



Aerosole & Co.

Luftzusammensetzung und –Bestandteile, Natürliche und künstliche Schadstoffe, Vorgaben, Grenzwerte, Messung

Fachmesse 2021

Frank Seltenreich
Simon Kraft

Luftzusammensetzung

Zusammensetzung der Normalatmosphäre bei trockener Luft

78% **Stickstoff**

21% **Sauerstoff**

0,9% Argon

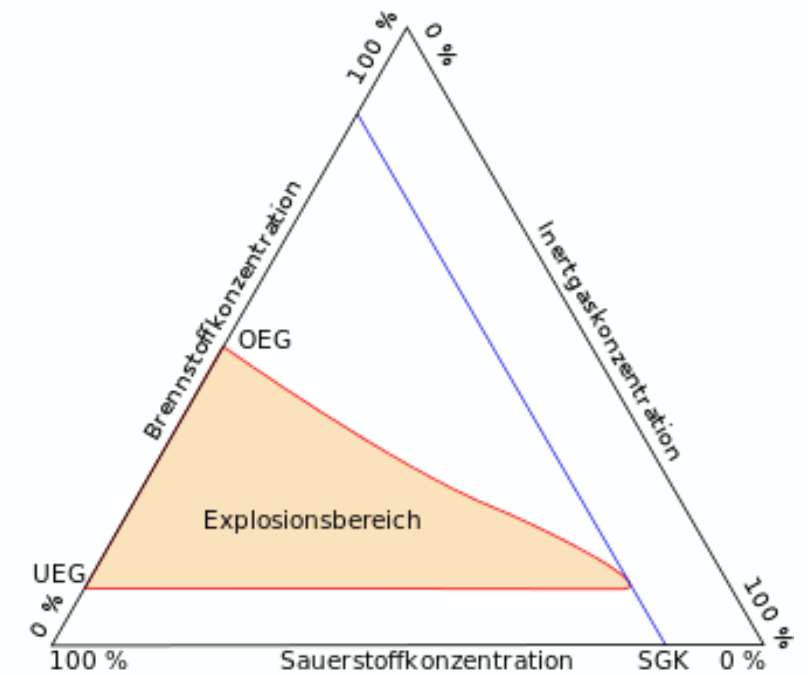
0,03% **CO₂**

0,07% Neon, Helium, Krypton, Wasserstoff, Xenon, **Radon**, Ozon

Je nach Klimazone bis maximal 4 Vol.-% **Wasserdampf**

Stickstoff

- Inertes Gas
- ungiftig
- Erstickend
- Gefährdung möglich bei Sauerstoffmangel, z.B. bei Inertisierung
- Gefährdung durch Erfrierungen bei Flüssigstickstoff (-196°C)



	UEG Vol%	OEG Vol%	SGK Vol%
Methan	4,4	17,0	10
Ethan	2,4	14,3	10
Propan	1,7	10,8	10
Butan	1,4	9,4	10
Ethen	2,4	32,6	8
H2	4,0	77,0	4
CO	11,3	75,6	6

Sauerstoff

Farbloses, geruchloses Gas

oxidierend 

Vorkommen gebunden oder als

$\cdot\text{O}$ sehr reaktiv

O_2 Normalsauerstoff

O_3 Ozon

Gefahren bei erhöhtem Sauerstoffgehalt:

- Erhöhung der Verbrennungsgeschwindigkeit
- Erhöhung der Verbrennungstemperatur
- Verringerung der Zündtemperatur
- Sauerstoffvergiftung beim Einatmen ($>650\text{mbar}$)

Symptome: Tunnelblick, Ohrgeräusche, Übelkeit, Schwindel, Erbrechen, Persönlichkeitsveränderungen, Erregung, Angst, Verwirrtheit, Sauerstoffkrämpfe und Fieber.

(Paul-Bert-Effekt)

BETRIEBSANWEISUNG		Datum:
gemäß § 14 GefStoffV		
Geltungsbereich: Gesundheitszentrum B-A-D GmbH / Außendienst		Unterschrift Führungskraft
TÄTIGKEIT	GEFAHRSTOFFBEZEICHNUNG	
Umgang mit Sauerstoffflaschen	Sauerstoff (O_2)	
GEFAHREN FÜR MENSCH UND UMWELT		
	• Kontakt mit flüssigem Sauerstoff führt zu Erfrierungen. • Kann heftig mit brennbaren Stoffen (z. B. Ölen, Fetten, Desinfektionsmitteln) reagieren. Feuergefahr bei Kontakt mit brennbaren Stoffen. Oxidationsmittel. • Druckbehälter kann bei Erwärmung explodieren.	
SCHUTZMASSNAHMEN UND VERHALTENSREGELN		
  	• Sauerstoffflaschen gegen Umfallen, z. B. mittels einer Wandhalterung oder geeigneten Transporttaschen sichern, um eine Beschädigung von Ventil und Druckminderer zu vermeiden. • Vor starker Erwärmung über 50°C und Sonneneinstrahlung schützen. Besonders im Sommer nicht im PKW liegen lassen. • Beim Umgang mit Sauerstoff nicht rauchen und offenes Feuer fernhalten. Brandlasten minimieren. • Die Reinigung der Armaturen nur mit einem sauberen trockenen oder mit reinem Wasser befeuchteten Tuch durchführen. Auf keinen Fall Desinfektionsmittel verwenden. • Geräte fettfrei halten: Keine Fette zur Schmierung nutzen. Kontakt mit fettigen Fingern vermeiden. • Vor dem Flaschenwechsel gründlich die Hände waschen. Öle, Fette, Handcreme oder Heftpflaster können zu explosionsartigen Reaktionen führen. • Vor der Demontage muss das System drucklos sein. Flaschenventil schließen und abwarten bis das Manometer auf „0“ gefallen ist. Dann Druckminderer oder Flowmeter schießen. • Anziehen des Druckminderers nur per Hand. (Kein Werkzeug benutzen.) • Beim Öffnen des Flaschenventils muss der Druckminderer bzw. das Flowmeter geschlossen sein. • Flaschenventil langsam und maximal um eine Umdrehung öffnen. • Sauerstoffflaschen nicht entleeren (z. B. zum Wiederauffüllen). • Prüfristen entsprechend Kontrollstempel und Datum einhalten (alle 10 (Stahl)/5 (Carbon) Jahre). • Verfallsdatum beachten. • Möglichst 1 l-Carbonflaschen im Notfallkoffer verpackt für den Transport im PKW verwenden. • Ladungssicherung im PKW durch Notallkoffer und Spanngurt bzw. hinter dem Sitz einklemmen. • Vor dem Transport von 2 l-Stahlflaschen Druckminderer abschrauben. Flaschenventile durch das Aufschrauben von Kappen schützen. Transporttasche verwenden. Im PKW Ladungssicherung beachten.	
VERHALTEN IM GEFAHRFALL		
	• Sauerstoff selbst brennt nicht. Löschmittel nach Umgebungsbrand ausrichten. Möglichst Gaszufuhr abdrehen. Behälter aus dem Gefahrenbereich entfernen oder mit Sprühwasser kühlen. • Bei unbeabsichtigter Freisetzung Gaszufuhr abstellen, Raum lüften und den Raum verlassen. Zündquellen fernhalten.	
ERSTE HILFE		
	Nach Hautkontakt: Bei Kaltverbrennungen betroffene Körperteile mindestens 15 Minuten mit Wasser (lauwarm) spülen. Erfrorene Stellen steril abdecken. Arzt hinzuziehen. Durchtränkte Kleidung gut durchlüften. NOTRUF: (0)-112 ERSTHELFER: siehe Aushang	
SACHGERECHTE ENTSORGUNG		
Rücklieferung angebrochener Flaschen an Lieferanten. Vorgesehene Mehrfachverpackung verwenden.		

Sauerstoff

Irak 25. April 2021

Mindestens 82 Tote bei Brand in Krankenhaus in Bagdad

In Bagdad sind mindestens 82 Menschen nach der Explosion und einem anschließenden Brand auf der Corona-Station eines Krankenhauses ums Leben gekommen. Das teilte das irakische Innenministerium mit. Zudem habe es mehr als 100 Verletzte gegeben.

Demnach explodierte in der Klinik mindestens eine Sauerstoffflasche.

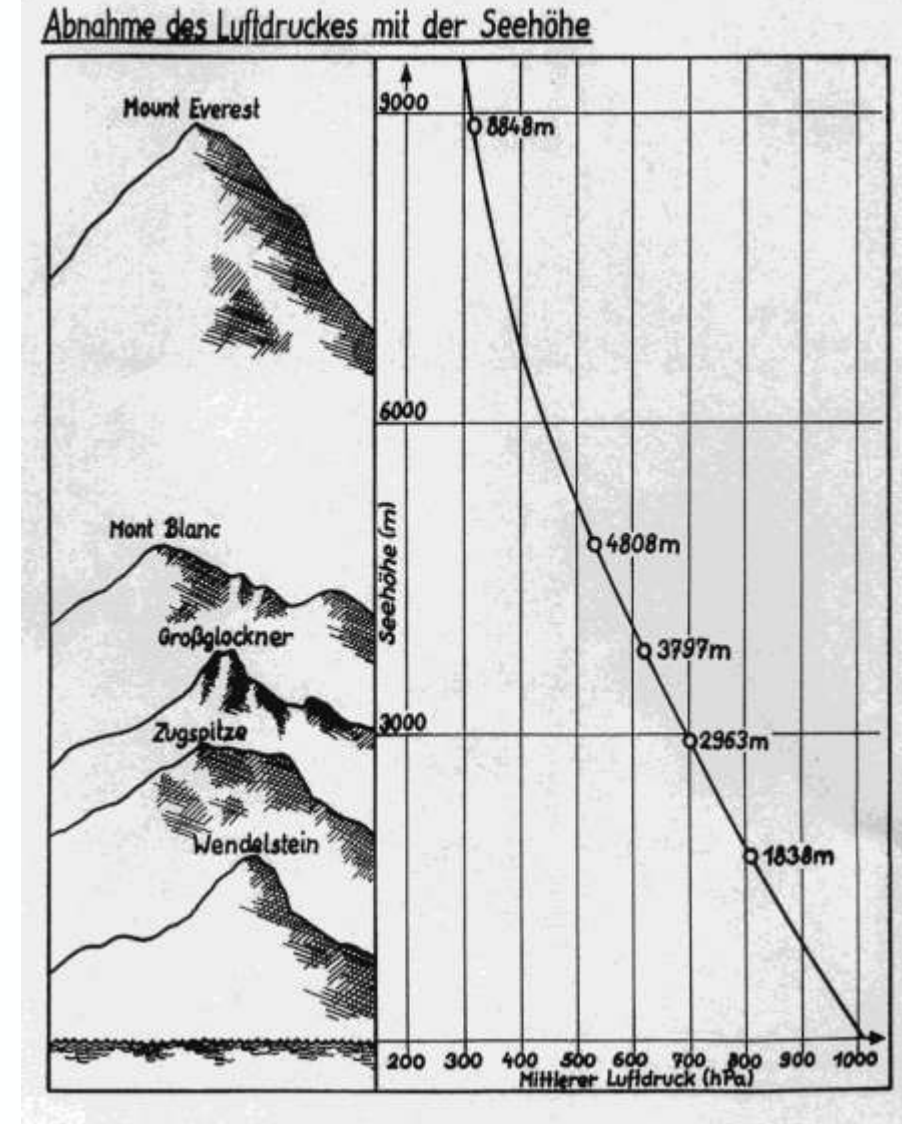
Quelle: Deutschlandfunk.de

Sauerstoffmangel als Gefahr

Bei Normaldruck kann die Lunge sauerstoffarme Gemische mit 8 - 9 % Sauerstoff gerade noch ohne Schaden verwerten; bei ca. 7 % tritt Bewusstlosigkeit, bei 3 % Tod ein.

Der Luftdruck reduziert sich in Höhengritten von 5500m jeweils um die Hälfte. Beim Menschen treten mit zunehmender Höhe **Sauerstoffmangelsymptome** auf:

- **2000/3000m Reaktionsschwelle** (u/o Schwelle je nach Konstitution)
Müdigkeit, Erschöpfung macht sich bemerkbar, kann normalerweise durch schnelleres Atmen ausgeglichen werden. (2000m ~Druckkabine im Flugzeug)
- **4000/5000m Störungsschwelle**
Funktionsstörungen im Organismus machen sich bemerkbar.
- **6000/7000m Kritische Schwelle,**
In Abhängigkeit von der Zeit auch Todesschwelle. Der Sauerstoff reicht bei längerem Aufenthalt nicht mehr zum Leben aus. Bewusstlosigkeit tritt bei 7000m nach ~5min ein



Sauerstoffreduktion in der Anwendung

Absenkung der O₂ Konzentration beim Einsatz von Brandvermeidungssystemen

Reduzierung des Sauerstoffanteils (durch N₂) auf beispielsweise 13 Vol.-% entspricht den Atmosphären Verhältnissen in 3.850 Metern Höhe. Daher unter Berücksichtigung gewisser Vorsichtsmaßnahmen für gesunde Personen begehbar.



Risikoklassen und Sicherheitsmaßnahmen

Bei Arbeiten in Räumen mit reduziertem Sauerstoffgehalt sind die Maßnahmen aus Tabelle 1 durchzuführen.

Risiko- klasse	Sauerstoff- konzentration c in Vol.-% O ₂	Sicherheitsmaßnahmen
Klasse 0	20,9 > c ≥ 17,0	Unterweisung der Beschäftigten
Klasse 1	17,0 > c ≥ 15,0	Arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß G 28 „Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre“ Unterweisung der Beschäftigten Nach 4 Stunden Aufenthalt ist eine Pause von 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche notwendig
Klasse 2	15,0 > c ≥ 13,0	Arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß G 28 „Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre“ Unterweisung der Beschäftigten nach 2 Stunden Aufenthalt ist eine Pause von mindestens 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche notwendig
Klasse 3	c < 13,0	Nicht im Regelungsbereich dieser Information Betreten ohne spezifische Zusatzmaßnahmen nicht zulässig



Kohlendioxid CO₂

Ein zu hoher Anteil in der Atemluft hat Schädwirkungen auf Tier und Mensch. Diese beruhen nicht nur auf der Verdrängung des Sauerstoffes in der Luft.



Der globale Mittelwert schwankt um 400 ppm (Normalwert)

Vorkommen:

- Luft
- Stoffwechselprodukt
- Trockeneis
- Feuerlöscher
- Kohlensäure
- Bergbau
- Verbrennungsprodukt
- Gärgas
- Schutzatmosphäre
- Betäubungs- u. Tötungsgas
- ...



Kohlendioxid CO₂

Die **DIN EN 13779** teilt die Raumluft je nach Konzentration in 4 Qualitätsstufen ein.

<800 ppm	RQ gut
800-1000 ppm	RQ mittel
1000-1400 ppm	RQ mässig
>1400 ppm	RQ niedrig

Nach Pettenkofer ist der traditionelle hygienische Innenraumluftwert für CO₂ benannt – die **Pettenkofer Zahl**. Ihren Grenzwert gab Pettenkofer mit 1.000 ppm (0,1 Vol.-%) an.

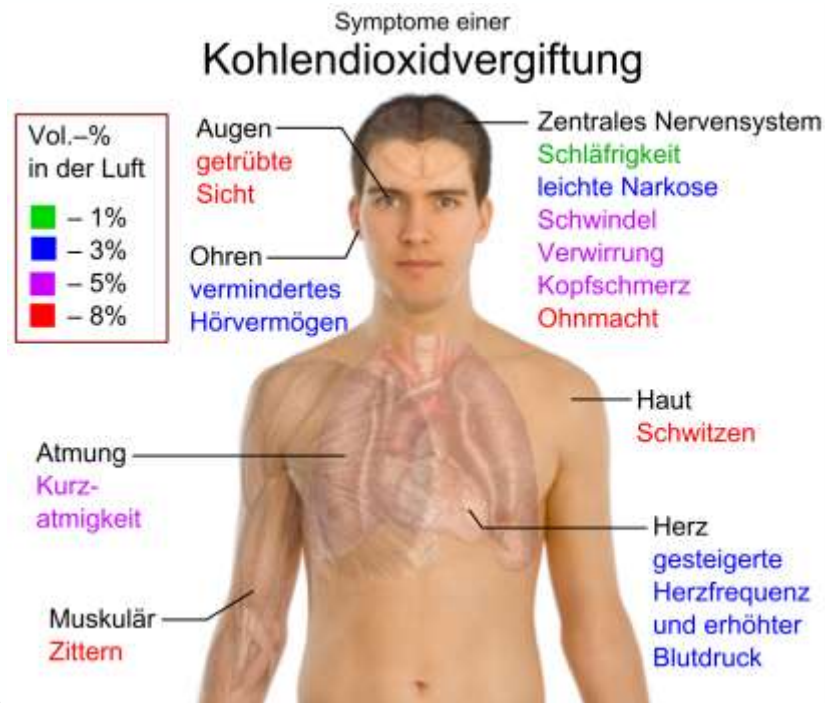
Die **ASR A3.6 Lüftung** sieht abhängig von der CO₂ Konzentration in der Raumluft Maßnahmen vor.

Tabelle 1: CO₂-Konzentration in der Raumluft

CO ₂ -Konzentration [ml/m ³] bzw. [ppm]	Maßnahmen
<1000	Keine weiteren Maßnahmen (sofern durch die Raumnutzung kein Konzentrationsanstieg über 1000 ppm zu erwarten ist)
1000-2000	- Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern - Lüftungsplan aufstellen (z. B. Verantwortlichkeiten festlegen) - Lüftungsmaßnahme (z. B. Außenluftvolumenstrom oder Luftwechsel erhöhen)
>2000	weitergehende Maßnahmen erforderlich (z. B. verstärkte Lüftung, Reduzierung der Personenzahl im Raum)

Der **AGW** (8h/d) wird in der TRGS 900 mit 5.000 ppm (0,5 Vol.-%) angegeben.

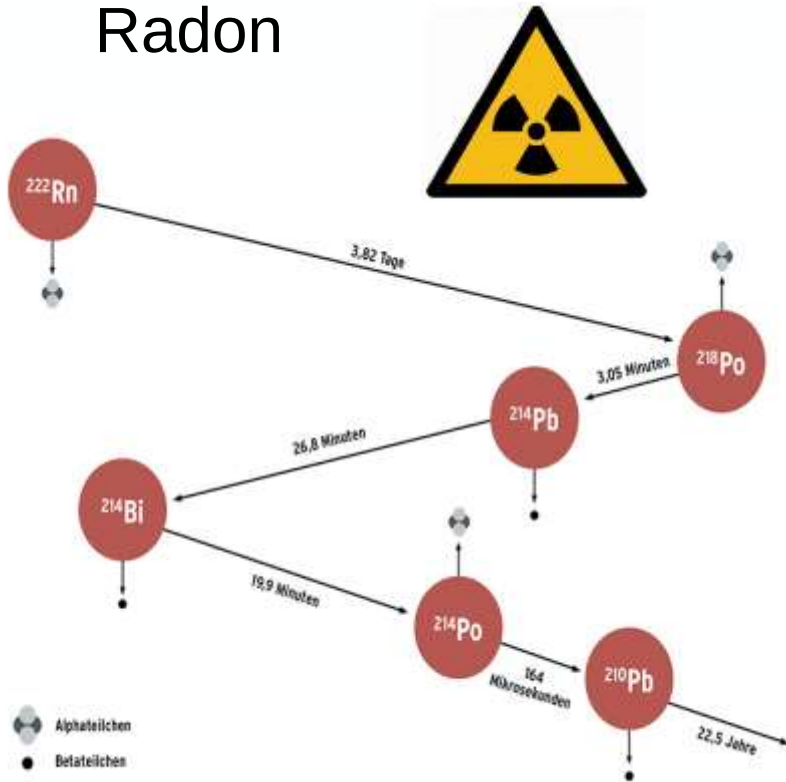
Kohlendioxid CO₂



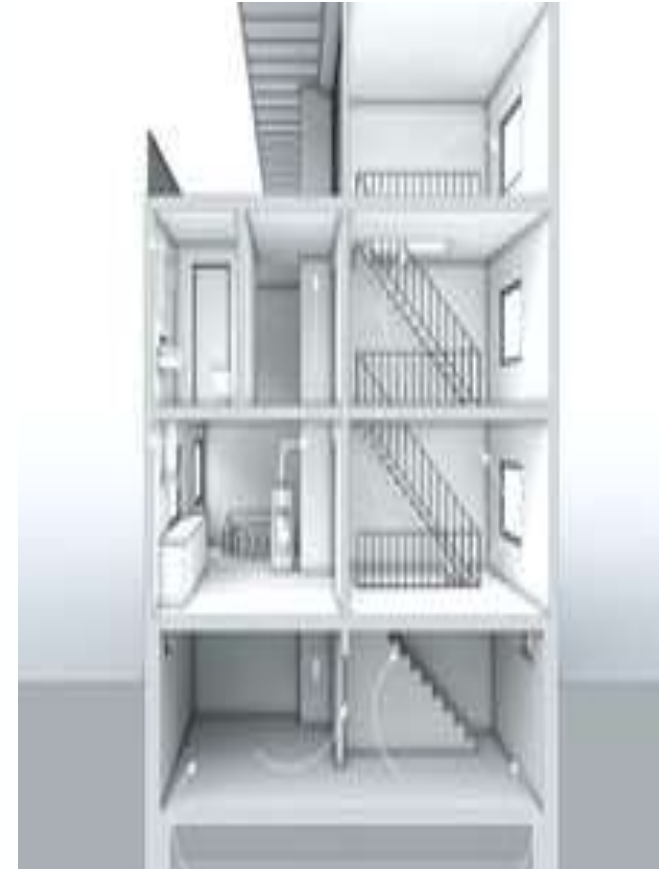
Physiologische Wirkung

- Erhöhte CO₂ Konzentrationen können zu einer Beeinträchtigung der Gehirnleistung führen.
- Leicht gesteigerte Konzentration im Blut aktiviert das Atemzentrum des Gehirns. (Atemreflex)
- In höherer Konzentration Verminderung oder Aufhebung des reflektorischen Atemanreizes, zunächst Atemdepression und schließlich Atemstillstand.
- Ab etwa 5 % CO₂ in der eingeatmeten Luft treten Kopfschmerzen und Schwindel auf, bei höheren Konzentrationen beschleunigter Herzschlag (Tachykardie), Blutdruckanstieg, Atemnot und Bewusstlosigkeit.
- CO₂ Konzentrationen von 8 % führen innerhalb von 30 bis 60 Minuten zum Tod.

Radon



- Natürlich vorkommendes radioaktives Edelgas.
- Entstehung überall im Boden als Zerfallsprodukt der beiden Elemente Uran und Thorium.
- Halbwertszeit 3,8 Tage.
- Radon zerfällt in die ebenso radioaktiven sieben Tochternuklide wie Polonium, Blei und Wismut.
- Die Zerfallsreihe endet mit dem stabilen, nicht radioaktiven ^{206}Pb .
- Tritt über Risse und Fugen in Gebäude ein.
- **Aufnahme über die Atmung.**
- Nach dem Rauchen zweithäufigste Ursache von Lungenkrebs.



Radon

Das Strahlenschutzgesetz hat zum Schutz von Arbeitskräften vor zu hohen Radonkonzentrationen am Arbeitsplatz vorgesehen, dass die Bundesländer jene Gebiete benennen, in denen eine überdurchschnittlich hohe Anzahl von Gebäuden steht, in denen der Referenzwert, der die Unbedenklichkeit garantiert, voraussichtlich überschritten wird.

Seit 1. Januar 2021 besteht dort an bestimmten Arbeitsplätzen eine Messpflicht.

REFERENZWERT

300 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³) gem. § 126 StrlSchG

Über den Referenzwert kann man bewerten, ob und welche Schutzmaßnahmen angemessen sind. Bei Radon am Arbeitsplatz gilt in Deutschland der Wert 300 Becquerel pro Kubikmeter im Jahresmittel. Dieser Referenzwert ist für jeden Arbeitsplatz in Deutschland gültig.

MESSPFLICHT

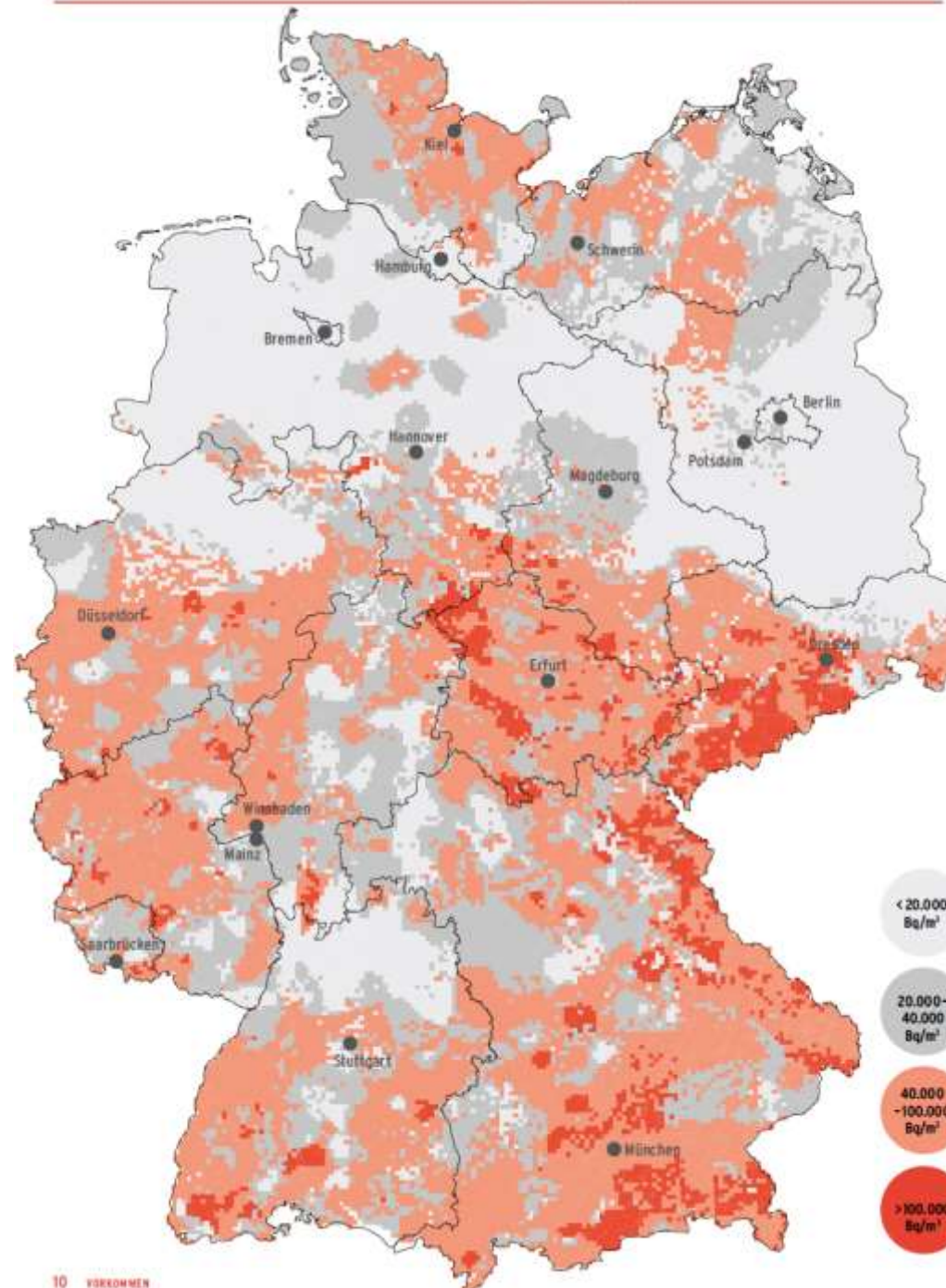
Der Arbeitgeber ist gem. § 127 StrlSchG dazu verpflichtet, Messungen der Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft zu veranlassen, wenn sich der Arbeitsplatz in einem Innenraum im Erd- oder Kellergeschoss eines Gebäudes befindet, das in einem festgelegten Radon-Vorsorgegebiet liegt



Das Maß dieser Aktivität ist das Becquerel (Bq), das die mittlere Anzahl der Atomkerne angibt, die pro Sekunde radioaktiv zerfallen.

Radon

Abb. 3.2: Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft (Quelle: BfS, eigene Berechnungen)



Radonmessung



Achtung!

Messung nur erforderlich in genannten Radon Vorsorgegebieten oder in bestimmten, im Strahlenschutzgesetz genannten Arbeitsfeldern.

Unternehmen mit Arbeitsplätzen in

- Untertägigen Bergwerken, Schächten, Höhlen, Besucherbergwerken,
- Radonheilbädern und Radonheilstollen,
- Anlagen der Wassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung unterliegen bereits seit dem 31.12.2018 einer Messpflicht.

- Radonmonitore zeigen nach kurzer Zeit (10 bis 100 Minuten) einen ermittelten Wert direkt an.
- Damit eine bundeseinheitliche Qualität der Messwerte gewährleistet ist, sind nur Geräte erlaubt, die von einer durch das BfS anerkannten Stelle bezogen werden (**z.Zt. nur Exposimeter**). Endgültiger Messwert erst nach Rücksendung zum zert.Labor mit anschließender Auswertung.
- Die Exposimeter sind für jeden Innenraum, in dem sich ein regelmäßig genutzter Arbeitsplatz befindet, vorzusehen.
- Die Messungen müssen spätestens bis zum **30.06.2021** bzw. ab dem Zeitpunkt, ab dem der Arbeitsplatz im Keller- oder Erdgeschoss eingerichtet wurde, beginnen.
- Liegt der Jahresmittelwert unterhalb des Referenzwertes, ist die gesetzliche Pflicht erfüllt. Wird der Referenzwert überschritten, müssen gezielt Maßnahmen eingeleitet werden, um die Radonkonzentrationen zu senken.

Radonvorsorgegebiete



Radonvorsorgegebiete in Deutschland nach Bundesländern (Stand 04.02.2021)	
Baden-Württemberg	Gemeinden Bollschweil, Horben, Münstertal, Oberried, Schluchsee, Aitem, Bollen, Fröhd, Hag – Ehrberg, Kleines Wiesental, Schönau im Schwarzwald, Schönenberg, Todtnau, Tunau, Utzenfeld, Wembach, Wieden, Zell im Wiesental, Gutach (Schwarzwaldbahn), Lauterbach, Schiltach, Dachsberg, Häusern, Herrischried, Ibach, Rickenbach, Sankt Blasien, Todtmoos
Bayern	Landkreis Wunsiedel im Fichtelgebirge
Berlin	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Brandenburg	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Bremen	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Hamburg	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Hessen	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Mecklenburg-Vorpommern	Derzeit keine Vorsorgegebiete deklariert, eine Ausweisung ist nicht zu erwarten
Niedersachsen	Gemeinden Braunlage, Clausthal-Zellerfeld und Goslar-Stadt
Nordrhein-Westfalen	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Rheinland-Pfalz	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen
Saarland	Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen

Radonvorsorgegebiete

Radonvorsorgegebiete in Deutschland nach Bundesländern (Stand 04.02.2021)

Sachsen

Gemeinden Amtsberg, Annaberg-Buchholz Stadt, Aue – Bad-Schlema Stadt, Auerbach, Bärenstein, Bockau, Börnichen/Erzgeb., Breitenbrunn/Erzgeb., Burkhardtsdorf, Crottendorf, Deutschneudorf, Drebach, Ehrenfriedersdorf Stadt, Eibenstock Stadt, Elterlein Stadt, Gelenau/Erzgeb., Geyer Stadt, Gornau/Erzgeb., Großolbersdorf, Großrückerswalde, Grünhain – Beierfeld Stadt, Grünhainichen, Heidersdorf, Johanngeorgenstadt Stadt, Jöhstadt Stadt, Königswalde, Lauter-Bernsbach Stadt, Marienberg Stadt, Mildenau, Oberwiesenthal Stadt, Olbernhau Stadt, Pockau-Lengefeld Stadt, Raschau – Markersbach, Scheibenberg Stadt, Schlettau, Stadt, Schneeberg Stadt, Schönheide, Schwarzenberg/Erzgeb. Stadt, Sehmatal, Seiffen/Erzgeb., Stollberg/Erzgeb. Stadt, Stützengrün, Tannenberg, Thalheim/Erzgeb. Stadt, Wiesenbad, Thum Stadt, Wolkenstein Stadt, Zschopau Stadt, Zschorlau, Augustusburg Stadt, Bobritzsch-Hilbersdorf, Brand-Erbisdorf Stadt, Dorfchemnitz, Eppendorf, Flöha Stadt, Frauenstein Stadt, Freiberg Stadt, Großhartmannsdorf, Halsbrücke, Leubsdorf, Lichtenberg/Erzgeb., Mulda/Sa., Neuhausen/Erzgeb., Oberschöna, Oederan Stadt, Reichenberg-Bienenmühle, Sayda Stadt, Weißenborn/Erzgeb., Altenberg Stadt, Bad Gottleuba-Berggießhübel Stadt, Dippoldiswalde Stadt, Dorfhain, Freital Stadt, Glashütte Stadt, Hartmannsdorf-Reichenau, Hermsdorf/Erzgeb., Klingenberg, Kreischau, Liebstadt Stadt, Tharandt Stadt, Adorf/Vogtl. Stadt, Auerbach/Vogtl. Stadt, Bad Brambach, Bad Elster Stadt, Bergen, Eichigt, Ellefeld, Falkenstein/Vogtl. Stadt, Grünbach, Klingenthal Stadt, Lengenfeld Stadt, Markneukirchen Stadt, Mühlental, Muldenhammer, Neustadt/Vogtl., Rodewisch Stadt, Schöneck/Vogtl. Stadt, Steinberg, Theuma, Treuen Stadt, Werda, Crinitzberg, Hartmannsdorf b. Kirchberg, Hirschfeld, Kirchberg Stadt, Langenweißbach, Wilkau-Haßlau Stadt

Radonvorsorgegebiete in Deutschland nach Bundesländern (Stand 04.02.2021)

Sachsen-Anhalt

Einheitsgemeinden Stadt Falkenstein/Harz, Stadt Harzgerode, Stadt Ilsenburg (Harz), Stadt Oberharz am Brocken, Stadt Thale, Stadt Wernigerode, Stadt Allstedt, Stadt Arnstein, Stadt Hettstedt, Lutherstadt Eisleben, Stadt Mansfeld, Stadt Sangerhausen, Einheitsgemeinde Südharz, Verbandsgemeinden Goldene Aue und Mansfelder Grund-Helbra

Schleswig-Holstein

Keine Vorsorgegebiete ausgewiesen

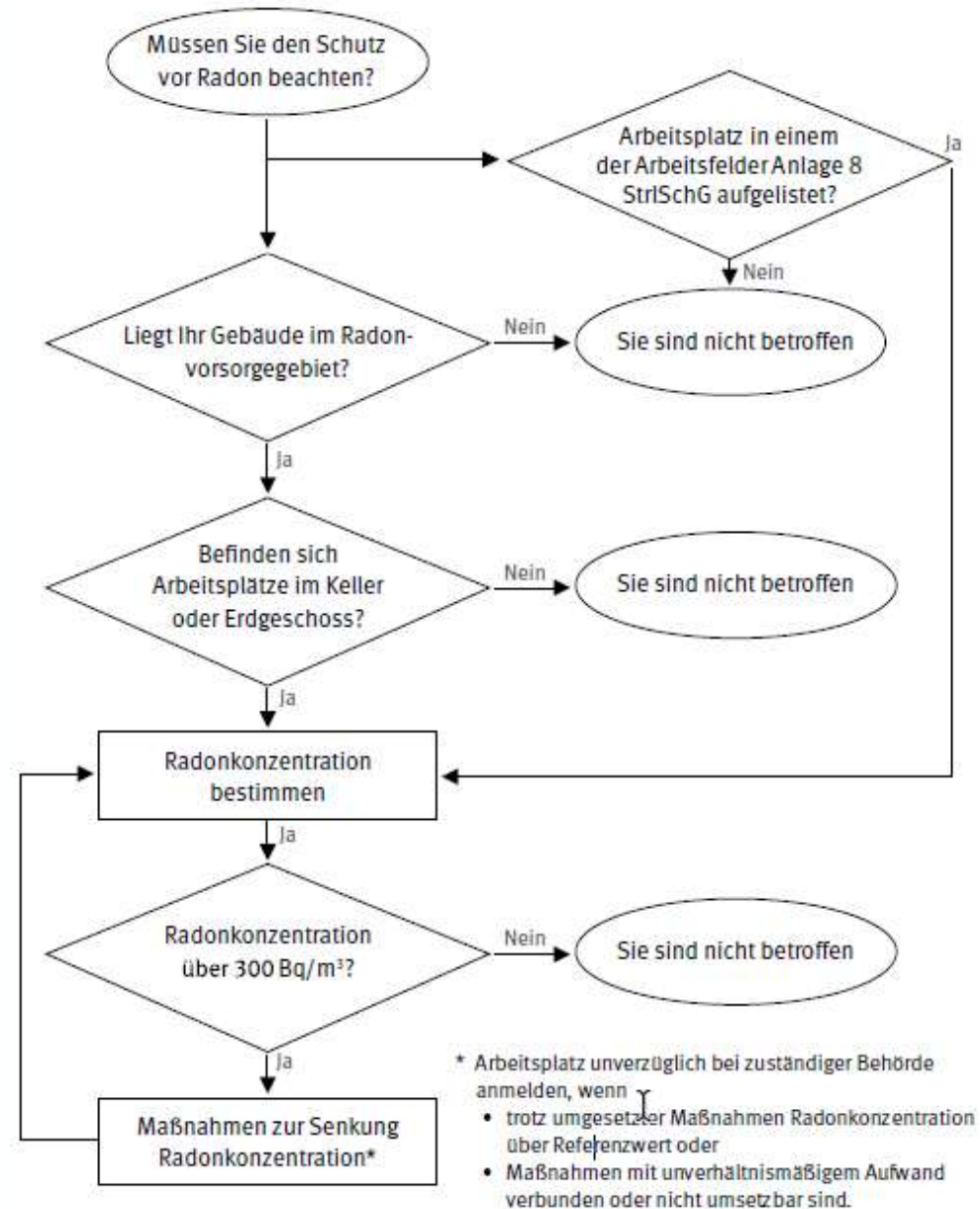
Thüringen

Gemeinden Elgersburg, Floh – Seligenthal, Goldisthal, Gräfenthal Stadt, Großbreitenbach Stadt, Ilmenau Stadt, Katzhütte, Kauern, Korbußen, Luisenthal, Masserberg, Oberhof Stadt, Paitzdorf, Posterstein, Ronneburg Stadt, Ruhla Stadt, Schleusegrund, Schwarzatal Stadt, Tam bach-Dietharz/Thür. Wald Stadt

* Basis der Auflistung sind die Veröffentlichungen der Bundesländer.
Inhalte können Anpassungen unterliegen.

Radon

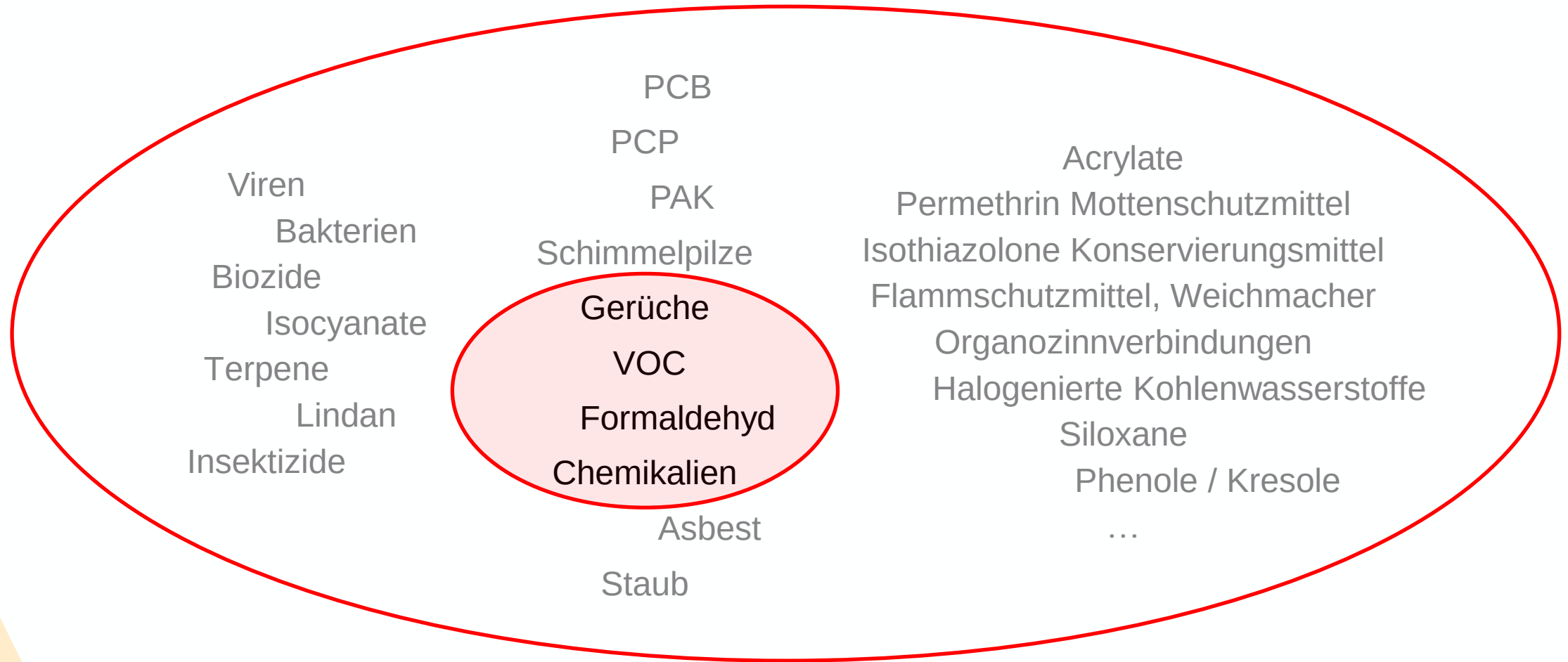
Anlage 2: Flussdiagramm zur Abschätzung der Notwendigkeit von Maßnahmen



Wasserdampf / Luftfeuchte

- In der Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) und der zugehörigen Technischen Regel für Arbeitsstätten ASR A3.6 „Lüftung“ ist **kein unterer Richtwert für die Luftfeuchte in umschlossenen Arbeitsräumen festgelegt**. Dort heißt es: *„Üblicherweise braucht die Raumluft nicht befeuchtet zu werden. Für den Fall, dass Beschwerden auftreten, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob und ggf. welche Maßnahmen zu ergreifen sind.“*
- Aus der BAuA/IFA Literaturstudie lässt sich aus medizinischer Sicht keine gesicherte Datenbasis ableiten, aus der geschlossen werden kann, dass oberhalb einer bestimmten Luftfeuchte die Gesundheit der Beschäftigten positiv beeinflusst wird. Auch kann daraus kein unterer Richtwert für die relative Luftfeuchte in Räumen von Arbeitsstätten abgeleitet werden.
- Sinkt die relative Luftfeuchte im Raum unter Werte von etwa 40 % kommt es zu vermehrten **elektrostatischen Aufladungen**
- Um **Schimmelbildung** vorzubeugen sollte die relative Luftfeuchte einen Wert von ca. 60 % (bei einer Lufttemperatur von etwa 22 °C) nicht überschritten werden.

Luftschadstoffe in der Innenraumluft



ASR A3.6 „Lüftung“

In umschlossenen Arbeitsräumen muss gesundheitlich zuträgliche Atemluft in ausreichender Menge vorhanden sein. In der Regel entspricht dies der Außenluftqualität.

Gerüche

- Gerüche leiten sich aus VOC ab, die in der Nase mit den Riechzellen interagieren und im Gehirn eine entsprechende Reaktion hervorrufen.
- Gerüche werden allgemein als eine Quelle psychischer Belastungen gewertet, da sie i. d. R. über den ganzen Arbeitstag auftreten und man sich Ihnen kaum entziehen kann.
- Besonders problematisch deshalb, weil Gerüche eine psychische Wirkung haben.
- Häufig nur unspezifische Umschreibung (z.B. Modergeruch), so kaum Rückschluss auf die auslösende Substanz möglich.
- Der Geruch kann das Ergebnis einer Mischung vieler Substanzen sein kann, ohne dass diese letztendlich differenzierbar sind
- Ggf. Belastung mit Gerüchen aus ganz anderen Quellen. (z.B. tote Maus in Versorgungskanal).
- Gelegentlich ist keine Lösung des Problems zu finden oder im psychischen Bereich anzusiedeln. Hier sind dann andere Maßnahmen notwendig.



VOC → Volatile Organic Compounds - Flüchtige organische Verbindungen

Gerüche

Stoff wird als Geruch wahrgenommen, wenn er die **Geruchsschwelle** überschreitet.

Diese variiert von Mensch zu Mensch

i

Basis: Geruchswahrnehmungsschwelle (ODT_{50})

ODT_{50} : die Konzentration eines Stoffes, die bei der Hälfte der Probanden eine Geruchswahrnehmung auslöst

$GLWI = 6 \times ODT_{50}$ „geruchlich auffällig“

$GLWII = 48 \times ODT_{50}$ „geruchlich erheblich belästigend“

Aber Achtung: $GLWI \neq RWI$ und $GLWII \neq RWII$

Geruchsstoff	CAS-Nr.	ODT_{50} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Zitat	vGLW I (mg/m^3)	vGLW II (mg/m^3)
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
Pentandial	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	10	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	13	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	28	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

Aus: Bundesgesundheitsblatt 57 (2014), 148 – 153: „Gesundheitlich-hygienische Beurteilung von Geruchsstoffen in der Innenraumluft mithilfe von Geruchsleitwerten“

VOC

- VOC => bezeichnet flüchtige organische Verbindungen. Sdp. 50-260°
 - z.B. Kohlenwasserstoffe wie Lösemitteldämpfe, Formaldehyd, Alkohole organische Säuren und durch Mikroben erzeugte VOC
- VOC kommen praktisch immer in der Raumluft vor.
- In nicht wenigen Fällen gehen Innenraumprobleme auf das Vorhandensein von Chemikalien in der Luft zurück, obwohl kein aktiver Umgang mit Ihnen erfolgt.
 - Exogene Quellen: Stoffe aus der Umgebungsluft, etwa an verkehrsreichen Straßen, an Industriestandorten etc.
 - Indigene Quellen: Abgabe von Stoffen aus Bauprodukten, Möbeln, Einrichtungsgegenständen, Pflanzen...
- Die Ermittlung kann z.B. mittels ORSA Indoor Passivröhrchen erfolgen 
 - Erfasst werden etwa 60 typische Substanzen, aber durchaus nicht alle
 - Aldehyde, wie z. B. Formaldehyd werden nicht erfasst. => separate Messung auf Formaldehyd notwendig.
 - Schwerflüchtige Substanzen wie PAK und PCB's (außer Naphthalin) werden ebenfalls nicht erfasst



VOC
PAK
PCB



Volatile Organic Compounds - Flüchtige organische Verbindungen
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
Polychlorierte Biphenyle

VOC - passive Messung

- Diffusionsröhrchen (z. B. ORSA)
- Adsorption der Stoffe durch Diffusion
- Gaschromatographische Ermittlung und Auswertung durch Dräger
- Bewertung durch die Sifa und Betriebsarzt.



VOC - passive Messung - Beispielanalyse

Ergebnis der Untersuchung:

Stoffgruppe	Stoff	Ergebnis µg/m³	Einschätzung	Grundlage für die Einschätzung µg/m³		
				unauffällig	auffällig	sehr auffällig
Aliphat	1-Decen	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	1-Octen	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	2-Methylpentan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	3-Methylpentan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	Cyclohexan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	Methylcyclohexan	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aliphat	Methylcyclopentan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	n-Decan	n.n.	unauffällig	bis 40	über 40	über 200
Aliphat	n-Dodecan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	n-Heptan	55	auffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	n-Hexan	n.n.	Einzelkomponente	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	n-Hexadecan	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aliphat	n-Nonan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	n-Tetradecan	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aliphat	n-Octan	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aliphat	n-Pentadecan	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aliphat	n-Tridecan	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aliphat	n-Undecan	n.n.	unauffällig	bis 40	über 40	über 200
	Summe Aliphaten	55	unauffällig	bis 200	über 200	über 400
Alkohole	1-Butanol	n.n.	unauffällig	bis 25	über 25	über 50
Alkohole	2-Ethyl-1-hexanol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 50
Alkohole	iso-Butanol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 50
	Summe Alkohole	n.n.	unauffällig	bis 50	über 50	über 100
Aromat	1,2,4-Trimethylbenzol	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200
Aromat	1,3,5-Trimethylbenzol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aromat	2-Ethyltoluol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aromat	Benzol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 25
Aromat	Ethylbenzol	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 200

Stoffgruppe	Stoff	Ergebnis µg/m³	Einschätzung	Grundlage für die Einschätzung µg/m³		
				unauffällig	auffällig	sehr auffällig
Aromat	Naphthalin	n.n.	-	-	-	-
Aromat	Phenylcyclohexen	n.n.	unauffällig	bis 5	über 5	über 200
Aromat	Styrol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
Aromat	Toluol	n.n.	unauffällig	bis 100	über 100	über 200
Aromat	Xylol	n.n.	unauffällig	bis 75	über 75	über 200
Aromat	n-Propylbenzol	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 200
	Summe Aromaten	n.n.	unauffällig	bis 200	über 200	über 400
CKW	1,1,1-Trichlorethan	n.n.	unauffällig	bis 5	über 5	über 20
CKW	1,4-Dichlorbenzol	n.n.	unauffällig	bis 5	über 5	über 20
CKW	Perchlorethylen	n.n.	unauffällig	bis 5	über 5	über 100
CKW	Trichlorethylen	n.n.	unauffällig	bis 5	über 5	über 20
	Summe CKW	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 40
Ester	Ethylacetat	n.n.	unauffällig	bis 25	über 25	über 50
Ester	i-Propylacetat	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 50
Ester	n-Butylacetat	n.n.	unauffällig	bis 25	über 25	über 50
Ester	1-Methoxy-2-propylacetat	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 50
Ester	2-Ethoxyethylacetat	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 50
	Summe Ester	n.n.	unauffällig	bis 50	über 50	über 100
Ketone	Acetophenon	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 50
Ketone	Cyclohexanon	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 50
Ketone	Methylethylketon	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 50
Ketone	Methylisobutylketon	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 50
	Summe Ketone	n.n.	unauffällig	bis 50	über 50	über 100
Terpene	3-Caren	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 150
Terpene	Limonen	15	unauffällig	bis 50	über 50	über 150
Terpene	alpha-Pinen	n.n.	unauffällig	bis 50	über 50	über 150
Terpene	beta-Pinen	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 150
	Summe Terpene	15	unauffällig	bis 150	über 150	über 300
Sonstige	2-Pentylfuran	n.n.	unauffällig	bis 20	über 20	über 50
Sonstige	Tetrahydrofuran	n.n.	unauffällig	bis 10	über 10	über 50
Summenparameter	Weitere Stoffe	320	-	-	-	-
Summenparameter	TVOC	390	unauffällig	bis 1000	über 1000	über 3000

Gemisch

VOC Bewertung von Einzelkomponenten

Seit Mitte der 90er Jahre erarbeitet die Innenraumlufthygiene - Kommission (IRK) Richtwerte für die zulässige Belastung von Menschen in Innenräumen. Entwickelt wurde ein eigenes, zweistufiges Richtwertkonzept.

RW II: Konzentration eines Stoffes, bei deren Erreichen oder Überschreiten unverzüglich Handlungsbedarf besteht



RW I: Konzentration eines Stoffes, bei der nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind

RW II wird toxikologisch abgeleitet

RW I berechnet aus RW II mit festem Divisionsfaktor 10

VOC

Toxikologisch basierte Richtwerte für Innenraumluft vom AIR (Ausschuss für Innenraumrichtwerte)

Quelle: UBA

Bis heute sind folgende Richtwerte festgelegt worden (ausführliche Begründung) ¹⁾				
Verbindung	Richtwert II ^{II}	Richtwert I ^I	Einheit	Jahr der Festlegung
Methylmethacrylat (CAS-Nr. 80-62-6)	2,10	1,10	mg/m ³	2021
Benzothiazol (CAS-Nr. 95-16-9)	nicht abgeleitet	15 (v)	µg/m ³	2020
Stickstoffdioxid (NO ₂ , CAS-Nr. 10102-44-0)	0,25 (60 Min-Wert)	0,080 (60 Min-Wert)	mg/m ³	2018
2-Phenoxyethanol (CAS-Nr. 122-99-6)	0,10	0,030	mg/m ³	2018
Tetrachlorethen (CAS-Nr. 127-18-4)	1,0	0,10	mg/m ³	2017
Propan-1,2-diol (CAS-Nr. 57-55-6)	0,60	0,060	mg/m ³	2017
C ₇ -C ₉ -Alkylbenzole (Summenrichtwert Toluol, Xylole und Ethylbenzol)	Siehe Erläuterungen im Text			2016
Toluol (CAS-Nr. 108-88-3) ^{II}	3,0	0,30	mg/m ³	2016
Formaldehyd (CAS-Nr. 50-00-0)	nicht abgeleitet	0,10	mg/m ³	2016
Xylole Summe (CAS-Nr. 95-87-6; 108-38-3; 106-42-3; 1330-20-7) ^{II}	0,80	0,10	mg/m ³	2015
Butanonoxim (CAS-Nr. 96-29-7)	60	20	µg/m ³	2015
2-Chlorpropan (CAS-Nr. 75-29-6)	8,0	0,80	mg/m ³	2015
Ethylacetat (CAS-Nr. 141-78-6)	6,0	0,60	mg/m ³	2014
1-Methyl-2-pyrrolidon (CAS-Nr. 872-50-4)	1,0	0,10	mg/m ³	2014
1-Butanol (CAS-Nr. 71-36-3)	2,0	0,70	mg/m ³	2014
2-Ethylhexanol (CAS-Nr. 104-76-7)	1,0 (v)	0,10 (v)	mg/m ³	2013
Ethylenglykolmonomethylether (EGME, CAS-Nr. 109-86-6)	0,20 [= 0,050 ppm]	0,020 [= 0,050 ppm]	mg/m ³	2013
Diethylglykolmethylether (DEGME, CAS-Nr. 111-77-3)	6,0 (v) [= 1,0 ppm]	2,0 (v)	mg/m ³	2013
Diethylglykoldimethylether (DEGDME, CAS-Nr. 111-96-6)	0,30 [= 0,060 ppm]	0,030	mg/m ³	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/m ³	2013
Diethylglykolmonoethylether (DEGEE, CAS-Nr. 111-90-0)	2,0 (v) [= 0,40 ppm]	0,70 (v)	mg/m ³	2013
Ethylenglykolbutylether (EGBE, CAS-Nr. 111-76-2)	1,0 [= 0,30 ppm]	0,10	mg/m ³	2013
Ethylenglykolbutyletheracetat (EGBEA, CAS-Nr. 112-07-2)	2,0 (v) [= 0,30 ppm]	0,20 (v)	mg/m ³	2013

Diethylglykolbutylether (DEGBE, CAS-Nr. 112-34-5)	1,0 (v) [= 0,20 ppm]	0,40 (v)	mg/m ³	2013
Ethylenglykolhexylether (EGHE, CAS-Nr. 112-25-4)	1,0	0,10	mg/m ³	2013
2-Propylenglykol-1-methylether (2PG1ME, CAS-Nr. 107-98-2)	10	1,0	mg/m ³	2013
Dipropylenglykol-1-methylether (DPGME, CAS-Nr. 34590-94-8; 13629-07-7; 20324-32-7; 13588-78-8; 45546-71-5)	7,0 (v) [= 1,0 ppm]	2,0 (v)	mg/m ³	2013
2-Propylenglykol-1-ethylether (2PG1EE, CAS-Nr. 1569-02-4)	3,0 [= 0,50 ppm]	0,30	mg/m ³	2013
2-Propylenglykol-1-terbutylether (2PG1tBE, CAS-Nr. 57018-52-7)	3,0 [= 0,50 ppm]	0,30	mg/m ³	2013
Default-Wert: Glykolether mit unzureichender Datenlage	50 (v) [= 0,050 ppm]	5,0 (v) [= 0,0050 ppm]	µl/m ³	2013
Naphthalin und Naphthalin-ähnliche Verbindungen	30 (v)	10 (v)	µg/m ³	2013
Acetaldehyd (CAS-Nr. 75-07-0)	1,0	0,10	mg/m ³	2013
Methylisobutylketon (CAS-Nr. 108-10-1)	1,0	0,10	mg/m ³	2013
Ethylbenzol (CAS-Nr. 100-41-4) ^{II}	2,0	0,20	mg/m ³	2012
Alkylbenzole, C ₉ -C ₁₅	1,0	0,10	mg/m ³	2012
Kresole	50	5,0	µg/m ³	2012
Phenol (CAS-Nr. 108-95-2)	0,20	0,020	mg/m ³	2011
2-Furaldehyd (CAS-Nr. 98-01-1)	0,10	0,010	mg/m ³	2011
Zyklische Dimethylsiloxane D ₃ -D ₆ (Summenrichtwert)	4,0	0,40	mg/m ³	2011
Benzaldehyd (CAS-Nr. 100-52-7)	0,20 (v)	0,020 (v)	mg/m ³	2010
Benzylalkohol (CAS-Nr. 100-51-6)	4,0	0,40	mg/m ³	2010
Monozyklische Monoterpene (Leitsubstanz d-Limonen)	10	1,0	mg/m ³	2010
Aldehyde, C ₈ bis C ₁₁ (gesättigt, azyklisch, aliphatisch)	2,0	0,10	mg/m ³	2009
dioxinähnliche PCB	Siehe Erläuterungen im Text			2007
C ₈ C ₁₀ -Alkane / Isoalkane (aromatenarm)	2,0	0,20	mg/m ³	2005
Terpene, bicyclisch (Leitsubstanz α-Pinen)	2,0	0,20	mg/m ³	2003
Tris(2-chlorethyl)phosphat (TCEP)	50	5,0	µg/m ³	2002
Dithiocyanato	Siehe Erläuterungen im Text			2000

VOC Bewertung von Gemischen

Sonstige	Tetrahydrofuran	n.n.
Summenparameter	Weitere Stoffe	320
Summenparameter	TVOC	390

Gemisch

Problem: Die Werte können bei **einzelstofflicher Betrachtung** jeweils unterhalb von Richt- und Orientierungswerten liegen, die Summe aller Komponenten aber eine nicht zu vernachlässigende Höhe erreichen. Deshalb ist die Betrachtung der **Summe von VOC** unerlässlich

Σ VOC (TVOC) – Konzentration $\mu\text{g m}^{-3}$	Wirkung
< 200	Keine Reizung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens
200 – 3.000	Reizung oder Beeinträchtigung des Wohlbefindens möglich, wenn Wechselwirkungen mit anderen Expositionsparametern gegeben ist
3.000 – 25.000	Exposition führt zu einer Wirkung, Kopfschmerzen möglich, wenn Wechselwirkungen mit anderen Expositionsparametern gegeben ist
> 25.000	Kopfschmerzen. Weitere neurotoxische Wirkungen Außer Kopfschmerzen möglich

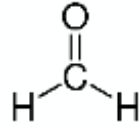
Die Innenraum-Hygienekommission schlägt folgende Beurteilungswerte vor:

RW II : TVOC – Konzentrationen von 2.000 – 3.000 $\mu\text{g m}^{-3}$ sollten nicht überschritten werden



RW I : TVOC – Konzentrationen von 200 – 300 $\mu\text{g m}^{-3}$ sollten als Ziel erreicht und möglichst unterschritten werden

Formaldehyd



Die ORSA VOC Röhrchen erfassen keine Aldehyde. => Orientierende Messung auf Formaldehyd notwendig.

Mögliche Quellen für Formaldehyd: Spannplatten und Holzbauteile in Möbeln, Türen, Harnstoff-formaldehydhaltige Ortschaften in Hohlraumfüllungen, Tapeten, Kleister, Zigarettenrauch ...

Insbesondere bei älteren Möbeln wurde Formaldehyd in Zusammenhang mit den Spanplatten eingesetzt, wurde dann aber zurückgedrängt.

Eine einfache Ermittlung kann z.B. durch Anwendung des Dräger Biocheck erfolgen

Für die Bewertung der Formaldehyd Konzentrationen können folgende Werte herangezogen werden:

- BfR Richtwert: 0,1ppm; 124 µg/m³ (Tolerierbare Luftkonz. Krebsrisiko 1/3.000.000 /80a)
- WHO Richtwert 0,08 ppm; 100 µg/m³ (keine gesundheitliche Beeinträchtigung)
- Richtwerte: RW I = 0,08 ppm; 100 µg/m³ (UBA)
- Die Geruchsschwelle liegt bei 0,125 ppm (160 µg/m³)
- Geruchsempfindliche Menschen können schon 0,05 ppm (60 µg/m³) Formaldehyd wahrnehmen.
- AGW: 0,3 ppm (2)



Abb.: Ablesung der Wertebereiche mittels Indikatorstreifen



Einstufung nach GHS:
CMR
carc.1B; muta 2



Chemikalien / Arbeitsplatzgrenzwert

- Der **AGW** ist der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffs in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum (8h). Er gibt an, bis zu welcher Konzentration eines Stoffs akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit von Beschäftigten **im Allgemeinen** nicht zu erwarten sind.
- Aufgestellt vom AGS und untergeordneten Gremien
- Für Stoffe mit einer Wirkschwelle
- Veröffentlichung in der TRGS 900



Weitere Grenzwerte als Bewertungsmaßstab

MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
BGW	Biologischer Grenzwert
ARW	Arbeitsplatzrichtwerte
ILV	Indicative limit value
BLV	binding limit value
TWA	Time weight average
DNEL	Derived no effect level
DMEL	Derived minimum effect Level
PNEC	Predicted no effect concentration
ERB	Expositions Risiko Beziehung
BAT	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert
NOEC	No observed effect concentration
NEL	No effect level
NOEL	No observed effect level
NOAEL	No observed adverse effect level
LOAEL	Lowest observed adverse effect level



Chemikalien - aktive Messung

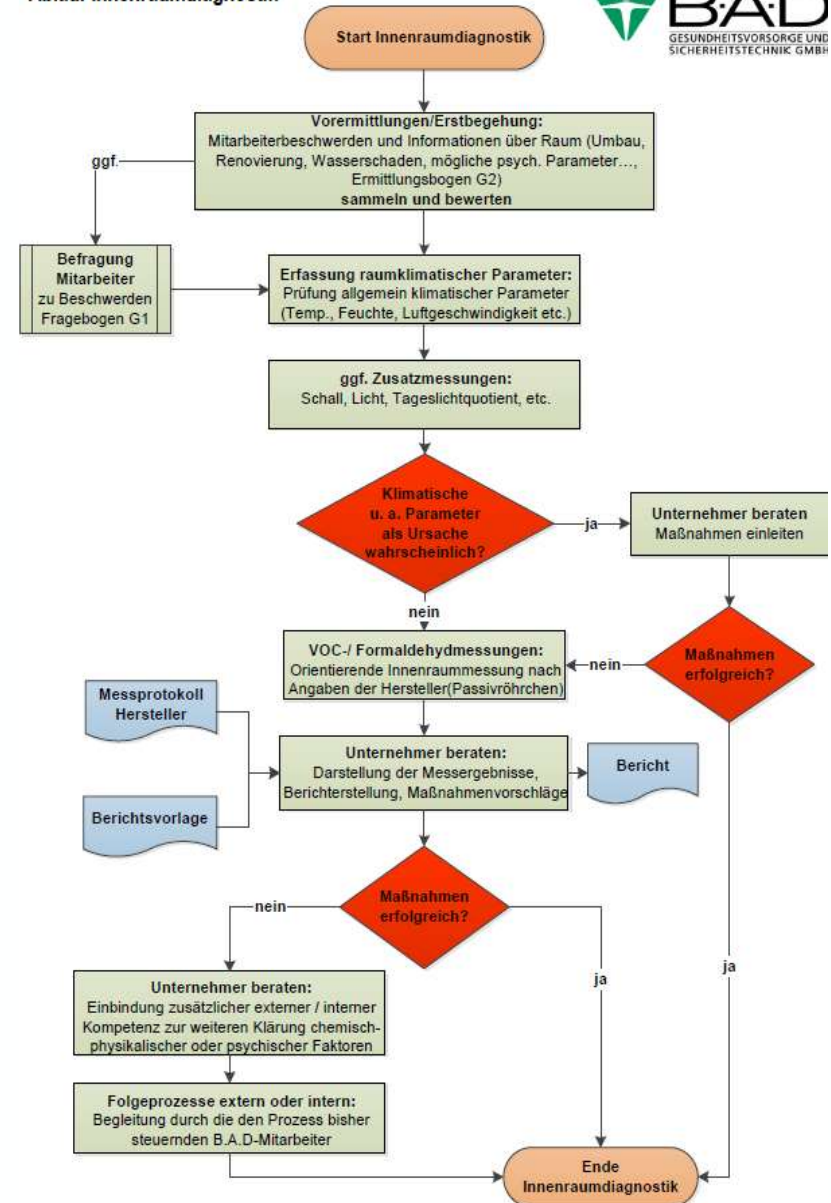
Aktive Probennahme

- Kurzzeit Proberöhrchen z.B. Dräger
- Luftdurchfluss mittels Pumpe (z. B. Dräger accuro)



B·A·D Dienstleistung: Bestandteile

1. Vorermittlung (andere Störquellen etc.)
2. Beprobung, Versand zur Messung im Labor
3. Auswertung / Interpretation Messergebnisse
4. Protokoll, Berichterstellung
5. Ggf. Abstimmung weiterer Maßnahmen





Frank Seltenreich
Gesundheitszentrum Heidelberg
frank.seltenreich@bad-gmbh.de

Simon Kraft
Gesundheitszentrum Mannheim
simon.kraft@bad-gmbh.de

Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.