

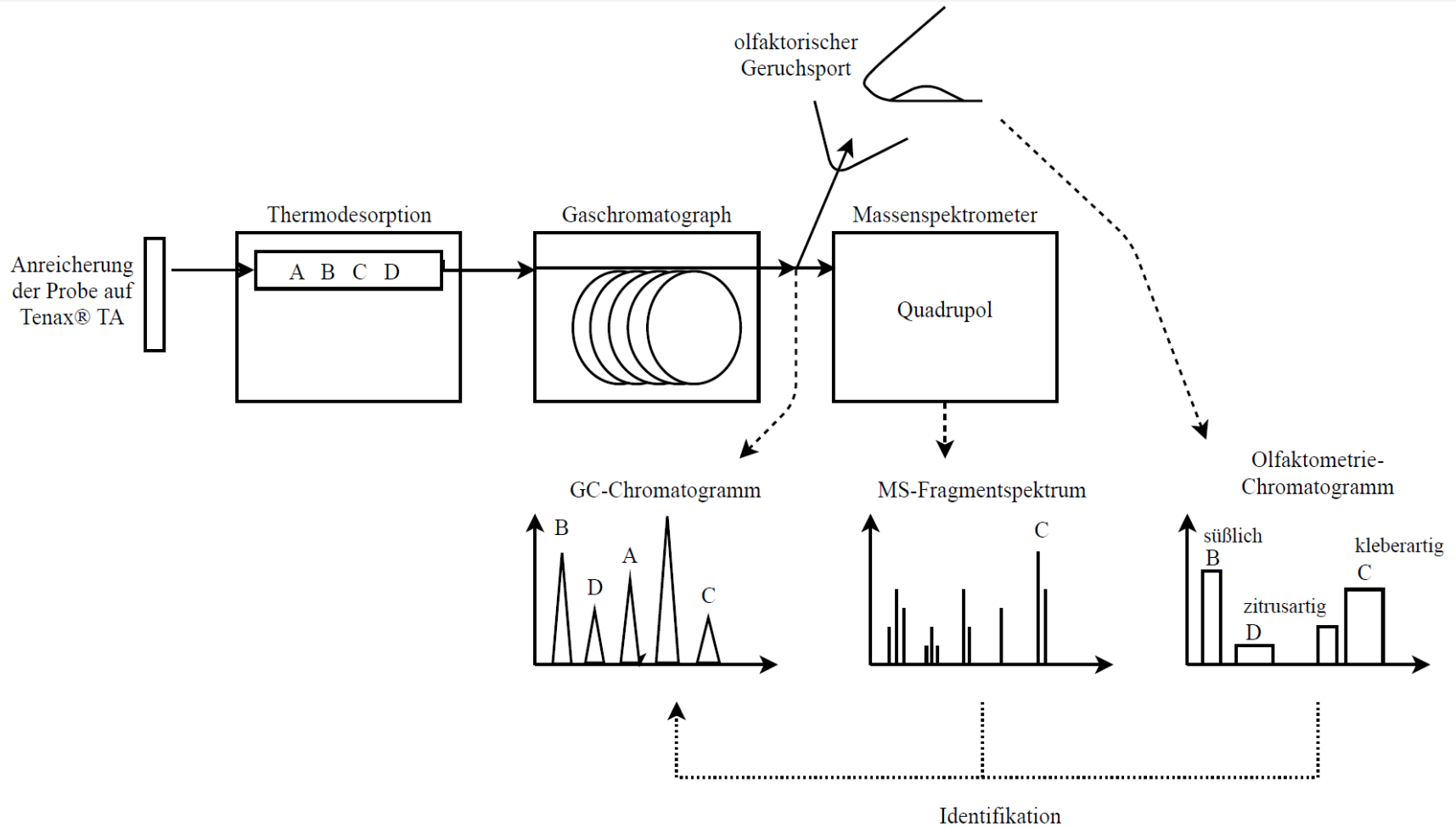
# Aufklärung von Geruchsproblemen in Innenräumen mittels Sniffing GC-MS anhand von Fallbeispielen

Matthias Schmidt, Jörg Thumulla, anbus analytik GmbH, Fürth

- Isononanole aus Klebstoffen (Salarium)
- Abbauprodukte von Klebstoffen/Teppichböden (Bürogebäude)
- Schwefelverbindungen aus Polysulfiddichtstoffen (Fenster)
- ~~Dodecenisomere?~~ aus Teppichböden



# Funktionsweise



# Isononanole aus Klebstoffen (Salarium)



- Sind die Geruchsbelästigungen im Salarium „xyz“ im Zeitraum Oktober 2015 bis Januar 2016 auf den verwendeten Kleber xyz zurückzuführen?
- Können Wechselwirkungen mit anderen Baumaterialien (mit-)ursächlich gewesen sein, insbesondere unter Berücksichtigung, dass intensivstes Lüften über mehrere Wochen keine Verbesserung brachte und nach dem Einbau eines neuen Salariums abermals Geruchsbelästigungen aufgetreten sind?
- War der Kleber für die konkrete Verwendung grundsätzlich geeignet?
- Können Besonderheiten bzw. Auffälligkeiten der tatsächlich verwendeten Kartuschen gegenüber durchschnittlichen Kartuschen aus einer beliebigen Charge festgestellt werden?
- War der eingesetzte Kleber noch „haltbar“ oder können die Probleme ggf. auf unsachgemäße Lagerung des Klebers zurückgeführt werden?

# Isononanole aus Klebstoffen (Salarium)

| Substanz   | Kleberreste von Salzstein (RSP SV Schreiner) [mg/kg] | Kleber (RSP SV Schreiner) [mg/kg] | Kleber (RSP Klägerin) [mg/kg] | Kleber (RSP Eigentümerin Salzoase) [mg/kg] | Kleber (beliebige Charge) [mg/kg] |
|--|--|-----------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
|  | voll ausgeh.   | z.T. ausgeh. (pastös)             | z.T. ausgeh. (pastös)         | voll ausgeh.                               | Originalzustand                   |
| Diisononylphthalat-Isomere                                     | 56.308   | 259.815                           | 36.498                        | 38.399                                     | 59.703                            |
| Nonanol und dessen Isomere – Alkohole mit einer Kettenlänge C9 | 41.697   | 120.194                           | 40.536                        | 21.989                                     | 112.354                           |
| Methylisooctylphthalate und andere Phtalsäureester             | 49.506   | 167.976                           | 26.260                        | 34.716                                     | 76,441                            |
| Dimethylphthalat   | 1.775  | 5.226                             | 4.102                         | 3.558                                      | 11.331                            |
| Iso-Alkohole und Alkohole                                      | 420  | 659                               | 458                           | 427  | ----                              |
| Summe der desorbierten organischen Verbindungen                | 162.871  | 595.188                           | 128.757                       | 110.108                                    | 302.585                           |

# Isononanole aus Klebstoffen (Salarium)

| Substanz  | Raumluft<br>Salarium<br>[µg/m³]      | Kleberreste<br>von Salzstein<br>(RSP SV S)<br>[µg/m³] | Kleber (RSP SV<br>S) [µg/m³]        | Kleber (RSP<br>Klägerin)<br>[µg/m³] | Kleber (RSP<br>Eigentümerin<br>Salzoase)<br>[µg/m³] | Kleber<br>(beliebige<br>Charge)<br>[µg/m³] |
|---|--------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
|   | ---                                  | voll ausgeh.  | z.T. ausgeh.<br>(pastös)            | z.T. ausgeh.<br>(pastös)            | voll ausgeh.  | Original-<br>zustand                       |
| <b>Kurzzeit-Emissionen beim Trocknen des Klebers</b>  |                                      |   |                                     |                                     |   |  |
| Summe Aliphaten   | 1,0                                  | 34  | 2924                                | 2897                                | 447   | 604  |
| Summe Aromaten  | 4,4                                  | 15  | 1101                                | 1364                                | 83  | 52   |
| Summe Siloxane  | <2                                   | 14  | 542                                 | 696                                 | 265   | 110  |
| 1-Propanol  | <2                                   | 14  | 1260                                | 3570                                | 122   | 31   |
| 1-Butanol   | 1,3                                  | 5,3   | 303                                 | 321                                 | 14  | 1,1  |
| 1-Methoxy-2-propanol  | <2                                   | <2  | 916                                 | 1350                                | 6,0   | <2   |
| Methylmethacrylat   | <1                                   | 2,5   | 1480                                | 1650                                | 1,9   | <1   |
| <b>Langzeit-Emissionen nach dem Trocknen des Klebers</b>  |                                      |   |                                     |                                     |   |  |
| 2-Ethylhexanol  | 21                                   | 102   | 580                                 | 636                                 | 456   | 31   |
| Iso-Nonanole und weitere<br>Isoalkohole im<br>Retentionsbereich zwischen<br>27 und 32 Minuten<br>(semiquantitativ in Toluol-<br>Äquivalenten) | ca. 1<br>(olf. Nachw.<br>+ Sniff-GC) | 6160<br>(olf. Nachw. +<br>Sniff-GC)                   | 9000<br>(olf. Nachw. +<br>Sniff-GC) | 7700<br>(olf. Nachw.)               | 6100<br>(olf. Nachw.)                               | 7040<br>(olf. Nachw.)                      |

# Isononanole aus Klebstoffen (Salarium)

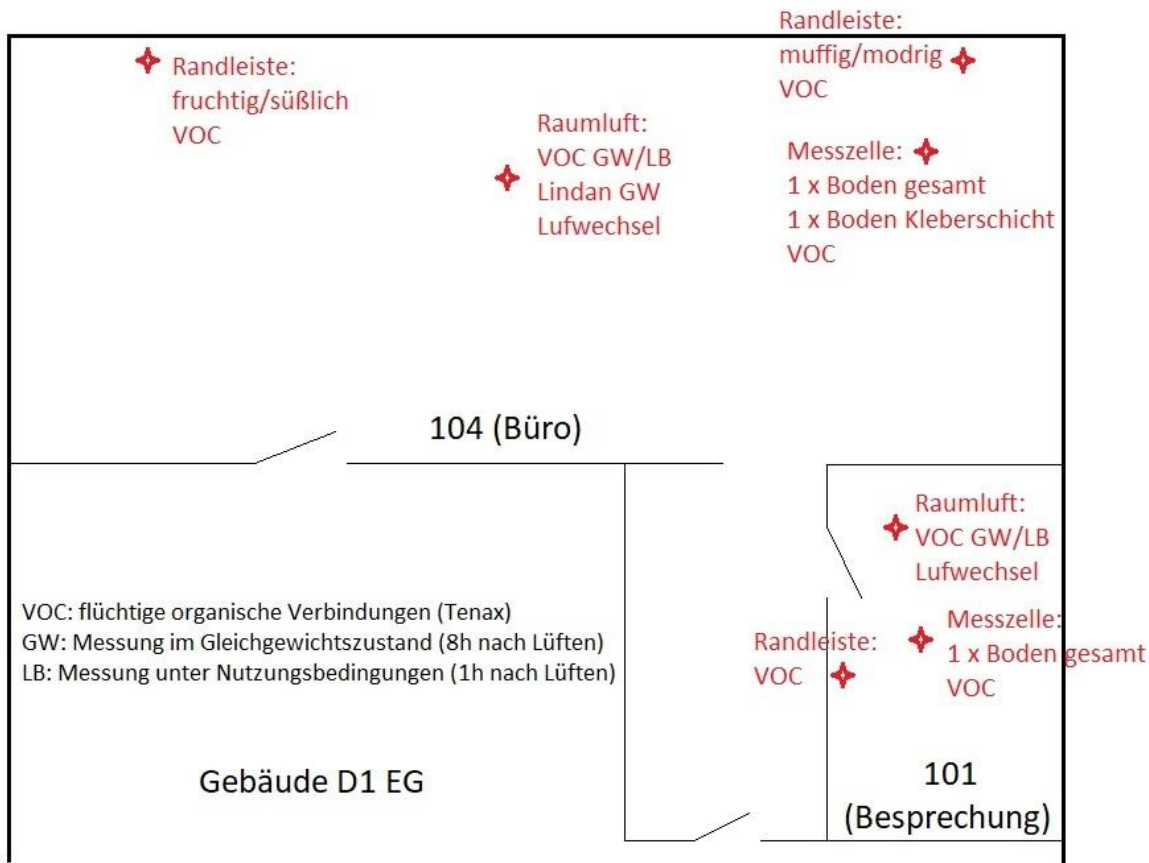
- Geruch: Geruch ist auf Langzeitemissionen von Isononanolen zurückzuführen (alkoholartig/säuerlich/aromatisch)
- mögliche Eintragswege:
  - Verunreinigung der Ausgangsprodukte: Isononanole als Restverunreinigung bei der Veresterung zu Weichmachern
  - Hydrolytische Spaltung der Weichmacher im Produktionsprozess
- weitere Feststellungen:
  - Einflussfaktoren wie Material, Verarbeitungsbedingungen und Lagerung haben keinen relevanten Einfluss auf die Isononanolbildung
  - Aufgrund des Emissionsverhaltens ist der Kleber nicht zu großflächigen Anwendung in Innenräumen geeignet



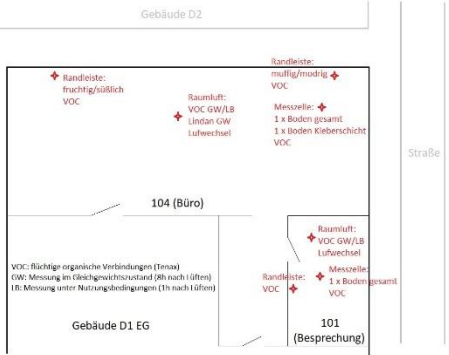


# Abbauprodukte von Klebstoffen/Teppichböden (Bürogebäude)

Gebäude D2



- Liegen in den Räumen Schadstoffkonzentrationen in toxikologisch relevanten Konzentrationen vor?
- Auf welche Ursachen sind die von den Mitarbeitern bemängelten Geruchsbelästigungen zurückzuführen?
- Welche konkreten Maßnahmen führen zu einer Reduktion der von den Mitarbeitern bemängelten Gerüchen?



# Abbauprodukte von Klebstoffen/Teppichböden (Bürogebäude)

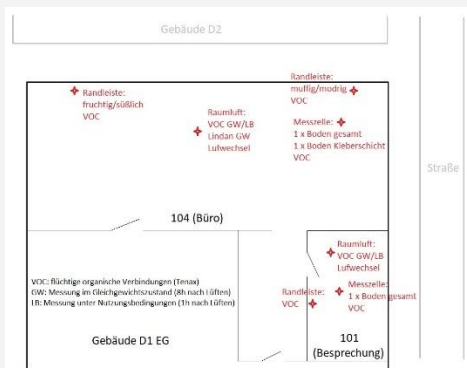
| Stoff               | BG      | 104 RL<br>Gleich-<br>gewichts-<br>zustand | 104 RL<br>Nutzungs-<br>bedingungen | 104<br>Randleiste<br>Außenwand<br>Bereich<br>Teeküche | 104<br>Randleiste<br>Außenwand-<br>eck | 104<br>Randleisten<br>aus<br>statischen<br>Messzellen | 104<br>Bodenauf-<br>bau gesamt<br>Messzelle |
|---------------------|---------|---|------------------------------------|---|--|---|---|
|                     | [µg/m³] | [µg/m³]                                   | [µg/m³]                            | [µg/m³]   | [µg/m³]                                | [µg/m³]   | [µg/m³]                                     |
| <b>Alkohole</b>     |         |   |                                    |   |  |   |   |
| 1-Butanol           | 1       | 31  | 12                                 | 20  | 21                                     | 16  | 68  |
| 2-Ethylhexanol      | 1       | 30  | 15                                 | 61  | 138                                    | 111   | 92  |
| 1-Nonanol           | 2       | <   | <                                  | <   | <                                      | <   | <   |
| <b>Carbonsäuren</b> |         |   |                                    |   |  |   |   |
| Essigsäure          | 5       | 56  | 60                                 | 48  | 43                                     | 31  | 32  |
| Propionsäure        | 2       | 6,1                                       | 5,1                                | <   | <                                      | <   | 5,0   |
| Butansäure          | 2       | <   | <                                  | <   | <                                      | <   | 5,8   |
| Hexansäure          | 2       | 9,1                                       | 5,7                                | <   | <                                      | 5,3   | 7,3   |
| <b>Ketone</b>       |         |   |                                    |   |  |   |   |
| Methylethylketon    | 1       | 70  | 23                                 | 17  | 16                                     | 31  | 40  |
| 3-Heptanon          | 1       | 5,3                                       | 2,1                                | 3,1   | 2,7                                    | 2,9   | 31  |
| Acetophenon         | 1       | 3,4                                       | 2,5                                | 3,4   | 2,6                                    | 2,7   | 3,0   |



# Abbauprodukte von Klebstoffen/Teppichböden (Bürogebäude)

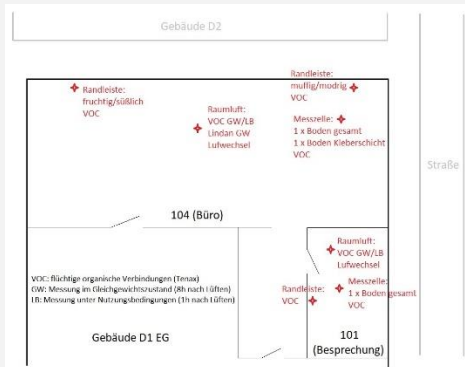
| Retentions-zeit<br>[min] | 104 RL<br>Gleichgewichtszustand         | 104 Randleiste<br>Außenwand<br>Bereich Teeküche | 104<br>Randleiste<br>Außenwand          | 104<br>Randleisten<br>aus statischen<br>MZ | 104<br>Bodenaufbau<br>gesamt MZ | Bemerkung   | identifizierte<br>Substanzen<br>(Bibliotheksrecherche)              |
|--------------------------|---|---|---|--|---------------------------------|---|---|
| 25.60 -<br>25.82         | ---                                     | säuerlich/<br>marzipanartig                     | ---                                     | säuerlich/<br>marzipanartig                | ---                             | geringfügig im Raum 104<br>wahrnehmbar  | Identifizierung aufgrund<br>von Peaküberlagerungen<br>nicht möglich |
| 26.92 -<br>27.80         | aromatisch/<br>säuerlich/<br>metallisch | aromatisch/<br>säuerlich/<br>metallisch         | aromatisch/<br>säuerlich/<br>metallisch | aromatisch/<br>säuerlich/<br>metallisch    | ---                             | dominierender<br>Geruchseindruck im Raum<br>104   | Peaküberlagerung<br>Ethylhexansäure und<br>Methoxyphenol            |
| 27.52-<br>27.99          | ---                                     | ---   | ---                                     | ---  | dumpf/aroma-<br>tisch           | dominierender<br>Geruchseindruck unterhalb<br>der Messzelle auf dem<br>Bodenaufbau (im Raum<br>104 nicht wahrnehmbar) | Dodecenisomere (C12)  |
| 31.67 -<br>32.65         | süßlich/<br>aromatisch                  | süßlich/<br>aromatisch                          | süßlich/<br>aromatisch                  | süßlich/<br>aromatisch                     | süßlich/<br>aromatisch          | geringfügig im Raum 104<br>wahrnehmbar  | Isoalkohole und<br>Naphthalinverbindungen                           |
| 32.55 -<br>32.88         | ---                                     | ---   | muffig/grasa-<br>rtig                   | muffig/grasarti-<br>g                      | ---                             | dominierender<br>Geruchseindruck hinter<br>der Randleiste<br>Außenwanddeck (im Raum<br>104 nicht wahrnehmbar)         | Identifizierung aufgrund<br>von Peaküberlagerungen<br>nicht möglich |

# Abbauprodukte von Klebstoffen/Teppichböden (Bürogebäude)



| Retentionszeit [min] | 101 RL Gleichgewichts-zustand | 101 Bodenaufbau gesamt Messzelle | Bemerkung                        | identifizierte Substanzen (Bibliotheksrecherche)      |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| 25.48-25.59          | dumpf/grasartig               | dumpf/grasartig/alkoholisch      | deutlich in Raum 101 wahrnehmbar | 6-Methyl-5-Hepten-2-on                                |
| 28.21.-28.33         | dumpf/muffig/aromatisch       | dumpf/muffig/aromatisch          | deutlich in Raum 101 wahrnehmbar | Acetophenon mit Überlagerung einer Schwefelverbindung |
| 28.81-29.22          | metallisch/kohlartig/dumpf    | metallisch/kohlartig/dumpf       | deutlich in Raum 101 wahrnehmbar | verschiedene Dodecenisomere (C12)                     |

# Abbauprodukte von Klebstoffen/Teppichböden (Bürogebäude)



| Raum                      | ermittelte<br>Luftwechselrate<br>[1/h] | notwendige<br>Lüftung zum<br>Feuchteschutz<br>z [m³/h] | notwendige<br>Lüftung zum<br>Feuchteschutz<br>[1/h] | notwendige<br>Nennlüftung<br>[m³/h] | notwendige<br>Nennlüftung<br>[1/h] |
|---------------------------|--|--|---|-------------------------------------|------------------------------------|
| 101<br>(Besprechungsraum) | 0,08                                   | 15   | ca. 0,28  | 55                                  | ca. 1,04                           |
| 104 (Büro)                | 0,04                                   | 55   | ca. 0,14  | 185                                 | ca. 0,46                           |

# Schwefelverbindungen aus Polysulfiddichtstoffen (Fenster)



# Schwefelverbindungen aus Polysulfidichtstoffen (Fenster)



- Probe 1: umlaufende Flügeldichtung (breit/schwarz) – *olfaktorisch unauffällig*
- Probe 2: Überslagsdichtung von Aluprofil (schmal/schwarz) – *olfaktorisch unauffällig*
- Probe 3: Silikon Aluprofil-Fenster außen (grau/dünn) – ***olfaktorisch auffällig***
- Probe 4: Verlegeband außen (Schaumstoff/breit) – ***olfaktorisch auffällig***
- Probe 5: Silikon zwischen Scheibe und Flügel (Fixierungshilfe) – ***olfaktorisch auffällig***
- Probe 6: Silikon Scheibe-Flügel innen (grau/dünn) – ***olfaktorisch auffällig***
- Probe 7: Dichtmasse Scheibe (schwarz/Polysulfid Dichtstoff) – ***olfaktorisch auffällig***
- Probe 8: Stulpendichtung (breit/grau) – *olfaktorisch unauffällig*

# Schwefelverbindungen aus Polysulfiddichtstoffen (Fenster)

| Proben-<br>bezeichnung                                     | P1                          | P2              | P3                                | P4                                   | P5                                  | Gesamtbewertung  |
|--|-----------------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| <b>3 – Silikon<br/>Aluprofil-Fenster<br/>außen</b>         | 2,5                         | 3,0             | 3,0                               | 4,0                                  | 3,0                                 | 3 (deutlich wahrnehmbar, aber noch nicht störend)  |
|  | wie Nr. 7 + Nr. 6           | LSM             | LSM                               | süßlich + wie Nr. 7                  | Plastik / rauchig                   | lösungsmittelartig/süßlich mit geringer Sekundärkontamination von Probe 7  |
| <b>4 – Verlegeband<br/>außen</b>                           | 3,5                         | 4,0             | 4,0                               | 6,0                                  | 4,0                                 | 4-5 (störend bis stark störend)  |
|  | wie Nr. 7                   | süßlich         | Gummi + wie Nr. 7                 | wie Nr. 7                            | wie Nr. 7                           | süßlich mit mittlerer Sekundärkontamination von Probe 7  |
| <b>5 – Dichtkleber<br/>zwischen Scheibe<br/>und Flügel</b> | 4,5                         | 2,0             | 4,5                               | 5,5                                  | 3,5                                 | 4 (störend)  |
|  | wie Nr. 7                   | Gummi-<br>artig | wie Nr. 7                         | wie Nr. 7                            | wie Nr. 7                           | hohe Sekundärkontamination von Probe 7   |
| <b>6 – Silikon<br/>Scheibe-Flügel<br/>innen</b>            | 3,5                         | 2,0             | 3,5                               | 4,0                                  | 2,0                                 | 3 (deutlich wahrnehmbar, aber noch nicht störend)  |
|  | Süßlich / LSM               | gummi-<br>artig | LSM                               | süßlich /<br>unangenehm              | süßlich /<br>Plastikartig           | lösungsmittelartig/süßlich   |
| <b>7 – Polysulfid<br/>Dichtstoff<br/>schwarz, Scheibe</b>  | 5,5                         | 4,5             | 5,0                               | 6,0                                  | 3,0                                 | 5 (stark störend)  |
|  | scharf /<br>kresseartig     | stechend        | ranzige<br>Erdnuss /<br>säuerlich | chemisch /<br>beißend /<br>säuerlich | chemisch /<br>scharf /<br>muffig    | scharf/stechend/beißend und<br>säuerlich/chemisch/erdnussartig –<br>wurde von allen Probanden als der<br>Störgeruch des Gesamt-<br>Fensteremissionen identifiziert |
| <b>Fenster gesamt<br/>(Prüfkammer)</b>                     | 4,5                         | 6,0             | 4,0                               | 5,5                                  | 4,0                                 | 5 (stark störend)  |
|  | säuerlich /<br>scharf / LSM | ranziges<br>Öl  | säuerlich /<br>ranzige<br>Erdnuss | säuerlich /<br>ranzige<br>Erdnuss    | säuerlich /<br>chemisch /<br>scharf | scharf und säuerlich/ranzig  |

|        |           |   |            |       |    |        |          |   |            |        |    |
|--------|-----------|---|------------|-------|----|--------|----------|---|------------|--------|----|
| 26.895 | 1304292   |   |            | 0,6   |    | 26.923 | 21552119 |   |            | 38,1   |    |
|        |           | Acetophenone \$<br>Ethanone, 1-phenyl-  | 98-86-2    |       | 95 |        |          | Acetophenone \$<br>Ethanone, 1-phenyl-  | 98-86-2    |        | 89 |
|        |           | Acetophenone \$<br>Ethanone, 1-phenyl-  | 98-86-2    |       | 94 |        |          | Acetophenone \$<br>Ethanone, 1-phenyl-  | 98-86-2    |        | 87 |
|        |           | Acetophenone \$<br>Ethanone, 1-phenyl-  | 98-86-2    |       | 94 |        |          | Acetophenone \$<br>Ethanone, 1-phenyl-  | 98-86-2    |        | 87 |
| 27.061 | 3029850   |   |            | 1,4   |    | 27.051 | 37694718 |   |            | 66,7   |    |
|        |           | Bicyclo[8.2.0]dodecane,<br>11,11-dimethyl- \$<br>11,11-Dimethylbicyclo[8.2.0]do-<br>decane #            | 62338-29-8 |       | 83 |        |          | Bicyclo[8.2.0]dodecane,<br>11,11-dimethyl- \$<br>11,11-Dimethylbicyclo[8.2.0]do-<br>decane #            | 62338-29-8 |        | 84 |
|        |           | Cyclooctene, 1,2-<br>dimethyl- \$ 1,2-<br>Dimethyl-1-cyclooctene<br>#                                   | 54299-96-6 |       | 83 |        |          | Cyclooctene, 1,2-<br>dimethyl- \$ 1,2-<br>Dimethyl-1-cyclooctene<br>#                                   | 54299-96-6 |        | 83 |
|        |           | Cyclododecanol  | 1724-39-6  |       | 82 |        |          | Cyclododecanol  | 1724-39-6  |        | 83 |
| 27.708 | 214142763 |   |            | 100,8 |    | 27.740 | #####    |   |            | 3008,9 |    |
|        |           | 3-(Methylthio)propanoic<br>acid methyl ester \$<br>Propionic acid, 3-<br>(methylthio)-, methyl<br>ester | 13532-18-8 |       | 79 |        |          | 3-(Methylthio)propanoic<br>acid methyl ester \$<br>Propionic acid, 3-<br>(methylthio)-, methyl<br>ester | 13532-18-8 |        | 74 |
|        |           | 3-(Methylthio)propanoic<br>acid methyl ester \$<br>Propionic acid, 3-<br>(methylthio)-, methyl<br>ester | 13532-18-8 |       | 79 |        |          | Butanoic acid, 4-<br>(methylthio)- \$ 4-<br>(Methylsulfonyl)butanoic<br>acid #                          | 32391-97-2 |        | 74 |
|        |           | 3-(Methylthio)propanoic<br>acid methyl ester \$<br>Propionic acid, 3-<br>(methylthio)-, methyl<br>ester | 13532-18-8 |       | 79 |        |          | 2-[(2-(Butane-1-<br>sulfonyl)ethyl)sulfonyl]e-<br>thanol  | 0-00-0     |        | 74 |

kuhstallartig / widerlich

scharfe  
Geruchskomponente des  
störenden Fenstergeruchs

# Schwefelverbindungen aus Polysulfiddichtstoffen (Fenster)

|        |           |   |            |       |    |        |       |   |            |        |    |
|--------|-----------|---|------------|-------|----|--------|-------|---|------------|--------|----|
| 27.708 | 214142763 |   |            | 100,8 |    | 27.740 | ##### |   |            | 3008,9 |    |
|        |           | 3-(Methylthio)propanoic<br>acid methyl ester \$<br>Propionic acid, 3-<br>(methylthio)-, methyl<br>ester | 13532-18-8 |       | 79 |        |       | 3-(Methylthio)propanoic<br>acid methyl ester \$<br>Propionic acid, 3-<br>(methylthio)-, methyl<br>ester | 13532-18-8 |        | 74 |



| Fenster gesamt |          |  |           |                  |      | schwarzer Dichtkleber - Polysulid Dichtstoff |           |   |            |                  |      |  |
|----------------|----------|--|-----------|------------------|------|--|-----------|---|------------|------------------|------|--|
| RT             | Area     | Substanz                                       | CAS#      | Konz.<br>[mg/m³] | Qual | RT   | Area      | Substanz  | CAS#       | Konz.<br>[mg/m³] | Qual |  |
| 33.128         | 75848629 |  |           | 35,7             |      | 33.204                                       | 838734457 |   |            | 1483,9           |      | kresseartige<br>Geruchskomponente<br>des störenden<br>Fenstergeruchs |
|                |          | [1,4,5]Oxadithiepane \$<br>1,4,5-Oxadithiepane | 3886-40-6 |                  | 72   |  |           | [1,4,5]Oxadithiepane \$<br>1,4,5-Oxadithiepane  | 3886-40-6  |                  | 58   |  |
|                |          | [1,4,5]Oxadithiepane \$<br>1,4,5-Oxadithiepane | 3886-40-6 |                  | 70   |  |           | 2-Propanol, 1-[(2-<br>hydroxyethyl)thio]- \$ 1-<br>[(2-<br>Hydroxyethyl)sulfonyl]-<br>2-propanol #  | 1757979,00 |                  | 57   |  |
|                |          | 1,3-Oxathiolane \$ 1,3-<br>Oxathiole, dihydro- | 2094-97-5 |                  | 64   |  |           | Ethanol, 2,2'-dithiobis- \$<br>Ethanol, 2,2'-dithiodi-  | 1892-29-1  |                  | 57   | leicht widerlich   |
|                |          |  |           |                  |      | 34.021                                       | 2953804   |   |            | 5,2              |      |  |
|                |          |  |           |                  |      |  |           | Benzamide, N-methyl-N-<br>(3-<br>nitrobenzyliden)hydrazin<br>ocarbonylmethyl)- \$ N-<br>Methyl-N-(2-[(2E)-2-(3-<br>nitrobenzylidene)hydraz<br>ino]-2-<br>oxoethyl)benzamide # | 0-00-0     |                  | 79   |  |
|                |          |  |           |                  |      |  |           | 1,3-Butanedione, 2-<br>methyl-1-phenyl- \$ 2-<br>Methyl-1-phenyl-1,3-<br>butanedione #  | 6668-24-2  |                  | 77   |  |
|                |          |  |           |                  |      |  |           | 1(3H)-<br>Isobenzofuranone \$<br>Phthalide  | 87-41-2    |                  | 76   |  |

**Schwefelverbindungen aus Polysulfiddichtstoffen (Fenster)**

| Fenster gesamt |          |  |           |                  |      | schwarzer Dichtkleber - Polysulid Dichtstoff |           |  |           |                  |      |
|----------------|----------|--|-----------|------------------|------|--|-----------|--|-----------|------------------|------|
| RT             | Area     | Substanz                                       | CAS#      | Konz.<br>[mg/m³] | Qual | RT   | Area      | Substanz                                       | CAS#      | Konz.<br>[mg/m³] | Qual |
| 33.128         | 75848629 |  |           | 35,7             |      | 33.204                                       | 838734457 |  |           | 1483,9           |      |
|                |          | [1,4,5]Oxadithiepane \$<br>1,4,5-Oxadithiepane | 3886-40-6 |                  | 72   |  |           | [1,4,5]Oxadithiepane \$<br>1,4,5-Oxadithiepane | 3886-40-6 |                  | 58   |

# ~~Dodecenisomere? aus Teppichböden~~

abschließende Ergebnisse werden 2019 veröffentlicht

