

## DIN ISO 16000-23



Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5.

ICS 13.040.20

Einsprüche bis 2018-01-17

**Entwurf**

**Innenraumluftverunreinigungen –  
Teil 23: Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung  
von Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien  
(ISO/DIS 16000-23:2017);  
Text Deutsch und Englisch**

Indoor air –

Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials (ISO/DIS 16000-23:2017);

Text in German and English

Air intérieur –

Partie 23: Essai de performance pour l'évaluation de la réduction des concentrations en formaldéhyde par des matériaux de construction sorptifs (ISO/DIS 16000-23:2017);

Texte en allemand et anglais

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [krdl@din.de](mailto:krdl@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an die VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, 40002 Düsseldorf, Postfach 10 11 39, VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 74 Seiten

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss

## Inhalt

|                                                                                                         | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nationales Vorwort.....                                                                                 | 4     |
| Vorwort .....                                                                                           | 6     |
| Einleitung .....                                                                                        | 9     |
| 1 Anwendungsbereich.....                                                                                | 10    |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                          | 10    |
| 3 Begriffe .....                                                                                        | 11    |
| 4 Symbole und Abkürzungen.....                                                                          | 14    |
| 5 Grundlage .....                                                                                       | 15    |
| 6 Geräte und Materialien.....                                                                           | 15    |
| 7 Prüfbedingungen .....                                                                                 | 17    |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                                   | 17    |
| 7.2 Prüfbedingungen für die Bestimmung der Konzentrationsminderungsleistung.....                        | 17    |
| 7.2.1 Temperatur und relative Feuchte .....                                                             | 17    |
| 7.2.2 Qualität der Versorgungsluft und Hintergrundkonzentration.....                                    | 17    |
| 7.2.3 Massentransferkoeffizient .....                                                                   | 18    |
| 7.2.4 Flächenspezifische Belüftungsrate und Luftaustauschrate .....                                     | 18    |
| 7.2.5 Konzentration in der Versorgungsluft.....                                                         | 18    |
| 7.3 Faktoren, die die Minderungsleistung beeinflussen .....                                             | 18    |
| 7.3.1 Allgemeines .....                                                                                 | 18    |
| 7.3.2 Einflüsse durch Temperatur und Feuchte.....                                                       | 18    |
| 7.3.3 Einfluss der Konzentration der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) in der Versorgungsluft..... | 18    |
| 7.3.4 Einfluss von störenden Gasen .....                                                                | 19    |
| 8 Überprüfung der Prüfbedingungen.....                                                                  | 19    |
| 8.1 Kontrolle der Prüfbedingungen .....                                                                 | 19    |
| 8.2 Luftdichtheit der Prüfkammer .....                                                                  | 19    |
| 8.3 Luftaustauschrate in der Prüfkammer .....                                                           | 19    |
| 8.4 Effektivität der Luftdurchmischung innerhalb der Prüfkammer .....                                   | 19    |
| 8.5 Wiederfindung.....                                                                                  | 19    |
| 9 Vorbereitung der Prüfkammer .....                                                                     | 20    |
| 10 Vorbereitung der Prüfstücke .....                                                                    | 20    |
| 11 Prüfverfahren .....                                                                                  | 20    |
| 11.1 Hintergrundkonzentration und dotierte Versorgungsluft.....                                         | 20    |
| 11.2 Positionieren des Prüfstücks in die Prüfkammer .....                                               | 20    |
| 11.3 Zeitintervalle zur Messung der Konzentration in der Prüfkammer.....                                | 21    |
| 11.3.1 Prüfung auf Konzentrationsminderung der zu untersuchenden Verbindung(en) .....                   | 21    |
| 11.3.2 Langzeitprüfung zur Minderungsleistung.....                                                      | 21    |
| 11.3.3 Faktoren, die die Minderungsleistung beeinflussen .....                                          | 21    |
| 11.4 Luftprobenahme .....                                                                               | 21    |
| 12 Bestimmung der zu untersuchenden Verbindung(en).....                                                 | 22    |
| 13 Darlegung der Ergebnisse .....                                                                       | 22    |

|                                                                                                |                                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 13.1                                                                                           | Berechnung der flächenspezifischen Minderungsrate.....                                                   | 22        |
| 13.2                                                                                           | Berechnung der äquivalenten Belüftungsrate je Fläche.....                                                | 22        |
| 13.3                                                                                           | Berechnung der Gesamtsorptionsmasse je Fläche und der Sättigungsmasse je Fläche .....                    | 22        |
| 14                                                                                             | Prüfbericht.....                                                                                         | 23        |
| <b>Anhang A (normativ) Prüfung mit dem Probenrohr für die Langzeitminderungsleistung .....</b> |                                                                                                          | <b>25</b> |
| A.1                                                                                            | Kurzbeschreibung.....                                                                                    | 25        |
| A.1.1                                                                                          | Allgemeines .....                                                                                        | 25        |
| A.1.2                                                                                          | Minderung der zu untersuchenden Verbindung(en) durch physikalische Sorption .....                        | 25        |
| A.1.3                                                                                          | Minderung der zu untersuchenden Verbindung(en) durch Chemisorption und/oder<br>Zersetzungsreaktion ..... | 25        |
| A.2                                                                                            | Geräte und Materialien .....                                                                             | 26        |
| A.3                                                                                            | Prüfbedingungen .....                                                                                    | 27        |
| A.3.1                                                                                          | Konzentration in der Versorgungsluft.....                                                                | 27        |
| A.3.2                                                                                          | Temperatur und relative Feuchte .....                                                                    | 27        |
| A.4                                                                                            | Prüfverfahren .....                                                                                      | 27        |
| A.4.1                                                                                          | Probenahme und Vorbereitung des Prüfstücks.....                                                          | 27        |
| A.4.2                                                                                          | Herstellung der Probenrohre .....                                                                        | 27        |
| A.4.3                                                                                          | Überwachung der Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der<br>Versorgungsluft.....        | 28        |
| A.4.4                                                                                          | Prüfung der Durchbruchzeit der zu untersuchenden Verbindung(en) .....                                    | 28        |
| A.4.5                                                                                          | Darlegung der Ergebnisse .....                                                                           | 28        |
| <b>Anhang B (normativ) Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollsystem .....</b>              |                                                                                                          | <b>30</b> |
| B.1                                                                                            | Allgemeines .....                                                                                        | 30        |
| B.2                                                                                            | Projektbeschreibung.....                                                                                 | 30        |
| B.3                                                                                            | Datenqualitätsziele und Akzeptanzkriterien.....                                                          | 30        |
| B.4                                                                                            | QA/QC-Ansätze und -Aktivitäten .....                                                                     | 30        |
| B.5                                                                                            | QA/QC-Audits.....                                                                                        | 31        |
| <b>Anhang C (normativ) Beispielmessungen von Baumaterialien .....</b>                          |                                                                                                          | <b>32</b> |
| C.1                                                                                            | Allgemeines .....                                                                                        | 32        |
| C.2                                                                                            | Prüfbedingungen .....                                                                                    | 32        |
| C.3                                                                                            | Zusammenbau .....                                                                                        | 33        |
| C.4                                                                                            | Probenahmeverfahren und Analysebedingungen .....                                                         | 33        |
| C.5                                                                                            | Messung .....                                                                                            | 34        |
| <b>Anhang D (informativ) Langzeit-Minderungsleistung (Beispielverfahren) .....</b>             |                                                                                                          | <b>37</b> |
| D.1                                                                                            | Allgemeines .....                                                                                        | 37        |
| D.2                                                                                            | Prüfeinrichtung.....                                                                                     | 37        |
| D.3                                                                                            | Prüfverfahren .....                                                                                      | 38        |
| D.3.1                                                                                          | Herstellung des Probenrohrs.....                                                                         | 38        |
| D.3.2                                                                                          | Bestimmung der Formaldehydkonzentration im Prüfgas .....                                                 | 38        |
| D.3.3                                                                                          | Bestimmung der Durchbruchkapazität.....                                                                  | 39        |
| D.4                                                                                            | Berechnung der Durchbruchkapazität.....                                                                  | 39        |
| <b>Literaturhinweise.....</b>                                                                  |                                                                                                          | <b>40</b> |

## Nationales Vorwort

Internationale Technische Regelsetzung zum Innenraumluftbereich

ISO 16000-23 wurde von der Arbeitsgruppe ISO/TC 146/SC 6/WG 11, „Performance tests for sorption“, des Technischen Komitees ISO/TC 146, „Air quality“, Subcommittee (SC 6), „Indoor air“, erarbeitet. Das Sekretariat der WG 11 liegt bei Japan. An der Erstellung dieser Norm war der Fachbereich IV „Umweltmesstechnik“ der VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) –Normenausschuss maßgeblich beteiligt.

Nationale Technische Regelsetzung zum Innenraumluftbereich

DIN ISO bzw. DIN EN ISO 16000 mit dem allgemeinen Titel Innenraumluftverunreinigungen besteht aus folgenden Teilen:

- *DIN EN ISO 16000-1, Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie*
- *DIN EN ISO 16000-2, Probenahmestrategie für Formaldehyd*
- *DIN ISO 16000-3, Messen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in der Innenraumluft und in Prüfkammern — Probenahme mit einer Pumpe*
- *DIN ISO 16000-4, Bestimmung von Formaldehyd — Probenahme mit Passivsammlern*
- *DIN EN ISO 16000-5, Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)*
- *DIN ISO 16000-6, Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID*
- *DIN EN ISO 16000-7, Probenahmestrategie zur Bestimmung luftgetragener Asbestfaserkonzentrationen*
- *DIN ISO 16000-8, Bestimmung des lokalen Alters der Luft in Gebäuden zur Charakterisierung der Lüftungsbedingungen*
- *DIN EN ISO 16000-9, Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen — Emissionsprüfkammer-Verfahren*
- *DIN EN ISO 16000-10, Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen — Emissionsprüfzellen-Verfahren*
- *DIN EN ISO 16000-11, Bestimmung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten und Einrichtungsgegenständen — Probenahme, Lagerung der Proben und Vorbereitung der Prüfstücke*
- *DIN EN ISO 16000-12, Probenahmestrategie für polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)*
- *DIN ISO 16000-13, Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener dioxin-ähnlicher polychlorierter Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dibenzo-p-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) — Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien*
- *DIN ISO 16000-14, Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polychlorierter dioxin-ähnlicher Biphenyle (PCB) und polychlorierter Dibenzo-p-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) — Extraktion, Reinigung und Analyse mit hochauflösender Gaschromatographie und Massenspektrometrie*

- DIN EN ISO 16000-15, Probenahmestrategie für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)
- DIN ISO 16000-16, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme durch Filtration
- DIN ISO 16000-17, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Kultivierungsverfahren
- DIN ISO 16000-18, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme durch Impaktion
- DIN ISO 16000-19, Probenahmestrategie für Schimmelpilze
- DIN ISO 16000-20, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Bestimmung der Gesamtsporenanzahl
- DIN ISO 16000-21, Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme von Materialien
- DIN ISO 16000-24, Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von flüchtigen organischen (ohne Formaldehyd) durch sorbierende Baumaterialien
- DIN ISO 16000-25, Bestimmung der Emission von schwerflüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten — Mikro-Prüfkammerverfahren
- DIN EN ISO 16000-26, Probenahmestrategie für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)
- DIN ISO 16000-27, Standardverfahren für die quantitative Analyse von Asbestfasern in abgelagertem Staub
- DIN ISO 16000-28, Bestimmung der Geruchsstoffemissionen aus Bauprodukten mit einer Emissionsprüfkammer
- DIN ISO 16000-29, Prüfverfahren für VOC Detektoren
- DIN ISO 16000-30, Sensorische Prüfung der Innenraumluft
- DIN ISO 16000-31, Bestimmung von Flamschutzmitteln und Weichmachern auf der Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester
- DIN ISO 16000-32, Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe

Weiterhin wird auf

DIN EN ISO 16017-1, Innenraumluft, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz — Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie — Teil 1: Probenahme mit einer Pumpe

und

DIN EN ISO 16017-2, Innenraumluft, Außenluft und Luft am Arbeitsplatz — Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie — Teil 2: Probenahme mit Passivsammlern

hingewiesen, in denen VOC-Messungen beschrieben werden.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des Norm-Entwurfs beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfs gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees der ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Insbesondere die für die verschiedenen ISO-Dokumententypen notwendigen Annahmekriterien sollten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Besonders zu beachten ist, dass einige der Elemente dieses Dokuments Gegenstand von Patentrechten sein können. ISO darf nicht für die Kennzeichnung einiger oder all dieser Patentrechte verantwortlich gemacht werden. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Alle in diesem Dokument verwendeten Handelsnamen werden als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellen keine Empfehlung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der WTO-Grundsätze zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Das für dieses Dokument zuständige Komitee ist ISO/TC 146/SC 6 „Indoor air“.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (2009), deren Abschnitte technisch überarbeitet wurden.

ISO 16000 besteht aus den folgenden Teilen:

- Part 1: General aspects of sampling strategy
- Part 2: Sampling strategy for formaldehyde
- Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air — Active sampling method
- Part 4: Determination of formaldehyde — Diffusive sampling method
- Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs)
- Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas-chromatography using MS or MS-FID
- Part 7: Sampling strategy for determination of airborne asbestos fibre concentrations

- Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions
- Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test chamber method
- Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test cell method
- Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Sampling, storage of samples and preparation of test specimens
- Part 12: Sampling strategy for polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)
- Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Collection on sorbent-backed filters
- Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry
- Part 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)
- Part 16: Detection and enumeration of moulds — Sampling by filtration
- Part 17: Detection and enumeration of moulds — Culture based method
- Part 18: Detection and enumeration of moulds — Sampling by impaction
- Part 19: Sampling strategy for moulds
- Part 20: Detection and enumeration of moulds — Determination of total spore count
- Part 21: Detection and enumeration of moulds — Sampling from materials
- Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials
- Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials
- Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products — Micro-chamber method
- Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)
- Part 27: Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method)
- Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers
- Part 29: Test methods for VOC detectors
- Part 30: Sensory testing of indoor air

- Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds — Phosphoric acid ester
- Part 32: Investigation of buildings for the occurrence of pollutants
- Part 33: Determination of phthalates with GC/MS

Die folgenden Teile sind in Vorbereitung:

- Part 34: Strategies for the measurement of airborne particles (PM<sub>2,5</sub> fraction)
- Part 35: Measurement of polybrominated diphenylether, hexabromocyclododecane and hexabromobenzene
- Part 36: Test method for the reduction rate of airborne bacteria by air purifiers using a test chamber
- Part 37: Strategies for the measurement of PM<sub>2,5</sub>
- Part 38: Determination of amines in indoor and test chamber air — Active sampling on samplers containing phosphoric acid impregnated filters
- Part 39: Determination of amines in indoor and test chamber air — Analysis of amines by means of high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled with tandem mass spectrometry (MS MS)

Weiterhin

- ISO 12219-1 Interior air of road vehicles — Part 1: Whole vehicle test chamber — Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors
- ISO 12219-2 Interior air of road vehicles — Part 2: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Bag method
- ISO 12219-3 Interior air of road vehicles — Part 3: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Micro-scale chamber method
- ISO 12219-4 Interior air of road vehicles — Part 4: Method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Small chamber method
- ISO 12219-5 Interior air of road vehicles — Part 5: Static chamber method
- ISO 12219-6 Interior air of road vehicles – Part 6: Method for the determination of the emissions of semi-volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials at higher temperatures – Small chamber method
- ISO 12219-7 Interior air of road vehicles – Part 7: Odour determination in interior air of road vehicles and test chamber air of trim components by olfactory measurements
- ISO 16017-1, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 1: Pumped sampling
- ISO 16017-2, Indoor, ambient and workplace air — Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive sampling

mit Schwerpunkt auf Messungen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC).

## Einleitung

Sorbierende Baumaterialien werden weitgehend in Form von Folien- und Plattenprodukten zur Entfernung von Schadstoffen durch physikalische Sorption oder chemische Reaktion vermarktet.

Standardisierte Prüfverfahren zur Bewertung der Sorptionseffekte sind wichtig zur vergleichenden Bewertung der Leistungsfähigkeit von sorbierenden Baumaterialien, die für die Minderung der Innenraumluft-Schadstoffkonzentrationen Verwendung finden.

Dieser Teil der ISO 16000 beschreibt Verfahren für die Bewertung der Leistungsfähigkeit von sorbierenden Baumaterialien zur Minderung von Konzentrationen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in der Innenraumluft über die Zeit.

Die Leistungsfähigkeit der sorbierenden Baumaterialien wird anhand der bereichsspezifischen Minderungsrate und der Sättigungsmasse je Fläche bewertet. Sie wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Die spezifischen Prüfbedingungen werden deshalb in diesem Teil der ISO 16000 definiert.

Dieser Teil der ISO 16000 kann für die meisten der sorbierenden Baumaterialien, die im Innenraum eingesetzt werden, und für Formaldehyd und für andere Carbonylverbindungen als Innenraumluftverunreinigung Anwendung finden.

Dieser Teil der ISO 16000 basiert auf dem in ISO 16000-9 festgelegten Prüfkammerverfahren.

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 16000 legt ein allgemeines Prüfverfahren zur Bewertung der Minderung von Konzentrationen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen (Aldehyde und Ketone) durch sorbierende Baumaterialien fest. Dieses Verfahren ist anwendbar für Platten, Tapeten, Teppiche, Farbprodukte und andere Baumaterialien. Die Sorption dieser zu untersuchenden Verbindung(en), d. h. Formaldehyd und andere Carbonylverbindungen, kann durch Adsorption, Absorption und Chemisorption hervorgerufen werden. Die Leistungsfähigkeit zur Minderung der Konzentrationen von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen in Innenraumluft wird anhand der bereichsspezifischen Minderungsrate und der Sättigungsmasse bewertet. Ersteres gibt direkt die Leistungsfähigkeit des Materials bezüglich der Minderung der Konzentration von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen zu dem entsprechenden Zeitpunkt an, wohingegen sich Letzteres auf die Fähigkeit eines Produkts zur Beibehaltung der Leistungsfähigkeit bezieht.

Das in diesem Teil der ISO 16000 beschriebene Verfahren ist anwendbar für mit Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen dotierte Versorgungsluft zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Baumaterialien bei der Minderung der Konzentration von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen.

Dieser Teil der ISO 16000 basiert auf dem in ISO 16000-9 festgelegten Prüfkammervorgehen. Probenahme, Transport und Lagerung von zu untersuchenden Materialien und die Herstellung von Prüfstücken sind in der ISO 16000-11 beschrieben. Luftprobenahme und analytische Verfahren zur Bestimmung des Formaldehyds und anderer Carbonylverbindungen sind in ISO 16000-3 beschrieben, die Teil des gesamten Verfahrens ist.

Dieser Teil der ISO 16000 gilt für die Bestimmung von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen, z. B. Formaldehyd; Acetaldehyd; Aceton; Benzaldehyd; Butyraldehyd; Valeraldehyd; 2,5-Dimethylbenzaldehyd; Capronaldehyd; Isovaleraldehyd; Propionaldehyd; o-Tolualdehyd; m-Tolualdehyd; p-Tolualdehyd.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 554, *Standard atmospheres for conditioning and/or testing — Specifications*

ISO 6353-3, *Reagents for chemical analysis — Part 3: Specifications — Second series*

ISO 16000-3, *Indoor air — Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds — Active sampling method*

ISO 16000-6, *Indoor air — Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID*

ISO 16000-9:2006, *Indoor air — Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test chamber method*

ISO 16000-11, *Indoor air — Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Sampling, storage of samples and preparation of test specimens*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1

##### Flächenspezifische Minderungsrate

$\rho_{ads}$

Masse der untersuchten Verbindung(en), die je Zeiteinheit und Flächeneinheit vom Beginn bis zur festgelegten abgelaufenen Zeit sorbiert wird

#### 3.2

##### Durchbruchzeit

$t_b$

<Innenraumluft> Zeitdauer, bei der die Konzentration der flüchtigen organischen Verbindung in der Versorgungsluft 0,5 % der Luftkonzentration erreicht, die der nach der Elution aus dem Probenrohr entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.2.

#### 3.3

##### Degradierungskoeffizient

<Innenraumluft> Verhältnis von entfernter Masse der untersuchten Verbindung(en) bei der ursprünglichen Leistungsfähigkeit im Vergleich zu der Masse derselben Verbindung nach der Alterung

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.3.

#### 3.4

##### abgelaufene Zeit

$t_e$

<Innenraumluft> Zeitdauer vom Beginn der Prüfung bis zum Beginn der Probenahme

Anmerkung 1 zum Begriff: Die abgelaufene Zeit wird in Stunden oder Tagen angegeben.

#### 3.5

##### äquivalente Belüftungsrate je Fläche

$F_{V,eq}$

<Innenraumluft> erhöhte Belüftungsrate (mit sauberer Luft), die die gleiche Minderungsleistung für die untersuchten Verbindungen aufweist wie das Baumaterial

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.5.

#### 3.6

##### Richtwertkonzentration

<Innenraumluft> von der WHO oder einem entsprechenden nationalen Regelsetzer festgelegte Richtwertkonzentration für die zu untersuchende(n) Verbindung(en)

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.5.

### 3.7

#### halbe Lebensdauer

<Innenraumluft> Zeitdauer vom Start der Prüfung bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Minderungsleistung der untersuchten Verbindung(en) auf die Hälfte der ursprünglichen Konzentrationsminderungsleistung abgesunken ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.7.

### 3.8

#### Lebensdauer

$t_t$

<Innenraumluft> Zeitdauer der Beibehaltung der Fähigkeit zur Minderung der Konzentration(en) der untersuchten Verbindung(en)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lebensdauer wird in Tagen oder Jahren angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Lebensdauer wird durch die flächenspezifische Minderungsrate und die Sorptionskapazität, die durch die Prüfung mit dem Probenrohr gemessen wird, ermittelt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.8.

### 3.9

#### Massentransferkoeffizient

$k_a$

<Innenraumluft> Koeffizient, der sich durch die Konzentrationsdifferenz zwischen dem Prüfstück und der Umgebungsluft über der Oberfläche ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Massentransferkoeffizient wird in Meter je Stunde ausgedrückt.

### 3.10

#### Wiederfindung

<Innenraumluft> gemessene Masse der untersuchten Verbindung(en) in der Luft, die die Prüfkammer während einer gegebenen Zeitdauer verlässt, dividiert durch die Masse der untersuchten Verbindung(en), die in die Prüfkammer in der gleichen Zeitdauer eingeleitet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wiederfindung wird in Prozent ausgedrückt und gibt Hinweise über die Leistungsfähigkeit des gesamten Verfahrens.

Anmerkung 2 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.10.

### 3.11

#### Sättigungsmasse je Fläche

$\rho_{Aa}$

theoretische maximale Masse der untersuchten Verbindungen, die je Fläche des sorbierenden Materials entfernt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Sättigungsmasse je Fläche wird in Mikrogramm je Fläche ausgedrückt. Sie entspricht der Gesamtsorptionsmasse je Fläche bei halber Lebensdauer oder wird aus der Sorptionskapazität extrapoliert, die aus der in Anhang A referenzierten Prüfung abgeleitet wurde.

Anmerkung 2 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.11.

### 3.12

#### **Sorptionskapazität**

$w_s$

Gesamtmasse der untersuchten Verbindung(en), die bis zur Durchbruchzeit je Masse des Sorbens sorbiert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Sorptionskapazität wird in Mikrogramm je Gramm ausgedrückt; die Bestimmung erfolgt unter Verwendung des im Anhang A beschriebenen Verfahrens.

Anmerkung 2 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.12.

### 3.13

#### **Konzentration in der Versorgungsluft**

$\rho_s$

Massenkonzentration der untersuchten Verbindung(en) in der Luft, die in die Prüfkammer eingeleitet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.13

### 3.14

#### **Untersuchte Verbindung(en)**

<Innenraumluft> Formaldehyd und andere Carbonylverbindungen in Innenräumen nach ISO 16000-3

### 3.15

#### **Konzentration in der Prüfkammer**

<Innenraumluft> Konzentration untersuchter Verbindung(en), die am Ausgangsstutzen der Prüfkammer gemessen wird, berechnet aus der Masse der untersuchten Verbindung(en), die am Ausgangsstutzen der Prüfkammer gesammelt wurde(n), geteilt durch das Probenahmenvolumen

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 16000-24:2009, 3.15.

### 3.16

#### **Gesamtsorptionsmasse je Fläche**

$\rho_A$

Integration der bereichsspezifischen Minderungsrate vom Beginn der Prüfung bis zur spezifizierten abgelaufenen Zeit, gemessen in der Prüfkammer

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Gesamtsorptionsmasse je Fläche wird in Mikrogramm je Fläche ausgedrückt.

### 3.17

#### **Luftentnahmedauer**

<Innenraumluft> Zeitdauer, während der die Luft an dem Ausgangsstutzen der Prüfkammer über Probenahmeröhrchen oder andere Geräte gezogen wird

## **4 Symbole und Abkürzungen**

| <b>Symbol</b>   | <b>Bedeutung</b>                                                                                              | <b>Einheit</b>                        |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| $\rho_{ads}$    | Flächenspezifische Minderungsrate je Zeit je Fläche                                                           | Mikrogramm je Quadratmeter und Stunde |
| $\rho_A$        | Masse des Sorptionsmaterials je Fläche (Oberflächendichte)                                                    | Gramm je Quadratmeter                 |
| $\rho_{Aa}$     | Sättigungsmasse je Fläche (en: saturation mass per area)                                                      | Mikrogramm je Quadratmeter            |
| $\rho_{Ac}$     | Gesamtmasse je Sorptionsfläche, gemessen mit der Prüfkammer                                                   | Mikrogramm je Quadratmeter            |
| $\rho_{in, t}$  | Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) am Prüfkammereinlassstutzen nach der abgelaufenen Zeit $t$ | Mikrogramm je Kubikmeter              |
| $\rho_{out, t}$ | Konzentration in der Prüfkammer nach abgelaufener Zeit $t$                                                    | Mikrogramm je Kubikmeter              |
| $\rho_s$        | Konzentration in der Versorgungsluft im Probenrohr                                                            | Mikrogramm je Kubikmeter              |
| $A$             | Oberfläche des Prüfstücks                                                                                     | Quadratmeter                          |
| $F_{V, a}$      | Luftvolumenstrom je Fläche                                                                                    | Kubikmeter je Quadratmeter und Stunde |
| $F_{V, eq}$     | äquivalente Belüftungsrate                                                                                    | Kubikmeter je Quadratmeter und Stunde |
| $k_a$           | Massentransferkoeffizient bestimmt mit Hilfe von Wasserdampf                                                  | Meter je Stunde                       |
| $L$             | Produktbeladungsfaktor                                                                                        | Quadratmeter je Kubikmeter            |
| $m$             | aktuelle Masse des Prüfstücks im Probenrohr                                                                   | Gramm                                 |
| $n$             | Luftaustauschrate                                                                                             | Änderungen je Stunde                  |
| $q_c$           | Luftdurchflussrate der Prüfkammer                                                                             | Kubikmeter je Stunde                  |
| $q_s$           | Luftvolumenstrom im Probenrohr                                                                                | Liter je Minute                       |
| $t_b$           | Durchbruchzeit                                                                                                | Minuten                               |
| $t_e$           | abgelaufene Zeit                                                                                              | Stunden oder Tage                     |
| $t_{lt}$        | Lebensdauer der Leistungsfähigkeit zur Entfernung des Schadstoffs                                             | Stunden oder Tage oder Jahre          |
| $V$             | Luftvolumen der Prüfkammer                                                                                    | Kubikmeter                            |
| $w_s$           | Sorptionskapazität, gemessen mit Hilfe des Probenrohrs                                                        | Mikrogramm je Gramm                   |

## 5 Grundlage

Die Leistungsfähigkeit eines Baumaterials zur Konzentrationsminderung der untersuchten Verbindung(en), d. h. Formaldehyd und andere Carbonylverbindungen aus Innenraumluft, wird anhand der Abnahme der Konzentration dieser Stoffe in der Luft einer Prüfkammer, in der ein Prüfstück dieses Materials platziert ist, gemessen. Dies beinhaltet sowohl die anfängliche Minderungsleistung als auch die Beibehaltung der Minderungsleistung.

In diesem Prüfverfahren wird mit der (den) untersuchten Verbindung(en) dotierte Luft in die Prüfkammer geleitet. Die Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der dotierten Luft sollte etwa der Richtwertkonzentration für die untersuchte(n) Verbindung(en) in Innenraumluft entsprechen. Der Hinweis auf die WHO oder entsprechende nationale Normen ist möglich, wenn dies deutlich in dem Prüfbericht und dem Zertifikat hervorgehoben ist.

Die Leistungsfähigkeit zur Minderung wird durch die Überwachung der Konzentrationsdifferenz der untersuchten Verbindung(en) am Eingangs- und Ausgangsstutzen der Prüfkammer bestimmt. Die Prüfung sollte bis zur halben Lebensdauer fortgeführt werden. Dies bedeutet, dass die Prüfung fortgeführt wird, bis die Minderungsleistung für die untersuchte(n) Verbindung(en) bei konstanten Lüftungsbedingungen auf die Hälfte der ursprünglichen Leistung abgenommen hat. Mit dieser Prüfung wird eine flächenspezifische Minderungsrate,  $\rho_{ads}$ , und die Gesamtsorptionsmasse je Fläche,  $\rho_{Ac}$ , zur halben Lebensdauer bestimmt. Die gemessene  $\rho_{Ac}$  zur halben Lebensdauer ist als Sättigungsmasse je Fläche,  $\rho_{Aa}$  definiert.

Falls ein Prüfmaterial die Konzentrationen von zu untersuchenden Verbindungen länger als 28 Tage verringert, können alternative Verfahren zur Bestimmung von  $\rho_{Aa}$  angewandt werden.

Die Leistungsfähigkeit der sorbierenden Baumaterialien wird hauptsächlich durch die Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en), durch den Massentransferkoeffizienten der zu untersuchenden Verbindung(en) zur Oberfläche und durch die Sorptionscharakteristiken der Baumaterialien selbst (isotherme Adsorption, Diffusionswiderstand usw.) bestimmt. Deshalb muss das Leistungsprüfverfahren sowohl die Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) als auch den Massentransferkoeffizienten des sorbierenden Baumaterials festlegen.

Die Wiederfreisetzungsprüfung sollte im Anschluss an die Prüfung zur Bestimmung der Konzentrationsminderungsleistung und das in 11.3.1 beschriebene Verfahren durchgeführt werden.

Dieses Verfahren ist nicht für Materialien anwendbar, die (eine) zu untersuchende Verbindung(en) durch katalytische Reaktion unter ultravioletter und sichtbarem Licht zersetzen.

**ANMERKUNG** Die Langzeitminderungsleistung für die zu untersuchende(n) Formaldehydverbindung(en) ergibt sich durch die Sättigungsmasse je Fläche,  $\rho_{Aa}$ , und – wenn nötig – durch die Lebensdauer der Leistungsfähigkeit zur Entfernung des Schadstoffs,  $t_{lv}$ , als Hilfsgröße.

## 6 Geräte und Materialien

Die übliche Laborausstattung und besonders das Folgende.

**6.1 Prüfkammer**, in Übereinstimmung mit den relevanten Spezifikationen und Anforderungen der ISO 16000-9 (siehe Bild 1). Eine Rezirkulation der Luft vom Ausgangsstutzen zurück zum Einlassstutzen darf nicht stattfinden.

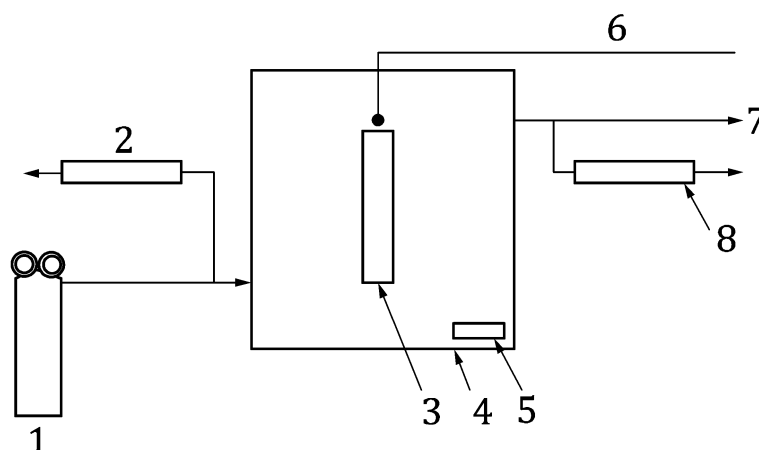
**6.2 Dichtmaterial für Prüfstücke**, wie **Aluminiumfolie** oder ein **Band, kaschiert mit Aluminiumfolie**, zur Abdichtung der Ränder und der Rückseite, für den Fall, dass nur die der Umgebung zugewandte Nutzungsoberfläche für die Prüfung verwendet wird

**6.3 Luftreinigungssystem oder Gasbehälter mit gereinigter Luft,** Das Reinigungssystem muss sicherstellen, dass die Versorgungsluft so rein wie möglich ist, bevor sie mit der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) dotiert wird, d. h. sie darf keine Verunreinigungen enthalten, die über die Anforderungen an die Hintergrundbelastung der Kammer hinausgehen. Zur Vermeidung des Anstiegs der Hintergrundkonzentration muss ein Luftreinigungssystem eingesetzt werden. Alternativ kann Luft aus einer Gasflasche Verwendung finden.

**6.4 Mit zu untersuchender(-n) Formaldehydverbindung(en) dotierte Versorgungsluft,** Ein Standardgas (mit bekannter Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en)) in die Prüfkammer einleiten. Alternativ eine stabile Quelle wie eine Formaldehydlösung nach ISO 6353-3 oder Paraformaldehyd verwenden, um mit Formaldehyd dotierte Luft herzustellen, die im Fall von Formaldehyd in die Prüfkammer geleitet werden kann. Die Stabilität der Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) muss geprüft werden.

**6.5 Temperatur- und Feuchtekontrolle,** Die Temperatur muss entweder durch Installation der Prüfkammer an einem Ort, der auf die gewünschte Temperatur eingestellt ist, wie eine konstant temperaturgeregelter Klimakammer, oder durch entsprechende Regelung auf die benötigte Temperatur in der Prüfkammer selbst eingestellt werden. Die Einstellung der relativen Feuchte muss über die entsprechend geforderte Feuchte in der Versorgungsluft erfolgen. Temperatur- und Feuchtekontrolle der Versorgungsluft sind in ISO 16000-9 beschrieben.

**6.6 Volumenstrommessgerät,** installiert am Einlass- oder Auslassstutzen der Prüfkammer, um den Volumenstrom durch die Prüfkammer zu messen.



#### Legende

- |                                                                           |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1 Mit der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) dotierte Versorgungsluft | 5 Gerät zur Zirkulation der Luft und Kontrolle der Luftgeschwindigkeit |
| 2 Probenahmegerät                                                         | 6 Geräte zur Überwachung der Temperatur/Feuchte                        |
| 3 Probekörper                                                             | 7 Prüfkammer-Ausgangsstutzen                                           |
| 4 Prüfkammer                                                              | 8 Probenahmegerät                                                      |

**Bild 1 — Skizze eines Prüfkammersystems**

**6.7 Luftprobenahmegeräte,** Die Luft am Einlass- und Auslassstutzen der Prüfkammer für die Beprobung verwenden. Wenn ein separater Probenahmestutzen verwendet wird, die Probe direkt am Einlass- und Auslassstutzen der Prüfkammer entnehmen.

Falls ein Schlauch oder Rohr verwendet wird, muss dies so kurz wie möglich sein und auf derselben Lufttemperatur wie der in der Prüfkammer gehalten werden. Solch ein Schlauch oder Rohr muss aus einem Material mit sehr geringer Sorptionskapazität, z. B. Polytetrafluorethylen, bestehen.

Die Summe der Probenahme-Luftvolumenströme muss geringer sein als der Luftvolumenstrom in die Prüfkammer hinein. Die Probenahmegeräte müssen den Anforderungen nach ISO 16000-3 genügen. Wenn die Luftprobe am Einlass genommen wird, muss sichergestellt werden, dass der Luftvolumenstrom konstant bleibt.

Ein Mehrfachprobenahme-Verteiler kann eingesetzt werden, um Flexibilität für eventuelle Luftprobenahme-Doppelmessungen zu gewährleisten. Eine Mischkammer zwischen der Prüfkammer und dem Verteiler oder zwischen dem Lufteinlass und der Prüfkammer kann installiert werden, um die Einspeisung und die Durchmischung interner Standardgase mit dem Prüfkammer-Luftvolumenstrom zu ermöglichen.

Die Abluft aus der Prüfkammer sollte in einen Abzug geleitet werden, damit die mit der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) dotierte Luft und jegliche von dem Prüfmaterial emittierten Chemikalien aus dem Laboratoriumsbereich ferngehalten werden.

**6.8 Analytisches Gerät,** Es muss ein Hochleistungs-Flüssigchromatograph (HPLC), entsprechend den Festlegungen in ISO 16000-3, verwendet werden.

## **7 Prüfbedingungen**

### **7.1 Allgemeines**

Die Prüfbedingungen müssen den in 7.2 bis 7.3 gegebenen Anforderungen entsprechen. Diese Prüfung muss unter atmosphärischen Druckbedingungen durchgeführt werden.

### **7.2 Prüfbedingungen für die Bestimmung der Konzentrationsminderungsleistung**

#### **7.2.1 Temperatur und relative Feuchte**

Während der Prüfung sollte die Temperatur in der Prüfkammer auf  $18\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ ,  $23\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  und  $28\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  und die relative Feuchte auf  $50\text{ \%} \pm 5\text{ \%}$  eingestellt werden.

Bei Baumaterialien für den Einsatz unter anderen klimatischen Bedingungen dürfen andere Temperaturen und Prüfbedingungen für die Luftfeuchte – insbesondere wie in ISO 554 spezifiziert – gewählt werden. Die Bedingungen sind im Prüfbericht darzulegen.

Anfängliche Streuungen bei den klimatischen Bedingungen der Prüfkammer können nach dem Öffnen der Prüfkammertür und Eingabe des Prüfstückes beobachtet werden. Diese Streuungen sollten aufgezeichnet werden.

**ANMERKUNG** Temperatur und relative Feuchte können die flächenspezifische Minderungsrate und die Re-Desorption aus dem Prüfmaterial beeinflussen.

#### **7.2.2 Qualität der Versorgungsluft und Hintergrundkonzentration**

Die Hintergrundkonzentrationen in der Versorgungsluft für die Prüfkammer und für die Luft vor der Dotierung mit der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) müssen klein genug sein, um bei der Prüfung nicht zu stören. Die gesamte VOC-Hintergrundkonzentration muss weniger als die in ISO 16000-9 angegebene betragen. Die Hintergrundkonzentration von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen muss unter  $2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen. Das für die Anfeuchtung verwendete Wasser darf keine störenden VOC enthalten, die die Prüfung beeinflussen könnten.

### 7.2.3 Massentransferkoeffizient

Der Massentransferkoeffizient über der Oberfläche des Prüfstückes innerhalb der Prüfkammer muss bei der Verwendung von Wasserdampf im Bereich von  $15 \text{ m/h} \pm 3 \text{ m/h}$  (entsprechend  $0,25 \text{ m/s} \pm 0,05 \text{ m/s}$ ) liegen. Zur Abklärung der Abhängigkeit des Massentransferkoeffizienten von der Leistungsfähigkeit des Materials Messungen unter anderen Bedingungen durchführen, die in geeigneter Weise den Massentransferkoeffizient beeinflussen.

ANMERKUNG 1 Der Massentransferkoeffizient ist analog zu dem Konvektionswärmetransferkoeffizienten, bei dem die Geometrie und Randbedingungen ähnlich sind. Der Massentransferkoeffizient kann mit einer Gleichung ermittelt werden, die sich auf den Massentransferfluss (flächenspezifische Minderungsrate) auf einer Oberfläche aufgrund der Konzentrationsdifferenzen an der Grenzschicht bezieht. Zu Details im Hinblick auf den Massentransferkoeffizienten und das Messverfahren siehe Literaturhinweis [5].

ANMERKUNG 2 Die Minderungsleistung hängt vom Massentransferkoeffizienten ab. Der Massentransferkoeffizient hängt von der Konzentration der Verbindung im Innenraum, dem Luftvolumenstrom und der Oberfläche des Prüfstückes ab.

### 7.2.4 Flächenspezifische Belüftungsrate und Luftaustauschrate

Die Luftaustauschrate muss bei konstant  $0,50 \text{ /h} \pm 0,05 \text{ /h}$  gehalten werden. Der Produktbeladungsfaktor muss den Anforderungen in ISO 16000-9:2006, Anhang B, genügen oder von einem entsprechenden Modellraum – unter Beachtung der Geometrie und des Volumens – abgeleitet sein.

ANMERKUNG Die Wahl des Volumen je Fläche,  $FV,a$ , beeinflusst die Gleichgewichtskonzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der Prüfkammerluft.

### 7.2.5 Konzentration in der Versorgungsluft

Die Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der dotierten Versorgungsluft für die Prüfkammer muss etwa der Richtwertkonzentration entsprechen.

Andere Konzentrationen dürfen verwendet werden, wenn dies für das Ziel der Prüfung relevant ist. Dies muss ausdrücklich im Prüfbericht festgehalten werden.

## 7.3 Faktoren, die die Minderungsleistung beeinflussen

### 7.3.1 Allgemeines

Zur Bewertung des Einflusses durch die Temperatur, Feuchte und Kontaminationen in der Luft auf die Minderungsleistung der zu untersuchenden Verbindung(en) ist jeder dieser in 7.3.2 bis 7.3.4 separat aufgeführten Faktoren zu modifizieren.

### 7.3.2 Einflüsse durch Temperatur und Feuchte

Die Temperatur in der Prüfkammer muss den in 7.2.1 und die Versorgungsluftkonzentration in der Prüfkammer den in 7.2.5 festgelegten Bedingungen entsprechen.

Die relative Feuchte in der Prüfkammer sollte auf  $25 \% \pm 5 \%$ ,  $50 \% \pm 5 \%$  und  $75 \% \pm 5 \%$ , eingestellt werden; dabei sollte die Temperatur den in 7.2.1 und die Konzentration in der Versorgungsluft für die Prüfkammer den in 7.2.5 festgelegten Bedingungen entsprechen.

### 7.3.3 Einfluss der Konzentration der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) in der Versorgungsluft

Die Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der Versorgungsluft sollte auf das Doppelte der in 7.2.5 spezifizierten Richtwertkonzentration und anschließend auf die Hälfte der Richtwertkonzentration, unter den in 7.2.1 als Standard-Prüfbedingungen spezifizierten Bedingungen für Temperatur und relative Feuchte in der Prüfkammer, eingestellt werden.

### 7.3.4 Einfluss von störenden Gasen

Es kann davon ausgegangen werden, dass in Innenräumen verschiedene störende Gase auftreten. Es ist möglich, deren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Prüfmaterials zur Minderung der Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) zu bestimmen, indem die Leistungsfähigkeit bei unterschiedlichen Konzentrationen von jedem solchen störenden Gas gemessen wird.

## 8 Überprüfung der Prüfbedingungen

### 8.1 Kontrolle der Prüfbedingungen

Temperatur, relative Feuchte und Luftvolumenstrom müssen kontrolliert und kontinuierlich mit Geräten aufgezeichnet werden, die folgende Genauigkeitsanforderungen erfüllen:

- Temperatur:  $\pm 0,5\text{ °C}$
- relative Feuchte:  $\pm 3\text{ %}$
- Luftvolumenstrom:  $\pm 3\text{ %}$

Temperatur und relative Feuchte dürfen in der Luft des Ausgangsstutzens der Prüfkammer gemessen werden, wenn der Messpunkt so liegt, dass Werte sichergestellt werden, die mit denen in der Prüfkammer identische sind.

### 8.2 Luftdichtheit der Prüfkammer

Die Luftdichtheit der Prüfkammer sollte regelmäßig, wie in ISO 16000-9 festgelegt, entweder durch Druckverlustmessungen oder durch Messung der Tracergas-Verdünnung geprüft werden. Die Druckverlustmessungen erfolgen durch Vergleich der gleichzeitigen Messung des Volumenstroms am Einlass- und Auslassstutzen der Prüfkammer.

### 8.3 Luftaustauschrate in der Prüfkammer

Die Luftaustauschrate muss regelmäßig, wie in ISO 16000-9 beschrieben, geprüft werden.

**ANMERKUNG** Falls die Prüfung am Auslassstutzen mit einem Volumenstrommessgerät durchgeführt wird, das nicht ständig installiert ist, sollte beachtet werden, dass der durch das Gerät hervorgerufene Druckwiderstand den Volumenstrom durch die Prüfkammer mindern kann.

### 8.4 Effektivität der Luftdurchmischung innerhalb der Prüfkammer

Die Effektivität der Luftdurchmischung entsprechend den Anforderungen in der ISO 16000-9 bestimmen.

### 8.5 Wiederfindung

Die Prüfungen zur Wiederfindung müssen in der Weise durchgeführt werden, dass die Versorgungsluft mit der gleichen Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en), die auch bei der Leistungsprüfung verwendet wird, in die Prüfkammer eingeleitet wird. Die Messergebnisse am Auslass- und Einlassstutzen der Prüfkammer werden miteinander verglichen. Kammerkonzentrationen müssen 72 h nach Beginn der Prüfung bestimmt werden, und die Konsistenz der Wiederfindungsleistung sollte während der Prüfung bestätigt werden. Die mittlere Wiederfindung muss größer als 80 % sein. Die Ergebnisse der Wiederfindungsprüfung müssen festgehalten werden (erwartete Konzentration gegen gemessene Konzentration).

**ANMERKUNG** Effekte von Senken, Undichtheit oder mangelhafte Kalibrierung können Schwierigkeiten bei der Einhaltung der Mindestanforderungen für die Prüfung hervorrufen.

## **9 Vorbereitung der Prüfkammer**

Die Prüfkammer muss gereinigt werden, um die Anforderungen aus 7.2.2 zu erfüllen. Die Reinigung kann durch Abwaschen der inneren Oberflächen der Prüfkammer mit Detergenzien und anschließender zweimaliger Spülung mit frisch destilliertem Wasser erfolgen. Die Prüfkammer wird dann getrocknet und unter Prüfbedingungen gespült. Die Prüfkammer kann auch durch thermische Desorption gereinigt werden.

Die Adsorption der zu untersuchenden Verbindung(en) durch die Prüfkammer selbst muss durch eine Prüfung – aber ohne Prüfstück – erfolgen, wie sie in 11.1 beschrieben ist. Die Adsorptionskapazität der Prüfkammer selbst muss von der gemessenen Adsorptionskapazität abgezogen werden.

Zur Reinigung der Prüfkammer darf ein Ofen verwendet werden, um jedwede Aldehyde oder VOC von den inneren Wänden der Prüfkammer auszugasen. Alternative Verfahren anstelle eines Ofens dürfen eingesetzt werden.

## **10 Vorbereitung der Prüfstücke**

Nach Abschluss der Prüfvorbereitung Luft, die mit der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) dotiert ist, in die Prüfkammer leiten. Eine Probe des zu prüfenden Materials aus seiner Verpackung nehmen. Die Probe muss ein repräsentatives Teil oder Stück des Baumaterials darstellen. Ein Prüfstück – wie in ISO 16000-11 spezifiziert – aus der Probe herstellen.

Für die Messung der Sorptionsleistung für die zu untersuchende Verbindung nur an einer Oberfläche des Prüfstücks die Schnittränder und die Rückseite des Prüfstücks mit Aluminiumfolie oder einem anderen geeigneten Dichtmaterial abdichten oder zwei Prüfstücke mit der jeweiligen Rückseite (mit versiegelten Schnitträndern) aneinandersetzen.

## **11 Prüfverfahren**

### **11.1 Hintergrundkonzentration und dotierte Versorgungsluft**

Vor der Prüfung wird die Prüfkammer für einen Tag ohne Prüfstück und ohne Einspeisung der zu untersuchenden Verbindung(en) betrieben und anschließend die Hintergrundkonzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der leeren Prüfkammer gemessen.

Die Hintergrundkonzentration muss so klein sein, dass sie die Prüfungen nicht beeinflusst.

Anschließend wird mit der Einleitung der Versorgungsluft, die mit der (den) zu untersuchenden Verbindung(en) dotiert ist, begonnen. Mindestens fünf Luftaustausche sind abzuwarten, bevor das Prüfstück eingelegt wird.

### **11.2 Positionieren des Prüfstücks in die Prüfkammer**

Das Prüfstück in der Mitte der Prüfkammer positionieren, um sicherzustellen, dass die Luft gleichförmig über die sorptive Oberfläche des Prüfstückes strömt. Die Prüfkammer schließen. Dies als den Startzeitpunkt der Prüfung nehmen.

Das Prüfstück ist in der Prüfkammer so schnell wie möglich zu positionieren.

### **11.3 Zeitintervalle zur Messung der Konzentration in der Prüfkammer**

#### **11.3.1 Prüfung auf Konzentrationsminderung der zu untersuchenden Verbindung(en)**

Nach dem Start der Prüfung Luftproben am Einlass- und Auslassstutzen der Prüfkammer – in Übereinstimmung mit den in 11.4 gegebenen Bedingungen – nach vorab definierten abgelaufenen Zeiten nehmen.

Die Menge der zu untersuchenden Verbindung(en), die aus der Prüfkammerluft je Fläche durch das in der Prüfkammerluft exponierte Prüfstück entfernt wird, nach den in 7.2. spezifizierten Messbedingungen ermitteln.

Den Gesamtluftvolumenstrom durch die Prüfkammer prüfen und sicherstellen, dass keine Luftleckage in der Prüfkammer existiert. Anschließend sicherzustellen, dass der Luftvolumenstrom am Ausgangsstutzen gleich dem Luftvolumenstrom am Eingangsstutzen, abzüglich der Summe der Probenahme-Volumenströme, ist. Der freie Luftvolumenstrom am Ausgangsstutzen muss wenigstens 20 % der Gesamtprobenahme-Volumenströme betragen. Die Luftproben müssen  $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$ ,  $72\text{ h} \pm 6\text{ h}$ ,  $168\text{ h} \pm 14\text{ h}$ ,  $14\text{ Tage} \pm 1\text{ Tag}$ , und  $28\text{ Tage} \pm 2\text{ Tage}$  nach dem Start der Prüfung genommen werden. Zusätzliche Proben dürfen gesammelt werden. Doppelbestimmungen werden empfohlen.

Die Stabilität der Konzentration der zu untersuchenden, dotierten Verbindung(en) in der Einlassluft muss geprüft werden. In dieser Leistungsprüfung ist eine Prüfkammer mit  $20\text{ l}$  ( $=0,02\text{ m}^3$ ) hinsichtlich der Stabilität der mit Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen dotierten Zuluft, der Gesamtmenge der während der Prüfung verwendeten, zu untersuchenden Verbindung(en) und der Sicherstellung der Größe des repräsentativen Prüfmusters empfehlenswert.

Andere Zeitintervalle dürfen entsprechend der Zielsetzung der Prüfung gewählt werden. Falls Daten zur Langzeit-Leistungsfähigkeit des Prüfmateri als benötigt werden, können weitere Prüfmuster nach noch längeren Zeiträumen nach Beginn der Prüfung gesammelt werden; d. h.  $> 28\text{ Tage}$ . Die Prüfung beenden, sobald die Minderungsleistung auf die Hälfte des ursprünglichen Werts gesunken ist.

Eine nachfolgende Prüfung der Wiederfreisetzung sollte mittels nachfolgender Einleitung reiner Luft in die Prüfkammer durchgeführt werden. Es wird empfohlen, die Wiederfreisetzungs-Prüfungen routinemäßig als Teil der Minderungsleistungsprüfung für die zu untersuchende(n) Verbindung(en) durchzuführen. Luftproben sollten  $24\text{ h}$  nach Beginn der Prüfung auf Wiederfreisetzung genommen werden (und nach Bedarf zu anderen Zeiten). In den Fällen, bei denen signifikante Sorptionen der zu untersuchenden Verbindung(en) an den Prüfkammeroberflächen auftreten, ist es notwendig, die relativen Beiträge der Probe und der Prüfkammerwände zur Gesamtemission in Erfahrung zu bringen. Dies darf durch entsprechende Kontrollprüfungen ohne Prüfstücke erreicht werden.

Falls VOC und andere untersuchte organische Verbindungen von dem Prüfmateri al emittiert werden, die Emissionsvolumenströme – wie in ISO 16000-3, ISO 16000-6 und ISO 16000-9 spezifiziert – ermitteln.

#### **11.3.2 Langzeitprüfung zur Minderungsleistung**

Die halbe Lebensdauer bestimmen, und dann die Gesamtsorptionsmasse je Fläche,  $\rho_{Ac}$  des Formaldehyds und der anderen Carbonylverbindungen und die abgelaufene Zeit  $t_e$  messen.

#### **11.3.3 Faktoren, die die Minderungsleistung beeinflussen**

Der Einfluss jedes Umweltfaktors darf durch Variation des Wertes von jeweils nur einem Faktor gegen jene Bedingungen gemessen werden, die für die Bestimmung der Minderungsleistung nach 11.3.1 benutzt wurden. Die Messbedingungen müssen den in 7.2 spezifizierten entsprechen.

### **11.4 Luftprobenahme**

Für die Luftprobenahme zur Bestimmung der Konzentration von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen muss ein mit DNPH gefülltes Rohr nach ISO 16000-3 verwendet werden.

## **12 Bestimmung der zu untersuchenden Verbindung(en)**

Die DNPH-Derivate von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen aus der DNPH-Kartusche eluieren und, wie in ISO 16000-3 beschrieben, analysieren.

## **13 Darlegung der Ergebnisse**

### **13.1 Berechnung der flächenspezifischen Minderungsrate**

Die flächenspezifische Minderungsrate je Zeit je Fläche,  $\rho_{ads}$ , mittels Gleichung (1) berechnen:

$$\rho_{ads} = \frac{(p_{in,t_e} - p_{out,t_e})q_c}{A} \quad (1)$$

Dabei ist

$p_{in, t_e}$  die Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) am Prüfkammer-Eingangsstutzen zur abgelaufenen Zeit,  $t_e$ ;

$p_{out, t_e}$  die Konzentration in der Prüfkammer zur abgelaufenen Zeit,  $t_e$ ;

$q_c$  der Luftvolumenstrom der Prüfkammer;

$A$  die Oberfläche des Prüfstücks.

Wenn die Adsorptionskapazität der Prüfkammer selbst nicht unberücksichtigt bleiben kann, die flächenspezifische Minderungsrate der Prüfkammer selbst, die ohne Prüfstück gemessen wurde, von der flächenspezifischen Minderungsrate abziehen.

### **13.2 Berechnung der äquivalenten Belüftungsrate je Fläche**

Unter der Annahme, dass die Konzentration aufgrund eines ansteigenden Luftvolumenstroms der reinen Luft abfällt, die äquivalente Belüftungsrate je Fläche,  $F_{V,eq}$ , wie folgt berechnen:

$$F_{V,eq} = \frac{\left( \frac{\rho_{in,t}}{\rho_{out,t}} - 1 \right) q_c}{A}$$

### **13.3 Berechnung der Gesamtsorptionsmasse je Fläche und der Sättigungsmasse je Fläche**

Die Gesamtsorptionsmasse je Fläche,  $\rho_{Ac}$ , bei der halben Lebensdauer berechnen:

$$P_{Ac} = \int_{t_e} (P_{ads}) dt$$

dabei ist  $t_e$  die abgelaufene Zeit.

Die Sättigungsmasse je Fläche,  $\rho_{Aa}$ , wird durch das Folgende wiedergegeben:

$$\rho_{Aa} \equiv \rho_{Ac}$$

## **14 Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

**a) Prüflabor:**

- 1) Name und Adresse des Prüflabors,
- 2) Name der verantwortlichen Person;

**b) Probenbeschreibung:**

- 1) Baumaterialientyp (und, wenn zutreffend, der Handelsmarkenname),
- 2) Probenauswahlverfahren (z. B. nach dem Zufallsprinzip),
- 3) Historie des Produktes (Produktionsdatum, Chargennummer, Anlieferungsdatum beim Prüflaboratorium, Datum und Zeitpunkt des Auspackens, Datum und Zeitpunkt der Vorbereitung des Prüfstücks, usw.);

**c) Prüfergebnisse:**

- 1) flächenspezifische Minderungsrate der zu untersuchenden Verbindung(en), Gesamtsorptionsmasse je Fläche, äquivalente Belüftungsrate je Fläche bei der spezifizierten abgelaufenen Zeit,
- 2) Sättigungsmasse und Minderungsleistung in Gegenwart störender Gase,
- 3) Details des verwendeten Verfahrens, mit Hinweis auf diesen Teil der ISO 16000;

**d) Prüfbedingungen:**

- 1) Prüfkammerbedingungen (Temperatur, relative Feuchte, Luftaustauschrate, Massentransferkoeffizient, zu untersuchende Verbindung(en) in der Versorgungsluft),
- 2) Oberfläche des Prüfstücks und Beladungsfaktor,
- 3) ob das Prüfstück abgedichtet war (und wie) oder nicht;
- 4) Informationen über die Luftprobenahme (verwendetes Probenahmeröhrchen, Probenluftvolumen, Probenahmedauer ab Beginn der Prüfung, Anzahl an Luftprobenahmen, usw.),
- 5) Prüfbedingungen für Langzeitleistungsprüfungen (Temperatur, Konzentration der zu untersuchenden Verbindung(en) in der dotierten Versorgungsluft);

**e) Geräte:** Informationen über die Ausrüstung und das Verfahren (Prüfkammer, Abdichtungsmaterial oder Abdichtungsbehälter, Technik für die Dotierung mit zu untersuchender Verbindung (zu untersuchenden Verbindungen), Luftreinigungssystem, Temperatur- und Feuchtekontrolle, Volumenstrommessgerät, Klimakammer, Luftprobenahmegeräte, analytische Geräte, usw.);

**f) Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung:**

- 1) Hintergrundkonzentration von Formaldehyd und anderen Carbonylverbindungen und VOC,
- 2) Daten zur Wiederfindung der zu untersuchenden Verbindung(en),
- 3) Anzahl der Messungen,
- 4) Ergebnis jeder Analyse der Luftproben, falls Doppelmessungen durchgeführt wurden,
- 5) Genauigkeit von Temperatur, relativer Feuchte und Luftaustauschrate,
- 6) Qualitätssicherungsbericht;