

**Akustik – Bestimmung des Schallabsorptionsgrades
und der Impedanz in Impedanzrohren**
Teil 2: Verfahren mit Übertragungsfunktion (ISO 10534-2:1998)
Deutsche Fassung EN ISO 10534-2:2001

DIN
EN ISO 10534-2

ICS 17.140.01

Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and
impedance in impedance tubes – Part 2: Transfer-function
method (ISO 10534-2:1998);
German version EN ISO 10534-2:2001

Acoustique – Détermination du facteur d'absorption acoustique et
de l'impédance acoustique à l'aide du tube d'impédance –
Partie 2: Méthode de la fonction de transfert (ISO 10534-2:1998);
Version allemande EN ISO 10534-2:2001

Die Europäische Norm EN ISO 10534-2:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 10534-2 ist im Komitee ISO/TC 43/SC 2 „Bauakustik“ in Abstimmung mit dem Europäischen Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen und von Gebäuden“ unter intensiver deutscher Mitarbeit erarbeitet worden. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NMP 231 „Schalldämmung und Schallabsorption, Messung und Bewertung“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Fortsetzung 25 Seiten EN

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN
Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

– Leerseite –

ICS

Deutsche Fassung

**Akustik – Bestimmung des Schallabsorptionsgrades
und der Impedanz in Impedanzrohren**

Teil 2: Verfahren mit Übertragungsfunktion
(ISO 10534-2:1998)

Acoustics – Determination of sound absorption
coefficient and impedance in impedance tubes –
Part 2: Transfer-function method (ISO 10534-2:1998)

Acoustique – Détermination du facteur d'absorption
acoustique et de l'impédance acoustique à l'aide du
tube d'impédance – Partie 2: Méthode de la fonction
de transfert (ISO 10534-2:1998)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. Mai 2001 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	7.7 Bestimmung des Reflexionsfaktors ...	13
2 Begriffe	3	7.8 Bestimmung des Schallabsorptions- grades	14
3 Prinzip	4	7.9 Bestimmung des spezifischen akustischen Impedanzverhältnisses ...	14
4 Prüfausrüstung	5	7.10 Bestimmung des spezifischen akustischen Admittanzverhältnisses ..	14
4.1 Aufbau des Impedanzrohres	5	8 Präzision	14
4.2 Arbeitsfrequenzbereich	5	9 Prüfbericht	14
4.3 Länge des Impedanzrohres	6	Anhang A (normativ) Vorprüfungen	16
4.4 Mikrophone	6	A.1 Vor und nach jeder Prüfung	16
4.5 Mikrophonorte	6	A.2 Periodische Kalibrierung	16
4.6 Akustisches Zentrum des Mikrophons .	7	Anhang B (normativ) Ein-Mikrophon- Verfahren	20
4.7 Probenhalter	7	B.1 Allgemeines	20
4.8 Signalverarbeitungseinrichtung	8	B.2 Feste Mikrophonorte	20
4.9 Lautsprecher	8	B.3 Veränderliche Mikrophonorte	21
4.10 Signalgenerator	8	Anhang C (normativ) Schallweicher Abschluss des Prüflings	21
4.11 Anschluss des Lautsprechers	8	Anhang D (informativ) Theoretischer Hintergrund	22
4.12 Thermometer und Barometer	8	Anhang E (informativ) Fehlerquellen	23
5 Vorbereitende Prüfungen und Messungen	9	E.1 Systematische Fehler	23
6 Montage des Prüflings	9	E.2 Zufällige Fehler	24
7 Prüfungen	10	E.3 Genauigkeit der Übertragungsfunktion .	24
7.1 Festlegung der Bezugsebene	10	Anhang F (informativ) Bestimmung des Schallabsorptionsgrades α_{st} für diffusen Schalleinfall von lokal wirkenden Absorbern aus den Ergebnissen dieses Teils von ISO 10534	25
7.2 Bestimmung von Schallgeschwindig- keit, Wellenlänge und charakteristischer Impedanz	10		
7.3 Auswahl der Signalamplitude	11		
7.4 Auswahl der für die Mittelung erforderlichen Werte	11		
7.5 Korrektur der Mikrophonfehl- anpassung	11		
7.6 Bestimmung der Übertragungsfunktion zwischen beiden Orten	13		

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ der International Organization for Standardization (ISO) wurde als Europäische Norm durch das Technische Komitee CEN/TC 126 „Akustische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen und von Gebäuden“ übernommen, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2001 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 10534-2:1998 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Prüfverfahren behandelt die Bestimmung des Schallabsorptionsgrades von Schallabsorbern bei senkrechtem Schalleinfall unter Anwendung eines Impedanzrohres, zweier Mikrophonorte sowie eines

digitalen Frequenzanalysesystemen. Es kann auch zur Bestimmung der akustischen Oberflächenimpedanz oder Oberflächenadmittanz von schallabsorbierenden Werkstoffen eingesetzt werden. Da die Impedanzverhältnisse eines schallabsorbierenden Werkstoffs mit seinen physikalischen Eigenschaften, wie Luftströmungswiderstand, Porosität, Elastizität und Dichte, in Beziehung stehen, sind die für dieses Prüfverfahren beschriebenen Messungen in der Grundlagenforschung und Produktentwicklung anwendbar.

Das Prüfverfahren ist dem in ISO 10534-1 beschriebenen insofern ähnlich, dass ein Impedanzrohr verwendet wird, das an einem Ende eine Schallquelle besitzt und am anderen Ende der Prüfling befestigt wird. Das Messverfahren ist jedoch ein anderes. Bei diesem Prüfverfahren werden mit einem Rauschgenerator ebene Wellen im Rohr erzeugt und die Zerlegung des Interferenzfeldes wird durch Messung des akustischen Druckes an zwei festen Orten erreicht, wobei an der Wand befestigte Mikrophone oder ein im Rohr quer stehendes Mikrophon verwendet werden, sowie anschließender Berechnung der komplexen akustischen Übertragungsfunktion, der Absorption bei senkrechtem Einfall und der Impedanzverhältnisse des akustischen Werkstoffs. Dieses Prüfverfahren ist im Vergleich mit dem in ISO 10534-1 behandelten ein alternatives und im Allgemeinen viel schnelleres Messverfahren.

Verglichen mit der Messung des Schallabsorptionsgrades in einem Hallraum nach ISO 354 bestehen einige charakteristische Unterschiede. Beim Hallraumverfahren wird (unter idealisierten Bedingungen) der Schallabsorptionsgrad bei diffusem Schalleinfall bestimmt und kann für die Prüfung von Werkstoffen mit ausgeprägter Struktur in seitlicher und senkrechter Richtung angewendet werden. Jedoch erfordert das Hallraumverfahren relativ große Prüflinge, so dass es für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten nicht geeignet ist, bei denen nur kleine Prüflinge von Absorbern zur Verfügung stehen. Das Impedanzrohrverfahren ist auf parametrische Untersuchungen bei senkrechtem Schalleinfall begrenzt, erfordert aber Prüflinge, die die gleiche Größe wie der Querschnitt des Impedanzrohres besitzen. Für lokal wirkende Werkstoffe können die Schallabsorptionsgrade bei diffusem Einfall aus den Messergebnissen geschätzt werden, die mit dem Impedanzrohrverfahren gewonnen wurden. Die Umrechnung der mit dem Impedanzrohrverfahren (senkrechter Einfall) erzielten Prüfergebnisse auf diffusen Schalleinfall wird in Anhang F angegeben.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils von ISO 10534 gelten die folgenden Begriffe:

2.1

Schallabsorptionsgrad bei senkrechtem Einfall α

Verhältnis der durch die Oberfläche des Prüflings eintretenden Schallleistung (ohne Umkehr) zur einfallenden Schallleistung einer ebenen Welle bei senkrechtem Einfall

2.2

Schallreflexionsfaktor bei senkrechtem Einfall r

komplexes Verhältnis der Amplitude der reflektierten Welle zur einfallenden Welle in der Bezugsebene bei einer ebenen Welle mit senkrechtem Einfall

2.3

Bezugsebene

Querschnitt des Impedanzrohres, für den der Reflexionsfaktor r oder die Impedanz Z oder die Admittanz G bestimmt werden und bei flachen Prüflingen gewöhnlich die Oberfläche ist

ANMERKUNG Die Bezugsebene wird bei $x = 0$ angenommen.

2.4

senkrechte Oberflächenimpedanz Z

Verhältnis des komplexen Schalldruckes $p(0)$ zum senkrechten Anteil der komplexen Schallschnelle $v(0)$ bei einer einzelnen Frequenz in der Bezugsebene

2.5

senkrechte Oberflächenadmittanz G

Kehrwert der senkrechten Oberflächenimpedanz Z

2.6

Wellenzahl k_0

Variable definiert als

$$k_0 = \omega/c_0 = 2\pi f/c_0$$

Dabei ist

ω die Kreisfrequenz;

f die Frequenz;

c_0 die Schallgeschwindigkeit.

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist die Wellenzahl komplex, damit ist:

$$k_0 = k'_0 - jk''_0$$

Dabei ist

k'_0 der Realteil ($k = 2\pi/\lambda_0$);

λ_0 die Wellenlänge;

k''_0 der Imaginärteil, der die Dämpfungskonstante in Neper je Meter darstellt.

2.7

komplexer Schalldruck p

Fourier-Transformierte des zeitlichen Schalldruckes

2.8

Kreuzspektraldichte S_{12}

Produkt $p_2 \cdot p_1^*$, bestimmt aus den komplexen Schalldrücken p_1 und p_2 an zwei Mikrophonorten

ANMERKUNG * bedeutet konjugiert komplex.

2.9

Autospektraldichte S_{11}

wird aus dem komplexen Schalldruck p_1 am Mikrophonort 1 mit dem Produkt $p_1 \cdot p_1^*$ bestimmt

ANMERKUNG * bedeutet konjugiert komplex.

2.10

Übertragungsfunktion H_{12}

Übertragungsfunktion aus den Mikrophonorten 1 bis 2, definiert durch das komplexe Verhältnis $p_2/p_1 = S_{12}/S_{11}$ oder S_{22}/S_{21} oder $[(S_{12}/S_{11})(S_{22}/S_{21})]^{1/2}$

2.11

Kalibrierfaktor H_c

Faktor für die Korrektur von Amplituden- und Phasenfehlanspassungen der Mikrophone

ANMERKUNG Siehe 7.5.2.

3 Prinzip

Der Prüfling wird an einem Ende des geraden, starren, glatten und luftdichten Impedanzrohres montiert. Mit einer Schallquelle (Zufall, Pseudo-Zufallsfolge oder Piepen (Chirp)) werden ebene Wellen im Rohr erzeugt und die Schalldrücke an zwei Orten in der Nähe des Prüflings gemessen. Die komplexen akustischen Übertragungsfunktionen der beiden Mikrophonesignale sind festgelegt und werden zur Berechnung des komplexen Reflexionsfaktors (siehe Anhang C) und Absorptionsfaktors bei senkrechtem Einfall sowie des Impedanzverhältnisses des Prüfwerkstoffes verwendet.

Die Größen werden als Funktionen der Frequenz mit einer Frequenzauflösung bestimmt, die durch die Abtastfrequenz und die Aufzeichnungslänge des bei den Messungen eingesetzten digitalen Frequenzanalysesystems festgelegt ist. Der nutzbare Frequenzbereich ist von der Rohrbreite und dem Abstand der Mikrophonorte abhängig. Aus der Kombination von Messungen mit verschiedenen Breiten und Abständen kann der nutzbare Frequenzbereich erweitert werden.

Die Messungen können durch Anwendung eines der beiden Verfahren durchgeführt werden:

1. Zwei-Mikrofon-Verfahren (Verwendung von zwei Mikrofonen an festen Orten)
2. Ein-Mikrofon-Verfahren (Verwendung eines Mikrofons nacheinander an zwei Orten)

Verfahren 1

erfordert eine Vorprüfung oder Korrektur bei der Prüfung, um die Amplituden- und Phasendifferenz-eigenschaften zwischen den Mikrofonen zu verringern, verbindet jedoch Geschwindigkeit, hohe Genauigkeit und einfache Ausführung miteinander. Verfahren 1 wird für allgemeine Prüfzwecke empfohlen.

Verfahren 2

besitzt eine besondere Art der Signalerzeugung sowie Prozessanforderungen und ist zeitaufwändiger. Es werden jedoch Phasenfehlanspassungen zwischen den Mikrofonen ausgeschlossen und es gestattet die Auswahl optimaler Mikrofonorte für jede Frequenz. Verfahren 2 wird für die Bewertung abgestimmter Resonatoren und/oder der Präzision empfohlen; im Anhang B sind die Anforderungen in näheren Einzelheiten beschrieben.

4 Prüfausrüstung

4.1 Aufbau des Impedanzrohres

Die Apparatur besteht im Wesentlichen aus einem Rohr mit einem Prüflinghalter an einem Ende und einer Schallquelle am anderen Ende. Die Mikrofonöffnungen befinden sich üblicherweise an zwei oder drei Orten entlang der Rohrwand, jedoch sind Abweichungen unter Einbeziehung eines zentral angeordneten Mikrofons oder Sondenmikrofons möglich.

Das Impedanzrohr muss gerade sein und einen gleichmäßigen Querschnitt (Durchmesser oder Querabmessung kleiner $\pm 0,2\%$) sowie eine starre, glatte, nicht poröse Wand besitzen, die im Prüfabschnitt (außer für die Mikrofonorte) keine Löcher oder Schlitze aufweist. Die Wand muss schwer und dick genug sein, damit sie nicht durch das Schallsignal zu Schwingungen angeregt wird und sich im Arbeitsfrequenzbereich des Rohres keine Schwingungsresonanzen zeigen. Bei runden Impedanzrohren aus Metall wird eine Wanddicke von etwa 5 % des Durchmessers empfohlen. Bei rechteckigen Rohren müssen die Ecken stabil genug sein, um Verformungen der Seitenplatten zu verhindern. Es wird eine Dicke der Seitenplatten von etwa 10 % der Querausdehnung des Rohres empfohlen. Rohrwände aus Beton müssen mit einer glatten haftenden Deckschicht versiegelt werden. Das Gleiche gilt für Rohrwandungen aus Holz; diese sollten durch eine äußere Hülle aus Stahl- oder Bleiblech verstärkt und gedämpft werden.

Die Querschnittsform des Rohres ist grundsätzlich freigestellt. Runde oder rechteckige (bevorzugt quadratische) Querschnitte werden empfohlen.

Werden rechteckige Rohre aus Platten zusammengesetzt, ist sorgfältig darauf zu achten, dass in den Ecken keine Nebenluft auftritt (z. B. durch Versiegelung mit Klebstoffen oder einer Beschichtung). Rohre sollten gegen Außengeräusche oder Schwingungen schall- und schwingungs isoliert sein.

4.2 Arbeitsfrequenzbereich

Der Arbeitsfrequenzbereich ist:

$$f_l < f < f_u \quad (1)$$

Dabei ist

f_l die untere Arbeitsfrequenz des Rohres;

f die Betriebsfrequenz;

f_u die obere Arbeitsfrequenz des Rohres.

f_l ist durch die Messunsicherheit bei der Signalverarbeitung begrenzt.

f_u wird so ausgewählt, um das Auftreten sich ausbreitender nicht ebener Wellenmoden zu vermeiden.

Die Bedingung für f_u ist:

$$d < 0,58 \times \lambda_u; f_u \cdot d < 0,58 \times c_0 \quad (2)$$

für runde Rohre mit einem Innendurchmesser d in Meter und f_u in Hertz.

$$d < 0,5 \times \lambda_u; f_u \cdot d < 0,5 \times c_0 \quad (3)$$

für rechteckige Rohre mit einer maximalen Seitenlänge d in Meter; c_0 ist die Schallgeschwindigkeit in Meter je Sekunde nach Gleichung (5).

Der Abstand s zwischen den Mikrofonen muss nach folgender Gleichung ausgewählt werden:

$$f_u \cdot s < 0,45 \times c_0 \quad (4)$$

Unter der Voraussetzung, dass Gleichung (4) erfüllt wird, ist die untere Frequenzgrenze vom Abstand zwischen den Mikrofonen und der Messunsicherheit des Analysesystems abhängig, jedoch sollte als allgemeine Richtlinie gelten, dass der Mikrofonabstand 5 % der Wellenlänge der interessierenden entsprechenden niedrigeren Frequenz beträgt. Ein großer Abstand zwischen den Mikrofonen erhöht die Genauigkeit der Messungen.

4.3 Länge des Impedanzrohres

Das Rohr sollte so lang sein, dass sich eine ebene Welle zwischen Schallquelle und der Probe entwickelt. Mikrofonmesspunkte müssen in einem ebenen Wellenfeld liegen.

Im Allgemeinen erzeugt der Lautsprecher neben der ebenen Welle nicht ebene Moden. Diese klingen unterhalb der Grenzfrequenz der ersten höheren Mode innerhalb eines Abstandes von etwa dem dreifachen Rohrdurchmesser oder dem Dreifachen der maximalen Seitenmaße rechteckiger Rohre ab. Deshalb wird empfohlen, die Mikrophone nicht dichter an der Schallquelle anzuordnen, als es oben vorgeschlagen wird, aber in keinem Fall dichter als ein Durchmesser bzw. ein maximales Seitenmaß.

Die Prüflinge führen auch zu Nahverzerrungen des akustischen Feldes und es wird, abhängig von der Prüflingsart, folgende Empfehlung für den Mindestabstand zwischen Mikrofon und Prüfling gegeben:

Nicht strukturiert: $\frac{1}{2}$ Durchmesser oder $\frac{1}{2}$ maximales Seitenmaß

Semilateral strukturiert: 1 Durchmesser oder 1 maximales Seitenmaß

Stark asymmetrisch: 2 Durchmesser oder 2 maximale Seitenmaße

4.4 Mikrophone

An jedem Ort müssen identische Mikrophonarten eingesetzt werden. Bei Verwendung wandmontierter Mikrophone muss deren Durchmesser im Vergleich zu c_0/f_u klein sein. Weiterhin wird empfohlen, dass die Mikrophondurchmesser kleiner als 20 % des Abstandes zwischen ihnen sind.

Bei der Seitenwandmontage werden Druckmikrophone empfohlen. Für Mikrophone in Rohren werden Freifeld-Mikrophone empfohlen.

4.5 Mikrofonorte

Werden seitenwandmontierte Mikrophone eingesetzt, muss deren Membran bündig mit der Innenfläche des Rohres eingebaut werden. Häufig ist eine kleine Aussparung notwendig (siehe Bild 1); die Aussparung sollte klein gehalten werden und für beide Mikrofonbefestigungen gleich sein. Das Mikrophongitter muss gegen das Gehäuse des Mikrophons dicht sein und zwischen Einbauöffnung und Mikrofon muss eine Dichtung vorhanden sein.

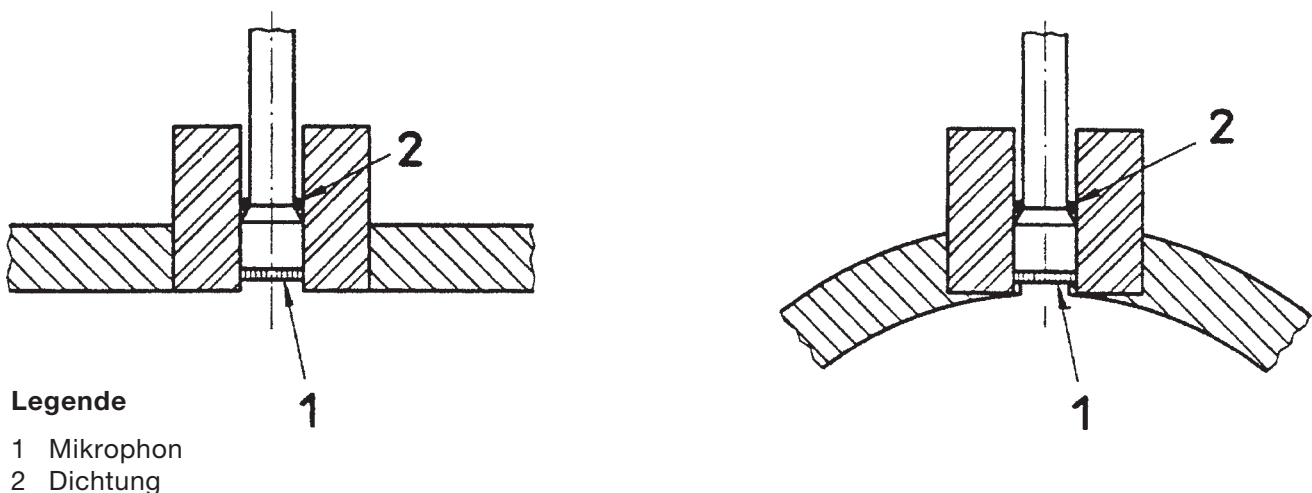
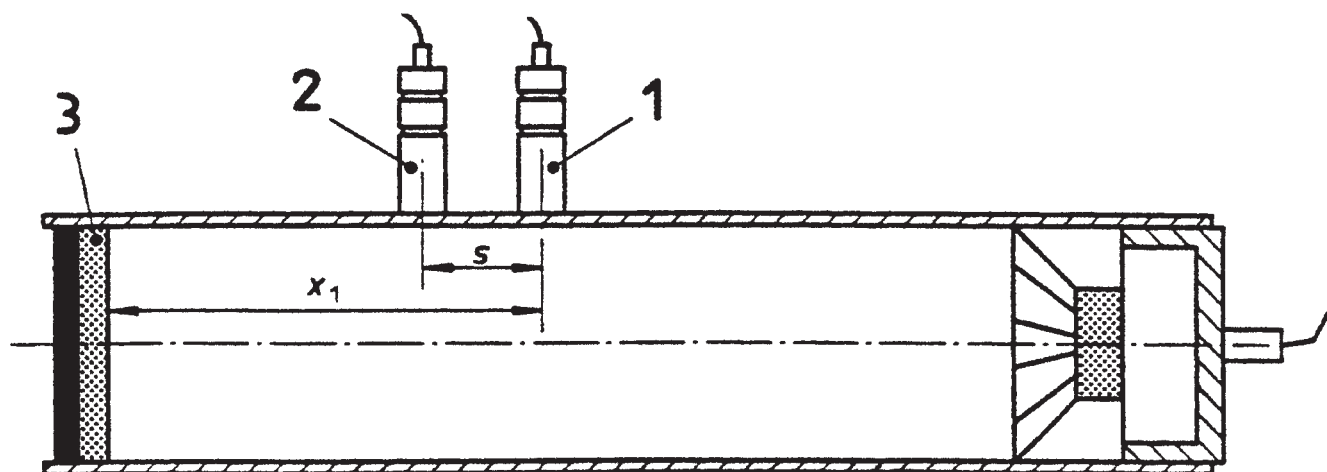


Bild 1 – Beispiele eines typischen Einbaus von Mikrofonen

Wird ein Mikrophon nacheinander an zwei Wandorten eingesetzt, muss der nicht benutzte Mikrophonort abgedichtet werden, um Nebenluft zu vermeiden und eine glatte Oberfläche im Rohr beizubehalten.

Bei der Verwendung von Mikrophonen mit seitlichen Luftlöchern ist darauf zu achten, dass die Druckausgleichsöffnungen beim Einbau des Mikrophons nicht blockiert werden. Alle festen Mikrophonorte und deren Abstand s müssen mit einer Unsicherheit von $\pm 0,2$ mm oder besser bekannt sein und müssen aufgezeichnet werden (siehe Bild 2). Quer liegende Mikrophonorte müssen mit einer Unsicherheit von $\pm 0,5$ mm oder besser bekannt sein.



Legende

- 1 Mikrophon A
- 2 Mikrophon B
- 3 Prüfgegenstand

Bild 2 – Mikrophonorte und -abstände

4.6 Akustisches Zentrum des Mikrophons

In A.2.3 werden die Bestimmung des akustischen Zentrums eines Mikrophons sowie die Verringerung von Fehlern beschrieben, die sich aus dem Unterschied von akustischem und geometrischem Zentrum ergeben.

4.7 Probenhalter

Der Probenhalter ist entweder fest in das Rohr eingebaut oder ist eine getrennte Einheit, die während der Messungen fest an einem Ende des Rohres befestigt wird. Die Länge des Prüflinghalters muss groß genug sein, um Prüflinge mit einem geforderten dahinter liegenden Luftspalt einbauen zu können.

Wenn der Probenhalter eine getrennte Einheit ist, muss er hinsichtlich der Innenmaße bis auf $\pm 0,2$ % mit denen des Impedanzrohres übereinstimmen. Der Einbau in das Rohr muss dicht und ohne den Einbau elastischer Dichtungen erfolgen (zur Abdichtung wird Vaseline empfohlen).

Bei rechteckigen Rohren wird empfohlen, den Probenhalter fest in das Impedanzrohr einzubauen und den Einbauabschnitt für die Befestigung des Prüflings durch eine abnehmbare Abdeckung zugänglich zu gestalten. Die Berührungsflächen zwischen abnehmbarer Abdeckung und Rohr müssen sorgfältig oberflächenbearbeitet sein; zur Vermeidung kleinerer Undichtigkeiten wird die Verwendung eines Dichtungsmittels (Vaseline) empfohlen.

Bei runden Rohren wird empfohlen, den Prüfling von Vorder- und Rückseite des Probenhalters zugänglich zu gestalten. Damit ist es möglich, Lage und Ebenheit der vorderen Oberfläche sowie der rückseitigen Lage zu überprüfen.

Bei rechteckigen Rohren wird im Allgemeinen empfohlen, den Prüfling seitlich in das Rohr einzubauen (statt ihn axial in das Rohr einzuschieben). Es ist dann möglich, den Sitz und die Lage des Prüflings im Rohr und die Lage und die Ebenheit der vorderen Oberfläche zu überprüfen und die Bezugsebene in Bezug auf die vordere Oberfläche auszurichten. Mit einem Einbau von der Seite wird auch das Zusammendrücken weicher Werkstoffe vermieden.