

DIN ISO 16000-27

Diese Norm ist Bestandteil des VDI/DIN-Handbuches Reinhaltung der Luft, Band 5.
ICS 13.040.20

**Innenraumluftverunreinigungen –
Teil 27: Bestimmung von abgelagerten Faserstäuben auf Oberflächen
mittels REM (Rasterelektronenmikroskopie) (direkte Methode)
(ISO 16000-27:2014)**

Indoor air –

Part 27: Determination of settled fibrous dust on surfaces by SEM (scanning electron microscopy) (direct method) (ISO 16000-27:2014)

Air intérieur –

Partie 27: Détermination de la poussière fibreuse déposée sur les surfaces par MEB (microscopie électronique à balayage) (méthode directe) (ISO 16000-27:2014)

Gesamtumfang 40 Seiten

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....	5
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	11
4.1 Symbole	11
4.2 Abkürzungen	11
5 Kurzbeschreibung	12
6 Geräte und Materialien	12
6.1 Geräte und Materialien für die Kontaktprobenahme und Vorbereitung.....	12
6.2 Geräte und Betriebsmittel für die Analyse	12
7 Probenahme	13
7.1 Messplanung	13
7.2 Messaufgaben und Probenahmeorte.....	13
7.3 Anzahl der Proben	15
7.4 Anforderungen an die zu beprobende Oberfläche	16
7.5 Probenahmeverfahren.....	16
7.6 Probennahmeprotokoll	17
8 Analyse (REM).....	18
8.1 Vorbereiten des REM.....	18
8.2 Durchführung	18
8.3 Faserklassifizierung mit EDXA.....	20
9 Ergebnisberechnung und -darstellung.....	27
10 Analyseprotokoll.....	28
11 Messunsicherheit.....	28
11.1 Allgemeines	28
11.2 Stichprobenbedingte Abweichung	29
11.3 Abweichungen bei der Auswertung und Wichtung der Zählergebnisse	29
11.4 Nachweisgrenze.....	30
12 Anwendungshinweise	30
12.1 Allgemeines	30
12.2 Anforderungen an die Probe	30
12.3 Zusammenfassen des Ergebnisses mehrerer Einzelproben	31
Anhang A (informativ) Beispiel für ein Protokoll für die REM-Strukturzählung	32
Anhang B (normativ) Verfahren zur Kalibrierung und Justierung des REM.....	33
Anhang C (informativ) Stichprobenbedingte Abweichung	34
Anhang D (informativ) Beispiel: Einsatz des Verfahrens im Innenraumbereich	38
Literaturhinweise	40

Nationales Vorwort

Internationale Technische Regelsetzung zum Innenraumluftbereich

ISO 16000-27:2014 wurde vom Unterkomitee ISO/TC 146/SC 6 „Indoor air“ des Technischen Komitees ISO/TC 146 „Air quality“ erarbeitet. Obmannschaft und Sekretariat des ISO/TC 146/SC 6 liegen bei Deutschland. An der Erstellung dieser Norm war der Fachbereich 4 „Umweltmesstechnik“ der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL beteiligt.

Diese Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit ppm und ppb, die in Deutschland nicht zugelassen sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheit dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheit anwenden.

Allgemeine und stoffspezifische Aspekte für die Messplanung, die vor oder während der Messung beachtet werden sollten, sowie Messverfahren für einzelne Stoffe bzw. Stoffgruppen und Mikroorganismen in der Innenraumluft sind in den einzelnen Teilen der ISO 16000 beschrieben.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 22262-1 siehe VDI 3866 Blatt 5

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Diese Norm basiert auf der VDI 3877 Blatt 1; Widersprüche oder unterschiedliche Vorgehensweisen liegen nicht vor.

Nationale Technische Regelsetzung zum Innenraumluftbereich

Messplanerische Aspekte von Innenraumluftmessungen für einzelne Stoffe bzw. Stoffgruppen werden in den einzelnen Blättern der Richtlinie VDI 4300 (siehe auch Abschnitt „Nationaler Anhang NA“) behandelt. Zum Teil dienen sie als alleinige Basisdokumente für die Erstellung einzelner Teile der ISO 16000 (z. B. bei der ISO 16000-1, ISO 16000-2, ISO 16000-5, ISO 16000-7, ISO 16000-12, ISO 16000-15, ISO 16000-16, ISO 16000-17, ISO 16000-18 und ISO 16000-26). Die Messverfahren (Probenahme und Nachweisverfahren) zur Bestimmung der jeweiligen Stoffe bzw. Stoffgruppen in der Innenraumluft werden in den Blättern der Richtlinie VDI 4301 dargestellt. Messverfahren, die sowohl im Innenraumluft- als auch im Immissionsbereich eingesetzt werden können, sind in weiteren VDI-Richtlinien beschrieben.

DIN ISO 16000 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 mittels 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 (NO₂)*
- 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 16000-21, *Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Probenahme von Materialien*
- DIN ISO 16000-23, *Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien*
- DIN ISO 16000-24, *Leistungsprüfung zur Beurteilung der Konzentrationsminderung von flüchtigen organischen und Carbonylverbindungen ohne Formaldehyd durch sorbierende Baumaterialien*
- DIN ISO 16000-25, *Bestimmung der Emission von schwerflüchtigen organischen Verbindungen aus Bauprodukten — Mikro-Prüfkammerverfahren*
- DIN ISO 16000-26, *Probenahmestrategie für Kohlendioxid (CO₂)*
- DIN ISO 16000-27, *Standardverfahren zur Messung von auf Oberflächen abgelagerten Faserstäuben (REM/EDXA)*
- 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 Flammschutzmitteln und Weichmachern auf der Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester*
- DIN ISO 16000-32, *Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe und andere schädliche Faktoren — Erkundung*

Folgender Teil ist in Vorbereitung:

- DIN ISO 16000-20, *Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Bestimmung der Gesamtsporenanzahl*

Folgender Teil ist geplant:

- DIN ISO 16000-22, *Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen — Molekularbiologische Verfahren*

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 5492, *Sensorische Analyse — Vokabular*

DIN EN ISO 8589, *Sensorische Analyse — Allgemeiner Leitfaden für die Gestaltung von Prüfräumen*

DIN 50014, *Klimate und ihre technische Anwendung — Normalklimate*

DIN EN ISO 8199, *Wasserbeschaffenheit — Allgemeine Anleitung zur Zählung von Mikroorganismen durch Kulturverfahren*

DIN EN ISO 9169, *Luftbeschaffenheit — Definition und Ermittlung von Verfahrenskenngrößen einer automatischen Messeinrichtung*

DIN ISO 12219-1, *Innenraumlufte von Straßenfahrzeugen — Teil 1: Gesamtfahrzeugprüfkammer — Spezifikation und Verfahren zur Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen in der Fahrgastzelle*

DIN ISO 12219-2, *Innenraumlufte von Straßenfahrzeugen — Teil 2: Screeningverfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Probenbeutel-Verfahren*

DIN ISO 12219-3, *Innenraumlufte von Straßenfahrzeugen — Teil 3: Screeningverfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Mikroprüfkammer-Verfahren*

DIN ISO 12219-4, *Innenraumlufte von Straßenfahrzeugen — Teil 4: Verfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Kleine-Prüfkammer-Verfahren*

DIN ISO 12219-5, *Innenraumlufte von Straßenfahrzeugen — Teil 5: Verfahren für die Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen aus Fahrzeuginnenraumausstattungssteilen — Statische-Prüfkammer-Verfahren*

DIN ISO 12884, *Außenlufte — Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe — Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer/massenspektrometrischer Analyse*

DIN V EN V 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

DIN EN 14412, *Innenraumluftequalität — Passivsammler zur Bestimmung der Konzentrationen von Gasen und Dämpfen — Anleitung zur Auswahl, Anwendung und Handhabung*

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

DIN EN ISO 16017-2, *Innenraumlufte, Außenlufte und Lufte am Arbeitsplatz — Probenahme und Analyse flüchtiger organischer Verbindungen durch Sorptionsröhrchen/thermische Desorption/Kapillar-Gaschromatographie — Teil 2: Probenahme mit Passivsammlern*

DIN ISO 16362, *Außenlufte — Bestimmung partikelgebundener aromatischer Kohlenwasserstoffe mit Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

VDI 2464 Blatt 1, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) — GC/MS-Verfahren für PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180*

VDI 2464 Blatt 2, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Biphenylen (PCB) — HR-GC/HR-MS-Verfahren für coplanare PCB*

VDI 2464 Blatt 3, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polybromierten Flammenschutzmitteln*

VDI 3484 Blatt 1, *Messen von gasförmigen Immissionen — Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen von Prüfgasen — Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach dem Sulfit-Pararosanilin-Verfahren*

VDI 3484 Blatt 2, *Messen von gasförmigen Immissionen — Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Bestimmung der Formaldehydkonzentration nach der Acetylaceton-Methode*

VDI 3492, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen von Immissionen — Messen anorganischer faserförmiger Partikeln, Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren*

VDI 3498 Blatt 1, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen — Verfahren mit großem Filter*

VDI 3498 Blatt 2, *Messen von Immissionen — Messen von Innenraumluft — Messen von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen — Verfahren mit kleinem Filter*

VDI 3866 Blatt 1, *Bestimmung von Asbest in technischen Produkten — Grundlagen — Entnahme und Aufbereitung von Asbest*

VDI 3866 Blatt 2, *Bestimmung von Asbest in technischen Produkten — Infrarotspektroskopisches Verfahren*

VDI 3866 Blatt 5, *Bestimmung von Asbest in technischen Produkten — Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren*

VDI 3877 Blatt 1, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen von auf Oberflächen abgelagerten Faserstäuben — Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren*

VDI 4252 Blatt 2, *Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft — Aktive Probenahme von Bioaerosolen — Abscheidung von luftgetragenen Schimmelpilzen auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern*

VDI 4253 Blatt 2, *Erfassen luftgetragener Mikroorganismen und Viren in der Außenluft — Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilzkonzentrationen in der Luft — Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern*

VDI 4300 Blatt 1, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Allgemeine Aspekte der Messstrategie*

VDI 4300 Blatt 2, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB)*

VDI 4300 Blatt 4, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft*

VDI 4300 Blatt 5, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für Stickstoffdioxid (NO₂)*

VDI 4300 Blatt 6, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messstrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC)*

VDI 4300 Blatt 7, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Bestimmung der Luftwechselzahl in Innenräumen*

VDI 4300 Blatt 8, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Probenahme von Hausstaub*

VDI 4300 Blatt 9, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messstrategie für Kohlendioxid (CO₂)*

VDI 4300 Blatt 10, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messstrategie zum Nachweis von Schimmelpilzen im Innenraum*

VDI 4300 Blatt 11, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messstrategie für die Erfassung von luftgetragenen Partikeln im Innenraum — Partikel mit einem Äquivalentdurchmesser < 2,5 µm*

VDI 4301 Blatt 1, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen der Stickstoffdioxidkonzentration — Manuelles photometrisches Verfahren (Saltzman)*

VDI 4301 Blatt 2, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan) — GC/MS-Verfahren*

VDI 4301 Blatt 3, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan) — GC/ECD-Verfahren*

VDI 4301 Blatt 4, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pyrethroiden und Piperonylbutoxid in Luft, Hausstaub und Lösemittel-Wischproben*

VDI 4301 Blatt 5, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Flammschutzmitteln und Weichmachern auf Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester*

VDI 4301 Blatt 6, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Phthalaten mit GC/MS*

VDI 4301 Blatt 7, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Carbonsäuren*

VDI 2464 Blatt 4, *Messen von Immissionen; Messen von Innenraumluft — Messen von persistenten, schwerflüchtigen Organohalogenverbindungen*

VDI 4301 Blatt 1, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen der Stickstoffdioxidkonzentration — Manuelles photometrisches Verfahren (Saltzman)*

VDI 4301 Blatt 2, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan) — GC/MS-Verfahren*

VDI 4301 Blatt 3, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pentachlorphenol (PCP) und γ-Hexachlorcyclohexan (Lindan) — GC/ECD-Verfahren*

VDI 4301 Blatt 4, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Pyrethroiden und Piperonylbutoxid in Luft, Hausstaub und Lösemittel-Wischproben*

VDI 4301 Blatt 5, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Flammschutzmitteln und Weichmachern auf Basis phosphororganischer Verbindungen — Phosphorsäureester*

VDI 4301 Blatt 6, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Phthalaten mit GC/MS*

VDI 4302 Part 1, *Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien; Grundlagen*

VDI 4302 Part 2, *Geruchsprüfung von Innenraumluft und Emissionen aus Innenraummaterialien — Prüfstrategie für Geruchsprüfungen von Innenraumluft*

Folgende VDI-Richtlinien sind in Vorbereitung:

VDI 4301 Blatt 7, *Messen von Innenraumluchtverunreinigungen — Messen von Carbonsäuren*

VDI 2464 Blatt 4, *Messen von Immissionen; Messen von Innenraumluft — Messen von persistenten, schwerflüchtigen Organohalogenverbindungen*

Innenraumluchtverunreinigungen — Teil 27: Bestimmung von abgelagerten Faserstäuben auf Oberflächen mittels REM (Rasterelektronenmikroskopie) (direkte Methode)

Einleitung

Standardisierte Messverfahren zur Bestimmung der Asbestkonzentrationen in der Luft mit Hilfe unterschiedlicher analytischer ISO-Normen stehen zur Verfügung und werden weitgehend verwendet (ISO 10312, ISO 13794, ISO 14966). Standardisierte Verfahren (ISO 22262-1) zur Bestimmung des Asbestgehaltes in Materialien (Produkten etc.) sind ebenfalls etabliert. Dieser Teil der ISO 16000 schließt mit der Beschreibung des Verfahrens zur Bestimmung von Asbest in abgelagertem Staub auf Oberflächen die bisher bestehende Lücke im Gesamtkonzept.

Rechtliche Regelungen über Asbestexpositionskonzentrationen und zum Asbestgehalt in Produkten existieren in vielen Ländern. Der Asbestgehalt in abgelagertem Staub sorgt für weitverbreitete Diskussionen. Diesbezügliche behördliche Maßnahmen, die auf Messergebnissen beruhen, sind nur für sehr wenige Fälle bekannt. Dies liegt darin begründet, dass zum einen in vielen Ländern standardisierte und akzeptierte Messverfahren fehlen und zum anderen die Beurteilung des Risikopotentials schwierig und umstritten sind. Eine allgemein akzeptierte Korrelation zwischen Asbestgehalt und die sich daraus möglicherweise ergebende Asbestfaserkonzentration aufgrund erneuter Aufwirbelungen des Staubs (Resuspension) gibt es nicht.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Kontaktproben zur Bestimmung von Oberflächenkontaminationen und Filterproben von Luftmessungen liegt im häufigeren Auftreten von Faserstrukturen, deren Abmessungen größer sind als die von alveolengängigen Fasern. Die Auswertung von Luftproben erfolgt zur Bestimmung der Konzentration alveolengängiger Fasern, die Auswertung von Kontaktproben dagegen eher risikobezogen, das heißt im Hinblick auf das Faserfreisetzungspotenzial. Kontaktproben werden in der Praxis häufig im Zusammenhang mit Asbestsanierungen oder anderen Ereignissen genommen bei denen die Verteilung von asbesthaltigem Staub erwartet und zu beurteilen ist.

Das Verfahren kann auch zur Bestimmung von Oberflächenkontaminationen mit anderen Faserstäuben, wie künstlich hergestellten Mineralfasern, verwendet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der ISO 16000 legt Anforderungen für ein Verfahren fest, bei dem ein Index für die Anzahlkonzentration von Faserstrukturen mit Fasern eines Durchmessers $\geq 0,2 \mu\text{m}$ im abgelagerten Staub auf Oberflächen sowie deren Zuordnung zu bestimmten Substanzklassen (z. B. Chrysotil, Amphibolasbest, sonstige anorganische Fasern) bestimmt wird. Das Verfahren findet überwiegend in Innenräumen Anwendung, ist aber auch für bestimmte Außensituationen geeignet. Die Probenahme der Staubbablagerungen erfolgt unter Verwendung von Klebeband. Die Bewertung der gesammelten Proben beim analytischen Verfahren wird mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops durchgeführt. Das Ergebnis kann als Asbeststruktur pro Flächeneinheit angegeben werden und/oder in vier unterschiedlichen Oberflächenbelastungsklassen eingeteilt werden. Die analytische Empfindlichkeit hängt von der beprobten Fläche ab und kann bis zu mindestens 10 Strukturen/cm² betragen.

Für die Anwendung dieses Dokuments ist eine Asbest- oder faserförmige Struktur als ein Asbest- oder (sonstiges anorganisches/organisches) faserenthaltendes Partikel, unabhängig vom Durchmesser, definiert.

Der Einsatz des beschriebenen Probenahmeverfahrens ist in Abhängigkeit von der Struktur und des Art der Oberfläche (Rauigkeit und Wölbung) sowie der Dicke der Staubschicht begrenzt. Wenn die Staubschicht zu dick ist, kann die Staubschicht in anderer Weise gesammelt und eventuell als Pulverprobe analysiert werden [3][4].

Es wird vorausgesetzt, dass der abgelagerte Staub aus Staubpartikeln mit einem Durchmesser von vorwiegend unter 1 mm besteht.

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 22262-1, *Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Sanierung

Tätigkeit zur Einschränkung potentieller Emissionen von Asbestfasern aus asbesthaltigem Baumaterial durch Entfernung, Einschließung oder Verkapselung des Materials oder durch Reparatur von beschädigten asbesthaltigen Materialien

3.2

Probenahme in der Umgebung

Luftprobenahme zur Bestimmung der luftgetragenen Asbestfaserkonzentration in der unmittelbaren äußeren Umgebung des Gebäudes

3.3

analytische Empfindlichkeit

berechnete Asbeststrukturkonzentration, äquivalent zur Zählung von einer Asbeststruktur in der Analyse

3.4

Asbest

Gruppe von Silikatmineralien, die zu der Gruppe der Serpentine und Amphibole gehören, die in faserförmigen „asbestiformen“ Habitus kristallisiert sind und damit bei der Bearbeitung oder Zerkleinerung leicht in lange, dünne, flexible, feste Fasern gespalten werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Chemical-Abstracts-Service-Registry-Numbers der üblichen Asbestarten sind: Chrysotil (12001-29-5), Krokydolit (12001-28-4), Grunerit-Asbest (Amosit) (12172-73-5), Anthophyllit-Asbest (77536-67-5), Tremolit-Asbest (77536-68-6) und Aktinolit-Asbest (77536-66-4).

3.5

Asbest(faser)struktur

einzelne Asbestfaser, sonstige anorganische oder organische Faser oder jegliche verbundene oder überlappende Gruppierung von diesen Fasern oder Bündeln von (Asbest-)Fasern mit oder ohne weitere Partikel

3.6

Längenverhältnis

Verhältnis von Länge zum Durchmesser eines Partikels

3.7

Blindprobe

unbenutztes Klebeband, das der Analyse zur Kontrolle unterworfen wird

3.8

Faserbündel

Faserstruktur, bestehend aus drei oder mehr parallel ausgerichteten Fasern, die enger als ein Faserdurchmesser beieinander sind

3.9

Fasercluster

Faserstruktur von zwei oder mehr Fasern oder Faserbündeln, die zufällig und unregelmäßig angeordnet sind

3.10

Elektronenbeugung

Technik bei der Elektronenmikroskopie, bei der die Kristallstruktur einer kleinen Probenfläche untersucht wird

3.11

energie-dispersive Röntgenanalyse

EDXA

Bestimmung der Elementzusammensetzung durch Messung der Röntgenstrahlenenergien und -intensitäten unter Verwendung eines Festkörperdetektors und Mehrkanalanalysensystems

3.14

Faser

lang gestrecktes Partikel mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis von mehr als 3:1 und einem Durchmesser $\geq 0,2 \mu\text{m}$

3.15

indirekte Präparation

Verfahren, bei dem die Probe ein oder mehrere Zwischenstufen vor der endgültigen Abscheidung passiert; die Partikel werden von dem Originalmedium entfernt und auf einem zweiten Filter vor der Analyse aufgebracht

3.16

Nachweisgrenze

Anzahl an Faserstrukturbelastungen, die bei einer Wahrscheinlichkeit von größer 95 % durch die jeweils vorliegende Faserstrukturbelastung nicht überschritten wird, wenn keine Asbeststrukturen während der Analyse detektiert werden

3.17

Vergrößerung

Verhältnis der Ausdehnung eines Objekts im mikroskopischen Bild zur tatsächlichen Ausdehnung des Objekts

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Vergrößerungsangabe bezieht sich auf den Bildschirm, an dem die Auswertung durchgeführt wird.

3.18

Fasermatrix

Faserstruktur, in der eine oder mehrere Faser(n) oder Faserbündel ein einzelnes Partikel oder eine zusammenhängende Gruppe nicht faserförmiger Partikeln berühren, daran anhaften oder teilweise durch diese verdeckt werden.

3.19

Verfahrensblindprobe

nicht vor Ort mitgenommenes Klebeband, das allen Handhabungen und dem analytischen Verfahren unterworfen wurde.

3.20

Struktur

einzelne Faser, Faserbündel, Cluster oder Matrix

3.21

KMF

künstliche Mineralfasern (KMF) sind eine Gruppe von faserigen, nicht kristallinen anorganischen Materialien, im allgemeinen Aluminium- oder Calciumsilikate, die aus Gestein, Ton, Schlacke und Glas hergestellt werden

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

n	Anzahl gezählter Strukturen
λ_U	untere Grenze des 95-%-Vertrauensbereiches für eine im REM oder TEM gezählten Struktur
λ_O	obere Grenze des 95-%-Vertrauensbereiches für eine im REM oder TEM gezählten Struktur
α	statistisches Signifikanzniveau
B	Untergrundkonzentration im Röntgenspektrum
D	für eine Strukturzählung von n , der Wert für die χ^2 -Verteilung mit $2n$ Freiheitsgraden und einem Signifikanzniveau von $(1 - \alpha/2)$
E	für eine Faserzählung von x , der Wert für die χ^2 -Verteilung mit $2(x + 1)$ Freiheitsgraden und einem Signifikanzniveau von $\alpha/2$
A	bewertete Fläche der Probe (Klebeband) im REM
P	Peakhöhe einer Linie im Röntgenspektrum
S_i	Zählergebnis eines einzelnen faserförmigen Strukturtyps i
$S_{w,i}$	Gewichtetes Zählergebnis eines einzelnen faserförmigen Strukturtyps i
Z	Atomordnungszahl

4.2 Abkürzungen

ATS	Kontaktprobenahme/Auswertung mit REM
ED	Elektronenbeugung
EDXA	energiedispersive Röntgenanalyse
FWHM	Halbwertsbreite des Mn K_α des Röntgendetektorpeaks
PCM	optische Phasenkontrastmikroskopie
REM	Rasterelektronenmikroskopie
TEM	Transmissionselektronenmikroskopie
UTW	ultradünnes Fenster des Röntgendetektors
KMF	künstliche Mineralfasern

5 Kurzbeschreibung

Bei der Probenahme wird Staub auf einem adhäsiven Medium (z. B. Klebeband), das auf die zu beprobende Oberfläche gedrückt wird, fixiert. Das Probenahmemedium oder ein Teilstück davon wird als Probe für die REM/EDXA-Auswertung präpariert. Die Probe wird ohne jede Veränderung des aufgenommenen Staubs im REM untersucht. Dabei werden Faserstrukturen nach festgelegten Auswerteregeln auf zufällig ausgewählten, über die ganze Probe verteilten Teilflächen vermessen, gezählt und nach der Substanz klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt anhand der mit EDXA gewonnenen Röntgenspektren. Das Messergebnis für die Belegung der Oberflächen mit Faserstäuben ergibt sich aus dem Zählergebnis und klassifizierten Strukturen und der ausgewerteten Probenfläche. Nach Anwendung verschiedener Wichtungsfaktoren auf Basis der Größe der faserförmigen Strukturen, wird die Faserbeladung einer der vier Beladungskategorien zugeordnet.

6 Geräte und Materialien

6.1 Geräte und Materialien für die Kontaktprobenahme und Vorbereitung

6.1.1 Betriebsmittel für die Probenahme

Probennahmemedium:

- Klebeband
Aluminium- oder Kupferklebeband, Klebeband auf Acrylbasis (transparent) oder Kohlenstoff-adhäsionsband mit Aluminium oder Kupfer auf der Rückseite
- Kohlenstoff-Pads
Durchmesser: 13 mm oder 25 mm
- Probenbehälter, sauber, abdichtbar, verwendet für den Transport der Probe in das Laboratorium.

ANMERKUNG Je nach Anwendungsfall kann das Kohlenstoff-Pad direkt auf den REM-Probenteller aufgeklebt werden.

6.1.2 Geräte und Zubehör für den Routinebetrieb des Rasterelektronenmikroskops

Pinzette, Skalpell oder Schere zum Herstellen von Proben geeigneter Größe für das REM, doppeltbeschichtetes Klebeband (Kohlenstoff) oder Kohlenstofflack, Probenträger des REM für die Probe, Gold oder Kohlenstoff geeignet zur Beschichtung der Probe in der spezifischen Sputtereinrichtung oder Vakuumbedampfungsanlage.

6.1.3 Stereomikroskop, zur visuellen Prüfung der Staubbelegung der Probe, Vergrößerung ca. 20×.

6.1.4 Sputtereinrichtung oder Vakuumbedampfungsanlage, zum Beschichten der Proben mit Gold oder Kohlenstoff

6.2 Geräte und Betriebsmittel für die Analyse

6.2.1 Rasterelektronenmikroskop, mit einer Beschleunigungsspannung von mindestens 20 kV wird zur Zählung der Faserstruktur und der Identifizierung benötigt.

6.2.2 REM mit energiedispersiven Röntgenanalysator, mit einer Auflösung besser als 170 eV (FWHM) beim Mn-K_α-Peak. Die Leistungsfähigkeit einer individuellen Kombination von REM und Röntgenfestkörperdetektor hängt von einer Anzahl geometrischer Faktoren ab. Dementsprechend wird die Leistungsfähigkeit der Kombination von REM und Röntgenstrahlenanalysator im Hinblick auf die gemessene Röntgenstrahlenintensität spezifiziert, die von der Chrysotilfaser mit einer Dicke von 0,2 µm unter den Betriebsbedingungen während der Analyse erhalten werden. Einige Röntgenfestkörperdetektoren weisen im unteren Energiebereich die geringste Empfindlichkeit auf, sodass die Detektion des Natriums im Krokydolit als ein weiteres Leistungskriterium dienen kann. Ein UTW (ultradünnes Fenster oder fensterloser)-Detektor ist vorzuziehen aber nicht unbedingt notwendig sofern bei der Analyse nicht die Identifizierung von Fasern mit $Z \leq 11$ einzubeziehen ist. Die Gerätekombination muss den Mindestanforderungen im Hinblick auf die Sichtbarkeit der Fasern, wie im Anhang B ausgeführt, genügen.