

	DIN ISO 13472-1	
ICS 17.140.30; 93.080.20	Ersatz für DIN ISO 13472-1:2004-04	
Akustik – Messung der Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen vor Ort – Teil 1: Freifeldverfahren (ISO 13472-1:2022) Acoustics – Measurement of sound absorption properties of road surfaces in situ – Part 1: Extended surface method (ISO 13472-1:2022) Acoustique – Mesurage in situ des propriétés d’absorption acoustique des revêtements de chaussées – Partie 1: Méthode de la surface étendue (ISO 13472-1:2022)		
		Gesamtumfang 39 Seiten
DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)		

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	6
Vorwort	7
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Zusammenfassende Beschreibung des Verfahrens	12
4.1 Allgemeines Prinzip	12
4.2 Verfahren zur Signaltrennung	13
4.3 Prüfverfahren	14
5 Messsystem	15
5.1 Bestandteile des Messsystems	15
5.2 Schallquelle	15
5.3 Prüfsignal	15
6 Datenverarbeitung	16
6.1 Kalibrierung	16
6.2 Abtastrate	16
6.3 Zeitliche Signaltrennung	16
7 Messaufbau	17
7.1 GröÙte erfasste Fläche	17
7.2 Anordnung der Messgeräte	17
7.3 Reflektierende Gegenstände	18
7.4 Fremdgeräusch	18
7.5 Sicherheitshinweise	19
8 Straßenoberfläche und meteorologische Bedingungen	19
8.1 Zustand der Straßenoberfläche	19
8.2 Wind	20
8.3 Temperatur	20
9 Messverfahren	20
10 Messunsicherheit	21
11 Prüfbericht	23
Anhang A (normativ) Radius der größten erfassten Fläche	25
Anhang B (normativ) Referenzmessung und Korrekturverfahren	26
Anhang C (informativ) Physikalisches Prinzip der Messung	27
Anhang D (informativ) Beispiel für einen Prüfbericht	29
Anhang E (informativ) Schallabsorptionsgrad bei schrägem Schalleinfall	33
Anhang F (normativ) Korrektur von geringen Zeitverschiebungen in der direkten Impulsantwort zwischen der Freifeldmessung und der reflektierten Messung	35
Literaturhinweise	39

Bilder

Bild 1 — Skizze der wesentlichen Bestandteile des Messaufbaus	13
Bild 2 — Prinzip des Signalsubtraktionsverfahrens	14
Bild 3 — Adrienne-Zeitfenster	17
Bild D.1 — Beschreibung des Ortes der Prüfung	29
Bild D.2 — Prüfaufbau	30
Bild D.3 — Form und Länge der Zeitfenster	31

Bild D.4 — Messergebnisse in Terzbändern	31
Bild E.1 — Skizze des Messaufbaus für Messungen bei schrägem Schalleinfall	33
Bild F.1 — Beispiel einer Freifeldmessung (Kreise) und einer zu dieser geringfügig zeitverschobenen Messung mit Reflexion (Kreuze)	37
Bild F.2 — Ergebnis des Subtraktionsverfahrens ohne (Kreise) und mit (Kreuze) Zeitverschiebungskorrektur	38

Tabellen

Tabelle 1 — Empfohlene Mindestzeiten zwischen Niederschlag und Messung	20
Tabelle 2 — Unsicherheitsbudget für die Bestimmung des Schallabsorptionsgrades	23
Tabelle 3 — Erweiterungsfaktoren für typische Vertrauensniveaus (Gaußsche Normalverteilung)	23

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 13472-1:2022, die vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-01-05 AA „Geräuschemissionmessungen an Straßenfahrzeugen einschließlich Messungen im Fahrgastraum und am Arbeitsplatz“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

IEC 61260 (alle Teile)	siehe	DIN EN 61260 (alle Teile)
IEC 61672-1	siehe	DIN EN 61672-1
ISO 354	siehe	DIN EN ISO 354
ISO 10534-1	siehe	DIN EN ISO 10534-1
ISO 10534-2	siehe	DIN EN ISO 10534-2
ISO 11819-2:2019*	siehe	DIN EN ISO 11819-2:2017-10
ISO 13472-2	siehe	DIN ISO 13472-2
ISO 13473-1	siehe	DIN EN ISO 13473-1
ISO 18233	siehe	DIN EN ISO 18233

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 13472-1:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Verweisung auf IEC 60651 durch die Verweisung auf IEC 61672-1 ersetzt;
- b) eine Verweisung auf ISO 18233 aufgenommen, um auf eine genormte Beschreibung der MLS- oder ESS-Signale zurückgreifen zu können;
- c) Literaturhinweise um zwei Verweisungen auf ESS ergänzt;
- d) Anforderung, dass der Abstand zwischen Quelle und Mikrofon eine Grenzabweichung von $\pm 0,005$ m haben muss, wurde wegen der Möglichkeit zur Korrektur, die durch das im neuen Anhang F dargelegte Verfahren für den genauen Abgleich eingeräumt wird, auf $\pm 0,01$ m gelockert;
- e) in 8.1 ein Verfahren zur Überprüfung der Feuchtigkeit der Straßenoberfläche festgelegt, das aus ISO 11819-2 übernommen wurde;
- f) Spezifikationen des Zeitfensters verbessert;
- g) früherer Anhang D zu den Maximalfolgen-Signalen (MLS, en: maximum-length sequence) gestrichen (und durch eine Verweisung auf ISO 18233 ersetzt);

* Das korrekte Ausgabejahr dieses Dokuments ist 2017.

- h) früherer Anhang G zur Korrektur geringer Zeitverschiebungen durch den neuen Anhang F ersetzt, in dem ein Verfahren für den genauen Abgleich festgelegt ist; Anhang F ist jetzt normativ;
- i) redaktionelle Überarbeitung des Dokuments.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 13472-1: 2004-04

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61260 (alle Teile), *Elektroakustik — Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven*

DIN EN 61672-1, *Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen*

DIN EN ISO 354, *Akustik — Messung der Schallabsorption in Hallräumen*

DIN EN ISO 10534-1, *Akustik — Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz in Impedanzrohren — Teil 1: Verfahren mit Stehwellenverhältnis*

DIN EN ISO 10534-2, *Akustik — Bestimmung der akustischen Eigenschaften in Impedanzrohren — Teil 2: 2-Mikrofontechnik für Standardschallabsorptionsgrad und Oberflächenimpedanz bei senkrechtem Einfall*

DIN EN ISO 11819-2:2017-10, *Akustik — Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsgeräusche — Teil 2: Nahfeldmessverfahren (ISO 11819-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 11819-2:2017*

DIN EN ISO 13473-1, *Charakterisierung der Textur von Deckschichten unter Verwendung von Oberflächenprofilen — Teil 1: Bestimmung der mittleren Profiltiefe*

DIN EN ISO 18233, *Akustik — Anwendung neuer Messverfahren in der Bau- und Raumakustik*

DIN ISO 13472-2, *Akustik — Messung der Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen vor Ort — Teil 2: Impedanzrohrverfahren für reflektierende Oberflächen*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von 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 Normungsthemen 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43, *Acoustics*, Unterkomitee SC 1, *Noise*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 13472-1:2002), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- die Verweisung auf IEC 60651 wurde durch die Verweisung auf IEC 61672-1 ersetzt;
- es wurde eine Verweisung auf ISO 18233 aufgenommen, um auf eine genormte Beschreibung der MLS- oder ESS-Signale zurückgreifen zu können. Die Literaturhinweise wurden um zwei Verweisungen auf ESS ergänzt;
- die Anforderung, dass der Abstand zwischen Quelle und Mikrofon eine Grenzabweichung von $\pm 0,005$ m haben muss, wurde wegen der Möglichkeit zur Korrektur, die durch das im neuen Anhang F dargelegte Verfahren für den genauen Abgleich eingeräumt wird, auf $\pm 0,01$ m gelockert;
- in 8.1 wurde ein Verfahren zur Überprüfung der Feuchtigkeit der Straßenoberfläche festgelegt, das aus ISO 11819-2 übernommen wurde;
- die Spezifikationen des Zeitfensters wurden verbessert;
- der frühere Anhang D zu den Maximalfolgen-Signalen (en: MLS – maximum-length sequence) wurde gestrichen (und durch eine Verweisung auf ISO 18233 ersetzt);

- der frühere Anhang G zur Korrektur geringer Zeitverschiebungen wurde durch den neuen Anhang F ersetzt, in dem ein Verfahren für den genauen Abgleich festgelegt ist; Anhang F ist jetzt normativ.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 13472 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Messung des Schallabsorptionskoeffizient von Straßenoberflächen in situ (vor Ort) als Funktion der Frequenz bei senkrechtem Schalleinfall.

Dieses Prüfverfahren ermöglicht die Bewertung der Schallabsorptionseigenschaften einer Straßenoberfläche, ohne diese zu beschädigen. Es ist für die Anwendung beim Straßenbau, bei der Straßeninstandhaltung und anderen Untersuchungen von Verkehrsgeräuschen bestimmt. Es darf auch zur Ermittlung der Absorptionseigenschaften von Straßenoberflächen bei Fahrzeug- und Reifenuntersuchungen angewendet werden. Die Standardunsicherheit ist jedoch auf 0,05 begrenzt.

Dieses Prüfverfahren beruht auf der Ausbreitung des Prüfsignals von der Schallquelle zur Straßenoberfläche und zurück zum Empfänger in einem Freifeld, wobei eine Fläche von etwa 3 m^2 erfasst und ein Frequenzbereich in Terzbändern von 250 Hz bis 4 kHz abgedeckt wird (siehe IEC 61260).

Als Ergänzung dieses Verfahrens steht ein Punktmessverfahren (siehe ISO 13472-2) zur Verfügung. Dieses Prüfverfahren beruht auf der Übertragung des Prüfsignals von der Schallquelle zur Straßenoberfläche und zurück zum Empfänger durch ein Rohr, wobei eine Fläche von etwa $0,1 \text{ m}^2$ erfasst und ein Frequenzbereich in Terzbändern von 315 Hz bis 2 kHz abgedeckt wird.

Beide Verfahren sollten im Frequenzbereich von 315 Hz bis 2 kHz zu den gleichen Ergebnissen führen.

Sie können beide auch für die akustischen Eigenschaften anderer Materialien als Straßenoberflächen eingesetzt werden.

Die Messergebnisse dieses Verfahrens sind mit den Ergebnissen von Impedanzrohrmessungen vergleichbar, die an aus der Oberfläche entnommenen Bohrkernen durchgeführt werden (z.B. nach ISO 10534-1 und ISO 10534-2).

Die Messergebnisse dieses Verfahrens sind im Allgemeinen nicht mit den Ergebnissen von Messungen im Hallraum (siehe ISO 354) vergleichbar, weil das in diesem Dokument beschriebene Verfahren ein gerichtetes Schallfeld nutzt, während das Hallraumverfahren von einem diffusen Schallfeld ausgeht.

Siehe Anhang E für Informationen über den Schallabsorptionsgrad bei schrägem Schalleinfall.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt ein Prüfverfahren zur Messung des Schallabsorptionsgrades von Straßenoberflächen vor Ort als Funktion der Frequenz im Bereich von 250 Hz bis 4 kHz.

Dabei wird von senkrechtem Einfall ausgegangen. Dieses Prüfverfahren kann jedoch auch bei schrägem Einfall angewendet werden, dann allerdings mit einigen Einschränkungen (siehe Anhang F). Das Prüfverfahren ist für folgende Anwendungen bestimmt:

- Bestimmung der Schallabsorptionseigenschaften von Straßenoberflächen im regulären Einsatz;
- Vergleich der in der Ausschreibung geforderten Schallabsorption einer Straßenoberfläche mit den nach Fertigstellung der Bauarbeiten tatsächlich erreichten Werten.

Der komplexe Schallreflexionsfaktor kann mit diesem Verfahren ebenfalls ermittelt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 10534-1, *Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 1: Method using standing wave ratio*

ISO 10534-2, *Acoustics — Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes — Part 2: Transfer-function method*

IEC 61672-1, *Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

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: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Einfallswinkel

Winkel zwischen der Normalen auf der zu prüfenden Oberfläche und der Richtung der auf die Prüfoberfläche auftreffenden Schallwelle

3.2

Schallleistungsreflexionsgrad

Q_w

Anteil der auftreffenden Schallleistung, der vom Oberflächenmaterial der Straße reflektiert wird (siehe 3.4)

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird von einer kugelförmigen auf die Probenoberfläche auftreffenden Schallwelle ausgegangen.

3.3**Schallabsorptionsgrad** α

Verhältnis der in die Oberfläche des Prüfobjekts eindringenden Schallleistung (ohne Rückkehr) zur auftretenden Schallleistung:

$$\alpha = 1 - Q_W$$

3.4**Schalldruckreflexionsfaktor** Q_p

komplexes Verhältnis der Druckamplitude der reflektierten Schallwelle zur Druckamplitude der auftretenden Schallwelle an der Straßenoberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird von einer kugelförmigen auf die Probenoberfläche auftretenden Schallwelle ausgegangen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Größe ist für das Verständnis des in Anhang B und Gleichung (C.4) beschriebenen Korrekturverfahrens notwendig. Der Schallleistungsreflexionsgrad ist gleich dem quadrierten Betrag des Schalldruckreflexionsfaktors: $Q_W(f) = |Q_p(f)|^2$.

3.5**geometrischer Ausbreitungsfaktor**

Abschwächung der Amplitude einer sich von einem Punkt zu einem anderen ausbreitenden Schalldruckwelle aufgrund kugelförmiger Schallausbreitung

3.6**Bezugsebene der Straßendeckschicht**

gedachte Ebene, die die überwiegende Anzahl der Elemente der zu prüfenden Oberfläche berührt

3.7**größte erfasste Fläche**

Fläche innerhalb der Reflexionsebene, die frei von reflektierenden Gegenständen sein muss, die Störreflexionen verursachen

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Anhang A.

3.8**Hintergrundgeräusch**

Geräusch, das von anderen Quellen als dem Prüfsignal verursacht wird

3.9**Störabstand** S/N

Differenz zwischen dem Pegel des nominellen Nutzsymbols und dem Pegel des Hintergrundgeräusches im Moment der Erfassung des Nutzereignisses

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Störabstand wird in Dezibel angegeben.

3.10**Impulsantwort**

Zeitsignal am Ausgang eines Systems als Antwort auf eine Dirac-Funktion am Eingang

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dirac-Funktion, auch δ -Funktion, ist die mathematische Idealisierung eines zeitlich unendlich kurzen Signals, das die Einheitsmenge der Energie trägt.

3.11

Übertragungsfunktion

Fouriertransformation der *Impulsantwort* (3.10)

4 Zusammenfassende Beschreibung des Verfahrens**4.1 Allgemeines Prinzip**

Eine von einem Signalgenerator gespeiste Schallquelle wird über der zu prüfenden Oberfläche positioniert und ein Mikrofon befindet sich zwischen der Schallquelle und der Prüfoberfläche. Das Messverfahren basiert auf der Bewertung der Übertragungsfunktion zwischen dem Ausgang des Signalgenerators und dem Ausgang des Mikrofons. Diese Übertragungsfunktion setzt sich aus zwei Faktoren zusammen, einem aus dem direkten Weg (vom Signalgenerator über den Verstärker und den Lautsprecher zum Mikrofon) und einem zweiten aus dem reflektierten Weg (vom Signalgenerator über den Verstärker, den Lautsprecher und die zu prüfende Oberfläche zum Mikrofon) (siehe Bild 1).

Die gesamte Impulsantwort, die den direkten und den reflektierten Schall beinhaltet, wird im Zeitbereich gemessen. Diese gesamte Impulsantwort besteht aus der Impulsantwort des direkten Schallwegs und, mit einer gewissen Verzögerung aufgrund des längeren Laufweges, aus der Impulsantwort des reflektierten Weges.

Mittels geeigneter Verarbeitung im Zeitbereich (z. B. Signalsubtraktion und zeitliche Signaltrennung, siehe 4.2) können diese Impulsantworten getrennt werden. Nach einer Fourier-Transformation ergeben sich die Übertragungsfunktionen für den Direktschallweg, $H_i(f)$, und für den Reflexionsschallweg, $H_r(f)$. Das Verhältnis der quadrierten Beträge dieser Übertragungsfunktionen ergibt den Schallleistungsreflexionsgrad $Q_W(f)$; zur Berücksichtigung der Weglängendifferenz zwischen dem Anteil des Direktschallwegs und dem Anteil des Reflexionsschallwegs wird das oben genannte Verhältnis außerdem mit einem Faktor K_r multipliziert, um einen größeren geometrischen Ausbreitungsfaktor des Reflexionsschallwegs auszugleichen, siehe Gleichung (2). Anschließend kann der Schallabsorptionsgrad mithilfe des Schallleistungsreflexionsgrades $Q_W(f)$ (siehe 3.3) berechnet werden.

Wird der Faktor K_r für den geometrischen Ausbreitungsfaktor ebenfalls berücksichtigt, so errechnet sich der Schallabsorptionsgrad mit Gleichung (1):

$$\alpha(f) = 1 - Q_W(f) = 1 - \frac{1}{K_r^2} \left| \frac{H_r(f)}{H_i(f)} \right|^2 \quad (1)$$

$$K_r = \frac{d_s - d_m}{d_s + d_m} \quad (2)$$

Dabei ist

d_s der Abstand zwischen der Schallquelle und der Bezugsebene der zu prüfenden Oberfläche;

d_m der Abstand zwischen dem Mikrofon und der Bezugsebene der zu prüfenden Oberfläche.

ANMERKUNG Der komplexe Reflexionsfaktor, der für die Berechnung der Ausbreitung oder den Vergleich von Messergebnissen mit theoretischen Berechnungen notwendig ist, lässt sich wie folgt mit Gleichung (3) bilden:

$$Q_p(f) = \frac{1}{K_f} \cdot \frac{H_r(f)}{H_i(f)} \cdot \exp(i2\pi\Delta\tau) \quad (3)$$

wobei $\Delta\tau$ der Zeitunterschied zwischen dem Auftreffen des direkten und des reflektierten Impulses ist (siehe Anhang C).

Es gelten keine besonderen Anforderungen an die Signalquelle, solange sie die Ermittlung der Impulsantwort über den vorgesehenen Frequenzbereich ermöglicht (siehe auch 5.2).