewertung der Exposition berücksichtigt werden müssen, wird der R-Wert zur Beurteilung der Gefahr benötigt.“

„Gleichung (1) beschreibt die durch ein Bauprodukt bedingte Raumluftkonzentration C in Abhängigkeit von der flächenspezifischen Emissionsrate E_{fl} [$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$] des Produktes, der Luftwechselrate n [h^{-1}] im betrachteten Raum und dem Verhältnis von eingesetzter Produktfläche F [m^2] und Raumvolumen V [m^3] im quasi-stationären Gleichgewicht. Die Größen n, F und V können zu einer neuen produktspezifischen Größe q [$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$] zusammengefasst werden, die als flächenspezifische Lüftungsrate bezeichnet wird.

(1)

$$C = (E_{\text{fl}} * F) / (n * V) = E_{\text{fl}} / q$$

Damit die Messergebnisse aus einer Prüfkammer auf den Referenzraum übertragbar sind, ist es erforderlich, eine Beladung für die Prüfkammer festzulegen, die die vorgesehene Verwendung des Produkts im Innenraum berücksichtigt. Hierzu wird in der EN 16516 angenommen, dass die klimatischen Bedingungen (Temperatur mit 23 °C, relative Luftfeuchtigkeit mit 50 %) der Prüfkammer, des Referenzraums und später des Realraums gleich sind **und, dass keine Wechselwirkungen mit anderen Produkten auftreten.**

Für einzelne Standard-Verwendungen sind folgende standardisierte Beladungen vorgesehen, die auch den Beladungsfaktoren der EN 16516 entsprechen:

- 1,0 m²/m³ für Wände;
- 0,4 m²/m³ für Boden oder Decke;
- 0,05 m²/m³ für kleine Oberflächen, z. B. eine Tür;
- 0,007 m²/m³ für sehr kleine Oberflächen, z. B. Dichtstoffe.“

Anmerkung:

Genau diese Wechselwirkungen mit anderen Produkten bzw. die Einflüsse durch z.B. Feuchte, Reinigung, Alterung der Bauprodukte finden wir aber in der Praxis vor.

”

Prüfung auf Erste Messung nach 3 Tagen

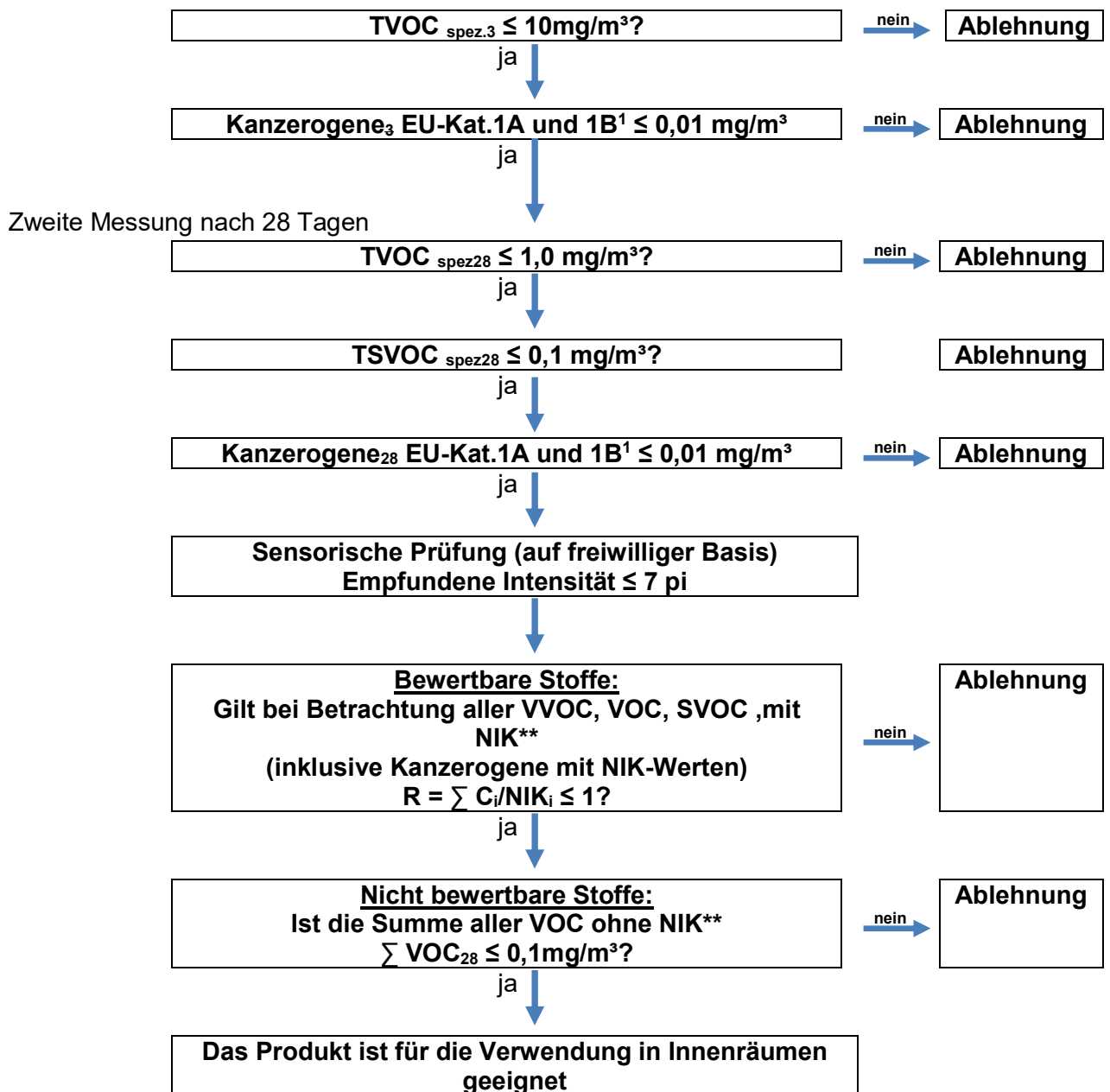


Abbildung 17: Schema zur gesundheitlichen Bewertung von VVOC-, VOC- und SVOC-Emissionen aus Bauprodukten.

Erläuterungen: VVOC: Retentionsbereich < C6, VOC, TVOC: Retentionsbereich C6-C16, SVOC: Retentionsbereich > C16-C22, NIK: Niedrigste interessierende Konzentration.

¹ Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 Anh. VI. Nähere Einzelheiten siehe Kapitel 4.3.

“

Nähere Angaben zum AgBB- Schema und zu den NIK-Werten siehe Anhang 1.

6.2.4. UBA Richtwerte 1 und 2

Nähere Angaben zu den UBA -Richtwerten 1 und 2 siehe Anhang 1.

6.2.5. AGÖF-Liste

Nähere Angaben zu der AGÖF-Liste siehe Anhang 1.

6.2.6. QNB Anhang 313

Nähere Angaben zum QNB Anhang 313 siehe Anhang 1.

6.2.7. DGNB-Liste

Nähere Angaben zur DGNB-Liste siehe Anhang 1.

6.2.8. VDI/gif 6902 Redevelopment

Nähere Angaben zur VDI/gif 6902 Redevelopment siehe Anhang 1.

6.2.9. VDI 6022 Blatt 3

Nähere Angaben zur VDI 6022 Blatt 3 siehe Anhang 1.

6.3 Vorschlag zur Bewertung der gemessenen geruchsrelevanten Luftinhaltsstoffe

In diesem Forschungsprojekt haben wir uns in erster Linie damit beschäftigt ein grundlegendes Probenahmesystem für größere Probenahmeholumina zu entwickeln, um typische Luftinhaltsstoffe zu identifizieren die für beschriebene Geruchsproblematiken charakteristisch sind.

Die Probenahmemethode, die Probenaufarbeitung und die Analysenmethode (GC/MS mit Sniff-Detektor) sollten, wenn möglich zeitnah in einem weiteren Forschungsvorhaben optimiert werden. Ziel soll dabei sein, die gemessenen geruchsrelevanten Luftinhaltsstoffe auch sicher zu quantifizieren.

Dies würde die Möglichkeit eröffnen, Geruchswahrnehmung und identifizierter Luftinhaltsstoff sowie die vorhandene Konzentration dieses Stoffes als Datenbasis mit den vorläufigen Geruchsleitwerten und dem AgBB-Schema mit den NIK-Werten zu vergleichen.

Erstrebter Vergleich:

C Konz. Identifizierter Luftinhaltsstoff	C_{IL}
Konzentration Luftinhaltsstoff nach Weber-Fechner-Gleichung	C_i
Konzentration Einzelsubstanz AgBB-Schema	NIK

7. Einsatz von Raumluftrationsgeräten in der Praxis:

Wir hatten in den Vorstudien zu diesem Forschungsprojekt und auch am Beginn, als temporäre Problemminimierung bis zur Behebung der Geruchsursache, Betroffene immer wieder auf die Möglichkeit der Luftfiltration aufmerksam gemacht. Vereinzelt kamen entsprechende Luftfiltrationsgeräte der Hauser Umweltservice GmbH zum Einsatz.

Einsatzbereiche waren:

- PCB, PCP und PAK-Belastungen,
- Verwesungsgerüche,
- Fettgerüche,
- Schimmelpilzbelastung der Innenraumluf bei entsprechender Geruchsbelastung,
- Raucherräume in der Eventgastronomie.

In den Kapiteln 4.4.4 und 4.4.8 werden beispielhaft einige Minimierungsergebnisse aufgeführt. Auch in den anderen aufgeführten Einsatzbereichen lag die Reduktion zwischen 70 und 90 %.

Das Interesse der Betroffenen war nur in den Raucherräumen der Eventgastronomie sehr ausgeprägt. Aber hier hatte die damalige NRW-Landesregierung in einer Gesetzesänderung des Nichtraucherschutzgesetzes den Einsatz von technischen Maßnahmen untersagt.

In den öffentlichen Einrichtungen stellte sich das Problem, dass wenn man einen Raum einer Kita oder Schule mit solchen Geräten ausrüstet, mehrere Betroffene der Einrichtung für Ihre Räume ebenfalls Raumluftrationsgeräte haben möchten.

Und spricht sich herum, dass in einer Stadt eine Kita bzw. Schule solche Geräte angeschafft hat, wird der Wunsch nach solchen Geräten in anderen Einrichtungen zurecht ebenfalls forciert.

All das änderte sich während in der Zeit unserer Forschungsarbeit durch das Auftreten des SARS-CoV-2-Virus.

Auf einmal wollten ALLE Luftreinigungsgeräte.

Aber der ausschließliche Schwerpunkt lag auf der Beseitigung des Virus.

Hierbei kommt ein ganz anderer Typus an Geräten zum Einsatz.

Das Virus wird durch UV-Licht bzw. „Plasma-Technologie“ abgetötet.

DAS genau DAS wollten die öffentlichen Einrichtungen.

Was aber passiert mit den vorhandenen chemischen Luftinhaltsstoffen?

Auch sie sind nach einer gewissen Zeit nicht mehr messbar, weil die Moleküle zerstört wurden. Aber sie sind nicht einfach weg. Es liegen dann chemische Bruchstücke vor. Leider ist die hier beschriebene Reaktion nicht steuerbar.

D.h. es kann aus einem relativ harmlosen geruchsrelevanten Luftinhaltsstoff möglicherweise eine sehr viel gesundheitlich relevantere Substanz entstehen, die man auch nicht unbedingt geruchlich wahrnehmen muss.

Auch das Umweltbundesamt hat in der Vergangenheit mehrfach darauf hingewiesen. Wir haben politische Entscheidungsträger, Entscheidungsträger in den Kommunen und den Einrichtungen angeschrieben, auf die Problematik hingewiesen um Gespräche gebeten. Leider hat man uns in keinem Falle geantwortet.

Aus diesen Gründen konnte dieser Bereich des Forschungsprojektes nicht mit der Intensität bearbeitet werden, den er verdient gehabt hätte.

Außerdem ist mittlerweile der Wunsch nach Raumluftfiltrationsgeräten sehr stark zurückgegangen.

Aufgrund der Erfahrungen der letzten Jahre möchten viele aufgeführten Entscheidungsträger eigentlich gar nicht mehr mit dieser Thematik belästigt werden.

8 Ausblick, weiterer Forschungsbedarf:

Wir haben in diesem Forschungsbericht an mehreren Stellen ausgeführt, dass im Rahmen dieses Forschungsberichtes einige neue interessante Fragen aufgetaucht sind.

Wir würden uns aber in einem neuen Forschungsprojekt zu diesem Thema auf zwei Kernthemen begrenzen:

- a) Optimierung unserer Messmethode, damit wir nicht nur charakteristische Inhaltsstoffe identifizieren, sondern auch zukünftig mit einer abgesicherten Methode quantifizieren können. Dies würde uns erlauben die Geruchsproblematiken besser zu bewerten.
- b) Den Einfluss auf Baumaterialien wie Feuchte, Alterung, Wechselwirkung mit anderen Baumaterialien und die Reinigung.

Auch in der aktuellsten Version des AgBB-Schemas, wird darauf hingewiesen, dass die Wechselwirkungen mit anderen Baumaterialien nicht berücksichtigt werden.

Als Beispiel stellen wir uns nähere Untersuchungen zum System textiler Fußboden vor.

Das „System textiler Fußbodenbelag“ ist in der Regel wie folgt aufgebaut:

- Estrich (mit bekannter Rest-bzw. Haushaltsfeuchte (sog. Belegreifewert))
- Dampfbremsende oder Dampfdichte Beläge (hier ist eine fachgerechte Verlegung bei zu hoher Feuchtigkeit ausgeschlossen)
- Grundierung
- Spachtelmassen
- Befestigungsarten (Lose, Band, Tackern, Kleben, Selbstliegende Unterlage, Anti-Slip, Fixieren, Haften, Kleben, Kontaktkleben)
- Teppichboden

Bei dem System müssen die einzelnen Komponenten aufeinander abgestimmt sein.

Wir möchten in unserem neuen Forschungsprojekt versuchen, die hier vorkommenden Einflussgrößen auf eine Geruchsbildung in praktischen Versuchen zu beschreiben.

Skizze:

Erstellung eines Geruchskatasters für Textile Fußbodenbeläge (Teppichboden).

Probenahme mit neuem Adsorbermedium

Messung Instr. Analytik,

Messung in einem Prüfraum

(Der im AgBB-Bewertungsschema sowie auch in der EN 16516 berücksichtigte Referenzraum hat eine Grundfläche von 3 m x 4 m und eine Höhe von 2,5 m.)

Aufnahme spezifischer Chromatogramme (Fingerabdruck) der Innenraumluft

Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen

- **Temperatur (Luft + Boden, Oberfläche) (Raumtemperatur 23°C)**
- **Luftwechselrate 0,5 / h**
- **Luftfeuchte (50 % rel. Feuchte)**
- **Luftdruck**
- Boden / Untergrundaufbau [Untergrundart / Estrich]
- Heizkörper
- Sonneneinstrahlung
- Salzgehalt im Untergrund
- Art der Mineralien
- Feuchtegehalt im Untergrund
- Grundierung, Spachtelmasse, Klebstoff
- **Art des Teppichbodens**
- Nutzung

Katastererstellung

Abgleich Prüfkammer und Beispiele aus der Praxis

Bewertung (gesundheitlicher Aspekt)

Im Vordergrund stehen:

1) Erfassung von Geruchsemissionen bei der Verwendung Textilen Fußbodenbelägen unter Berücksichtigung diverser Einflussgrößen 2) Erfassung durch unterschiedliche Aufbringarten durch Handwerksbetriebe und private Nutzer

- ***Datenbankaufbau Textiler Fußbodenbelag unter Einfluss diverser Einflussgrößen***
- ***Abgleich mit den Ergebnissen aus den Praxisbeispielen***

Aufbau Prüfraum

- mind. 3 m x 4 m x 2,5 m
- Heizkörper im Raum
- Raumlüftung
- Wechselbare Bodenuntergrund und textiler Bodenbelag
- Messfühler
 - Temperatur
 - Luftbewegung

- Luftfeuchte
- Luftdruck

Zusammenarbeit mit:

- Firma ANKER Gebr. Schoeller GmbH & Co. KG (Hersteller)
- Firma SHK Goumans (Fußbodenheizung, Heizung, Gewächshausbau)
- BZB- Krefeld (Bildungszentrum des Bauhandwerks)
- Deutsches Textilforschungszentrum e.V., Krefeld

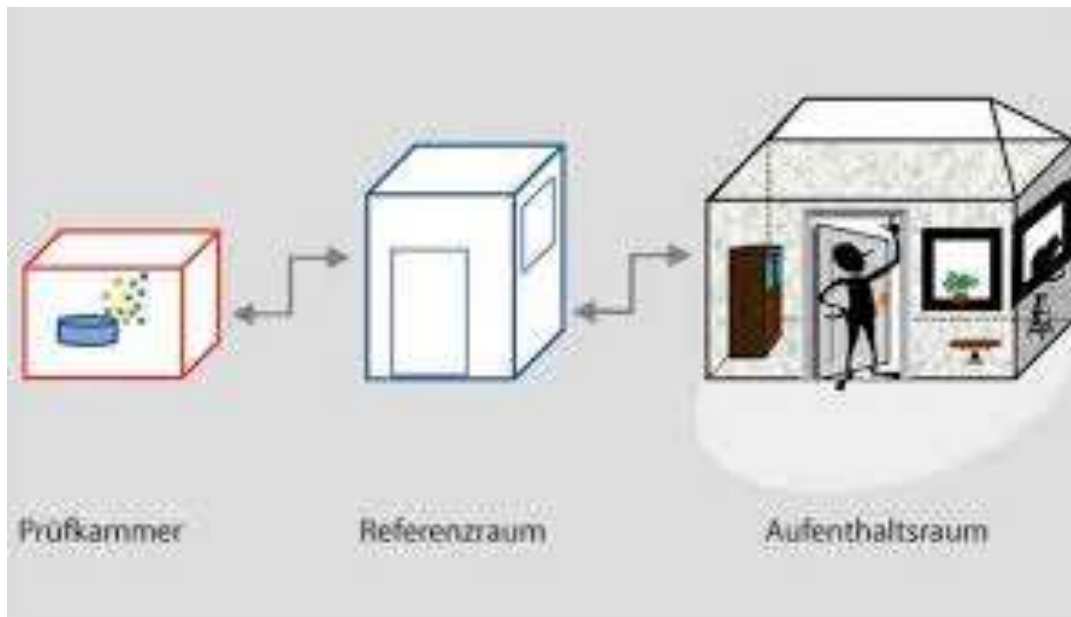


Abbildung 18: Prüfkammer, Referenzraum, Aufenthaltsraum

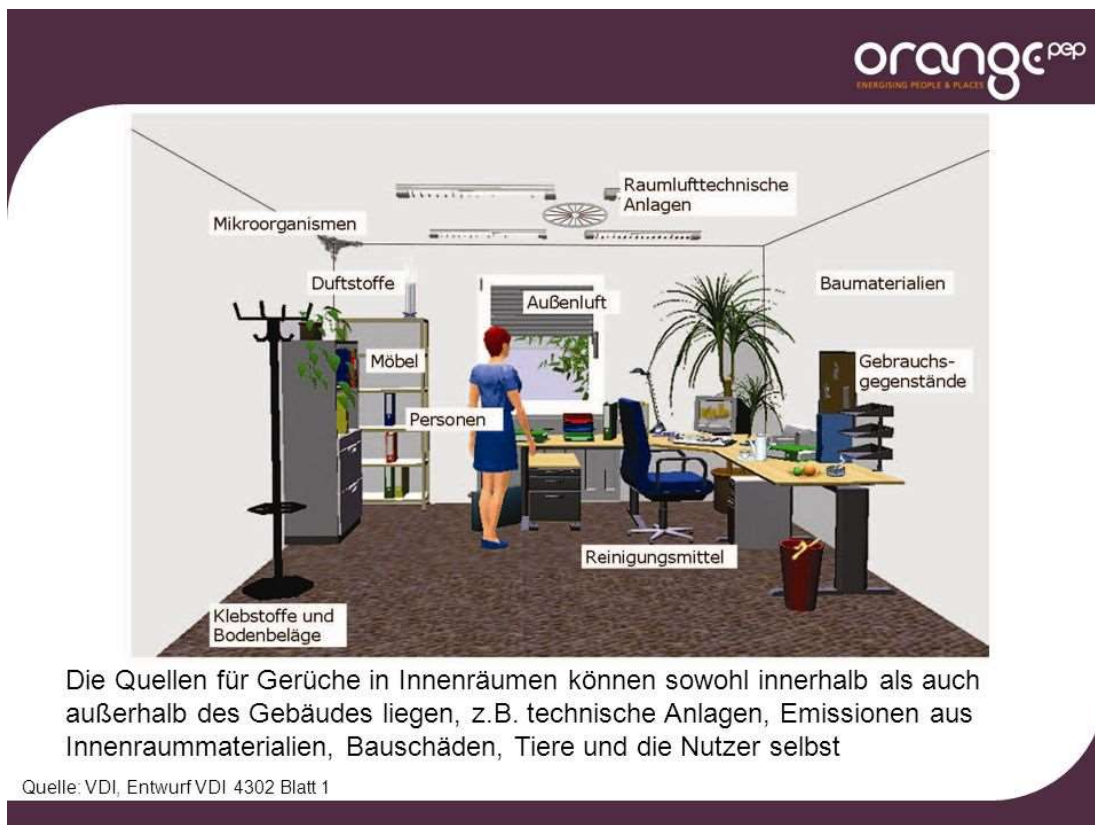


Abbildung 19: Mögliche Geruchsquellen im Innenraum (VDI 4302 Blatt 1)

Prüfraum (Referenzraum) mit Heizkörper

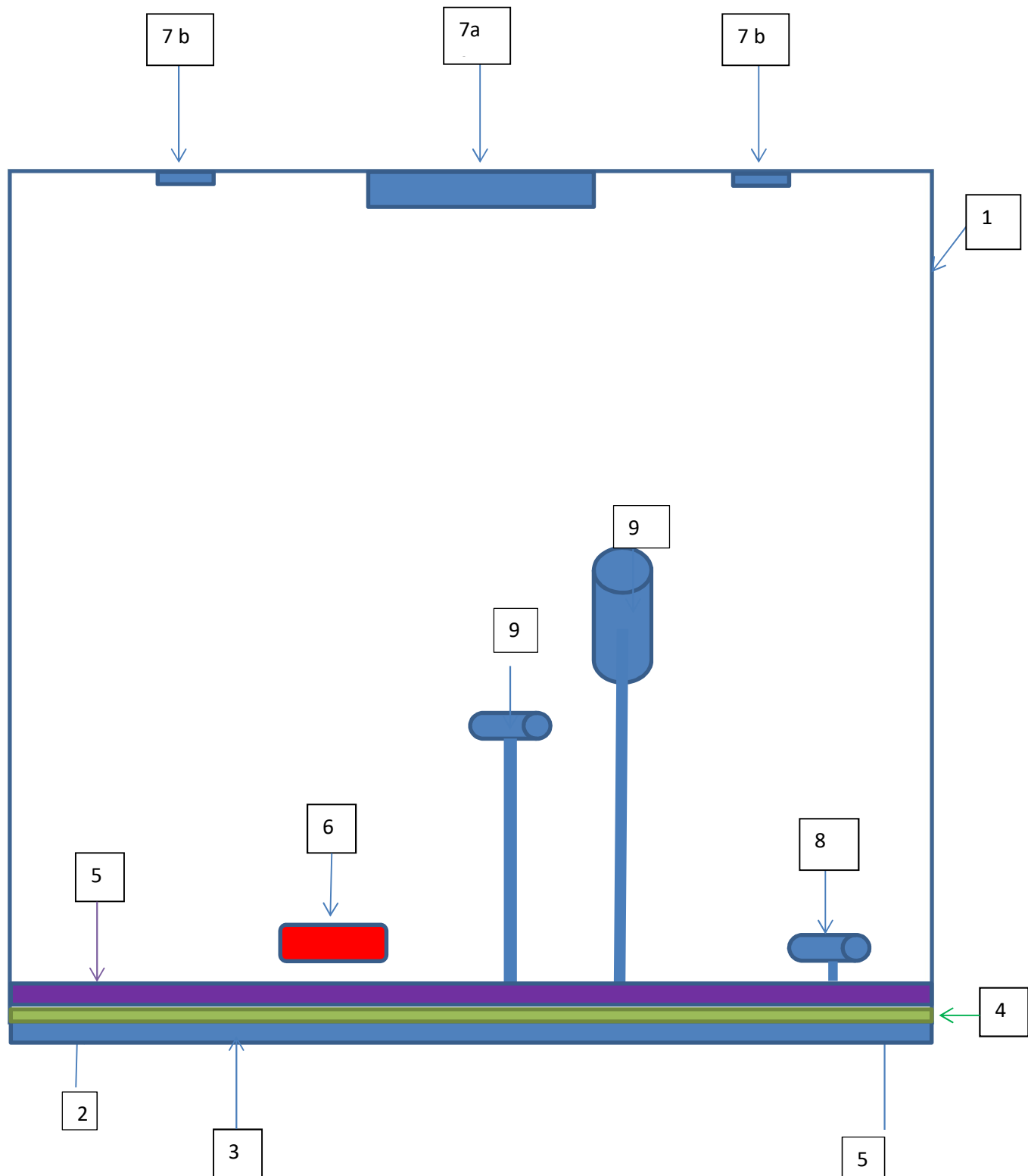


Abbildung 20: Aufbau eines Prüfraumes

Legende:

- 1) Prüfraum aus Glas (Gewächshaus) 2 m Länge x 2m Breite x 2m Höhe
- 2) Glasboden
- 3) Estrich
- 4) Untergrund: Grundierung, Spachtelmasse, Klebstoff
- 5) Teppichboden
- 6) Heizkörper im Raum
- 7) Mechanische Lüftung (RLT-Anlage) a) Eintritt b) Austritt
- 8) Messfühler, bodennah: Temp. Feuchte, Luftdruck, Luftgeschwindigkeit
- 8) Messfühler, in der Mitte des Raumes: Temp., Feuchte, Luftdruck, Luftgeschwindigkeit
- 9) Probenahmegerät mit Filter

} auswechselbar

VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Thema „Geruch“ Gerüche in Innenräumen

DIN ISO 16000-28	Innenraumluftverunreinigungen- Teil 28: Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer	2012-12
DIN ISO 16000-30	Innenraumluftverunreinigungen- Teil 30: Sensorische Prüfung der Innenraumluft	2012-10
VDI 4302 Blatt 1	Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien- Grundlagen	2015.04
VDI 4302 Blatt2 E	Prüfstrategie für Geruchsprüfungen von Innenraumluft	2012-05

Tabelle 7: VDI- Richtlinien und DIN-Normen zum Thema „Geruch - Gerüche in Innenräumen“

Einfluss der Reinigung:

Der vorgestellte Prüfraum soll auch bei der Untersuchung des Einflusses der Reinigung verwendet werden.

Die Grundfläche von 12 m² erlaubt, praktisch Reinigungsverfahren beim Fußbodenbelag anzuwenden und mögliche Effekte zu messen.

Reinigungsvorgehensweise nach RAL 991 A 3:

1. Prüfen der Belagsart
2. Prüfen der Befestigungsart
3. Bürstenstaubsaugen
4. Prüfen der Verfleckung / Detachur
5. Grundreinigungs-Vorgang
6. Prüfen der Verfleckung / Nach-Detachur
7. Bürstenstaubsaugen

Reinigungssysteme:

- Trocken-Reinigung
 - Garn-Pad
 - Granulat
- Halbnass-Reinigung
 - Schrubber
 - Walzen bzw. Doppelwalzen
- Nass-Reinigung
 - Schamponierung
 - Sprühextraktion
 - die Kombination der beiden letztgenannten Verfahren
 - Waschautomat

Was verstehen wir unter Messungen zur Beurteilung von Einflussgrößen bei der Reinigung?

Grundsätzlich kann man erst einmal zwei Zustände generell unterscheiden:

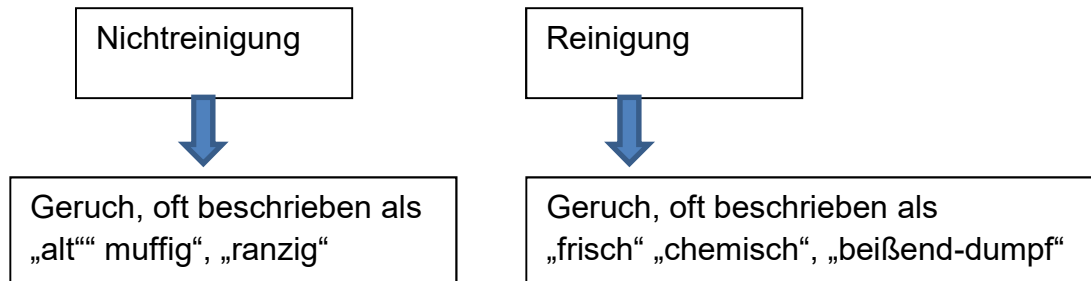


Abbildung 21: Zwei Zustände der Reinigung

Betrachten wir nur die Auswirkungen der Reinigung genau, kann man auch hier unterscheiden:

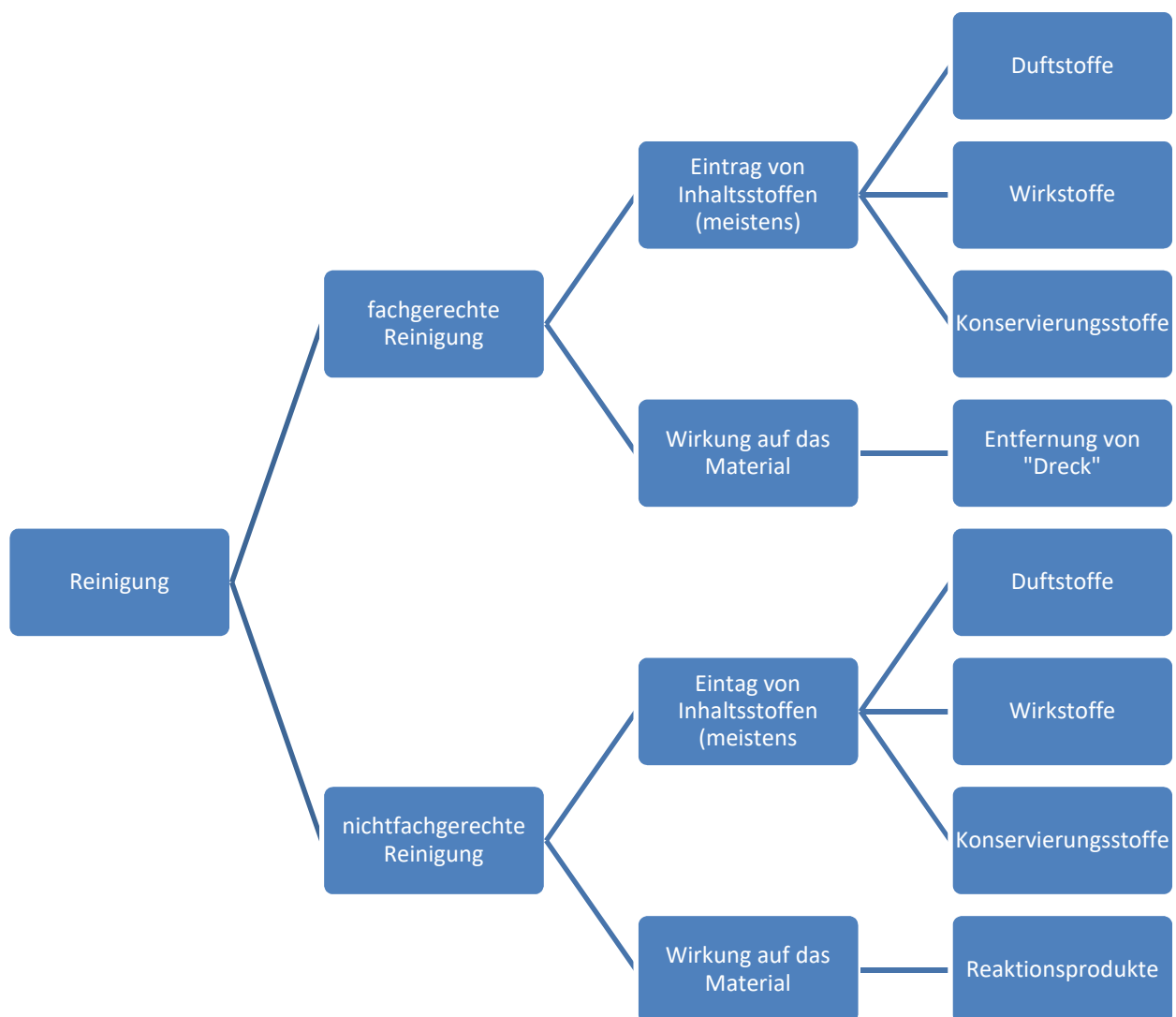


Abbildung 22: Auswirkungen der Reinigung

Hinweis: bei der letzten Sitzung des UBA- Arbeitskreises Reinigung berichtete ein Mitglied von ersten Untersuchungen in einem Prüfraum, bei der in einem Prüfraum ein Linoleumboden fachgerecht gereinigt und versiegelt wurde. Über einen längeren Zeitraum konnten in der Innenraumluft geruchsrelevante Inhaltsstoffe gemessen werden, die den R-Wert von 1 überschritten hatten.

Dies zeigt die Bedeutung des von uns vorgeschlagenen weiteren Forschungsprojektes.

9. Danksagung:

Für den durchführenden Projektmitarbeiter war im Rahmen dieses Projektes eine intensive Kommunikation sowohl mit Prof. Dr. Gutmann, sowie mit dem BBSR als auch mit hervorragenden Experten aus den verschiedensten Teilfachgebieten sehr wichtig.

Ich bedanke mich ausdrücklich bei folgenden Personen und Institutionen für den regen, angenehmen und zielführenden, fachlichen Austausch.

Auflistung erfolgt nach dem Alphabet der Institutionen bzw. Firmen:

Firma ANKER:

ANKER Gebr. Schoeller GmbH + Co. KG
Zollhausstraße 112
D-52353 Düren

Leiter Anwendungstechnik und Seminarwesen
Herr Aribert Arbeiter

Leiterin Kundendienst
Frau Andrea Zissenich

BBSR:

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn

Frau Helga Kühnhenrich
Referat II 3 - Forschung im Bauwesen

Herr Guido Hagel
Referat II 3 - Forschung im Bauwesen

BZB Krefeld:

Bildungszentren des Baugewerbes e. V.
(BZB Krefeld)
Bökendonk 15-17
47809 Krefeld

Seminare und Organisation
Frau Dr. Annemarie Gatzka

Firma Dräger

Dräger Safety AG & Co. KGaA
Revalstraße 1
23560 Lübeck
Germany

Chemical Engineer Filter
Center of Competence Accessories & Consumables
Connect & Develop
Herr Dr. Benjamin Brandenburg

DTNW:

Deutsches Textilforschungszentrum Nord-West e.V. (DTNW)
Adlerstraße 1
47798 Krefeld

Leiterin der Arbeitsgruppe
Grenzflächenphänomene und Physikalische Technologie
Frau Dr. Larisa Tsarkova

Leiter der Arbeitsgruppe
Umwelttechnologie & Katalyse
Herr Dr. Klaus Opwis

FVSHK NRW:

Fachverbandes Sanitär Heizung Klima NRW
Jahnstraße 52
40215 Düsseldorf

Herr Hans-Peter Sproten
Hauptgeschäftsführer

Herr Norbert Schmitz
Geschäftsführer Technik

Herr Jens Fiedler
Abteilung Hauptgeschäftsführung
Beauftragter für Innovation und Technologietransfer – Schwerpunkt Digitalisierung

GSA
GSA Gesellschaft für Schadstoffanalytik mbH
Christinenstraße 3
40880 Ratingen

Laborleitung
Magister der Chemie
Frau Brigitte Tomaschewski

HWK:
Handwerkskammer Düsseldorf
HA-V-4 Sachverständigenwesen
Georg-Schulhoff-Platz 1
40221 Düsseldorf

Frau Claudia Toeller

Firma Hauser Umweltservice GmbH
Hauser Umwelt-Service GmbH
Am Verschubbahnhof 57
47809 Krefeld

Herr Dipl.-Ing. Carsten Plänker

H. Hering GmbH & Co.KG
H. Hering GmbH & Co.KG
Roßstr. 47a
40476 Düsseldorf

Präsident Unternehmervverband Handwerk NRW
Herr Dipl.-Ing. Hans-Joachim Hering

Hochschule Niederrhein:
Hochschule Niederrhein
Fachbereich Chemie
Adlerstraße 32
47798 Krefeld

Lehrgebiet Instrumentelle Analytik
Herr Prof. Dr. Martin Jäger

Lehrgebiet Physik und Datenverarbeitung
Herr Prof. Dr. Ernst Cleve
Frankenring 20

Instrumentelle Analytik
Herr Dipl.-Ing. Joachim Horst

IMD:
Immobilien-Management Duisburg
IMD-TG-N
Am Burgacker 3
47049 Duisburg

Bauleitung Neubau
Herr Dipl.-Ingenieur / Architekt

Dipl. Ing. (FH) Architekt
Herr Benedikt Arntzen

Baubetreuung und Bauleitung
Herr Achim Bay

Joba Gebäudedienste:
Joba Gebäudedienste
Lenenweg 17
47918 Tönisvorst

Geschäftsführer
Herr Daniel Bastians M.Sc.

Facharztpraxis die Lunge:
Praxis Kromsteg 22
47638 Straelen

Arzt für Innere Medizin, Lungen- und Bronchialheilkunde, Allergologie, Umweltmedizin, Dipl.
Acupuncture
Herr Dr. med. Rainer Schädlich

Arzt für Innere Medizin, Lungen- und Bronchialheilkunde, Allergologie, Betriebsmedizin,
Schlafmedizin

Herr Dr.med. Christoph Weinz

Labor PICA:

PiCA

Prüfinstitut Chemische Analytik GmbH

Rudower Chaussee 29

12489 Berlin - Deutschland

Herr Dr. Andreas Mattulat

UBA:

Umweltbundesamt

Leitung Beratungsstelle Umwelthygiene, FB II (BU)

Geschäftsführung Innenraumlufthygiene-Kommission

Postanschrift: Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau

Dienstgebäude: Buchholzweg 8, 13627 Berlin

Direktor und Professor im

Umweltbundesamt

Herr Dr.-Ing. Heinz-Jörn Moriske

Abteilungssekretariat II 1

„Umwelthygiene“

Frau Bettina Schiers

10. Übersichtsverzeichnis Fotos, Graphiken, Tabellen, Chromatogramme

Seite	Fotos Nr.:	Bezeichnung
6	1	Olfaktometer
6	2	Olfaktometer im MRT
7	3	GC/MS mit Sniff-Detektor
8	4	Raumluftfiltrationsgeräte
9	5	Probenahmegerät Hauser 2
10	6	Probenahmegerät Hauser 2 mit innenliegendem Filter
10	7	Probenahmegerät GSA SG 12 mit Hülse
11	8	Filtermatte in Hülse
12	9	GSA SG 12 PN Hülse mit Dräger Aktivkohle
39	10	Klassenzimmer mit Luftfiltrations- und Probenahmegerät
39	11	Luftfiltrationsgerät und Probenahmegerät
40	12	Probenahmegerät Hauser Gerät 1
40	13	Hauser Gerät 1 mit „Mausoleum“
78	14	Lüftungsschlitz in der Fußleiste
78	15	„Belüftungsrohr?“ unter einer Spüle
102	16	Bohrkern
129	17	Gaschromatograph
129	18	Olfaktometer

Seite	Abbildung Nr.:	Bezeichnung
5	1	Vorgehensweise im Forschungsprojekt
7	2	Gaschromatographie-Olfaktometriediagramm
19	3	Gesamtkomplex Datenerfassung Geruchsproblematik
20	4	Vorgehen zur Beurteilung bei Nutzerbeeinträchtigung
21	5	Vorgehen bei der Ursachensuche
29	6	GC Chromatogramme Vergleich
65	7	Darstellung der Konzentration in Abhängigkeit vom Messpunkt
65	8	Darstellung der Konzentration in Abhängigkeit vom Messpunkt
75	9	Datenübersicht Datenlogger
109	10	Hauptebenen für den Aufbau eines Geruchskatasters
110	11	Wichtige Unterebenen für den Aufbau eines Geruchskatasters
123	12	Differenzierung nach Anwendungsbereich
123-124	13	Detailbetrachtung Innenraumhygiene
125	14	Bewertungsschema Neubau
126	15	Bewertungsschema Redewicklung
129	16	Vorgehensweise und Bewertung bei Geruchsproblematik
140	17	Prüfkammer, Referenzraum, Aufenthaltsraum
145	18	Mögliche Geruchsquellen in Innenräumen
145	19	AgBB-Schema, Emissionen aus Bauprodukten
146	20	Aufbau Prüfraum
149	21	Zwei Zustände der Reinigung
149	22	Auswirkungen der Reinigung

Seite	Tabelle Nr.:	Bezeichnung
6	1	VDI-Richtlinien Gerüche in Innenräumen
9	2	Übersicht Probenahmepumpen
12	3	Probenahmesystem 1
13	4	Probenahmesystem 2
13	5	Probenahmesystem 3
14	6	Probenahmesystem 4
22-24	7	Auflistung all. durchgeführt. Projekte im Forschungsprojekt
25	8	Konzentrationen Raumluftuntersuchung
26	9	Messergebniss Hausstaubuntersuchung
27	10	Konzentrationen im Hausstaub
27	11	Literaturangabe Konzentrationen im Hausstaub
27	12	Geruchsnoten, Geruchsschwellen und Reizpotenzial
31	13	Identifikation Peaks Steinwolle trocken
32	14	Identifikation Peaks Steinwolle feucht
35	15	Identifikation Inhaltsstoffe Raumluft
36	16	Identifikation Inhaltsstoffe Raumluft
37	17	PCB- Konzentrationen
37	18	Inhaltsstoffe Hausstaub
38	19	Übersicht Probenahmen bei Verwesungsgeruch
43	20	Identifikation Inhaltsstoffe Raumluft
45	21	KBE-Messungen Außenluft
46	22	KBE-Messungen Dusche WC
47	23	Ergebnisse MVOC-Messungen
48	24	Zusammenfassung Projektergebnisse
52	25	Inhaltsstoffe Hausstaub
53	26	Ergebnisse Raum Schulleitung
54	27	Inhaltsstoffe Raumluft
55	28	PCB-Ergebnisse Holzprobe
57	29	Übersicht Messungen Mensa
58-59	30	Messergebnisse pica
60-61	31	Messergebnisse pica
62-63	32	Messergebnisse pica
64	33	Zusammenfassung der Ergebnisse
67	34	Übersicht Raumluftmessungen
68	35	Übersicht Messergebnisse
76	36	Leitwerte für Kohlendioxid in der Innenraumluft
80	37	Inhaltsstoffe Wandfliese komplett
82	38	Inhaltsstoffe Klebstoff
85	39	Inhaltsstoffe Raumluft
86	40	Inhaltsstoffe Raumluft
87	41	Gegenüberstellung Messwerte, RW I und OW AGÖF
89	42	Inhaltsstoffe Raumluft
90	43	Inhaltsstoffe Raumluft
91	44	Gegenüberstellung Messwerte, RW I und OW AGÖF
93	45	Inhaltsstoffe Raumluft
95	46	Inhaltsstoffe Bodenluft
96	47	Inhaltsstoffe Raumluft
98	48	Inhaltsstoffe Bodenluft
100	49	Übersicht Messergebnisse + AGÖF-, DGNB-, + UBA RW

Seite	Tabelle Nr.:	Bezeichnung
101	50	Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft
101	51	Zusammenfassung der Ergebnisse
103	52	VOC-Langzeitmessung, Innenraumluft Lehrküche
103	53	VOC-Messung DIN ISO 16000-6, Innenraumluft Lehrküch.
105	54	Messergebnisse pica Schwefelverbindungen
106	55	Messergebnisse pica Schwefelverbindungen
107	56	Messergebnisse Schwefelwasserstoff vor Ort
107	57	Messergebnisse Schwefelwasserstoff vor Ort
108	58	Zusammenfassung der Ergebnisse
111	59	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Hausstaub
111	60	Beispiel Aufbau Geruchskataster, feuchter Dämmstoff
112	61	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Heizkörper gestrichen
112	62	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Verwesungsgeruch
113	63	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Linoleumb. fal. gereinigt
113	64	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Badezimmer
114	65	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Mangelnde Reinigung
114	66	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Fußboden- Deckenprob.
115	67	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Fettgerüche
115	68	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Mangelnde Lüftung
116	69	Beispiel Aufbau Geruchskataster, alter Fliesenklebstoff
116	70	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Fußbodenaufbau
117	71	Beispiel Aufbau Geruchskataster, Wachbeckengeruch
118-122	72	Begehungsprotokoll

Seite	Chromatogramm Nr.:	Bezeichnung
16	1	Blindwertanalyse 1
16	2	Blindwertanalyse Zoom
26	3	Messergebnis Hausstaub
30	4	Steinwolle trocken
31	5	Steinwolle feucht
32	6	Vergleich Steinwolle trocken und feucht
36	7	Raumluftanalysen Kunstraum
43	8	Raumluftanalyse Klassenzimmer
51	9	Hausstaub
54	10	Raumluftanalyse
56	11	Raumluftanalyse
68	12	Raumluftmessungen Automatencasino
71	13	Raumluftmessung Büroraum
72	14	Raumluftmessung Büroraum
73	15	Materialanalyse Büroraum
73	16	Materialanalyse Büroraum
74	17	Materialanalyse Büroraum
74	18	Materialanalyse Büroraum
81	19	Inhaltsstoffe Wandfliese komplett
83	20	Inhaltsstoffe Klebstoff
83	21	Overlay Fliese / Klebstoff
85	22	Raumluftanalyse
90	23	Raumluftanalyse

11. Anhang

11.1. Bewertungskriterien im Detail

Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten

Bundesgesundheitsbl 2014 · 57:148–153

DOI 10.1007/s00103-013-1882-3

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

ab. 2 Geruchswahrnehmungsschwellen ODT₅₀ und vorläufige Geruchsleitwerte I und II

Geruchsstoff	CAS-Nr.	ODT ₅₀ [µg/m³]	Zitat	vGLW I [µg/m³]	vGLW II [µg/m³]
Ethanal	75-07-0	2,8	15	0,02	0,1
Butanal	123-72-8	1,4	14	0,008	0,07
Pentanal	110-62-3	1,5	15	0,009	0,07
Hexanal	66-25-1	1,4	14	0,008	0,07
Heptanal	111-71-7	0,9	15	0,005	0,04
Octanal	127-13-0	0,9	14	0,005	0,04
Nonanal	124-19-6	3,2	14	0,02	0,15
Decanal	112-31-2	2,6	15	0,02	0,1
Pentandiol	111-30-8	1	9	0,006	0,05
1-Butanol	71-36-3	16	12	0,1	0,8
1-Hexanol	111-27-3	29	12	0,2	1,4
1-Octanol	111-87-5	23	12	0,1	1
Ethylacetat	141-78-6	897	11	5	43
n-Butylacetat	123-86-4 1	0	11	0,06	0,5
Phenol	108-95-2	22	15	0,1	1
o-Kresol	95-48-7	1,3	15	0,008	0,06
m-Kresol	108-39-4	0,45	15	0,003	0,02
p-Kresol	106-44-5	0,24	15	0,001	0,01
TXIB	6846-50-0	14	8	0,08	0,7
Toluol	108-88-3	300	13	2	14
Ethylbenzol	100-41-4	27	13	0,2	1
1,4-Diethylbenzol	105-05-5	2	15	0,01	0,1
n-Butylbenzol	104-51-8	14 1	3	0,1	0,7
α-Pinen	80-56-8	100	15	0,6	5
β-Pinen	127-91-3	190	15	1	9
Limonen	138-86-3	90	10	0,5	4
Ethansäure	64-19-7	13 2	8	0,08	0,6
Propansäure	79-09-4	20	15	0,1	1
Butansäure	107-92-6	1	28	0,006	0,05
Hexansäure	142-61-1	5	28	0,03	0,2
Octansäure	124-07-2	5	28	0,03	0,2
Benzothiazol	95-16-9	0,7	29	0,004	0,03

13.12.2021 Protokoll
der 13. Sitzung des Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR)
am 03. November 2021 als Hybridveranstaltung

TOP 6 Bericht aus der UAG Geruch

Fortschritte der UAG Geruchsbewertung werden vorgestellt. Zur Bestimmung der Geruchsschwellenwerte hat sich die UAG Geruch darauf geeinigt, dass die analytische Ermittlung gegenüber der rechnerischen Ermittlung bevorzugt wird, wenn diese vorhanden ist. Die analytische Ermittlung mit einem Messbeutel mit definiertem Raumvolumen und definierter Substanzmenge spiegelt am Geeignetesten die Realbedingungen wider. Vergleiche mit Literaturwerten hatten gezeigt, dass die analytisch ermittelten Geruchsschwellen im unteren Konzentrationsbereich liegen. Geruchsleitwerte sollen eine objektive Bewertung einer Geruchsbeschwerde ermöglichen. Die UAG Geruch hatte sich darauf geeinigt, dass im Falle einer Geruchsbelästigung Geruchsleitwerte als Bewertungsmaßstab bzw. Indikatoren dienen sollen, um eine unzumutbare Geruchsbelästigung festzustellen. Die UAG Geruch plant in der Mai-Sitzung ihr überarbeitetes Konzept dem AIR vorzustellen.

Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwerte#ausschuss-fur-innenraumrichtwerte-air>

Aufruf am 16.10.2022

Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR): Hygienische Leitwerte für die Innenraumluft
Stand: 04.07.2022

Leitwerte für Kohlenmonoxid (2021)¹⁾

	Viertelstunde	1 Stunde	8 Stunden	24 Stunden
CO-Konzentration [mg/m³]	100	35	10	4

Der Ausschuss übernimmt die Leitwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2021) einschließlich der Begründung für die Leitwertableitung

Leitwerte für Kohlendioxid (2008)

CO₂-Konzentration [ppm]	Hygienische Bewertungen	Empfehlungen
< 1000	Hygienisch unbedenklich	Keine weiteren Maßnahmen
1000-2000	Hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahme (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
>2000	Hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Leitwerte für Feinstaub in der Innenraumluft (2021)

PM _{2,5} -Konzentration [µg / m ³]	Hygienische Bewertung
15	Der 24-Stunden-Mittelwert gilt nur in reinen Wohninnenräumen in Abwesenheit innenraumspezifischer Staubquellen

Der Ausschuss übernimmt den Tagesmittelwert für Feinstaub der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2021).

Leitwerte für TVOC in der Innenraumluft (2007)

Stufe	Konzentrationsbereich [mg TVOC / m ³]	Hygienische Bewertung
1	≤ 0,30 mg/m ³	Hygienisch unbedenklich
2	0,30 – 1,0 mg/m ³	Hygienisch noch unbedenklich, sofern keine Richtwertüberschreitungen für Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen vorliegen
3	1,0 – 3,0 mg/m ³	Hygienisch Auffällig
4	3,0 – 10 mg/m ³	Hygienisch bedenklich
5	>10 mg/m ³	Hygienisch inakzeptabel

Risikobezogene Leitwerte für die Innenraumluft ^{1,2}

Verbindung	Risikobezogener Leitwert [µg/m ³]	Jahr der Festlegung
Vinylchlorid	2,3	2021
Benzo[a]pyren	0,008 (v)	2021
Benzol	4,5 (v)	2020
1,2-Dichlorethan	1,0 (v)	2018
Trichlorethen	20	2015

- 1) Gemäß der Ergänzung zum Basisschema für krebserzeugende Verunreinigungen in der Innenraumluft
- 2) Die Werte entsprechen den Rundungsregeln für Richtwerte vom März 2020
(v) vorläufig

Abgeleitete Richtwerte I und II des AIR für Schadstoffe in der Innenraumluft Bis heute sind folgende Richtwerte festgelegt worden (ausführliche Begründung) ¹⁾

„Mit der Veröffentlichung des sogenannten Basisschemas der Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK/AOLG haben das Umweltbundesamt und die Obersten Landesgesundheitsbehörden in Deutschland eine Leitlinie für die Abschätzung von Risiken durch Verunreinigungen der Innenraumluft vorgegeben.

Auf dieser Grundlage wurden zwischenzeitlich Richtwerte für eine Reihe von Substanzen in der Raumluft abgeleitet.

Der Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener, begründeter Wert, der sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützt.

Er stellt die Konzentration eines Stoffes dar, bei deren Erreichen bzw. Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht, da diese Konzentration geeignet ist, insbesondere für empfindliche Personen bei Daueraufenthalt in den Räumen eine gesundheitliche Gefährdung dazustellen.

Je nach Wirkungsweise des betrachteten Stoffes kann der Richtwert II als Kurzzeitwert (RW II K) oder Langzeitwert (RW II L.) definiert sein.

Der Handlungsbedarf ist als unverzüglicher Prüfbedarf zu verstehen, z.B. im Hinblick auf Sanierungsentscheidungen zur Verringerung der Exposition. Eine Schließung der Räume kann daher notwendig sein. Die Überschreitung des RW II sollte umgehend mit einer Kontrollmessung unter üblichen Nutzungsbedingungen und – soweit möglich und sinnvoll – einer Bestimmung der inneren Belastung der Raumnutzer verbunden werden.

Der Richtwert I (RW I) ist die Konzentration eines Stoffes in der Innenraumluft, bei der im Rahmen einer Einzelstoffbetrachtung nach gegenwärtigen Erkenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Eine Überschreitung ist mit einer über das übliche Maß hinausgehenden, hygienisch unerwünschten Belastung verbunden.

Aus Vorsorgegründen besteht auch im Konzentrationsbereich zwischen RW I und RW II Handlungsbedarf.

Der RW I wird vom RW II durch Einführen eines zusätzlichen Faktors (in der Regel 10) abgeleitet. Dieser Faktor ist eine Konvention. Bei geruchsintensiven Stoffen muss der RW I abweichend von dieser schematischen Ableitung auf der Grundlage der Geruchswahrnehmung (Detektionsschwelle) festgelegt werden, wenn sich dadurch ein kleinerer Zahlenwert ergibt. Der RW I kann als Sanierungszielwert dienen. Er soll nicht „ausgeschöpft“, sondern nach Möglichkeit unterschritten werden.“ (UBA

Verbindung	Richtwert II	Richtwert I	Einheit	Jahr der Festlegung
Methanol (CAS-Nr. 67-56-1)	40 (60 Min-Wert)	13 (60 Min-Wert)	mg/m3	2022
2-Propanol (CAS-Nr. 67-63-0)	45	22	mg/m3	2021
Aceton (CAS-Nr. 67-64-1)	160	53	mg/m3	2021
Methylmethacrylat (CAS-Nr. 80-62-6)	2,1	1,1	mg/m3	2021
Benzothiazol (CAS-Nr. 95-16-9)	nicht abgeleitet	15 (v)	µg/m3	2020
Stickstoffdioxid (NO ₂ , CAS-Nr. 10102-44-0)	0,25 (60 Min-Wert)	0,080 (60 Min-Wert)	mg/m3	2018
2-Phenoxyethanol (CAS-Nr. 122-99-6)	0,10	0,030	mg/m3	2018
Tetrachlorethen (CAS-Nr. 127-18-4)	1,0	0,10	mg/m3	2017
Propan-1,2-diol (CAS-Nr. 57-55-6)	0,60	0,060	mg/m3	2017
C ₇ -C ₈ -Alkylbenzole (Summenrichtwert Toluol, Xylole und Ethylbenzol)			2016	
Toluol (CAS-Nr. 108-88-3) ³⁾	3,0	0,30	mg/m3	2016
Formaldehyd (CAS-Nr. 50-00-0)	nicht abgeleitet	0,10	mg/m3	2016
Xylole Summe (CAS-Nr. 95-47-6; 108-38-3; 106-42-3; 1330-20-7) ³⁾	0,80	0,10	mg/m3	2015
Butanonoxim (CAS-Nr. 96-29-7)	60	20	µg/m3	2015
2-Chlorpropan (CAS-Nr. 75-29-6)	8,0	0,80	mg/m3	2015
Ethylacetat (CAS-Nr. 141-78-6)	6,0	0,60	mg/m3	2014
1-Methyl-2-pyrrolidon (CAS-Nr. 872-50-4)	1,0	0,10	mg/m3	2014
1-Butanol (CAS-Nr. 71-36-3)	2,0	0,70	mg/m3	2014
2-Ethylhexanol (CAS-Nr. 104-76-7)	1,0 (v)	0,10 (v)	mg/m3	2013
Ethylenglykolmonomethylether (EGME, CAS-Nr.109-86-4)	0,20 [= 0,050 ppm]	0,020 [= 0,050 ppm]	mg/m3	2013
Diethylenglykolmethylether (DEGME, CAS-Nr. 111-77-3)	6,0 (v) [= 1,0 ppm]	2,0 (v)	mg/m3	2013
Diethylenglykoldimethylether (DEGDME, CAS-Nr. 111-96-6)	0,30 [= 0,060 ppm]	0,030	mg/m3	2013
Ethylenglykolmonoethylether (EGEE, CAS-Nr. 110-80-5)	1,0 [= 0,40 ppm]	0,10	mg/m ³	2013
Ethylenglykolmonoethylether- acetat (EGEEA, CAS-Nr. 111-15-9)	2,0 (v) [= 0,40 ppm]	0,20 (v)	mg/m3	2013
Diethylenglykolmonoethylether (DEGEE, CAS-Nr.111-90-0)	2,0 (v) [= 0,40 ppm]	0,70 (v)	mg/m3	2013
Ethylenglykolbutylether (EGBE, CAS-Nr. 111-76-2)	1,0 [= 0,30 ppm]	0,10	mg/m3	2013
Ethylenglykolbutyletheracetat (EGBEA, CAS-Nr.112-07-2)	2,0 (v) [= 0,30 ppm]	0,20 (v)	mg/m ³	2013
Diethylenglykolbutylether (DEGBE, CAS-Nr. 112-34-5)	1,0 (v) [= 0,20 ppm]	0,40 (v)	mg/m3	2013

Verbindung	Richtwert II	Richtwert I	Einheit	Jahr der Festlegung
Ethylenglykolhexylether (EGHE, CAS-Nr. 112-25-4)	1,0	0,10	mg/m3	2013
2-Propylenglykol-1-methylether (2PG1ME, CAS-Nr. 107-98-2)	10	1,0	mg/m3	2013
Dipropylenglykol-1-methylether (D2PGME, CAS-Nr. 34590-94-8; 13429-07-7; 20324-32-7; 13588-28-8; 55956-21-3)	7,0 (v) [=1,0 ppm]	2,0 (v)	mg/m3	2013
2-Propylenglykol-1-ethylether (2PG1EE, CAS-Nr. 1569-02-4)	3,0 [=0,50 ppm]	0,30	mg/m3	2013
2-Propylenglykol-1-terbutylether (2PG1tBE, CAS-Nr. 57018-52-7)	3,0 [=0,50 ppm]	0,30	mg/m3	2013
Default-Wert: Glykolether mit unzureichender Datenlage	50 (v) [=0,050 ppm]	5,0 (v) [=0,0050 ppm]	µl/m3	2013
Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen	30 (v)	10 (v)	µg/m3	013
Acetaldehyd (CAS-Nr. 75-07-0)	1,0	0,10	mg/m3	2013
Methylisobutylketon (CAS-Nr. 108-10-1)	1,0	0,10	mg/m3	2013
Ethylbenzol (CAS-Nr. 100-41-4) ³⁾	2,0	0,20	mg/m3	2012
Alkylbenzole, C9-C15	1,0	0,10	mg/m3	2012
Kresole	50	5,0	µg/m3	2012
Phenol (CAS-Nr. 108-95-2)	0,20	0,020	mg/m3	2011
2-Furaldehyd (CAS-Nr. 98-01-1)	0,10	0,010	mg/m3	2011
Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 (Summenrichtwert)	4,0	0,40	mg/m3	2011
Benzaldehyd (CAS-Nr. 100-52-7)	0,20 (v)	0,020 (v)	mg/m3	2010
Benzylalkohol (CAS-Nr. 100-51-6)	4,0	0,40	mg/m3	2010
Monozyklische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10	1,0	mg/m3	2010
Aldehyde, C ₄ bis C ₁₁ (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	2,0	0,10	mg/m3	2009
dioxinähnliche PCB				2007
C ₉ -C ₁₄ -Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	2,0	0,20	mg/m3	2005
Terpene, bicyclisch (Leitsubstanz α-Pinen)	2,0	0,20	mg/m3	2003
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	50	5,0	µg/m3	2002
Diisocyanate				2000
Quecksilber (als metallischer Dampf)	0,35	0,035	µg/m3	1999
Styrol (CAS-Nr. 100-42-5)	0,30	0,030	mg/m3	1998
Dichlormethan (CAS-Nr. 75-09-2)	2,0 (24 h)	0,20	mg/m3	1997
Pentachlorphenol (PCP) (CAS. Nr. 87-86-5)	1,0	0,10	µg/m3	1997

- 1) Die Werte entsprechen den AIR Rundungsregeln für Richtwerte vom März 2020
- 2) Üblicherweise handelt es sich um Langzeitwerte. Davon abweichende Mittelungszeiträume sind in Klammern angegeben, z. B. 24 Stunden (h).
- 3) Als Gesamtrichtwert C₇-C₈ Alkylbenzole
(v) vorläufig

AGÖF-Orientierungswerte VOC

Quelle: <https://www.agoef.de/orientierungswerte/agoef-voc-orientierungswerte.html#c545>
Aufruf am 16.10.2022

Aus der jahrzehntelangen Praxis der Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) resultiert ein Erfahrungswissen über das Vorkommen von VOC und damit verbundenen gesundheitlichen und geruchlichen Auffälligkeiten. Als Hilfestellung für die Bewertung von Innenraumluftmessungen wurden daraus statistisch abgeleitete Auffälligkeitswerte für die Raumluft ermittelt und 2004 zum ersten Mal als AGÖF-Orientierungswerte einer Fachöffentlichkeit vorgestellt.⁴ Anhand von Orientierungswerten können Messergebnisse bezüglich einer statistischen Wahrscheinlichkeit eingestuft und damit in ihrer Relevanz für die Suche nach Ursachen gesundheitlicher Beschwerden gewichtet werden. Die Bewertung eines konkreten gesundheitlichen Risikos ist mit den Orientierungswerten nicht möglich.

Die Veröffentlichung der Orientierungswerte stieß auf großes Interesse und mündete in ein durch das Umweltbundesamt gefördertes Forschungsvorhaben der AGÖF mit dem Titel „Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Innenraumluft“⁵. Aus den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens legte die AGÖF im Herbst 2007 eine überarbeitete Fassung für mehr als 150 flüchtige organische Substanzen vor und veröffentlichte diese auf ihrer Homepage. In einer ausführlichen Tabelle wurde nun neben statistischen Kenndaten wie der Stichprobengröße, dem 50. und dem 90. Perzentil, der Orientierungswert aufgeführt. Der Orientierungswert gibt an, ab welchem Messwert eine Substanz in der Innenraumluft auf Grund statistischer Auffälligkeit oder toxikologischer Erkenntnisse zu bewerten ist.

Die Orientierungswerte werden seitdem vielfach von Sachverständigen etc. genutzt und etablierten sich rasch zu einem wirksamen Instrument zur Beurteilung der lufthygienischen Qualität von Innenräumen.

2012 wurde mit der Erarbeitung einer aktualisierten Neuauflage der AGÖF-Orientierungswerte auf der Grundlage eines weiteren durch das Umweltbundesamt finanzierten AGÖF-Forschungsprojektes⁶ begonnen. In die überarbeitete Liste gingen statistische Daten aus 4846 Datensätzen ein, die von AGÖF-Instituten im Rahmen ihrer Untersuchungstätigkeiten 2006 bis 2012 erhoben wurden.

Stoffname	CAS	n	Normalwert P 50 [µg/m³]	Auffälligkeitswert P 90 [µg/m³]	Orientierungswert [µg/m³]	Hinweise
Alkane						
n-Hexan	110-54-3	3598	1,8	8,0	8,0	
2-Methylpentan	107-83-5	1734	1,0	7,0	7,0	
3-Methylpentan	96-14-0	1753	1,0	4,0	4,0	
n-Heptan	142-82-5	3624	2,0	9,0	9,0	
2-Methylhexan	591-76-4	1196	1,0	4,0	4,0	
3-Methylhexan	589-34-4	1832	1,0	6,3	6,3	
2,3-Dimethylpentan	565-59-3	750	<1	4,4	4,4	
n-Oktan	111-65-9	3616	1,0	5,0	5,0	
2-Methylheptan	592-27-8	738	<1	1,2	1,2	
3-Methylheptan	589-81-1	706	<1	1,3	1,3	
2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan)	540-84-1	2952	<1	1,0	1,0	
n-Nonan	111-84-2	3626	<1	5,0	5,0	Ad-hoc-AG: Summe Aliphaten C9- C14 RW I = 0,2mg/m³; RW II = 2mg/m³
2,3-Dimethylheptan	3074-71-3	1123	<1	<1		
n-Decan	124-18-5	3627	1,0	11,0	11	
n-Undecan	1120-21-4	3624	2,0	14,0	14	
n-Dodecan	112-40-3	3625	1,0	9,0	9,0	
2,2,4,6,6-Pentamethylheptan	13475-82-6	2943	<1	4,8	4,8	
n-Tridecan	629-50-5	3624	1,0	5,0	5,0	
n-Tetradecan	629-59-4	3626	1,0	4,0	4,0	
n-Pentadecan	629-62-9	3622	1,0	3,0	3,0	
n-Hexadecan	544-76-3	3615	1,0	2,0	2,0	
2,2,4,4,6,8,8-Heptamethylnonan	4390-04-9	2826	<1	1,0	1,0	
n-Heptadecan	629-78-7	2292	<1	2,0	2,0	
n-Octadecan	593-45-3	2276	<1	1,0	1,0	
n-Nonadecan	629-92-5	2279	<1	<1		
n-Eicosan	112-95-8	2233	<1	<1		
n-Heneicosan	629-94-7	1186	<1	<1		

Stoffname	CAS	n	Normalwert P 50 [µg/m³]	Auffälligkeitswert P 90 [µg/m³]	Orientierungswert [µg/m³]	Hinweise
n-Docosan	629-97-0	1185	<1	<1		

Cycloalkane						
Cyclopentan	287-92-3	965	<1	4,0	4,0	
Cyclohexan	110-82-7	3606	1,0	9,0	9,0	BWG: vRW I = 400µg/m³; vRW II = 4000µg/m³
Methylcyclopentan	96-37-7	3633	<1	3,0	3,0	
Methylcyclohexan	108-87-2	3642	<1	4,0	4,0	
Dimethylcyclohexan	589-90-2	791	<1	<1		
trans-Decahydronaphthalin	493-02-7	986	<1	1,0	1,0	
Decalin	91-17-8	640	<2	2,7	2,7	

Alkene						
1-Hepten	592-76-7	1109	<1	2,0	2,0	
1-Octen	111-66-0	3438	<1,5	<2		
1-Nonen	124-11-8	1849	<2	<2		
1-Decen	872-05-9	3440	<1,5	<2		
1-Undecen	821-95-4	1828	<1,5	<2		
1-Dodecen	112-41-4	1207	<2	<2		
1-Tridecen	2437-56-1	1141	<2	<2		
trimeres Isobuten	7756-94-7	2970	<1	<1,5		
Cyclohexen	110-83-8	964	<1	<1,5		
4-Vinylcyclohexen	100-40-3	2961	<1	<1		
4-Phenylcyclohexen	4994-16-5	3584	<1	<1		

Aromaten						
Benzol	71-43-2	3647	1,0	3,0	3,0	Kanzerogen (K1A) 39. BImSchV: Außenluftgrenzwert: 5µg/m³ WHO: „no safe level“
Toluol	108-88-3	3664	7,0	30,0	30	Ad-hoc-AG: RW I = 0,3mg/m³; RW II = 3mg/m³

						BWG: Summe C1-C4-Alkylbenzole vRW I = 300µg/m³; vRW II = 3000µg/m³, BMLFUW: WIR = 75µg/m³ WHO: RW=260µg/m³ (Toxizität), RW=1.000 µg/m³ (Geruch)
Ethylbenzol	100-41-4	3652	1,0	10,0	10	Ad-hoc-AG: RW I = 0,2mg/m³; RW II = 2mg/m³ BWG: Summe C1-C4-Alkylbenzole vRW I = 300µg/m³; vRW II = 3000µg/m³
m, p-Xylol	1330-20-7	3650	3,0	29,0	29	BWG: Summe C1-C4-Alkylbenzole vRW I = 300µg/m³; vRW II = 3000µg/m³ Ad-hoc-AG: Summe C9-C15-Alkylbenzole: RW I = 0,1mg/m³; RW II = 1mg/m³ BWG: Summe C1-C4-Alkylbenzole vRW I = 300µg/m³; vRW II = 3000µg/m³
o-Xylol	95-47-6	3643	1,0	9,0	9,0	
n-Propylbenzol	103-65-1	3639	<1	2,1	2,1	
Isopropylbenzol	98-82-8	3635	<1	1,0	1,0	
2-Ethyltoluol	611-14-3	3608	<1	3,0	3,0	
3-Ethyltoluol	620-14-4	1826	1,0	6,7	6,7	
4-Ethyltoluol	622-96-8	1815	<1	3,0	3,0	
3/4-Ethyltoluol	620-14-4/ 622-96-8	1195	1,0	5,0	5,0	
1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	3607	<1	2,6	2,6	
1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	3639	1,0	10,9	11	
1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	3640	<1	3,0	3,0	
n-Butylbenzol	104-51-8	2462	<1	<1		
1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	2842	<1	<1		
1,2,3,5-Tetramethylbenzol	527-53-7	1704	<1	<1		

o-Cymol	527-84-4	1125	<1	<1		
m-Cymol	535-77-3	1125	<1	1,0	1,0	
p-Cymol	99-87-6	3618	<1	2,0	2,0	
1-Ethyl-3,5-dimethylbenzol	934-74-7	940	<1	1,0	1,0	
1,3-Diisopropylbenzol	99-62-7	1380	<1	<1		
1,4-Diisopropylbenzol	100-18-5	1380	<1	<1		
1,3-/1,4-Diisopropylbenzol	99-62-7 / 100-18-5	1074	<1	<1		Ad-hoc-AG: Summe C9-C15-Alkylbenzole: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 1mg/m ³
Phenylloctan	2189-60-8	615	<1	<1		
Styrol	100-42-5	3652	1,0	12,0	12	Ad-hoc-AG: RW I = 0,03mg/m ³ ; RW II = 0,3mg/m ³ BMLFUW: WIR = 40µg/m ³ WHO: RW = 260µg/m ³ (Toxizität), RW = 30µg/m ³ (Geruch)
Methylstyrol	98-83-9	1453	<1	<3		
2-Vinytoluol	611-15-4	964	<1	<1		
3-Vinytoluol	100-80-1	964	<1	<1		
4-Vinytoluol	622-97-9	964	<1	<1		
Vinytoluol	25013-15-4	615	<1	<1		
Phenylacetylen	536-74-3	1579	<1	<1		
Phenol	108-95-2	2598	<1	3,0	3,0	Ad-hoc-AG: RW I = 0,02mg/m ³ ; RW II = 0,2mg/m ³
o-Kresol	95-48-7	465	<1	<1		
m/p-Kresol	108-39-4 / 106-44-5	464	<1	<1		Ad-hoc-AG: Summe Kresole: RW I = 0,005mg/m ³ ; RW II = 0,05mg/m ³

2,6-Di-tert.-butyl-4-methylphenol	128-37-0	2641	<1	<1		
Naphthalin	91-20-3	3619	<1	1,2	1,2 [Anm. 1]	Kanzerogen (K2) Ad-hoc-AG: RW I = 0,01mg/m ³ ; RW II = 0,03mg/m ³ WHO: Belastungsobergrenze 0,01mg/m ³ im Jahresdurchschnitt BUI: Summe PAK über Toxizitätsfaktoren
1-Methylnaphthalin	90-12-0	1124	<0,1	<1		Ad-hoc-AG: Summe bi- und trizyklische aromatische Kohlenwasserstoffe: (v)RW I = 0,01mg/m ³ ; (v)RW II = 0,03mg/m ³
2-Methylnaphthalin	91-57-6	1124	<0,1	<1		
Diisopropylnaphthalin	38640-62-9	1166	1,0	3,0	3,0	
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalin	119-64-2	1231	<0,1	<1		
Inden	95-13-6	619	<1	<1		
Indan	496-11-7	2204	<1	1,0	1,0	

Halogenkohlenwasserstoffe

Trichlormethan	67-66-3	1155	<1	<1		
Tetrachlormethan	56-23-5	1863	<1	<1,5		
1,2-Dichlorethan	107-06-2	2061	<1	<1		
Epichlorhydrin	106-89-8	1187	<1	<1		
1,1,1-Trichlorethan	71-55-6	3614	<1	<1		
Trichlorethen (Tri)	79-01-6	2501	<1	<1		Kanzerogen (K1B) WHO: „no safe level“
Tetrachlorethen (Per)	127-18-4	3615	<1	<1		2. BImSchV: 0,1mg/m ³ WHO: RW = 250µg/m ³ BMLFUW: WIR = 250µg/m ³
cis-1,2-Dichlorethen	156-59-2	1102	<1	<1		
Chlorbenzol	108-90-7	1099	<1	<1		
1,2-Dichlorbenzol	95-50-1	2718	<1	<1		
1,3-Dichlorbenzol	541-73-1	2713	<1	<1		
1,4-Dichlorbenzol	106-46-7	3548	<1	<1		

1-Chlornaphthalin	90-13-1	1972	<1	<1		
2-Chlornaphthalin	91-58-7	1281	<1	<1		
1,4-Dichlornaphthalin	1825-31-6	1134	<1	<1		
1,5-Dichlornaphthalin	1825-30-5	961	<1	<1		
1,3-Dichlor-2-propanol	96-23-1	1826	<1	<1		

Alkohole						
1-Propanol	71-23-8	1086	<1	18,0	18	
2-Propanol (Isopropanol)	67-63-0	1835	20,0	91,4	91	
1-Butanol	71-36-3	3556	8,0	35,0	35	
Isobutanol (2-Methyl-1-propanol)	78-83-1	3393	1,0	10,0	10	
tert.-Butanol	75-65-0	627	<1	<1		
1-Pentanol	71-41-0	2459	<1	5,4	5,4	
2-Pentanol	6032-29-7	203	0,4	<1		
Isoamylalkohol	123-51-3	849	<1,5	<1,5		
1-Hexanol	111-27-3	2455	<1	1,0	1,0	
1-Heptanol	111-70-6	1759	<1	<1		
1-Octanol	111-87-5	1936	<1	<1		
2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	3592	3,0	13,0	13	Ad-hoc-AG: RW I = 0,1mg/m ³ ; vRW II = 1mg/m ³
1-Nonanol	143-08-8	1759	<1	<1		
1-Decanol	112-30-1	2397	<1	<1,5		
Cyclohexanol	108-93-0	617	<1	<1		
1-Octen-3-ol	3391-86-4	792	<0,4	0,5	0,5	
Benzylalkohol	100-51-6	3311	<1	4,6	4,6	Ad-hoc-AG: RW I = 0,4mg/m ³ ; RW II = 4mg/m ³
Diacetonalkohol	123-42-2	632	<1	<1		

Terpene						
alpha-Pinen	80-56-8	3591	4,0	68,0	68	Ad-hoc-AG: Summe bizyklische Terpene RW I = 0,2mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
beta-Pinen	127-91-3	3593	1,0	8,7	8,7	
delta-3-Caren	13466-78-9	3574	1,0	25,9	26	
Limonen	138-86-3	3648	4,0	23,0	23	Ad-hoc-AG: Summe monozykl. Monoterpene

						RW I = 1mg/m ³ ; RW II = 10mg/m ³
beta-Linalool	78-70-6	2709	<1	<1		
Campher	76-22-2	2854	<1	<1,5		Ad-hoc-AG: Summe bizyklische Terpene
Camphen	79-92-5	2320	<1	2,1	2,1	RW I = 0,2mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
Eucalyptol	470-82-6	2859	<1	<2		Ad-hoc-AG: Summe monozykl. Monoterpene RW I = 1mg/m ³ ; RW II = 10mg/m ³
Menthol	89-78-1	1756	<1	<1		
alpha-Terpinen	99-86-5	3312	<1	<1,5		Ad-hoc-AG: Summe monozykl. Monoterpene RW I = 1mg/m ³ ; RW II = 10mg/m ³
gamma-Terpinen	99-85-4	712	<1,5	<1,5		
Longicyclen	1137-12-8	651	<1	<1		
Borneol	507-70-0	2134	<1	<1		Ad-hoc-AG: Summe bizyklische Terpene RW I = 0,2mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
Isolongifolen/ Isolongicyclen	1135-66-6	2218	<1	<1,5		
Longifolen	475-20-7	3437	<1	2,0	2,0	
Verbenon	1196-01-6	2122	<1	<1		Ad-hoc-AG: Summe bizyklische Terpene RW I = 0,2mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
beta-Caryophyllen	87-44-5	1750	<1	<1,5		
beta-Citronellol	106-22-9	1607	<1	<2		
beta-Myrcen	123-35-3	1383	<1	2,0	2,0	
alpha-Phellandren	99-83-2	416	<1	<1		
beta-Farnesen	28973-97-9	416	<1	<1		
Longipinen	5989-08-2	416	<1	<1		
alpha-Terpineol	98-55-5	988	<1	1,0	1,0	

Aldehyde

Formaldehyd	50-00-0	2035	35,0	81,0	30* [Anm.2,3]	Kanzerogen (K2) [Anm. 4] AIR (Ausschuss für Innenraumrichtwerte): RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = keine Festsetzung; WHO: 0,1 mg/m ³ ; jeweils Höchstkonzentration innerhalb von 30 Minuten *unter Nutzungsbedingungen
Acetaldehyd	75-07-0	911	20,0	54,0	54	Ad-hoc-AG: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 1mg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
Propanal	123-38-6	891	4,0	14,0	14	BWG: vRW I = 20µg/m ³ BWG: Summe Alkanale C3-C6: vRW I = 100µg/m ³ ; vRW II = 1000µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
n-Butanal	123-72-8	2948	2,0	10,0	10	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ BWG: vRW I = 10µg/m ³ BWG: Summe Alkanale C3-C6: vRW I = 100µg/m ³ ; vRW II = 1000µg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 44µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
n-Pentanal	110-62-3	3698	4,0	20,3	20	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte zyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ BWG: Summe Alkanale C3-C6: vRW I = 100µg/m ³ ; vRW II = 1000µg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 53µg/m ³ B.A.U.CH. (b):

						Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
3-Methyl-1-butanal	590-86-3	360	<1	<3		Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
n-Hexanal	66-25-1	3725	11,0	55,0	55	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ BWG: vRW I = 20µg/m ³ BWG: Summe Alkanale C3-C6: vRW I = 100µg/m ³ ; vRW II = 1000µg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 61µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
2-Ethylhexanal	123-05-7	2313	<1	<2		Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
n-Heptanal	111-71-7	3632	2,0	6,7	6,7	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 70µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
n-Octanal	124-13-0	3630	2,0	8,0	8,0	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 79µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
n-Nonanal	124-19-6	3637	6,0	19,0	19	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische

						Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 87µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
n-Decanal	112-31-2	3622	2,0	7,0	7,0	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³ B.A.U.CH. (b): RW = 96µg/m ³ B.A.U.CH. (b): Summe C2-C10 n-Aldehyde RW = 60ppb
n-Undecanal	112-44-7	2013	<1	1,0	1,0	Ad-hoc-AG: Summe gesättigte azyklische aliphatische Alkanale C4-C11: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 2mg/m ³
n-Dodecanal	112-54-9	1139	<1	1,0	1,0	
Benzaldehyd	100-52-7	3684	4,0	15,0	15	Ad-hoc-AG: RW I = 0,02mg/m ³ ; RW II = 0,2mg/m ³
4-Methylbenzaldehyd	104-87-0	505	<1	<1,3		
Cuminaldehyd	122-03-2	978	<1	<1		
2-Methyl-2-propenal	78-85-3	601	<1	<3		
2-Butenal	4170-30-3	1313	<1	<2		
2-Pentenal	1576-87-0	693	<1	<1		
2-Hexenal	505-57-7	693	<1	<1		
2-Heptenal	2463-63-0	702	<1	<1		
2-Octenal	2363-89-5	693	<1	<1		
2-Nonenal	2463-53-8	694	<1	1,0	1,0	

2-Decenal	3913-71-1	693	<1	<1		
2-Undecenal	2463-77-6	693	<1	<1		
Acrolein	107-02-8	774	<5	<5		
Glutaraldehyd	111-30-8	761	<1	<3		
Furfural	98-01-1	1611	1,0	4,0	4,0	Ad-hoc-AG: RW I = 0,01mg/m ³ ; RW II = 0,1mg/m ³
5-Methylfurfural	620-02-0	288	<1	<4		

Ketone						
Aceton	67-64-1	606	42,0	161,0	161	
2-Butanon (Methylethylketon MEK)	78-93-3	3740	4,1	33,4	33	
Methylpropylketon	107-87-9	250	<2	<3		
2-Hexanon (Methylbutylketon MBK)	591-78-6	1892	<1	1,0	1,0	
3-Methyl-2-butanon	563-80-4	865	<1	<3		
4-Methyl-2-pentanon (Methylisobutylketon MIBK)	108-10-1	3642	<1	4,0	4,0	Ad-hoc-AG: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 1mg/m ³
Diisobutylketon	108-83-8	1681	<1	<2		
2-Heptanon	110-43-0	1957	<1	1,9	1,9	
3-Heptanon	106-35-4	2411	<1	2,0	2,0	
3-Octanon	106-68-3	851	<0,5	<0,5		
Diisopropylketon	565-80-0	643	<1,5	<1,5		
Cyclopentanon	120-92-3	621	<1	<1		
Cyclohexanon	108-94-1	3697	1,0	5,0	5,0	

2-Methylcyclopentanon	1120-72-5	618	<1	<1		
2-Methylcyclohexanon	583-60-8	617	<1	<1		
3,3,5-Trimethyl-2-cyclohexen-1-on	78-59-1	239	<1	<2		
Acetophenon	98-86-2	3409	1,3	4,0	4,0	
Benzophenon	119-61-9	1032	<1	<1		
1-Hydroxyaceton	116-09-6	617	<1	<1		

Ester ein- und zweiwertiger Alkohole						
n-Butylformiat	592-84-7	2847	<1	1,0	1,0	
Methylacetat	79-20-9	2029	1,0	6,0	6,0	
Ethylacetat	141-78-6	3636	3,0	22,9	23	
Vinylacetat	108-05-4	1008	<1	<1		
n-Propylacetat	109-60-4	2466	<1	<2		
Isopropylacetat	108-21-4	2474	<1	<1,5		
n-Butylacetat	123-86-4	3596	2,0	26,6	27	
Isobutylacetat	110-19-0	3613	<1	<2		
n-Pentylacetat	628-63-7	1616	<1	<2		
Isopentylacetat	123-92-2	639	<2	<2		
3-Methoxybutylacetat	4435-53-4	1775	<1	<1		
n-Hexylacetat	142-92-7	976	<1	<1		
2-Ethylhexylacetat	103-09-3	619	<1	<1		
Tetradecansäure-Isopropylester	110-27-0	887	<1	<1		
4-tert-Butylcyclohexylacetat	32210-23-4	966	<1	<1		
Benzoessäuremethylester (Methylbenzoat)	93-58-3	1224	<1	<1		
Acrylsäuremethylester (Methylacrylat)	96-33-3	1807	<1	<1		
Acrylsäureethylester (Ethylacrylat)	140-88-5	1752	<1	<1		
Acrylsäurebutylester (Butylacrylat)	141-32-2	1807	<1	<1		
2-Ethylhexylacrylat	103-11-7	806	<1	<1		
Hexandioldiacrylat	13048-33-4	1587	<1	<1		

Methacrylsäuremethylester (Methylmethacrylat)	80-62-6	3619	<1	<1,5		BWG: vRW I = 100µg/m³; vRW II = 1000µg/m³
n-Butylmethacrylat	97-88-1	621	<1	<1		
Essigsäurebornylester	76-49-3	1712	<1	<1,5		
Glykolsäurebutylester	7397-62-8	615	<1	<1		
Ethylenglykolmonomethyl- etheracetat (EGMMA, 2- Methoxyethylacetat)	110-49-6	3474	<1	<1,5		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m³; „Default“-RW II = 0,05ml/m³
Ethylenglykolmonoethyl- etheracetat (EGMEA, 2- Ethoxyethylacetat)	111-15-9	3519	<1	<2		Ad-hoc-AG: RW I = 0,2mg/m³; RW II = 2mg/m³
Ethylenglykolmonobutyl- etheracetat (EGMBA, 2- Butoxyethylacetat)	112-07-2	3565	<1	<1		Ad-hoc-AG: vRW I = 0,2mg/m³; vRW II = 2mg/m³
Diethylenglykoldiacetat	628-68-2	975	<1	<1		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m³; „Default“-RW II = 0,05ml/m³
Propylenglykoldiacetat	623-84-7	618	<1	<1		
Propylenglykolmonomethyl- etheracetat (PGMMA, 1-Methoxy-2- propylacetat)	108-65-6	3472	1,0	7,8	7,8	
Propylenglykolmonoethyl- etheracetat	98516-30-4	1721	<1	<1,5		
Dipropylenglykolmonomethyl- etheracetat (DPGMMA)	88917-22-0	2267	<1	<1,5		
Diethylenglykolmonobutyl- etheracetat (DEGMBA)	124-17-4	3509	<1	<1,5		
Ethyl-3-ethoxypropionat	763-69-9	644	<2	<2		
TXIB (2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiol- diisobutytrat)	6846-50-0	2921	<1	3,0	3,0	BWG: vRW II = 1000µg/m³
Texanol	25265-77-4	3535	<1	2,0	2,0	
Dimethylsuccinat	106-65-0	2582	<1	<3		
Dimethylglutarat	1119-40-0	2582	<1	<2,5		
Dimethyladipat	627-93-0	2584	<1	<2		
Diisobutylsuccinat	925-06-4	855	<2	<2		
Diisobutylglutarat	71195-64-7	898	<2	<2		

Adipinsäurediisobutylester	141-04-8	1606	<1	<2		
Dibutylmaleinat	105-76-0	2840	<1	<2		
Diisobutylmaleat	14234-82-3	628	<1	<1		
Fumarsäuredibutylester	105-75-9	615	<1	<1		
Dimethylphthalat	131-11-3	3422	<1	<2		
Diethylphthalat	84-66-2	2198	<1	1,8	1,8	
Di(n-butyl)phthalat (DBP)	84-74-2	2180	<2	<7		
Diisobutylphthalat (DIBP)	84-69-5	2186	<2	<7		B.A.U.CH. (c): 2,8µg/m ³
Etylencarbonat	96-49-1	619	<1	<1		
Diethylcarbonat	105-58-8	963	<1	<1		

Mehrwertige Alkohole und deren Ether (Glykol und Glykolether)						
Ethylenglykol	107-21-1	2745	<1	<6		
1,2-Propylenglykol	57-55-6	3562	2,0	14,4	14	
1,4-Butandiol	110-63-4	618	<1	<1		
2-Methyl-2,4-pentandiol	107-41-5	1244	<5	<5		
Diethylenglykol	111-46-6	1759	<5	<10		
Dipropylenglykol	25265-71-8	729	<1	<5		
Tripropylenglykol	24800-44-0	1224	<1	<3		
Ethylenglykolmonomethyl- ether (EGMM, 2-Methoxyethanol)	109-86-4	3486	<3	<5		B.A.U.CH. (a): RW = 30µg/m ³ B.A.U.CH. (a): summarische Bewertung verschiedener Glykolderivate Ad-hoc-AG: RW I = 0,02mg/m ³ ; RW II = 0,2mg/m ³
Ethylenglykolmonoethyl- ether (EGME, 2-Ethoxyethanol)	110-80-5	3531	<1	<2,5		B.A.U.CH. (a): RW = 90µg/m ³ B.A.U.CH. (a): summarische Bewertung verschiedener Glykolderivate Ad-hoc-AG:

						RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 1mg/m ³
Ethylenglykolmonobutyl- ether (EGMB, 2-Butoxyethanol)	111-76-2	3550	1,9	13,4	13	B.A.U.CH. (a): RW = 120µg/m ³ B.A.U.CH. (a): summarische Bewertung verschiedener Glykolderivate Ad-hoc-AG: RW I = 0,1mg/m ³ ; RW II = 1mg/m ³
Ethylenglykolmonophenyl- ether (EGMP, 2-Phenoxyethanol)	122-99-6	3547	1,0	5,0	5,0	B.A.U.CH. (d): RW = 300µg/m ³ (Toxizität), RW = 100µg/m ³ (Geruch) Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ; „Default“-RW II = 0,05ml/m ³
Diethylenglykolmonomethyl- ether (DEGMM, Methyldiglykol)	111-77-3	2900	<5	<5		Ad-hoc-AG: (v)RW I = 2mg/m ³ ; (v)RW II = 6mg/m ³
Diethylenglykolmonoethyl- ether (DEGME, Ethyldiglykol)	111-90-0	3361	<1	<7		Ad-hoc-AG: (v)RW I = 0,7mg/m ³ ; (v)RW II = 2mg/m ³
Diethylenglykolmonobutyl- ether (DEGMB, Butyldiglykol)	112-34-5	3540	<2	8,0	8,0	Ad-hoc-AG: (v)RW I = 0,4mg/m ³ ; (v)RW II = 1mg/m ³
1,2-Propylenglykolmonomethyl- ether (1,2-PGMM, 1-Methoxy-2- propanol)	107-98-2	3548	2,0	14,0	14	Ad-hoc-AG: (v)RW I = 1mg/m ³ ; (v)RW II = 10mg/m ³
3-Methoxy-1-butanol	2517-43-3	826	<1,5	1,5	1,5	
Propylenglykolmonoethyl- ether	1569-02-4	1715	<2	<2		Ad-hoc-AG: (v)RW I = 0,3mg/m ³ ; (v)RW II = 3mg/m ³
Propylenglykol-n-propylether	1569-01-3	749	<1	<1		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ;
1,2-Propylenglykolmono- butylether (PGMB, 1-Butoxy-2- propanol)	5131-66-8	2904	<1	3,0	3,0	

1,2-Propylenglykolmono-phenylether (PGMP, 1-Phenoxy-2-propanol)	770-35-4	2009	<1	<2		„Default“-RW II = 0,05ml/m ³
Dipropylenglykolmonomethyl-ether (DPGMM, D2PGME)	34590-94-8	2871	<1	7,0	7,0	Ad-hoc-AG: (v)RW I = 3mg/m ³ ; (v)RW II = 7mg/m ³
Dipropylenglykolmonobutyl-ether (DPGMB)	29911-28-2	3526	<1	3,0	3,0	Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ; „Default“-RW II = 0,05ml/m ³
Tripropylenglykolmonobutyl-ether	55934-93-5	2900	<1	<4		
Ethylenglykoldimethyl-ether	110-71-4	1679	<1	<1		
Ethylenglykoldiethyl-ether	629-14-1	1636	<1	<1		Ad-hoc-AG: (v)RW I = 0,03mg/m ³ ; (v)RW II = 0,33mg/m ³
Diethylenglykoldimethyl-ether	111-96-6	1693	<1	<1		
Dipropylenglykolmonopropyl-ether	29911-27-1	1295	<2	<2		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ; „Default“-RW II = 0,05ml/m ³
Dipropylenglykoldimethyl-ether	111109-77-4	1098	<1,5	<1,5		
Triethylenglykolmonobutyl-ether	143-22-6	1118	<1	<1		
Diethylenglykoldiethyl-ether	112-36-7	1076	<1	<1		
Dibutyldiglykol	112-73-2	1614	<1	<2,5		
Triethylenglykoldimethyl-ether	112-49-2	1255	<2	<2		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ;
2-(2-Hexoxyethoxy)-ethanol	112-59-4	1591	<1	<1		„Default“-RW II = 0,05ml/m ³
2-Hexoxyethanol	112-25-4	1592	<1	<1		Ad-hoc-AG: (v)RW I = 0,1mg/m ³ ; (v)RW II = 1mg/m ³
Dipropylenglykolmono-tert.-butylether	132739-31-2	615	<1	<1		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ; „Default“-RW II = 0,05ml/m ³
Tripropylenglykolmonomethyl-ether	20324-33-8	615	<1	<1		
1,2-Propylenglykoldimethyl-ether	7778-85-0	619	<1	<1		
TMDYD	126-86-3	1105	<1	<1		
2-Propoxyethanol	2807-30-9	618	<1	<1		

2-Methylethoxyethanol	109-59-1	615	<1	<1		Ad-hoc-AG: „Default“-RW I = 0,005ml/m ³ ; „Default“-RW II = 0,05ml/m ³
-----------------------	----------	-----	----	----	--	--

Siloxane

Hexamethyldisiloxan	107-46-0	974	<1	<1		
Hexamethyltricyclosiloxan (Siloxan D3)	541-05-9	2682	2,5	16,0	16	Ad-hoc-AG: Summe zyklische Dimethylsiloxane D3 – D6 0,4mg/m ³ ; RW II = 4mg/m ³
Octamethyltetracyclosiloxan (Siloxan D4)	556-67-2	3610	1,0	7,0	7,0	
Decamethylpentacyclosiloxan (Siloxan D5)	541-02-6	3168	3,0	22,0	22	
Dodecamethylhexacyclosiloxan (Siloxan D6)	540-97-6	816	<3	10,8	11	

Alkansäuren

Essigsäure	64-19-7	1863		24,0	87,8	88	
Propionsäure	79-09-4	1709		1,0	7,0	7,0	
Isobuttersäure	79-31-2	1706		<1	1,0	1,0	
n-Butansäure	107-92-6	1890		<1	2,0	2,0	
n-Pentansäure	109-52-4	1702		<1	2,0	2,0	
Pivalinsäure	75-98-9	1692		<1	<1		
n-Hexansäure	142-62-1	1890		<1	5,0	5,0	
n-Heptansäure	111-14-8	1703		<1	1,0	1,0	
2-Ethylhexansäure	149-57-5	1717		<1	1,0	1,0	
n-Octansäure	124-07-2	1885		<1	2,0	2,0	

Sonstige Verbindungen

Di-n-butylether	142-96-1	1603	<1	1,8	1,8	
Methyl-tert.-butylether	1634-04-4	1797	<2	<2		
Dioktylether	629-82-3	1620	<1	<1,5		
2-Methylfuran	534-22-5	1682	<1	<1,3		
3-Methylfuran	930-27-8	872	<1	<1,3		
2-Pentylfuran	3777-69-3	1472	<0,8	2,0	2,0	
Tetrahydrofuran (THF)	109-99-9	3353	<1	1,0	1,0	

Butyrolacton	96-48-0	621	<1	1,0	1,0	
1,4-Dioxan	123-91-1	2380	<1	<3		
2-Butanonoxim	96-29-7	2507	<1	3,6	3,6	
Acrylnitril	107-13-1	1019	<1	1,0	1,0	
Caprolactam	105-60-2	2560	<1	2,0	2,0	
N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	2870	<1	2,0	2,0	
Hexamethylentetramin	100-97-0	615	<1	<1		
Triethylamin	121-44-8	462	<1	<1		
5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on	26172-55-4	652	<1	<1		
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	2682-20-4	504	<1	<1		
Benzothiazol	95-16-9	2328	<1	1,0	1,0	
Triethylphosphat	78-40-0	646	<1	<1		
Tributylphosphat	126-73-8	715	<1	<1		Ad-hoc-AG: Summe RW I = 0,005mg/m ³ ; RW II = 0,05mg/m ³

Abkürzungen:

Ad-hoc-AG: Ad-hoc Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des UBA und der AG der Obersten Landesbehörden (AOLG)

Hier insbesondere: Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der AGLMB (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt 39: 422-426 sowie Ad-hoc Arbeitsgruppe „Innenraumrichtwerte“ der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden (2012): Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas. Bundesgesundheitsblatt 55, S 279-290 und die Veröffentlichungen zu den Richtwerten auf der Homepage des Umweltbundesamtes unter <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheits/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-innenraumlufthygiene/empfehlungen-richtwerte-kommission>

Roßkamp E (1998): Konservierung von Dispersionsfarben. In UBA (Hrsg.) Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID). 1-98 S 2-9. Nachzulesen unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/umid011998.pdf>

B.A.U.CH.: Beratung und Analyse – Verein für Umweltchemie

- Sachbericht: Vorkommen von Estern und Ethern mehrwertiger Alkohole in der Raumluft (1994)
- Sachbericht: Analyse und Bewertung der in Innenräumen vorkommenden Konzentrationen an längerkettigen Aldehyden (1993)
- Sachbericht: Analyse und Bewertung der in Raumluft und Hausstaub vorhandenen Konzentrationen der Weichmacherbestandteile Diethylhexylphthalat (DEHP) und Dibutylphthalat (DBP) (1991)

- d. Marchl, D. (1998): Raumluftbelastungen durch Glykolverbindungen. In Diel, Feist, Krieg und Linden: Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F. Müller Verlag. ISBN 3-7880-9901-1. S. 71-77

BGA: Bundesgesundheitsamt; (mittlerweile aufgegangen u.a. in Bundesinstitut für Risikobewertung)

Hier insbesondere „Zur Gültigkeit des 0,1-ppm-Wertes für Formaldehyd“.
Bundesgesundheitsblatt 35 (1992) S. 482-483

BimschV: Bundesimmissionsschutzverordnung

Hier insbesondere: 2. BImSchV (10. Dezember 1990, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Mai 2013): Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen

Hier insbesondere: 39. BImSchV (2010): Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen

BMLFUW: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Österreich)

Hier insbesondere: Arbeitskreis Innenraumluft am BMLFUW und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Nachzulesen unter: <http://www.innenraumanalytik.at/fachkompetenz/downloads/>

BUI: Bremer Umweltinstitut

Hier insbesondere ZORN, C.; KÖHLER, M.; WEIS, N.; SCHARENBERG, W (2005): Proposal for Assessment of Indoor Air polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Beijing, China

Siehe auch www.bremer-umweltinstitut.de

BWG = Hamburger Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz, früher Hamburger Behörde Umwelt und Gesundheit bzw. Gesundheit und Soziales

Hier insbesondere: VOC-Tabelle 1: <http://www.hamburg.de/contentblob/122306/data/voc-tab1.pdf> und VOC-Tabelle 2: <http://www.hamburg.de/contentblob/122308/data/voc-tab2.pdf>.

RW = Richtwert

vRW = vorläufiger Richtwert

WHO: World health organization (Weltgesundheitsorganisation)

Hier insbesondere „Regional office for Europe“ – WHO Air Quality Guidelines 2000 (Second edition)

http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf

„WHO-Leitlinien zur Raumluftqualität: Ausgewählte Schadstoffe (2010)“

<http://www.euro.who.int/de/what-we-publish/abstracts/who-guidelines-for-indoor-air-quality-selected-pollutants>

WIR = Wirkungsbezogene Innenraumrichtwerte

Anmerkungen:

[Anm 1]: Eine Belastung mit Naphthalin kann auf die Anwesenheit einer komplexeren Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen hinweisen. Dies wird empfohlen zu überprüfen und ggf. entsprechend zu bewerten.

[Anm 2]: Formaldehydkonzentrationen sind in erheblichem Maß von klimatischen Bedingungen im Raum bzw. von den Emissionsquellen abhängig. Bei einem Überschreiten von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei klimatischen Bedingungen, die geringe Formaldehydemissionen aus Materialien zulassen, kann erfahrungsgemäß bei gleicher Quellsituation unter anderen klimatischen Bedingungen eine Belastung im Bereich der Richtwerte der WHO oder des BGA resultieren (etwa Winter-/Sommereffekte). Dies wird durch einen Prüfwert berücksichtigt, der dazu anregen soll, die Formaldehydbelastung ggf. unter anderen klimatischen Bedingungen erneut zu überprüfen.

[Anm 3]: Sagunski H (2006): Formaldehyd, eine Innenraum-Geschichte. In: Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Hrsg.: Materialien zur Umweltmedizin. Aktuelle umweltmedizinische Probleme in Innenräumen, Teil. Bd. 13. S 60-70

[Anm 4] Das Bundesinstitut für Risikobewertung hat in einer jüngeren Stellungnahme bestätigt, dass Formaldehyd als krebserregend beim Einatmen anzusehen ist. Allerdings bestünde eine Konzentrationsabhängigkeit der Wirkung und es wird dort in der Einschätzung der bisher gültige Richtwert von $0,1 \text{ ppm}$ ($124 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bestätigt, der praktisch keine krebsauslösende Wirkung mehr erwarten ließe.

Ad-hoc-AG: Krebserzeugende Wirkung von Formaldehyd – Änderung des Richtwertes für die Innenraumluft von $0,1 \text{ ppm}$ nicht erforderlich. Bundesgesundheitsblatt 11 S 1169 unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/Formaldehyd.pdf>

[Anm. 5]: Nach Vorschlag der IRK soll in Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt bestimmt sind, auf Dauer ein TVOC-Wert zwischen einem und drei Milligramm pro Kubikmeter nicht überschritten werden. Siehe auch: Seifert B (1999): Richtwerte für die Innenraumluft: Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42 S 270-278

[Anm. 6]: Ad-hoc-AG (2007): Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten. Bundesgesundheitsblatt 7 S 990-1004

AgBB - Schema

Prüfkammertests zur Ermittlung von VOC-Emissionen

Zur Feststellung der Emissionen von Bauprodukten sind normierte Untersuchungen in Prüfkammern geeignet. Wichtige Einflussgrößen sind dabei einerseits Temperatur, Luftwechsel, relative Feuchte und Luftgeschwindigkeit in der Prüfkammer und andererseits Menge oder Fläche des Materials in der Kammer und Art der Vorbereitung des Prüfgutes. Der Einfluss dieser und weiterer Parameter wurde in internationalen Ringversuchen deutlich [ECA 13, 1993; ECA 16, 1995]. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Ringversuche und einer zuvor veröffentlichten Vorgehensweise [ECA 8, 1991a] wurden internationale Normen zur Ermittlung der Emissionen von Bauprodukten erarbeitet [ISO 16000-9 bis -11]. Die Teile 9 und 10 beschreiben die Arbeitsweise bei Verwendung einer Prüfkammer bzw. einer Prü fzelle. In Teil 11 werden die Probenahme, die Lagerung der Proben und die Vorbereitung der Prüfstücke beschrieben. In der EN 16516 werden die Prüfbedingungen weiter präzisiert, um die Zuverlässigkeit und Vergleichspräzision der Messung zu erhöhen. Die bestimmungsgemäße Verwendung, der Zweck, der Ort und die Umstände der typischen Verwendung eines Bauprodukts sind nicht in der EN 16516 festgelegt, sondern sind produktbezogen zu definieren und in den entsprechenden Produktnormen zu verankern.

Damit die Messergebnisse aus einer Prüfkammer auf den Referenzraum übertragbar sind, ist es erforderlich, eine Beladung für die Prüfkammer festzulegen, die die vorgesehene Verwendung des Produkts im Innenraum berücksichtigt. Hierzu wird in der EN 16516 angenommen, dass die klimatischen Bedingungen (Temperatur mit 23 °C, relative Luftfeuchtigkeit mit 50 %) der Prüfkammer, des Referenzraums und später des Realraums gleich sind und, **dass keine Wechselwirkungen mit anderen Produkten auftreten.**

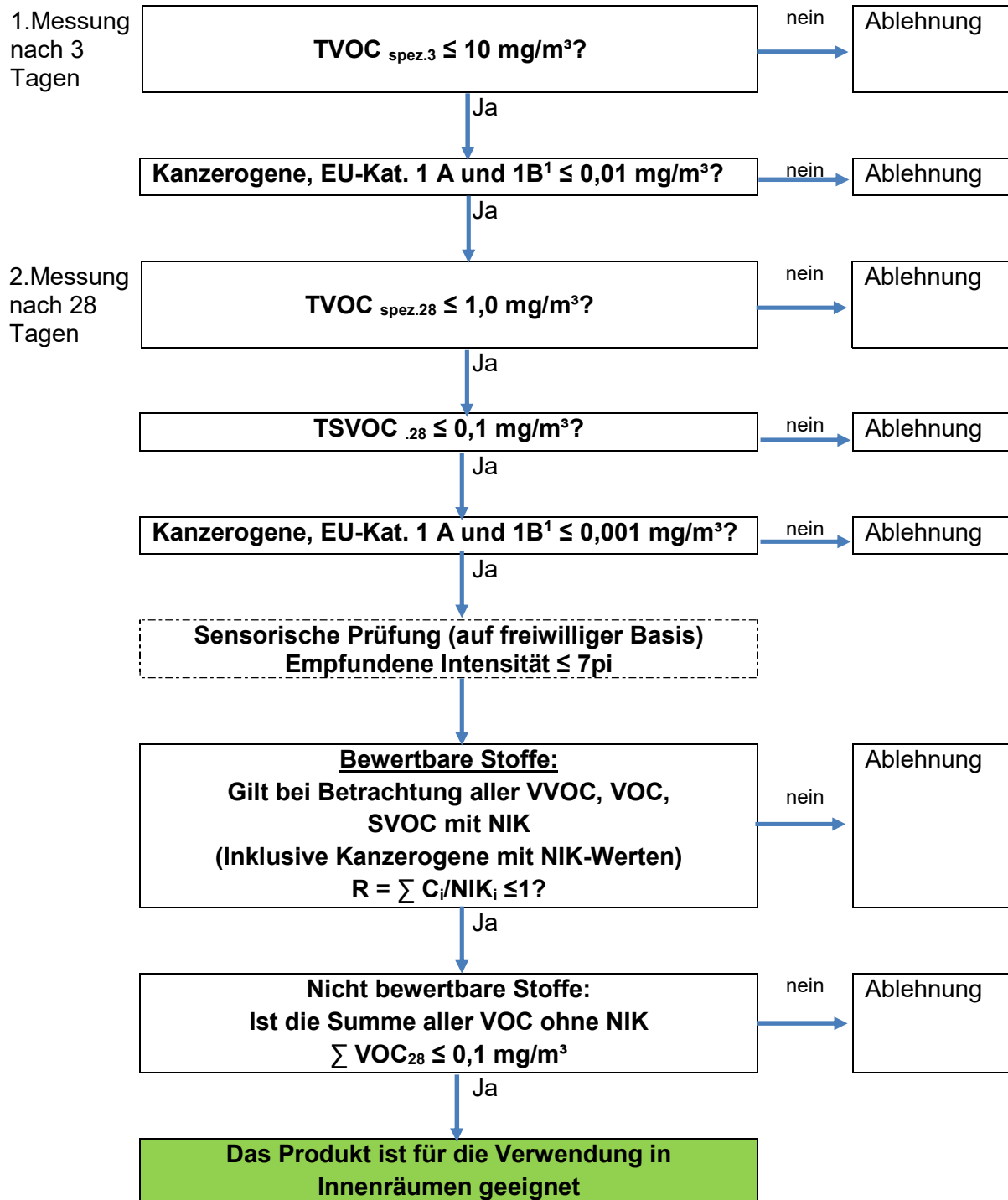
Mit den bisherigen Erkenntnissen zur Geruchsprüfung mit Prüfkammerverfahren nach der ISO 16000-28 lassen sich Geruchsemissionen auf der Basis der empfundenen Intensität und Hedonik aus Bauprodukten innerhalb des AgBB-Prüfverfahrens erfassen und bewerten

Schema zur Bewertung der flüchtigen organischen Substanzen

Zur gesundheitlichen Bewertung durchläuft das Produkt eine Reihe von Tests, die in dem in der folgenden Abbildung dargestellten Schema festgelegt sind.

Stand Juni 2021

Prüfung auf:



Im AgBB-Bewertungsschema gelten folgende Definitionen:

VVOC: alle Einzelstoffe im Retentionsbereich < C6

VOC: alle Einzelstoffe im Retentionsbereich C6 – C16

TVOCspez1: Summe aller gefundenen Einzelstoffe $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Retentionsbereich C6 – C16 (zwischen n-Hexan bis einschließlich n-Hexadecan)

SVOC: alle Einzelstoffe im Retentionsbereich > C16 – C22

TSVOC: Summe aller Einzelstoffe $\geq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Retentionsbereich > C16 – C22.

NIK-Werte Liste Stand Oktober 2020

Zur toxikologischen Bewertung von emittierten Stoffen aus Bauprodukten werden Konzentrationsniveaus ermittelt, oberhalb derer für den Einzelstoff nachteilige Wirkungen auf die Gesundheit zu befürchten sind (NIK-Werte; niedrigste interessierende Konzentration für den Einzelstoff, englisch LCI - lowest concentration of interest) [ECA 29, 2013]. NIK-Werte werden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben und sind ausschließlich in Zusammenhang mit gesundheitsbezogenen Beurteilungen von Bauproduktemissionen anzuwenden.

	Substanz	CAS Nr	NIK [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Bemerkungen
1	Aromatische Kohlenwasserstoffe			
1-1	Toluol	108-88-3	2900	Übernahme EU-LCI-Wert
1-2	Ethylbenzol	100-41-4	850	Übernahme EU-LCI-Wert
1-3	Xylol, Gemisch aus den Isomeren o-, m- und p-Xylol	1330-20-7	500	Übernahme EU-LCI-Wert
1-4	p-Xylol	106-42-3	500	Übernahme EU-LCI-Wert
1-5	m-Xylol	108-38-3	500	Übernahme EU-LCI-Wert
1-6	o-Xylol	95-47-6	500	Übernahme EU-LCI-Wert
1-7	Isopropylbenzol	98-82-8	1700	Übernahme EU-LCI-Wert
1-8	n-Propylbenzol	103-65-1	950	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Ethylbenzol
1-9	1-Propenylbenzol (β-Methylstyrol)	637-50-3	1200	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von 2-Phenylpropen
1-10	1,3,5-Trimethylbenzol	108-67-8	450	Übernahme EU-LCI-Wert
1-11	1,2,4-Trimethylbenzol	95-63-6	450	Übernahme EU-LCI-Wert

1-12	1,2,3-Trimethylbenzol	526-73-8	450	Übernahme EU-LCI-Wert
1-13	2-Ethyltoluol	611-14-3	550	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Xylol
1-14	1-Isopropyl-2-methylbenzol (o-Cymol)	527-84-4	1000	Übernahme EU-LCI-Wert
1-15	1-Isopropyl-3-methylbenzol (m-Cymol)	535-77-3	1000	Übernahme EU-LCI-Wert
1-16	1-Isopropyl-4-methylbenzol (p-Cymol)	99-87-6	1000	Übernahme EU-LCI-Wert
1-17	1,2,4,5-Tetramethylbenzol	95-93-2	250	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Trimethylbenzol
1-18	n-Butylbenzol	104-51-8	1100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Ethylbenzol
1-19	1,3-Diisopropylbenzol	99-62-7	750	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Xylol
1-20	1,4-Diisopropylbenzol	100-18-5	750	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Xylol
1-21	Phenylloctan und Isomere	2189-60-8	1100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Ethylbenzol
1-22	1-Phenyldecan und Isomere	104-72-3	1100	Read across von Ethylbenzol
1-23	1-Phenylundecan und Isomere	6742-54-7	1100	Read across von Ethylbenzol
1-24	4-Phenylcyclohexen (4-PCH)	4994-16-5	300	Read across von Styrol
1-25	Styrol	100-42-5	250	Übernahme EU-LCI-Wert
1-26	Phenylacetylen	536-74-3	200	Read across von Styrol
1-27	2-Phenylpropen (α -Methylstyrol)	98-83-9	1200	Übernahme EU-LCI-Wert
1-28	Vinytoluol (alle Isomeren: o-, m-, p-Methylstyrole)	25013-15-4	1200	Übernahme EU-LCI-Wert
1-29	Andere Alkylbenzole, sofern Einzelisomere nicht anders zu bewerten sind	450	Read across von Trimethylbenzol	
1-30	Naphthalin	91-20-3	10	Übernahme EU-LCI-Wert
1-31	Inden	95-13-6	450	Übernahme EU-LCI-Wert

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
2	Aliphatische Kohlenwasserstoffe (n-, iso- und cyclo-)			
2-1	3-Methylpentan	96-14-0		VVOC
2-2	n-Hexan	110-54-3	4300	Übernahme EU-LCI-Wert
2-3	Cyclohexan	110-82-7	6000	Übernahme EU-LCI-Wert
2-4	Methylcyclohexan	108-87-2	8100	Übernahme EU-LCI-Wert
2-5				1)
2-6				1)
2-7				
2-8	n-Heptan	142-82-5	15000	Übernahme EU-LCI-Wert
2-9	Andere gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe C ₆ bis C ₈		14000	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von 2-Methylpentan
2-10	Andere gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe C ₉ bis C ₁₆		6000	Übernahme EU-LCI-Wert
2-11	Andere gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe C ₁₇ bis C ₂₂		1000	SVOC Einzelstoffbetrachtung
2-12	1-Dodecen	112-41-4	750	Einzelstoffbetrachtung

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
3	Terpene			
3-1	3-Caren	498-15-7	1500	Übernahme EU-LCI-Wert
3-2	α-Pinen	80-56-8	2500	Übernahme EU-LCI-Wert
3-3	β-Pinen	127-91-3	1400	Übernahme EU-LCI-Wert
3-4	Limonen	138-86-3	5000	Übernahme EU-LCI-Wert
3-4	Terpene, sonstige		1400	Übernahme EU-LCI-Wert (zur Gruppe gehören alle Monoterpene und Sesquiterpene und deren Sauerstoffderivate)

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
4	Aliphatische mono Alkohole (n-, iso- und cyclo-) und Dialkohole			
4-1	Ethanol	64-17-5		VVOC
4-2	1-Propanol	71-23-8		VVOC
4-3	2-Propanol	67-63-0		VVOC
4-4	tert-Butanol, 2-Methyl-2-propanol	75-65-0	620	Übernahme EU-LCI-Wert
4-5	2-Methyl-1-propanol	78-83-1	11000	Übernahme EU-LCI-Wert
4-6	1-Butanol	71-36-3	3000	Übernahme EU-LCI-Wert
4-7	Pentanol (alle Isomere)	71-41-0 30899-19-5 94624-12-1 6032-29-7 584-	730	Übernahme EU-LCI-Wert

		02-1 137-32-6 123-51-3 598-75-4 75-85-4 75-84-3		
4-8	1-Hexanol	111-27-3	2100	Übernahme EU-LCI-Wert
4-9	Cyclohexanol	108-93-0	2000	Übernahme EU-LCI-Wert
4-10	2-Ethyl-1-hexanol	104-76-7	300	Übernahme EU-LCI-Wert
4-11	1-Octanol	111-87-5	1700	Übernahme EU-LCI-Wert
4-12	4-Hydroxy-4-methylpentan-2-on (Diacetonalkohol)	123-42-2	960	Übernahme EU-LCI-Wert
4-13	Andere C ₄ -C ₁₀ gesättigte n- und iso- Alkohole			Neubewertung, siehe 4-16 und 4-17
4-14	Andere C ₁₁ -C ₁₃ gesättigte n- und iso- Alkohole			Neubewertung, siehe 4-16 und 4-17
4-15	1,4-Cyclohexandimethanol	105-08-8	1600	Einzelstoffbetrachtung
4-16	Andere C ₇ -C ₁₃ gesättigte n- Alkohole		1700	Read across von 1-Octanol, ausgenommen sind die cyclischen Verbindungen
4-17	Andere C ₆ -C ₁₃ gesättigte iso- Alkohole		300	Read across von 2-Ethyl-1-hexanol, ausgenommen sind die cyclischen Verbindungen

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
5	Aromatische Alkohole			
5-1	Phenol	108-95-2	70	Übernahme EU-LCI-Wert
5-2	2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol (BHT)	128-37-0	100	Übernahme EU-LCI-Wert
5-3	Benzylalkohol	100-51-6	440	Übernahme EU-LCI-Wert

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
6	Glykole, Glykolether, Glykolester			
6-1	Propylenglykol (1,2-Dihydroxypropan)	57-55-6	2100	Übernahme EU-LCI-We
6-2	Ethylenglykol (Ethandiol)	107-21-1	3400	Übernahme EU-LCI-Wert
6-3	Ethylenglykolmonobutylether	111-76-2	1600	Übernahme EU-LCI-Wert
6-4	Diethylenglykol	111-46-6	5700	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Ethylenglykol
6-5*	Diethylenglykolmonobutylether	112-34-5	350	Übernahme EU-LCI-Wert
6-6	2-Phenoxyethanol	122-99-6	60	Übernahme EU-LCI-Wert
6-7	Ethylencarbonat	96-49-1	4800	Read across von Ethylenglykol
6-8	1-Methoxy-2-propanol	107-98-2	7900	Übernahme EU-LCI-Wert
6-9*	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentandiolmonoisobutyrat	25265-77-4	850	Übernahme EU-LCI-Wert
6-10*	Glykolsäurebutylester (Hydroxyessigsäurebutylester)	7397-62-8	900	Übernahme EU-LCI-Wert
6-11	Butyldiglykolacetat (Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)acetat, BDGA)	124-17-4	850	Übernahme EU-LCI-Wert

6-12	Dipropylenglykolmono-methylether	34590-94-8	3100	Übernahme EU-LCI-Wert
6-13*	2-Methoxyethanol	109-86-4	100	Übernahme EU-LCI-Wert
6-14	2-Ethoxyethanol	110-80-5	8	EU-OEL: 8.000 µg/m³; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
6-15	2-Propoxyethanol	2807-30-9	860	Übernahme EU-LCI-Wert
6-16	2-Methylethoxyethanol	109-59-1	220	Übernahme EU-LCI-Wert
6-17*	2-Hexoxyethanol	112-25-4	900	Übernahme EU-LCI-Wert
6-18*	1,2-Dimethoxyethan	110-71-4	100	Read across von 2-Methoxyethanol
6-19	1,2-Diethoxyethan	629-14-1	10	Read across von 2-Ethoxyethanol
6-20*	2-Methoxyethylacetat	110-49-6	150	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von 2-Methoxyethanol
6-21	2-Ethoxyethylacetat	111-15-9	11	EU-OEL: 11.000 µg/m³; Übernahme des EU-LCI-Werts
6-22	2-Butoxyethylacetat	112-07-2	2200	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Ethylenglykolmonobutylether
6-23*	2-(2-Hexoxyethoxy)-ethanol	112-59-4	400	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Diethylenglykolmonobutylether
6-24	1-Methoxy-2-(2-methoxyethoxy)-ethan	111-96-6	28	Übernahme EU-LCI-Wert
6-25	2-Methoxy-1-propanol	1589-47-5	19	Übernahme EU-LCI-Wert
6-26	2-Methoxy-1-propylacetat	70657-70-4	28	Übernahme EU-LCI-Wert
6-27	Propylenglykoldiacetat	623-84-7	1600	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Essigsäure
6-28	Dipropylenglykol	110-98-5 25265-71-8	670	Übernahme EU-LCI-Wert
6-29*	Dipropylenglykolmonomethyletheracetat	88917-22-0	950	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von 2-Methoxy-1-methylethylacetat
6-30*	Dipropylenglykolmono-n-propylether	29911-27-1	200	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Dipropylenglykol-mono-n-butylether
6-31*	Dipropylenglykolmono-n-butylether	29911-28-2 35884-42-5	250	Übernahme EU-LCI-Wert
6-32*	Dipropylenglykolmono-t-butylether	132739-31-2 (Gemisch)	250	Übernahme EU-LCI-Wert
6-33	1,4-Butandiol	110-63-4	2000	Übernahme EU-LCI-Wert
6-34	Tripropylenglykolmonomethylether	20324-33-8 25498-49-1	1200	Übernahme EU-LCI-Wert
6-35*	Triethylenglykoldimethylether	112-49-2	150	Übernahme EU-LCI-Wert
6-36	1,2-Propylenglykol-dimethylether	7778-85-0	25	Read across von 2-Methoxy-1-propanol
6-37*	2,2,4-Trimethylpentandiol-1,3-diisobutyrat	6846-50-0	1300	Übernahme EU-LCI-Wert
6-38	Ethylidiglykol	111-90-0	350	Übernahme EU-LCI-Wert
6-39	Dipropylenglykoldimethylether	63019-84-1 89399-28-0 111109-77-4	1300	Übernahme EU-LCI-Wert

6-40	Propylencarbonat	108-32-7	1000	Einzelstoffbetrachtung
6-41	Hexylenglykol (2-Methyl-2,4-pentandiol)	107-41-5	3500	Übernahme EU-LCI-Wert
6-42	3-Methoxy-1-butanol	2517-43-3	500	Einzelstoffbetrachtung
6-43	1,2-Propylenglykol-n-propylether	1569-01-3 30136-13-1	1400	Einzelstoffbetrachtung
6-44*	1,2-Propylenglykol-n-butylether	5131-66-8 29387-86-8 15821-83-7 63716-40-5	650	Übernahme EU-LCI-Wert
6-45	Diethylenglykol-phenylether	104-68-7	80	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von 2-Phenoxyethanol
6-46	Neopentylglykol (2,2-Dimethylpropan-1,3-diol)	126-30-7	1000	Einzelstoffbetrachtung

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
7	Aldehyde			
7-1	Butanal	123-72-8	650	VVOC Übernahme EU-LCI-Wert
7-2	Pentanal	110-62-3	800	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-3	Hexanal	66-25-1	900	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-4	Heptanal	111-71-7	900	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-5	2-Ethylhexanal	123-05-7	900	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-6	Octanal	124-13-0	900	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-7	Nonanal	124-19-6	900	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-8	Decanal	112-31-2	900	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Butanal
7-9	2-Butenal (Crotonaldehyd, cis-trans-Gemisch)	4170-30-3 123-73-9 15798-64-8	1#	Einzelstoffbetrachtung; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-10	2-Pentenal	1576-87-0 764-39-6 31424-04-1	12	Read across von 2-Butenal, aber keine EU-Mutagenitätseinstufung; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-11	2-Hexenal	16635-54-4 6728-26-3 505-57-7 1335-39-3 73543-95-0	14	Read across von 2-Pentenal; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-12	2-Heptenal	2463-63-0 18829-55-5 29381-66-6 57266-86-1	16	Read across von 2-Pentenal; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-13	2-Octenal	2363-89-5 25447-69-2 20664-46-4 2548-87-0	18	Read across von 2-Pentenal; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-14	2-Nonenal	2463-53-8 30551-15-6	20	Read across von 2-Pentenal; Übernahme des

		18829-56-6 60784-31-8		EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-15	2-Decenal	3913-71-1 2497-25-8 3913-81-3	22	Read across von 2-Pentenal; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-16	2-Undecenal	2463-77-6 53448-07-0	24	Read across von 2-Pentenal; Übernahme des EU-LCI-Werts wird noch diskutiert
7-17	Furfural	98-01-1	10	Übernahme EU-LCI-Wert
7-18	Glutaraldehyd	111-30-8	1#	Übernahme EU-LCI-Wert
7-19	Benzaldehyd	100-52-7	90	WEEL (AIHA): 8.800 µg/m³
7-20*	Acetaldehyd	75-07-0	300	VVOC Einzelstoffbetrachtung
7-21*	Propanal	123-38-6	650	VVOC Übernahme EU-LCI-Wert
7-22	Formaldehyd	50-00-0	100	VVOC Übernahme EU-LCI-Wert
7-23	Propenal	107-02-8	14	VVOC Einzelstoffbetrachtung

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
8	Ketone			
8-1	Ethylmethylketon	78-93-3	20000	Übernahme EU-LCI-Wert
8-2	3-Methyl-2-butanon	563-80-4	7000	Übernahme EU-LCI-Wert
8-3	Methylisobutylketon	108-10-1	1000	Übernahme EU-LCI-Wert
8-4	Cyclopentanon	120-92-3	900	Übernahme EU-LCI-Wert
8-5	Cyclohexanon	108-94-1	410	Übernahme EU-LCI-Wert
8-6	2-Methylcyclopentanon	1120-72-5	1000	Read across von Cyclopentanon
8-7	2-Methylcyclohexanon	583-60-8	2300	Übernahme EU-LCI-Wert
8-8	Acetophenon	98-86-2	490	Übernahme EU-LCI-Wert
8-9	1-Hydroxyaceton (1-Hydroxy-2-propanon)	116-09-6	2100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propylenglykol
8-10*	Aceton	67-64-1	120000	VVOC Übernahme EU-LCI-Wert

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
9	Säuren			
9-1	Essigsäure	64-19-7	1200	Übernahme EU-LCI-Wert
9-2	Propionsäure	79-09-4	1500	Übernahme EU-LCI-Wert
9-3	Isobuttersäure	79-31-2	1800	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propionsäure
9-4	Buttersäure	107-92-6	1800	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propionsäure
9-5	Pivalinsäure	75-98-9	2100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propionsäure
9-6	n-Valeriansäure	109-52-4	2100	Übernahme EU-LCI-Wert

				Read across von Propionsäure
9-7	n-Caprinsäure	142-62-1	2100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propionsäure
9-8	n-Heptansäure	111-14-8	2100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propionsäure
9-9	n-Octansäure	124-07-2	2100	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von Propionsäure
9-10	2-Ethylhexansäure	149-57-5	150	Übernahme EU-LCI-Wert
9-11*	Neodecansäure	26896-20-8	750	Einzelstoffbetrachtung

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
10	Ester und Lactone			
10-	Methylacetat	79-20-9		VVOC
10-2	Ethylacetat	141-78-6		VVOC
10-3	Vinylacetat	108-05-4		VVOC
10-4	Isopropylacetat	108-21-4	4200	Übernahme EU-LCI-Wert
10-5	Propylacetat	109-60-4	4200	Übernahme EU-LCI-Wert
10-6*	2-Methoxy-1-methylethylacetat	108-65-6	650	Übernahme EU-LCI-Wert
10-7	n-Butylformiat	592-84-7	2000	Read across von Methylformiat (AGW: 120.000 µg/m³)
10-8	Methylmethacrylat	80-62-6	750	Übernahme EU-LCI-Wert
10-9	Andere Methacrylate		750	Read across von Methylmethacrylat
10-10	Isobutylacetat	110-19-0	4800	Übernahme EU-LCI-Wert
10-11	1-Butylacetat	123-86-4	4800	Übernahme EU-LCI-Wert
10-12	2-Ethylhexylacetat	103-09-3	350	Übernahme EU-LCI-Wert Read across von 2-Ethyl-1-hexanol
10-13	Methylacrylat	96-33-3	180	Übernahme EU-LCI-Wert
10-14	Ethylacrylat	140-88-5	200	Übernahme EU-LCI-Wert
10-15	n-Butylacrylat	141-32-2	110	Übernahme EU-LCI-Wert
10-16	2-Ethylhexylacrylat	103-11-7	380	Übernahme EU-LCI-Wert
10-17	Andere Acrylate (Acrylsäureester)		110	Übernahme EU-LCI-Wert
10-18	Adipinsäuredimethylester	627-93-0	50	Übernahme EU-LCI-Wert
10-19	Fumarsäuredibutylester	105-75-9	50	Übernahme EU-LCI-Wert
10-20	Bernsteinsäuredimethylester	106-65-0	50	Übernahme EU-LCI-Wert
10-21	Glutarsäuredimethylester	1119-40-0	50	Übernahme EU-LCI-Wert
10-22	Hexandioldiacrylat	13048-33-4	10	Übernahme EU-LCI-Wert

10-23	Maleinsäuredibutylester	105-76-0	50	Übernahme EU-LCI-Wert
10-24	Butyrolacton	96-48-0	2800	Übernahme EU-LCI-Wert
10-25	Glutarsäurediisobutylester	71195-64-7	100	Einzelstoffbetrachtung
10-26	Bernsteinsäurediisobutylester	925-06-4	100	Einzelstoffbetrachtung

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
11	Chlorierte Kohlenwasserstoffe			
	Derzeit nicht belegt			

	Substanz	CAS Nr	NIK [µg/m³]	Bemerkungen
12	Andere			
12-1	1,4-Dioxan	123-91-1	400	Übernahme EU-LCI-Wert
12-2	Caprolactam	105-60-2	300	Übernahme EU-LCI-Wert
12-3	N-Methyl-2-pyrrolidon	872-50-4	1800	Übernahme EU-LCI-Wert
12-4	Octamethylcyclotetrasiloxan (D4)	556-67-2	1200	Übernahme EU-LCI-Wert
12-5	Methenamin, Hexamethylentetramin (Formaldehydabspalter)	100-97-0	30	Übernahme EU-LCI-Wert
12-6	2-Butanonoxim	96-29-7	15	Übernahme EU-LCI-Wert
12-7	Tributylphosphat	126-73-8	300	SVOC Übernahme EU-LCI-Wert
12-8	Triethylphosphat	78-40-0	80	Einzelstoffbetrachtung
12-9	5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on (CIT)	26172-55-4	1 □	Übernahme EU-LCI-Wert
12-10	2-Methyl-4-isothiazolin-3-on (MIT)	2682-20-4	100	Übernahme EU-LCI-Wert
12-11	Triethylamin	121-44-8	60	Übernahme EU-LCI-Wert
12-12	Decamethylcyclopentasiloxan (D5)	541-02-6	1500	Read across von Octamethylcyclotetrasiloxan
12-13	Dodecamethylcyclohexasiloxan (D6)	540-97-6	1200	Read across von Octamethylcyclotetrasiloxan
12-14*	Tetrahydrofuran	109-99-9	500	Übernahme EU-LCI-Wert
12-15	Dimethylformamid	68-12-2	15	AGW: 15.000 µg/m³
12-16	Tetradecamethylcycloheptasiloxan (D7)	107-50-6	1200	Read across von Octamethylcyclotetrasiloxan
12-17	N-Ethyl-2-pyrrolidon	2687-91-4	400	Übernahme EU-LCI-Wert
12-18	N-Butyl-2-pyrrolidon	3470-98-2	500	Einzelstoffbewertung

* Neuaufnahme / Änderungen 2020

Erst ab einer gemessenen Emission von 5 µg/m³ findet eine Bewertung im Rahmen des NIK-Werte-Konzepts statt.

VVOC leicht flüchtige organische Verbindungen (englisch, very volatile organic compounds)

SVOC schwerflüchtige organische Verbindungen (englisch, semi volatile organic compounds)

1) Um die Kompatibilität zur Auswertungssoftware ADAM zu wahren, können vormals belegte laufende Nummern der NIK-Liste bei Wegfall oder Umsortierung von Stoffen oder Stoffgruppen nicht mehr neu belegt werden.

DGNB System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau

VERSION 2018

Auszugsweise zitiert S. 365, 373, 374, 386-389

Das Kriterium Innenraumluftqualität stellt ein Ausschlusskriterium im DGNB Zertifizierungssystem dar (dies gilt nicht für Nutzungsprofile Neubau Handel und Neubau Industrie). Ein Gebäude, das die Mindestanforderungen an die Innenraumluftqualität im Indikator 1 nicht erfüllt, ist von der Zertifizierung ausgeschlossen.

Die Gewährleistung einer Luftqualität im Innenraum, die den Nutzer nicht beeinträchtigt, wird über die Raumluftkonzentration flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) (Indikator 1) und über die Lüftungsrate (Indikator 2) bewertet. Eine Verbesserung der Innenraumhygiene durch innovative Lösungen kann über einen Innovationsraum anerkannt werden.

Als Voraussetzung für die Bewertung dieses Kriteriums müssen im Indikator 1 die Mindestanforderungen an die Innenraumluftqualität erfüllt werden, d. h. mindestens 10 Punkte mit Raumluftmessung ≤ 4 Wochen oder 5 Punkte mit Raumluftmessung > 4 Wochen nach der Fertigstellung der beprobten Räume zu erreichen, ansonsten fließt das Kriterium mit 0 Punkten in die Gesamtbewertung ein. Zur Bewertung der Raumluftkonzentration ist der schlechteste Messwert ausschlaggebend. Zwischenabstufungen sind nicht möglich.

Im Kriterium können 100 Punkte erreicht werden, inkl. Bonus können maximal 105 Punkte anerkannt werden.

IV. Nutzungsspezifische Beschreibung

Indikator 1: Innenraumhygiene – flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Büro Bildung Wohnen Hotel Versammlungsstätten Gesundheitsbauten

Spätestens 4 Wochen nach Fertigstellung der zu beprobenden Räume wird in einer stichprobenartig ausgewählten Anzahl von Räumen (siehe Tabelle der repräsentativen Ausstattungstypen) die Raumluft chemisch-analytisch bestimmt. Mit Fertigstellung ist der Zeitpunkt definiert, ab dem alle Gewerke inklusive haustechnischer Installationen, Malerarbeiten und Inbetriebnahme von Sanitär- und Lüftungsanlagen, die einen Einfluss auf die Raumluftqualität haben können, beendet und abgenommen sind. Im Gebäude fest verbaute Möblierungen (z. B. Einbauschränke), sind bei der Raumluftmessung zu berücksichtigen, Möblierung des Nutzers (Bestuhlung, Computer, Tisch etc.) nicht. Zusätzlich zur Summe TVOC sind die in Anlage 2 aufgeführten Stoffe einzeln zu quantifizieren und die Konzentration von Formaldehyd in der Raumluft zu bestimmen. Die Bestimmung der TVOC-Konzentration und des Formaldehydgehaltes in der Raumluft erfolgt auf Basis der einschlägigen Normen. Die Ermittlung des TVOC-Wertes folgt den Vorgaben der DIN ISO 16000-6. Die Ermittlung der Formaldehyd-Konzentration folgt den

Vorgaben der DIN ISO 16000-3. Die Lüftung der ausgewählten Räume erfolgt nach Vorgabe der DIN EN ISO 16000-5. Dabei wird zwischen natürlich und maschinell belüfteten Räumen unterschieden.

Bezüglich der Lüftung müssen folgende Konditionen zugrunde gelegt werden:

- Bei natürlich belüfteten Räumen (Fensterlüftung) sind nach vorangegangener intensiver 15-minütiger Lüftung Türen und Fenster des Raumes vor der Messung mindestens 8 h (am besten über Nacht) geschlossen zu halten. Die Messung ist anschließend bei weiter geschlossenem Raum durchzuführen.
- In Räumen mit einer raumlufttechnischen Anlage (mechanische Lüftung) muss die Anlage entsprechend den üblichen Betriebsbedingungen betrieben werden. Die Anlage muss mindestens 3 h vor der Messung in Betrieb genommen worden sein. Für Räume mit Lüftungsanweisungen (z. B. in Schulen, Kindergärten), in denen die Fenster in festgelegten Intervallen geöffnet werden, ist vor der Messung ein vollständiger und typischer Nutzungszyklus abzuwarten.
- Der Betrieb der raumlufttechnischen Anlage bzw. die Lüftungsbedingungen vor der Messung sind vom Raumnutzer in Form eines Lüftungsprotokolls zu dokumentieren. Als Vorlage für ein Lüftungsprotokoll kann z. B. DIN EN ISO 16000-1, Anhang D, Abschnitte D und E dienen.

Die Lüftung ist mit einem akkreditierten Labor abzustimmen, das Protokoll der Lüftung ist als Nachweisdokument vorzulegen.

Messungen, die später durchgeführt werden, können auf Grund des unterschiedlichen Abklingverhaltens von Baustoffen nicht direkt verglichen werden. Sofern die Ergebnisse späterer Messungen die hygienisch erwünschten Werte unterschreiten, können sie ebenfalls anerkannt werden. Die Bewertung erfolgt dann gemäß Tabelle 3 (Bewertung von nicht vergleichbaren VOC-Messungen).

TABELLE 1 TABELLE DER REPRÄSENTATIVEN AUSSTATTUNGSTYPEN

Räume im Gebäude	Ausstattungstyp	Anzahl zu beprobender Räume
≤ 100	im wesentlichen gleicher Ausstattungstyp mit dem flächenmäßig größten Anteil im Gebäude	2
≤ 100	weitere Ausstattungstypen, die mind. 10 % der NUF (R)* ausmachen *(Bei Großraumbüros ist die zugehörige VF mit zu berücksichtigen)	1 pro Typ
>100	im wesentlichen gleicher Ausstattungstyp mit dem flächenmäßig größten Anteil im Gebäude	3
>100	weitere Ausstattungstypen, die mind. 10 % der NUF (R)* ausmachen	2 pro Typ

	*(Bei Großraumbüros ist die zugehörige VF mit zu berücksichtigen)	
--	---	--

Ein wesentlich gleicher Ausstattungstyp weist bei den Bodenbelägen, den Wand- und Deckenoberflächen sowie bei

den festen Einbauten keine wesentlichen Unterschiede bezüglich der eingesetzten Materialien und deren Emissionsverhalten auf. Unterschiede im Farbton, Muster, in der Formgebung oder beim Hersteller sind nicht relevant.

So können z. B. zwei mit emissionsarmen Klebern geklebte, mit GUT zertifizierte (d. h. emissionskontrolliert) textile Beläge, unterschiedlicher Hersteller und Zusammensetzung als ein im Wesentlichen gleicher Ausstattungstyp gelten.

Dabei ist zu beachten, dass TVOC- und Formaldehydemissionen von Baumaterialien wie z. B. Bodenbelägen unterschiedlich schnell abklingen. Nicht alle Teppichböden werden bis zum Erreichen des durch Label (z. B. GUT, RAL-UZ) garantierten TVOC-Endwerts von 300 oder 100 µg/m³ getestet. AgBB-geprüfte Teppichböden dürfen formal nach 28 Tagen noch eine Prüfkammerkonzentration bis ≤1,0 mg/m³ TVOC zeigen. Es ist daher empfehlenswert, notwendige Abklingzeiten zu berücksichtigen.

Ein Gebäude, in dem eine Überschreitung einer TVOC-Konzentration von 3.000 µg/m³ oder eines Formaldehydgehaltes von 100 µg/m³ oder eines Richtwertes II der Ad-hoc AG IRK/AOLG in der jeweils aktuell gültigen Form vorliegt, kann nicht zertifiziert werden.

Eine dauerhafte Überschreitung einer, der unter Richtwert I genannten Substanzen, kann nicht akzeptiert werden.

Deshalb ist für die Überschreitung des Richtwert I eine Stellungnahme, die einen Hinweis auf die Quelle des Stoffeintrages oder eine Aussage zum Abklingverhalten macht, gefordert.

Für die Bewertung von VOC ohne Ad-hoc-Richtwert sind die im Rahmen eines Forschungsauftrages des Umweltbundesamtes ermittelten VOC-Neubauorientierungswerte, siehe Anlage 2, heranzuziehen¹. Für Stoffe, für die von der Ad-hoc-AG vorläufige Geruchsleitwerte abgeleitet wurden, wird der jeweilige Geruchsleitwert II ausgewiesen.

Für Werte in dieser Größenordnung ist mit Geruchsbelastungen zu rechnen.

Messwerte, die oberhalb dieser Vergleichswerte liegen, weisen darauf hin, dass das untersuchte Gebäude eine statistisch signifikant über dem Hintergrundniveau liegende VOC-Raumluftbelastung aufweist.

Treten für einzelne VOC (gemeint sind hier der NOW- oder RWI- Wert gemäß Anlage 2) deutlich höhere Konzentrationen auf, als dies „normal“ zu erwarten wäre, führt dies nicht zu einer Ablehnung des Gebäudes, sondern es muss neben dem Prüfbericht eine ergänzende gutachtliche Stellungnahme, die einen Hinweis auf die Quelle des Stoffeintrages oder eine Aussage zum Abklingverhalten macht, vorgelegt werden. Bei Fehlen solcher Angaben wird die Messung nicht anerkannt.

Die Empfehlung des Gutachters (wie z. B. Lüftungsempfehlungen oder Nachmessung) bei Überschreitung von Einzelstoffen oder Grenzwerten bei TVOC und Formaldehyd muss dem Antragsteller / Bauherrn zur frühzeitigen

Maßnahmenergreifung zur Verfügung gestellt werden.“

Um das Nachweisverfahren zu erleichtern wird eine Vorlage zur Nachweisführung erstellt (siehe Anlage 1).

1 Das Forschungsvorhaben ist unter dem Titel UFOPLAN Vorhaben FKZ 3709 62 211: „Zielkonflikt energieeffiziente Bauweise und gute Raumluftqualität - Datenerhebung für

flüchtige organische Verbindungen in der Raumluf von Wohn- und Bürogebäuden“ von der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute AGÖF erarbeitet worden. Die Ableitung der Neubauorientierungswerte erfolgte im Auftrag der DGNB durch die AGÖF in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt. Eine eigenständige Publikation über die Veröffentlichung durch die DGNB hinaus erfolgte nicht. Die erste Veröffentlichung der aktuellen Neubauorientierungswerte erfolgte im Rahmen der Systemüberarbeitung 2015. Sie lösten die 2009 veröffentlichten Neubauorientierungswerte ab.

Die Frage der Aussagequalität der NOW-Werte ergibt sich aus deren Definition.

Orientierungs- oder Referenzwerte sind statistisch abgeleitet und geben keinen Aufschluss über eine Gesundheitsgefährdung. Dies folgt den Vorgaben der Beurteilung von Innenraumlufkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Handreichung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden, veröffentlicht in Bundesgesundheitsblatt - 2007 · 50:990–1005.

Spätestens 4 Wochen nach Fertigstellung der zu beprobenden Räume wird in einer stichprobenartig ausgewählten Anzahl von Räumen die Raumluf chemisch-analytisch bestimmt. Zusätzlich zur Summe TVOC sind die in Anlage 2 aufgeführten Stoffe einzeln zu quantifizieren und die Konzentration von Formaldehyd in der Raumluf zu bestimmen.

Die Raumauswahl hat so zu erfolgen, dass die wesentlichen Unterschiede bei den Innenoberflächen erfasst sind. Bei kleinteiliger Trennung der Räume sind mindestens zwei Messungen in unterschiedlichen Räumen durchzuführen.

Bei einer großen Halle ist durch eine oder mehrere Messungen und einem darauf abgestimmten Lüftungsregime eine möglichst große Nähe zur tatsächlichen Belastung zu erreichen. Die Messung ist mit einem akkreditierten Labor abzustimmen und das Protokoll der Messung als Nachweisdokument vorzulegen.

Die Bestimmung der TVOC-Konzentration und des Formaldehydgehaltes in der Raumluf erfolgt auf Basis der einschlägigen Normen (DIN EN ISO 16000-5, DIN ISO 16000-6, DIN ISO 16000-3). Die Ermittlung des TVOC-Wertes folgt den Vorgaben der DIN ISO 16000-6 Anhang A.

Die vergleichende Bewertung erfolgt auf der Basis von Messungen, die innerhalb von 4 Wochen nach Fertigstellung durchgeführt werden.

Ein Gebäude, in dem eine Überschreitung einer TVOC-Konzentration von $3.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder eines Formaldehydgehaltes von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder eines Richtwertes II der Ad-hoc AG IRK/AOLG in der jeweils aktuell gültigen Form vorliegt, kann nicht zertifiziert werden.

Die höchste Punktzahl erhält ein Gebäude, bei dem der TVOC Wert $< 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und der Formaldehydwert $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist. Der Teilzielwert ist erreicht, wenn der TVOC Wert $< 1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und der Formaldehydwert $< 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist.

Für die Bewertung von VOC ohne Ad-hoc-Richtwert sind die im Rahmen eines Forschungsauftrages des Umweltbundesamtes ermittelten VOC-Neubauorientierungswerte, siehe Anlage 1, heranzuziehen. Messwerte, die mehr als 50 % oberhalb dieser Vergleichswerte liegen, weisen darauf hin, dass das untersuchte Gebäude eine statistisch signifikant über dem Hintergrundniveau liegende VOC-Raumlufbelastung aufweist.

Treten für einzelne VOC deutlich höhere Konzentrationen auf, als dies „normal“ zu erwarten wäre, führt dies nicht zu einer Ablehnung des Gebäudes, sondern es muss im Prüfbericht ein Hinweis auf die Quelle des Stoffeintrages oder eine Aussage zum Abklingverhalten gegeben werden. Bei Fehlen solcher Angaben wird die Messung nicht anerkannt.

Anlage 2***Neubau-Orientierungswerte (NOW) für die Bewertung von Einzelsubstanzen im Rahmen von VOC-Messungen**

CAS-Nr.:	Stoffname	Richtwert 1 [µg/m³]	Richtwert 2 [µg/m³]	NOW [µg/m³]
57-55-6	1,2-Propylenglykol			95
107-98-2	1,2-Propylenglykolmonomethylether, 1-Methoxy-2-prpanol	1.000	10.000	
1569-02-4	2-Propylenglykol-1-ethylether	300	3.000	
57018-52-7	2-Propylenglykol-1-tertbutylether	300	3.000	
	Default-Wert: Glykoether mit unzureichender Datenlage	0,005ml/m³ (v) (=0,05ppm)	0,05 ml/m³ (v) (=0,005 ppm)	
71-36-3	1-Butanol	700	2.000	
872-50-4	1-Methyl-2-pyrrolidon	100	1.000	
96-29-7	Butanonoxim	20	60	
104-76-7	2-Ethylgexanol	100	1.000	
-112-25-4	2-Hexoxyethanol	100	1.000	
57018-52-7	2-Propylenglykol-1-tertbutylether (2PG1tBE)	300	3.000	
75-07-0	Acetaldehyd	100	1.000	
Gruppe	Aldehyde c4-c11 (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	100	1.000	
Gruppe	Alkylbenzole, C9-C15	100	1.000	
80-56-8	Alpha-Pinen (bicyclisch Terpen)			200
100-52-7	Benzaldehyd	20	200	
100-51-6	Benzylalkohol	400	4.000	
123-72-8	Butanal			70
Gruppe	C9-C14-Alkane /Isoalkane (aromatenarm)	200	2.000	
75-09-2	Dichlormethan	200	2.000	
111-96-6	Diethylenglykoldimethylether	30	300	
111-77-3	Diethylenglykolmethylether	2.000	6.000	
112-34-5	Diethylenglykolmonobutyl ether,	400	1.000	
111-90-0	Diethylenglykolmonoethylether, Ethylidglykol	700	2.000	
84-66-2	Diethylphthalat			5
34590-94-8	Dipropylenglykolmonomethylether	2.000	7.000	
105-60-2	Epsilon-Caprolactam			5
64-19-7	Essigsäure			116

141-78-6	Ethylacetat	600	6.000	
100-41-4	Ethylbenzol	200	2.000	
111-76-2	Ethylenglykolmonobutylether	100	1.000	
112-25-4	Ethylenglykolhexylether	100	1.000	
112-07-2	Ethylenglykolmonobutyletheracetat	200	2.000	
110-80-5	Ethylenglykolmonoethylether, 2-Methoxyethanol	100	1.000	
111-15-9	Ethylenglykolmonoethyletheracetat	200	2.000	
109-86-4	Ethylenglykolmonomethylether, 2-Methoxyethanol	20	200	
122-99-6	Ethylenglykolmonophenyl-Ether (EGMP, 2-Phenoxyethanol)	30	300	
98-01-1	Furfural	10	100	
Gruppe	Kresole	5	50	
138-86-3	Limonen			1.000
78-93-3	Methylethylketon, Ethylmethylketon			290
108-10-1	Methylisobutylketon	100	1.000	
Gruppe	Monozyklische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen)	1.000	10.000	
Gruppe	Naphthalin und Naphthalinähnliche Verbindungen	10	30	
123-86-4	n-Butylacetat			60
124-19-6	Nonanl			10
124-07-2	Octansäure			20
108-95-2	Phenol	20	200	
1569-02-4	Propylenglykolmonoethylether	300	3.000	
100-42-5	Styrol	30	300	
Gruppe	Terpene, bicyclisch (Leitsubstanz β -Pinen	200	2.000	
127-18-4	Tetrachlorethen			5
108-88-3	Toluol	300	3.000	
Gruppe	Zyklische Dimethylsiloxane D3-D6 Summenrichtwert	400	4.000	
94-47-6; 108-38-3; 106-42-3; 1330-20-7	Xylole Summe	100	800	
75-29-6	2-Chlorpropan	800	8.000	

VDI 6022 Blatt 3

Ziel der Richtlinie ist es, verantwortlichen Personen (z.B. Fachplaner, Architekten, Bauherren Sachverständige, Betreiber, Nutzer und ihren Interessenvertretern) Hinweise zu geben, wie nach Minimierung der Raumlasten und unter Zuhilfenahme der Raumluftechnik eine gesundheitlich zuträgliche Atemluftqualität in Räumen erreicht und nachgewiesen werden kann. Dies ist seit Jahrzehnten eine Forderung der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und der Arbeitsstättenrichtlinie (ASR).

In der vorliegenden Richtlinie werden Maßstäbe für vier verschiedene Raumlufqualitäten/Raumlufkategorien definiert sowie Anwendungsbeispiele für diese und andere Luftarten genannt. Es wird die grundsätzliche Vorgehensweise beschrieben, um die vorhandene Raumlufqualität messtechnisch zu erfassen und in verschiedenen Anwendungsfällen zu überprüfen.

Beurteilungsstufe 1

Es wird empfohlen, die Werte der Beurteilungsstufe 1(Tabelle 8) bei der Gebäudeerrichtung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vertraglich zu vereinbaren und die Einhaltung sowohl 30 Tage bis 100 Tage nach Beginn der Nutzung als auch entsprechend nach Nutzungsänderungen zu prüfen. Der Raum muss dabei – im Gegensatz zur Abnahme nach EN 12599 – wie im Raumbuch beschrieben genutzt werden. Bei Abweichungen von den Beurteilungswerten sind Maßnahmen zu treffen. Auf Angaben zur zulässigen Überschreitungshäufigkeit von Messwerten wird in dieser Richtlinie verzichtet, um einen zeitnahen Nachweis der Einhaltung der Beurteilungswerte zu ermöglichen.

In der Beurteilungsstufe 1 sind wichtige Kriterien der Raumlufqualität, wie Feinstaub und Radon, nicht enthalten, da deren Messung für unbegründete Untersuchung im Standardfall als zu aufwendig einzuschätzen ist; siehe dazu Beurteilungsstufe 2.

Beurteilungsstufe 2

Auch bei Einhaltung der Beurteilungswerte nach Tabelle 8 kann es zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen. Ursache dafür kann das Auftreten der in Tabelle 9, Tabelle 10.1 und Tabelle 10.2 genannten Stoffe, in höheren Konzentrationen als den genannten Beurteilungswerten, sein. Bei Überschreitung der genannten Werte ist deshalb ihre Ursache zu ermitteln, die Ursache zu beseitigen oder die Last entsprechend zu reduzieren, gegebenenfalls ist Raumluftechnik erforderlich oder muss vorhandene Raumluftechnik angepasst werden. Nach durchgeführten Maßnahmen ist eine erneute Prüfung in der Beurteilungskategorie durchzuführen.

Es wird empfohlen, die Einhaltung von in Tabelle 9, Tabelle 10.1 und Tabelle 10.2 genannten Werten zu prüfen, wenn ein konkreter Verdacht besteht, Beschwerden der Nutzer vorliegen oder wenn der Auftragnehmer eine entsprechende Verbesserung des Beurteilungswerts zugesagt hat.

Beurteilungsstufe 3

Werte, die in Tabelle 10.1 und Tabelle 10.2 aufgeführt sind, sind zu ermitteln, sofern eine signifikante Beschwerdeprävalenz und die benannten Verdachtsmomente vorliegen oder infrage kommen. Dabei ist der Verdacht im Wesentlichen darauf zu begründen, dass potenzielle Stofflasten die Befindlichkeit oder Gesundheit der Nutzer nachhaltig beeinträchtigen können.

Der Nachweis der Einhaltung der Beurteilungswerte der Beurteilungsstufe 3 ist zu fordern, wenn der Auftragnehmer diese vertraglich zugesichert hat.

Die olfaktorische Messung ist nicht Gegenstand der Messungen zu Beurteilungsstufe 1 bis Beurteilungsstufe 3 dieser Richtlinie, da auch durch einen hohen Prozentsatz zufriedener Nutzer noch keine Aussage über eine gesundheitliche Zuträglichkeit der Atemluft (Hygienequalität) getroffen werden kann. Dies ist damit zu begründen, dass die menschliche Nase für mehrere gesundheitsschädliche Substanzen unempfindlich ist.

Tabelle 1. Raumluftheiten und empfohlene Anwendungsbereiche

Bezeichnung	Raumluftheiten	Empfohlen für	Typische Anwendung
RAL 1	Hoch	Räume, die von Personen mit erhöhtem Gesundheitsrisiko genutzt werden	Intensiv- und Pflegeräume mit besonderen Anforderungen
RAL 2	Mittel / normal	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Personen	- Räume in Seniorenhäusern oder Kindergärten - Räume in neu errichteten Gebäuden oder renovierte Räume mit Einfluss der Renovierung auf die Raumluftheiten bzw. Raumluftheiten - Räume mit besonderer Eignung für Allergiker
RAL 3	Mäßig / moderat	Räume für dauerhaften Aufenthalt von Personen	Räume mit Raumluftheiten im Bestand; keine Veränderung im Raum, die eine Luftqualitätsänderung zur Folge haben kann
RAL 4	niedrig	Räume für zeitlich begrenzten Aufenthalt	- Treppenträume - Flure - Lagerräume - Nebenräume

Bei den folgenden Beurteilungswerten ist zu unterscheiden zwischen den Beurteilungswerten, die grundsätzlich zu prüfen sind (Beurteilungsstufe 1), und denen, die nur in begründeten Fällen zusätzlich untersucht werden (Beurteilungsstufe 2 und Beurteilungsstufe 3). Für die Beurteilung der Werte in der Stufe 1 ist für den Raumluftheiten keine Zusatzqualifikation erforderlich. Für die Beurteilung der Werte in der Stufe 2 ist für den Raumluftheiten eine Zusatzqualifizierung der Kategorie RLQ nach VDI 6022 Blatt 4 erforderlich. Für die Beurteilung der Werte in der Stufe 3 sind ausschließlich einschlägige Sachverständige oder akkreditierte Umweltlabore qualifiziert.

Es wird empfohlen, die Einhaltung von in Tabelle 9, Tabelle 10.1 und Tabelle 10.2 genannten Werten zu prüfen, wenn ein konkreter Verdacht besteht, Beschwerden der Nutzer vorliegen oder wenn der Auftragnehmer eine entsprechende Verbesserung des Beurteilungswerts zugesagt hat.

Beispiele

- Ein konkreter Verdacht für Untersuchungen über die Beurteilungsstufe 1 hinaus ergibt sich, wenn mehrere Nutzer über Unwohlsein oder eine andere Beeinflussung durch schlechte Luftqualität klagen oder gar im Einzelfall gesundheitliche Schädigungen vorliegen.

Werte, die in Tabelle 10.1 und Tabelle 10.2 aufgeführt sind, sind zu ermitteln, sofern eine signifikante Beschwerdeprävalenz und die benannten Verdachtsmomente vorliegen oder infrage kommen. Dabei ist der Verdacht im Wesentlichen darauf zu begründen, dass potenzielle Stofflasten die Befindlichkeit oder Gesundheit der Nutzer nachhaltig beeinträchtigen können.

Die olfaktorische Messung ist nicht Gegenstand der Messungen zu Beurteilungsstufe 1 bis Beurteilungsstufe 3 dieser Richtlinie, da auch durch einen hohen Prozentsatz zufriedener Nutzer noch keine Aussage über eine gesundheitliche Zuträglichkeit der Atemluft (Hygienequalität) getroffen werden kann. Dies ist damit zu begründen, dass die menschliche Nase für mehrere gesundheitsschädliche Substanzen unempfindlich ist.

Tabelle 8 Beurteilungswerte Stufe 1

Parameter	Kommentare	Beurteilungswert nach VDI 6022 Blatt 3
Kohlendioxid (CO ₂)		RAL 1: ≤ 1000 ppm RAL 2: ≤ 1500 ppm RAL 3: ≤ 2000 ppm RAL 4: > 2000 ppm
Luftfeuchte (bei 20°C)	Die Einhaltung der Luftfeuchte ist in der Praxis stark vom Nutzerverhalten abhängig. Zu geringe Luftwechsel können zu hohen Luftfeuchten führen, niedrige Außentemperaturen im Winter bringen geringe Luftfeuchten mit sich.	RAL 1: (30...65) % r.F. RAL 2: (30...65) % r.F. RAL 3: (30...65) % r.F. RAL 4: keine Forderung
Lufttemperatur	Aus Gründen der Hygiene ist die Taupunkttemperatur als Mindestmaß einzuhalten.	für RAL 1 bis RAL 4: Taupunkttemperatur (mind. 2 °C) im Übrigen nach thermischer Behaglichkeit, z.B. nach EN 15251

Tabelle 9. Beurteilungswerte Stufe 2

Parameter	Kommentare	Beurteilungswert nach
Feinstaub (PM _{2,5})		RAL 1: ≤ 25 µg/m ³ RAL 2: ≤ 50 µg/m ³ RAL 3: ≤ 75 µg/m ³ RAL 4: ≤ 100 µg/m ³
Kohlenmonoxid		Halbstundenwerte: RAL 1: ≤ 1,5 mg/m ³ (1 ppm) RAL 2: ≤ 1,5 mg/m ³ (1 ppm) RAL 3: ≤ 3 mg/m ³ (2 ppm) RAL 4: ≤ 6 mg/m ³ (4 ppm)
Radon	Laut BMU ist ab dem Bereich von (100...200) Ba/m ³ eine statistisch signifikante Erhöhung der Lungenkrebsrate gegeben.	RAL 1: ≤ 100 Ba/m ³ RAL 2: ≤ 200 Ba/m ³ RAL 3: ≤ 300 Ba/m ³ RAL 4: ≤ 300 Ba/m ³
TVOC	TVOC dient als erster Orientierungswert anstelle der Einzelstoffermittlung.	RAL 1: ≤ 0,3 mg/m ³ RAL 2: ≤ 0,3 mg/m ³ RAL 3: ≤ 1 mg/m ³ RAL 4: ≤ 3 mg/m ³

Tabelle 10.1 Beurteilungswerte Stufe 3 für chemische Verbindungen in der Raumluft

Parameter	Verdachtsmoment	Beurteilungswert nach VDI 6022 Blatt 3
Aldehyde (Gesättigt, azyklisch; C4–C11)	z.B. Farben, Lacke	≤ 0,1 mg/m ³
Aliphaten (C9–C14)	z.B. Farben, Kleber, Lacke, Reinigungsmittel	≤ 0,2 mg/m ³
Benzaldehyd	Farben, Lacke, Lösungsmittel	≤ 0,02 mg/m ³
Benzylalkohol	Epoxyharze, Farbe, Lacke, Lösungsmittel	≤ 0,4 mg/m ³
Dichlormethan	z.B. Farben, Kleber, Lacke, Reinigungsmittel	≤ 0,2 mg/m ³
Formaldehyd	Holzwerkstoffe, Spanplatten, Holzmöbel	≤ 0,1 mg/m ³ (0,08 ppm)
Monoterpene (monozyklische)	Farben, Lacke, Reinigungsmittel	≤ 1 mg/m ³
Naphthalin	Insektizideinsatz (Mottenpulver), Teeröle	≤ 0,002 mg/m ³
Ozon	Ein konkreter Verdacht bezüglich des Vorkommens von Ozon in Räumen ergibt sich z.B. beim Einsatz von Luftbehandlungstechniken, die mit Ozon arbeiten	RAL 1: < 0,06 mg/m ³ RAL 2: < 0,06 mg/m ³ RAL 3: < 0,06 mg/m ³ RAL 4: < 0,12 mg/m ³
Schwefeldioxid	Verbrennungsprozesse	≤ 0,02 mg/m ³
Siloxane (zyklische; D3–D6)	Farben, Lacke, Reinigungsmittel	≤ 0,4 mg/m ³
Stickstoffdioxid	Verbrennungsprozesse, Ionisierung	≤ 0,35 mg/m ³ Halbstundenwert

Styrol	z.B. Farben, Kleber, Lacke, Reinigungsmittel	$\leq 0,03 \text{ mg/m}^3$
Summe bizyklischer Terpene (α / β -Pinen, 3-Caren)	Vollholzmateriale (vor allem Nadelhölzer), Holzbearbeitung mit terpenhaltigen Produkten (Wache, Öle), Duftstoffe, Parfums	$\leq 0,2 \text{ mg/m}^3$
Toluol	z.B. Farben, Kleber, Lacke, Reinigungsmittel	$\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$
Tris(2-chlor-ethyl)phosphat	Weichmacher Flammenschutzmittel	$\leq 0,005 \text{ mg/m}^3$

Nachfolgend werden ausgewählte Leitwerte genannt, die mit einer Sensibilisierung verbunden sein können (lowest observed adverse effect level (LOAEL)) [9]:

- Naturgummi-Latex: 0,6 ng/m³
- Hund (Can f 1): 10 µg/g Staub
- Katze (Fel d 1): 8 µg/g Staub
- Hausstaubmilbe (Der p 1): 2 µg/g Staub
- Hausstaubmilbe (Der f 1): 2 µg/g Staub
- Küchenschabe (Blat g 2): 80 ng/g Staub

Die Messung von Allergenen im Raum kann zur Abschätzung des Risikopotenzials der inhalativen Allergene in der Raumluft, aber auch im Hausstaub erfolgen.

In der aktuellen MAK- und BAT-Werte-Liste der DFG sind sensibilisierende Arbeitsstoffe aufgeführt, deren Vorhandensein entsprechende Risiken bergen.

Tabelle 10.2 Beurteilungswerte der Stufe 3 für Schimmelpilzsporen und negativ geladene Ionen

Parameter	Verdachtsmoment	Beurteilungswert nach VDI 6022 Blatt 3
<i>Aspergillus</i> sp.	Taupunkttemperatur-Unterschreitung, hohe Feuchtelasten, Wärmebrücken	$\leq \text{AUL} + 50 \text{ KBE/m}^3$
<i>Cladosporium</i> sp.	Taupunkttemperatur-Unterschreitung, hohe Feuchtelasten, Wärmebrücken	$\leq \text{AUL} + 200 \text{ KBE/m}^3$
Negativ geladene Ionen	viel Kunststoffe, gegebenenfalls Feinstaub im Raum In der Regel ist eine Ionisierung der Raumluft nicht erforderlich.	Orientierungswerte: RAL 1: $\leq 3000 \text{ Io/cm}^3$ RAL 2: $\leq 1500 \text{ Io/cm}^3$ RAL 3: $\leq 500 \text{ Io/cm}^3$ RAL 4: keine Forderung
<i>Penicillium</i> sp.	Taupunkttemperatur-Unterschreitung, hohe Feuchtelasten, Wärmebrücken	$\leq \text{AUL} + 50 \text{ KBE/m}^3$
Schimmelpilze, gesamt	Taupunkttemperatur-Unterschreitung, hohe Feuchtelasten, Wärmebrücken	$\leq \text{AUL} + 200 \text{ KBE/m}^3$

„Mikrobiologisch erzeugte flüchtige organische Verbindungen (MVOC)

Auszugsweise zitiert aus folgender Quelle:

<https://www.agoef.de/schadstoffe/chemische-schadstoffe/voc-svoc-mvoc.html>

letzter Aufruf 21.10.2022“

„Bei der Analyse von MVOC mittels Thermodesorption erfolgt die Probenahme auf Sammelröhrchen, die mit dem Adsorptionsmittel TENAX gefüllt sind. Diese Röhrchen können in speziellen Transportbehältern zusammen mit einer detaillierten Probenahmeanleitung von ALAB bezogen werden. Die Röhrchen werden mit mindestens 2 Litern Luft bei einem Volumenstrom von ca. 100 ml/min beladen. Die Analyse erfolgt nach thermischer Desorption gaschromatographisch mit massenselektivem Detektor. Da sich die Bestimmungsgrenzen meistens nach dem Vorhandensein anderer störender VOC in der Raumluft richten, die sich mit den nachzuweisenden MVOC überlagern, liegt die Nachweisgrenze in der Regel ebenfalls bei 30 bis 100 ng/m³ pro Substanz. Die Vorteile gegenüber der Lösemitteldesorption besteht in kürzeren Probenahmezeiten und einer umfangreicheren Untersuchungspalette. Beispielsweise lässt sich Dimethylsulfid nur mit Thermodesorption nachweisen, da es unter dem Lösemittelpeak liegt.

Mikroorganismen wie Schimmelsporen und Bakterien finden sich in Innenräumen auf jeder Oberfläche. Für ihr Wachstum und die Vermehrung benötigen sie Nährstoffe und Feuchtigkeit. Nährstoffe sind in den meisten Materialien, die zum Bau, zur Dekoration und zur Einrichtung von Wohnungen und Häusern verwendet werden, reichlich vorhanden. Von Schimmelpilzen und Bakterien verwertbare Nährstoffe sind überwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut, zudem enthalten sie oft Sauerstoff und Stickstoff. Tapeten, Holz, Spanplatten, Papier, Gipskartonplatten, Kork, Dichtungsmassen, Textilien und manche Kunststoffe enthalten Nährstoffe, die von vielen Schimmelpilzen zum Wachstum und zur Vermehrung genutzt werden können. Kommt noch genügend Feuchtigkeit hinzu, ist das Schimmelwachstum vorprogrammiert.

Auch Materialien, die eigentlich nicht als Nahrungsgrundlage geeignet sind, können verschimmeln. So bildet sich selbst auf Glasscheiben manchmal Schimmel; ein Feuchtigkeitsfilm, angereichert mit Nährstoffen, die aus anderen Materialien verdampfen und sich auf der Glasoberfläche niederschlagen, ermöglicht das Wachstum. Eigentlich unverdauliche Gegenstände aus PVC können verschimmeln: PVC-Duschvorhänge beispielsweise enthalten große Mengen an Weichmachern, die wiederum hervorragende Nährböden für Schimmelpilze darstellen. Die nötige Feuchtigkeit ist bei Duschvorhängen fast immer vorhanden.

Nicht sichtbare Schimmelschäden können zum Beispiel an Außenwänden hinter Schränken, hinter diffusionsdichten Tapeten oder unter Bodenbelägen auftreten. Typische Ursachen nicht sichtbarer mikrobieller Belastungen sind auch raumluftechnische Anlagen. Gerade ältere Klimaanlage werden häufig nicht ausreichend gewartet. Luftfilter, die jahrelang nicht gewechselt wurden, können von Schimmel regelrecht durchwachsen sein, die Luftkanäle können durch Kondenswasser zu einer Brutstätte für Keime aller Art werden. Auch die Wassertanks der Luftbefeuchter in manchen Klimaanlage können bei unzureichender Reinigung eine Quelle für Schimmelpilze oder Bakterien werden. Eine mikrobielle Belastung ganz anderer Art lässt sich häufig schon am Geruch erkennen: in Abwasserleitungen lebende Fäulnisbakterien bilden leichtflüchtige Schwefelverbindungen wie Dimethylsulfid und Dimethyldisulfid. Deren extrem starker Geruch nach faulen Eiern und Fäkalien ist ein Indikator für Undichtigkeiten oder fehlende Verschlussstopfen an Abwasserleitungen oder ausgetrocknete Geruchsverschlüsse von Abflüssen.

Der Nachweis eines Schimmelbefalls wird heute noch häufig anhand der in der Luft messbaren vermehrungsfähigen Zellen geführt. Die mit einem Luftkeimsammler gesammelten Mikroorganismen werden auf speziellen Nährböden bebrütet, nach einer

gewissen Zeit werden die herangewachsenen "Kolonien" gezählt. Bei verstecktem Schimmelbefall in der Bausubstanz, wenn also zwischen der Raumluft und dem mikrobiellen Befall die direkte Luftverbindung fehlt, ist bei diesem Verfahren die Gefahr eines falschen negativen Befundes jedoch groß. Zudem geben viele häufig vorkommenden Schimmelarten ihre Keime nicht gleichmäßig an die Raumluft ab. Wird gemessen, während der Schimmel sich eine Ruhepause gönnt, kann das Ergebnis ebenfalls negativ und damit falsch ausfallen. Schließlich verschmähen viele in der Luft vorhandenen Keime die üblicherweise verwendeten Nährböden: sie verweigern schlicht das Wachstum und können daher auf diesem Wege nicht nachgewiesen werden.

Die Hauptaktivität der Mikroorganismen richtet sich auf den Abbau komplexer Nährstoffe zu einfacheren Verbindungen unter Bildung von Kohlendioxid und Wasser, mikrobieller Biomasse und Energiegewinn für die Lebensprozesse. Während dieses Um-/Abbaus werden eine ganze Reihe von Stoffwechselprodukten als flüchtige Verbindungen abgegeben, die MVOC genannt werden. **Diese MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds oder deutsch: mikrobielle flüchtige organische Substanzen), sind häufig sehr geruchsintensiv und für die typischen Schimmel- oder Bakteriengerüche verantwortlich. Die noch in geringsten Konzentrationen (teilweise in nur wenigen Nanogramm pro Kubikmeter) gut wahrnehmbaren MVOC weisen charakteristische chemische Eigenheiten auf, die für gute geruchliche Wahrnehmbarkeit sorgen.** Häufig finden sich Substanzen mit Doppelbindungen, Alkohole und Schwefelverbindungen unter den MVOC. Der ungesättigte Alkohol 1-Octen-3-ol beispielsweise, ein Stoffwechselprodukt vieler Schimmelpilze, riecht intensiv nach Pilzen. Er wird daher auch "Champignol" genannt. Manche Bakterien scheiden Dimethyldisulfid aus, eine durchdringend nach Fäkalien riechende schwefelhaltige Substanz. Erhöhte Dimethyldisulfid-Konzentrationen in der Raumluft können ein Hinweis auf undichte Abwasserleitungen sein.

Allerdings sind nicht alle flüchtigen Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen eindeutig einer mikrobiellen Quelle zuzuordnen. Eine Vielzahl von Substanzen wie niedere Alkohole, Aldehyde, Ketone, Aromaten, Terpene und CO₂ werden zwar auch von Schimmelpilzen produziert, eignen sich aber nicht für das Erkennen eines potentiell vorliegenden Schimmelpilzbefalls, da sie entweder ubiquitär (z. B. CO₂) oder aufgrund menschlicher Aktivitäten (z. B. Ketone und Alkohole aus Lösemitteln) in der Umwelt vorhanden sind. Von Schimmelpilzen produzierte Terpene wie Limonen, alpha- und beta-Pinen sowie Isolongifolen können aus Naturharzfarben oder Klebstoffen ausdünsten. Auch die von manchen Mikroorganismen produzierten Aromaten wie Toluol und Xylol können nicht als Indikatoren für einen Pilzbefall in Innenräumen gelten, da sie aus dem Straßenverkehr oder aus Einrichtungsgegenständen stammen könnten. **Gegenwärtig werden vor allem Dimethylsulfid, 2-Methyl-1-butanol, 2-Pentylfuran, 1-Octen-3-ol, Dimethyldisulfid, 3-Methyl-1-butanol und 3-Methylfuran als Indikatoren für Schimmelschäden verwendet. Neuere Forschungs-ergebnisse lassen allerdings Zweifel aufkommen, ob diese sogenannten "Indikator-MVOC" tatsächlich nur von Mikroorganismen gebildet werden. Im Zigarettenrauch beispielsweise wurden große Mengen Methylfuran nachgewiesen. In Raucherwohnungen findet man diese Substanz daher häufig auch dann, wenn keinerlei Schimmelbefall vorhanden ist.**

Neben der Indikatorfunktion wird auch ein mögliches gesundheitliches Risiko durch MVOC diskutiert. Mit einer MVOC-Belastung in Verbindung gebracht werden Symptome wie hartnäckige Schleimhautreizungen der oberen Atemwege und der Kieferhöhlen, Kopfschmerzen und trockene Bindehäute, Müdigkeit, Juckreiz oder Hautausschläge, unmotiviert Aggressivität, häufige Stimmungsschwankungen, Gelenk- und Muskelschmerzen. Der unspezifische Charakter dieser Krankheitszeichen dürfte aber eine eindeutige Zuordnung sehr schwierig machen. Zudem sind viele Fachmensen der Ansicht, dass die im Vergleich zu anderen Innenraumschadstoffen sehr niedrigen Konzentrationen

der MVOC gesundheitlich als irrelevant anzusehen sind. Bis zur Klärung dieser Frage sollte die Indikatorfunktion der MVOC bei der Bewertung daher im Vordergrund stehen.“

Anmerkung des Unterzeichners:

Der letzte Absatz ist so nicht mehr uneingeschränkt gültig.

Die neueren Forschungsprojekte des Umweltbundesamtes und des IFA Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung belegen, daß Gerüche durchaus eine gesundheitliche Relevanz besitzen. Ich verweise hier auf den AIR Ausschusses für Innenraumrichtwerte (AIR) des Umweltbundesamtes und den UAG Geruch. Mittlerweile hat man hier begonnen „vorläufige Geruchsleitwerte“ zu benennen. Leider erst für sehr wenige Substanzen.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. G. S.' followed by a long horizontal stroke.