

DIN EN 61094-5

ICS 17.140.50; 33.160.50

Einsprüche bis 2015-08-19
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 61094-5:2003-02**Entwurf****Messmikrofone –****Teil 5: Verfahren zur Druckkammer-Kalibrierung von
Gebrauchs-Normalmikrofonen nach der Vergleichsmethode
(IEC 29/870/CDV:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN 61094-5:2015**

Measurement microphones –

Part 5: Methods for pressure calibration of working standard microphones by comparison
(IEC 29/870/CDV:2015);
German and English version prEN 61094-5:2015

Microphones de mesure –

Partie 5: Méthodes pour l'étalonnage en pression par comparaison des microphones
étalons de travail (CEI 29/870/CDV:2015);
Version allemande et anglaise prEN 61094-5:2015**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-06-19 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nals@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

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 43 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI
DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält die Deutsche Fassung des Europäischen Norm-Entwurfs prEN 61094-5:2015. Der diesem Europäischen Entwurf zugrunde liegende internationale Norm-Entwurf IEC 29/870/CDV:2015 ist im Technischen Komitee 29 „Electroacoustics“ der IEC (Sekretariat DS, Dänemark) unter deutscher Mitarbeit erstellt worden. Für die deutsche Mitarbeit ist der Gemeinschaftsausschuss NA 001-01-03 GA (NALS/DKE A 3) „Schallmessgeräte“ unter Federführung des Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI zuständig.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des IEC 29/870/CDV, d. h. die Englische Fassung des Europäischen Norm-Entwurfs prEN 61094-5, entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfs gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

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.

Für die in diesem Dokument zitierte internationale Publikation wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO/IEC Guide 98-3 siehe DIN V ENV 13005

Die Deutsche Norm ist im nationalen Anhang NA aufgeführt.

Normen mit der Bezeichnung IEC xxx entsprechen den Normen mit der Bezeichnung EN xxx, die auf Deutsch als DIN EN xxx veröffentlicht sind.

DIN EN 61094 mit dem Titel *Messmikrofone* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Anforderungen an Laboratoriums-Normalmikrofone*
- *Teil 2: Primärverfahren zur Druckkammer-Kalibrierung von Laboratoriums-Normalmikrofonen nach der Reziprozitätsmethode*
- *Teil 3: Primärverfahren zur Freifeld-Kalibrierung von Laboratoriums-Normalmikrofonen nach der Reziprozitätsmethode*
- *Teil 4: Anforderungen an Gebrauchs-Normalmikrofone*
- *Teil 5: Verfahren zur Druckkammer-Kalibrierung von Gebrauchs-Normalmikrofonen nach der Vergleichsmethode*
- *Teil 6: Elektrostatische Anregeeektroden zur Ermittlung des Frequenzgangs*
- *Part 7: Values for the difference between free-field and pressure sensitivity levels of laboratory standard microphones ^{*)}*
- *Teil 8: Verfahren zur Ermittlung des Freifeld-Übertragungskoeffizienten von Gebrauchs-Normalmikrofonen nach der Vergleichsmethode*

^{*)} Keine deutsche Ausgabe dieser Technischen Spezifikation.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61094-5:2003-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Behandlung der Messunsicherheit präzisiert und weitere Unsicherheitsbeiträge behandelt;
- b) Korrekturwerte für Mikrofone der Klasse WS3 revidiert;
- c) Angaben zum elektrischen Potential der Abschirmung bei der Kalibrierung von Mikrofonen verpflichtend gemacht;
- d) Betrachtung des untersuchten Mikrofons in Verbindung mit seinem Vorverstärker als System ergänzt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

— Leerseite —

Messmikrofone - Teil 5: Verfahren zur Druckkammer-Kalibrierung von Gebrauchs-Normalmikrofonen nach der Vergleichsmethode (IEC 29/870/CDV:2015)

Measurement microphones - Part 5: Methods for pressure calibration of working standard microphones by comparison (IEC 29/870/CDV:2015)

Microphones de mesure - Partie 5: Méthodes pour l'étalonnage en pression par comparaison des microphones étalons de travail (CEI 29/870/CDV:2015)

ICS:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.5a

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe	3
4 Referenz-Umgebungsbedingungen	4
5 Grundlagen der Druckkammer-Kalibrierung nach der Vergleichsmethode	4
5.1 Grundlagen	4
5.2 Messung der Mikrofon-Ausgangsspannungen	5
6 Einflussgrößen bei der Bestimmung des Druck-Übertragungskoeffizienten	5
6.1 Allgemeines	5
6.2 Druckausgleich des Mikrofons	6
6.3 Polarisationsspannung	6
6.4 Referenz-Abschirmkonfiguration	6
6.5 Druckverteilung auf den Membranen	6
6.6 Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen	7
6.7 Überprüfung auf Gültigkeit (Validierung)	7
7 Beiträge zur Unsicherheit der Kalibrierung	8
7.1 Allgemeines	8
7.2 Übertragungskoeffizient des Referenzmikrofons	8
7.3 Messung der Mikrofonausgangsspannung	8
7.4 Unterschiede im Schalldruck am untersuchten Mikrofon und am Referenzmikrofon	8
7.5 Akustische Impedanzen der Mikrofone	8
7.6 Abstand zwischen den Mikrofonen	8
7.7 Kapazität des Mikrofons	9
7.8 Mikrofonanordnung bei der Kalibrierung	9
7.9 Unsicherheit des Druck-Übertragungsmaßes	9
Anhang A (informativ) Beispiele für Kuppler und Abstandhalter für die gleichzeitige Anregung	10
Anhang B (informativ) Beispiele für Kuppler für die zeitversetzte Anregung	13
Anhang C (informativ) Bestimmung des Leerlauf-Übertragungskoeffizienten eines Messmikrofons ohne Anwendung des Ersatzspannungsverfahrens	15
Anhang D (informativ) Typisches Beispiel zur Berechnung der Unsicherheit	17
Literaturhinweise	20

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61094 gilt für Gebrauchs-Normalmikrofone mit abnehmbarem Schutzgitter, die die Anforderungen nach IEC 61094-4 erfüllen, sowie für Laboratoriums-Normalmikrofone, die die Anforderungen nach IEC 61094-1 erfüllen.

Dieser Teil von IEC 61094 beschreibt auch Verfahren zur Bestimmung des Druck-Übertragungskoeffizienten durch Vergleich entweder mit einem Laboratoriums-Normalmikrofon, das nach IEC 61094-2 kalibriert worden ist, oder mit einem weiteren Gebrauchs-Normalmikrofon, das nach dem vorliegenden Teil von IEC 61094 kalibriert worden ist.

Andere Vergleichsverfahren, die auf den in IEC 61094-2 beschriebenen Grundlagen beruhen, sind möglich, fallen jedoch nicht in den Anwendungsbereich des vorliegenden Teils von IEC 61094.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten 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).

IEC 61094-1, *Measurement microphones — Part 1: Specifications for laboratory standard microphones*

IEC 61094-2, *Measurement microphones — Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique*

IEC 61094-4, *Measurement microphones — Part 4: Specifications for working standard microphones*

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 Begriffe nach IEC 61094-1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Referenzmikrofon

Laboratoriums-Normalmikrofon oder Gebrauchs-Normalmikrofon, dessen Druck-Übertragungskoeffizient bekannt ist

3.2

untersuchtes Mikrofon

Laboratoriums-Normalmikrofon oder Gebrauchs-Normalmikrofon, das durch Vergleich mit einem Referenzmikrofon kalibriert wird

3.3

Kontrollmikrofon

Mikrofon zur Messung von Veränderungen des Schalldrucks im Kuppler

3.4

Kuppler

Einrichtung, die, wenn Mikrofone mit ihr verbunden werden, einen Hohlraum vorbestimmter Form und Abmessungen bildet und damit ein akustisches Verbindungselement zwischen den Mikrofonen sowie zwischen den Mikrofonen und der Schallquelle darstellt

3.5 Abstandhalter
Einrichtung, die, wenn Mikrofone mit ihr verbunden werden, diese so hält, dass sich ihre Membranen in sehr geringem Abstand gegenüberstehen, aber den Raum zwischen ihnen nicht umschließt

4 Referenz-Umgebungsbedingungen

Die Referenz-Umgebungsbedingungen sind wie folgt:

- Temperatur: 23,0 °C
- Luftdruck: 101,325 kPa
- relative Luftfeuchte: 50 %.

5 Grundlagen der Druckkammer-Kalibrierung nach der Vergleichsmethode

5.1 Grundlagen

5.1.1 Grundprinzip

Der Druck-Übertragungskoeffizient eines Messmikrofons ist als Funktion eines gleichmäßig auf die Membran einwirkenden Schalldrucks definiert. Folglich kann der Druck-Übertragungskoeffizient grundsätzlich nur bei solchen Mikrofonen ermittelt werden, bei denen sich das Schutzgitter entfernen lässt, sodass der anregende Schalldruck direkt auf die Membran einwirkt.

Das Prinzip der Vergleichsverfahren ist folgendes: Wenn auf das Referenzmikrofon und das untersuchte Mikrofon entweder gleichzeitig oder zeitversetzt (nacheinander) derselbe Schalldruck einwirkt, dann ist das Verhältnis ihrer Druck-Übertragungskoeffizienten gleich dem Verhältnis der Leerlauf-Ausgangsspannungen. Der Übertragungskoeffizient des untersuchten Mikrofons kann dann (nach Betrag und Phase) aus dem Übertragungskoeffizienten des Referenzmikrofons berechnet werden.

Dieses Verfahrensprinzip gestattet es, das untersuchte Mikrofon mit einem bestimmten Vorverstärker zu verbinden, sodass das Ausgangssignal dieses Vorverstärkers als direktes Maß für den Übertragungskoeffizienten des Systems verwendet werden kann.

Die Ermittlung des Übertragungskoeffizienten bei mehreren Frequenzen kann außergewöhnlich rasch erfolgen, wenn eine breitbandige Schallquelle verwendet wird und die Ausgangsspannungen der Mikrofone schmalbandig ausgewertet werden.

ANMERKUNG Wenn das Referenzmikrofon und das untersuchte Mikrofon signifikant voneinander abweichende Frequenzgänge haben, z. B. im Bereich der Resonanzfrequenzen, oder wenn ein Druckfeld-Mikrofon mit einem Freifeld-Mikrofon verglichen wird, kann dieses Vorgehen zu Abweichungen führen, wenn es die Absicht ist, den Druck-Übertragungskoeffizienten bei der Prüffrequenz statt in einem Band um die Prüffrequenz herum zu ermitteln. Um solche Abweichungen zu vermeiden, ist es daher notwendig, die Bandbreite der Auswertung besonders zu beachten. Üblicherweise ist eine Bandbreite von einer halben Terz oder schmalbandiger ausreichend, um jegliche Abweichungen auf unter 0,01 dB zu beschränken. Dennoch ist bei übermäßiger Verringerung der Bandbreite, wie es mit FFT-Analysatoren möglich ist, erhöhte Aufmerksamkeit geboten, da hierdurch Unzulänglichkeiten, wie etwa stehende Wellen im Schallfeld, hervorgerufen werden können, was ebenfalls zu Abweichungen führen kann (siehe [7]¹⁾ für weitere Einzelheiten).

1) Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

5.1.2 Allgemeine Grundlagen bei der gleichzeitigen Anregung

Damit auf die beiden Mikrofone gleichzeitig im Wesentlichen derselbe Schalldruck einwirkt, ist es in der Regel notwendig, dass die beiden Fronten der Mikrofone zueinander einen Abstand von einem geringen Bruchteil der Wellenlänge der höchsten interessierenden Frequenz haben. Bei Frequenzen bis 20 kHz lässt sich das erreichen, indem die beiden Mikrofone entweder in einen Kuppler oder einen Abstandhalter eingesetzt werden, in dem sie sich in einem Abstand von ungefähr 1 mm gegenüberstehen.

ANMERKUNG 1 Der optimale Abstand der Mikrofone hängt teilweise von der akustischen Umgebung ab und sollte für einen bestimmten Messaufbau ermittelt werden. Einzelheiten zu den zu erwartenden Leistungsstufen sind in [7] angegeben.

Kuppler enthalten meistens eine eingebaute Schallquelle, während die in einen Abstandhalter eingesetzten Mikrofone im Allgemeinen in ein extern erzeugtes Schallfeld eingebracht werden. Um die Auswirkung systembedingter Unterschiede des Schalldrucks zwischen den Orten der beiden Mikrofone (z. B. aufgrund von Asymmetrien) zu verringern, ist folgendermaßen vorzugehen: Nachdem das Verhältnis der Druck-Übertragungskoeffizienten der Mikrofone einmal bestimmt worden ist, sind die Mikrofone zu vertauschen, und die Messung ist zu wiederholen. Der Übertragungskoeffizient wird dann aus dem Mittelwert der beiden Verhältniswerte berechnet. Anhang A enthält Beispiele praxiserprobter Vorrichtungen sowie zu ergreifende Vorsichtsmaßnahmen.

ANMERKUNG 2 Die Vermeidung von Asymmetrien und stehenden Wellen im Schallfeld hat insbesondere bei Aufbauten, die einen Abstandhalter verwenden, sehr günstige Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse.

5.1.3 Allgemeine Grundlagen bei der zeitversetzten Anregung

Damit auf die beiden Mikrofone nacheinander im Wesentlichen derselbe Schalldruck einwirkt, darf entweder der Austausch der Mikrofone den Schalldruck nicht signifikant verändern oder müssen signifikante Veränderungen ermittelt und das Ergebnis korrigiert werden. Das kann dadurch erreicht werden, dass eine Schallquelle, ein Kontrollmikrofon sowie das untersuchte Mikrofon bzw. das Referenzmikrofon an einen Kuppler angeschlossen werden. Wie auch immer der Kuppler gestaltet ist, das Kontrollmikrofon muss Veränderungen des Schalldrucks am Ort des untersuchten Mikrofons bzw. des Referenzmikrofons genau erfassen. Anhang B enthält Beispiele praxiserprobter Vorrichtungen.

5.2 Messung der Mikrofon-Ausgangsspannungen

Das Ausgangssignal des untersuchten Mikrofons bzw. des Referenzmikrofons in Form der Leerlaufspannung darf entweder nach dem Ersatzspannungsverfahren (siehe IEC 61094-2, 5.3) oder mit einem Messsystem, das aus einem Mikrofonvorverstärker mit hochohmigem Eingang und einem Voltmeter besteht (siehe Anhang C), bestimmt werden.

Das bei der Messung der Ausgangsspannung des untersuchten Mikrofons angewandte Verfahren ist auf den Kalibrierscheinen stets anzugeben.

6 Einflussgrößen bei der Bestimmung des Druck-Übertragungskoeffizienten

6.1 Allgemeines

Der Druck-Übertragungskoeffizient eines Messmikrofons kann eine Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen zeigen. Weiterhin setzt die Definition des Druck-Übertragungskoeffizienten voraus, dass bei den Messungen bestimmte Anforderungen erfüllt werden. Es ist notwendig, dass diese Bedingungen während einer Kalibrierung ausreichend gut eingehalten werden, sodass die daraus resultierenden Unsicherheitsbeiträge klein bleiben.

6.2 Druckausgleich des Mikrofons

Bei der üblichen Ausführung eines Messmikrofons liegt der Hohlraum hinter der Membran und hat eine enge Druckausgleichskapillare, die es ermöglicht, dass der statische Luftdruck auf beiden Seiten der Membran gleich ist. Folglich gleicht diese Kapillare bei sehr tiefen Frequenzen auch den Schalldruck teilweise aus. Wenn bei der Kalibrierung Schall, der mit demjenigen auf der Membran kohärent ist, auf die Druckausgleichskapillare auftrifft, kann das den Übertragungskoeffizienten bei tiefen Frequenzen verfälschen, sodass das Ergebnis nicht der tatsächliche Druck-Übertragungskoeffizient ist.

Bei einem Abstandhalter trifft der Schall auf die Druckausgleichskapillare auf, weshalb der Betrag dieser Verfälschung durch Vergleich von Kalibrierergebnissen, die mit dem Abstandhalter gewonnen wurden, mit solchen, die mit einem Kuppler ermittelt wurden, bei dem die Druckausgleichskapillare nicht dem Schallfeld ausgesetzt ist, bestimmt werden muss.

Bei einem Kuppler kann ein O-Ring verwendet werden, um den Ringspalt zwischen dem Kuppler und dem Mikrofon abzudichten. Wenn das so gemacht wird, muss mit Sorgfalt sichergestellt werden, dass der O-Ring keine unzulässig große Kraft auf das Mikrofon ausübt und dadurch den Übertragungskoeffizienten verändert.

6.3 Polarisationsspannung

Wenn das untersuchte Mikrofon eine externe Polarisationsspannung benötigt, ist die bei der Kalibrierung verwendete Polarisationsspannung anzugeben.

Wenn das Referenzmikrofon eine externe Polarisationsspannung benötigt, muss jeglicher Unterschied zwischen der Polarisationsspannung, die bei der Kalibrierung des Referenzmikrofons verwendet wurde, und derjenigen, die beim Einsatz als Referenzmikrofon verwendet wird, bei der Berechnung der Messunsicherheit berücksichtigt werden (siehe Anhang D).

6.4 Referenz-Abschirmkonfiguration

Bei der Messung der Leerlauf-Ausgangsspannung sind die Abschirmkonfigurationen nach IEC 61094-1 oder IEC 61094-4 zu verwenden.

Wenn vorgesehen ist, ein Mikrofon mit einem Vorverstärker zu verwenden, dessen Abschirmkonfiguration nicht einer Norm entspricht, muss es zusammen mit seinem Vorverstärker als System kalibriert werden.

Werden Kalibrierungen nach dem Ersatzspannungsverfahren durchgeführt, muss angegeben werden, ob die Ausgangsspannung des Mikrofons auf die Abschirmung gelegt wurde oder ob die Abschirmung geerdet war.

Wenn im Handbuch eine Obergrenze für die auf den elektrischen Mittenkontakt des Mikrofons ausgeübte Kraft angegeben ist, darf diese Grenze nicht überschritten werden.

6.5 Druckverteilung auf den Membranen

Die Definition des Druck-Übertragungskoeffizienten geht von der Annahme aus, dass der Schalldruck gleichförmig auf die Membran einwirkt. Die Ausgangsspannung eines Mikrofons bei ungleichförmiger Druckverteilung auf der Oberfläche der Membran unterscheidet sich von derjenigen bei gleichförmiger Druckverteilung mit demselben Mittelwert, da das Mikrofon im Allgemeinen auf einen Schalldruck in der Mitte der Membran empfindlicher reagiert.

Wenn die gleichzeitige Anregung verwendet wird, kann die Gleichmäßigkeit des Schalldrucks auf den Mikrofonmembranen verbessert werden, indem ein zum Kreisumfang der Mikrofone radialsymmetrisches Schallfeld eingehalten wird. Dies kann durch den Einsatz einer radialsymmetrischen Schallquelle erreicht werden, die koaxial zu den Mikrofonen aufgestellt wird, und sich die Mikrofone im Fernfeld der Schallquelle befinden. Obwohl Ungleichförmigkeiten der Druckverteilung auf der Oberfläche der Membran mit einer radialsymmetrischen Schallquelle minimiert werden können, kann bei hohen Frequenzen selbst bei einer idealen Schallquelle eine gewisse Ungleichförmigkeit bestehen bleiben. Alternativ kann ein radial-

symmetrisches Schallfeld auch dadurch erzielt werden, dass die Mikrofone und die Schallquelle in einem diffusen Schallfeld aufgestellt werden.

Es sollte darauf geachtet werden, in dem die Mikrofone umgebenden Schallfeld keine stehenden Wellen zu erzeugen, da diese erhebliche und unvorhersagbare Messabweichungen hervorrufen können. Wenn ein Hallraum zur Erzeugung eines Diffusfelds verwendet wird, ist zur Abschwächung der Auswirkung von stehenden Wellen in der Regel ein breitbandiges Anregungssignal notwendig.

Beim Vergleich von Mikrofonen mit demselben Durchmesser sollte die Schalldruckverteilung auf der Oberfläche der beiden Membranen bei der Kalibrierung idealerweise gleichförmig sein. Es ist jedoch schwierig, die Einhaltung dieser Bedingung bei einem gegebenen Kalibrieraufbau sicherzustellen. Die resultierende Auswirkung der Asymmetrien des Schallfelds und des Mikrofons kann dadurch erkannt werden, dass eines der Mikrofone um seine Symmetrieachse gedreht wird.

Die Auswirkung einer ungleichförmigen Druckverteilung auf der Oberfläche der Membran ist wesentlich stärker, wenn das untersuchte Mikrofon und das Referenzmikrofon unterschiedliche Durchmesser haben. In der Literatur (z. B. [7]²⁾) ist ein analytisches Modell angegeben, das in einem solchen Fall herangezogen werden kann, um Korrekturen vorzunehmen und die Messunsicherheit abzuschätzen.

6.6 Abhängigkeit von Umgebungsbedingungen

Der Übertragungskoeffizient eines Mikrofons kann eine Abhängigkeit vom Luftdruck, der Temperatur oder der Luftfeuchte zeigen. Diese Abhängigkeit lässt sich durch einen Vergleich mit einem Laboratoriums-Normalmikrofon, dessen Eigenschaften genau bekannt sind, über einen ganzen Bereich von Umgebungsbedingungen bestimmen.

Wenn das Referenzmikrofon und das untersuchte Mikrofon unterschiedliche Produktionstypen sind, muss der Übertragungskoeffizient des Referenzmikrofons für die bei der Prüfung tatsächlich herrschenden Umgebungsbedingungen korrigiert werden. Wenn sie hingegen vom selben Typ sind, kann eine Vereinfachung in der Annahme bestehen, dass beide Mikrofone dieselbe Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen haben, sodass die Kalibrierung des untersuchten Mikrofons auf diejenigen Umgebungsbedingungen bezogen werden kann, unter denen die Kalibrierwerte des Referenzmikrofons gültig sind.

Alternativ kann für die Angabe der Kalibrierergebnisse der Druck-Übertragungskoeffizient auch für die Referenz-Umgebungsbedingungen korrigiert werden, sofern verlässliche Korrekturwerte vorliegen.

Die bei der Kalibrierung tatsächlich herrschenden Umgebungsbedingungen müssen angegeben werden.

6.7 Überprüfung auf Gültigkeit (Validierung)

Die Gültigkeit von Kalibrierungen, die mit einem bestimmten Abstandhalter oder Kuppler durchgeführt wurden, muss durch Vergleich mit Kalibrierungen überprüft werden, die mit anderen Abstandhaltern bzw. Kupplern und andersartigen Schallquellen durchgeführt wurden. Es ist notwendig, für jeden einzelnen Mikrofontyp eine separate Gültigkeitsprüfung vorzunehmen. Wenn es sich bei dem untersuchten Mikrofon um ein Laboratoriums-Normalmikrofon handelt, kann der Abstandhalter bzw. Kuppler dadurch validiert werden, dass die Vergleichskalibrierung mit einer Reziprozitätskalibrierung verglichen wird.

Um über den gesamten Frequenzbereich eine hohe Genauigkeit zu erzielen, kann es bei manchen Mikrofonen notwendig sein, mehr als einen Abstandhalter und/oder Kuppler zu verwenden.

2) Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

7 Beiträge zur Unsicherheit der Kalibrierung

7.1 Allgemeines

Zusätzlich zu den in Abschnitt 6 genannten Einflussgrößen bei der Bestimmung des Druck-Übertragungskoeffizienten tragen das Verfahren, die Ausrüstung und die Sorgfalt bei der Durchführung der Kalibrierung zur Unsicherheit bei. Größen, die die Kalibrierung auf bekannte Weise beeinflussen, sollten gemessen oder berechnet werden, und zwar zum einen mit einer Genauigkeit, die zur Erreichung der gewünschten Gesamt-Messunsicherheit notwendig ist, und zum anderen mit der praktisch höchstmöglichen Genauigkeit, wenn ihr Einfluss zu minimieren ist.

7.2 Übertragungskoeffizient des Referenzmikrofons

Die Unsicherheit des Übertragungskoeffizienten des Referenzmikrofons hat einen direkten Einfluss auf die Unsicherheit des Übertragungskoeffizienten des untersuchten Mikrofons.

7.3 Messung der Mikrofon Ausgangsspannung

Unsicherheiten aufgrund von Zufälligkeit oder Nichtstationarität der Messsignale der Mikrofon Ausgangsspannungen haben einen direkten Einfluss auf die Unsicherheit des Übertragungskoeffizienten des untersuchten Mikrofons.

Unsicherheiten aufgrund von systematischen Messabweichungen der Mikrofon Ausgangsspannungen können einen Einfluss auf die Unsicherheit des Übertragungskoeffizienten des untersuchten Mikrofons haben. Diese Unsicherheiten können aber verringert werden, wenn sowohl für das untersuchte Mikrofon als auch für das Referenzmikrofon dasselbe Messsystem verwendet wird.

Wenn am untersuchten Mikrofon und am Referenzmikrofon gleichzeitig gemessen wird, kann die Unsicherheit aufgrund systematischer Abweichungen durch Anwendung des in Anhang C beschriebenen Verfahrens verringert werden.

7.4 Unterschiede im Schalldruck am untersuchten Mikrofon und am Referenzmikrofon

Sowohl bei gleichzeitiger als auch bei zeitversetzter Anregung kann durch Unterschiede in der akustischen Impedanz zwischen dem untersuchten Mikrofon und dem Referenzmikrofon der Schalldruck am untersuchten Mikrofon von demjenigen am Referenzmikrofon abweichen. In der Literatur (z. B. [2]) ist ein analytisches Modell angegeben, das herangezogen werden darf, um die daraus resultierende Unsicherheit abzuschätzen.

7.5 Akustische Impedanzen der Mikrofone

Wenn das Referenzmikrofon und das untersuchte Mikrofon signifikant unterschiedliche akustische Impedanzen haben (z. B. Druckfeld- und Freifeld-Mikrofone bei Frequenzen über 10 kHz), können sie im selben Schallfeld aufgrund unterschiedlicher Volumenschnelle an den Membranen unterschiedliches Antwortverhalten zeigen. Es wird empfohlen, möglichst immer ein Referenzmikrofon zu verwenden, dessen akustische Impedanz derjenigen des untersuchten Mikrofons ähnlich ist. Wenn kein geeignetes Referenzmikrofon zur Verfügung steht, sollte die daraus resultierende Abweichung größenmäßig abgeschätzt und in der Unsicherheitsbilanz berücksichtigt werden.

7.6 Abstand zwischen den Mikrofonen

Bei den Messungen mit gleichzeitiger Anregung sollte der optimale Abstand zwischen den Mikrofonen für jede akustische Umgebung ermittelt werden, in der Messungen mit einem Abstandhalter durchzuführen sind. Der Abstand kann ermittelt werden, indem eine Messreihe mit verschiedenen Abständen durchgeführt wird und die Ergebnisse mit einer primären Druckkalibrierung desselben Mikrofons verglichen werden. In einigen Schallfeldern können die Messungen selbst auf sehr kleine Änderungen des Abstands zwischen den Mikrofonen und der relativen Position des Mikrofons zum Schallfeld sehr empfindlich reagieren. In derartigen Fällen ist es vorzuziehen, das Schallfeld anstatt das Positionierungssystem zu verbessern, da ein

Positionierungssystem mit sehr gute Reproduzierbarkeit wiederholbare systematische Abweichungen einbringen kann, die schwer feststellbar sind.

7.7 Kapazität des Mikrofons

Bei manchen Kalibrierverfahren (z. B. die in Anhang C dargestellte Vorgehensweise) wird die Verstärkung des oder der verwendeten Mikrofonvorverstärker als konstant angenommen, selbst wenn unterschiedliche Mikrofone angeschlossen werden. Die Verstärkung des Mikrofonvorverstärkers ist jedoch üblicherweise eine Funktion der Kapazität des angeschlossenen Mikrofons.

Daher sollte eine Korrektur vorgenommen werden oder ein Unsicherheitsbeitrag berücksichtigt werden, wenn sich das Referenzmikrofon und das untersuchte Mikrofon so weit unterscheiden, dass daraus ein signifikanter Einfluss auf die Verstärkung des Vorverstärkers resultiert.

ANMERKUNG Diese Auswirkung lässt sich durch die Anwendung des Ersatzspannungsverfahrens vermeiden.

7.8 Mikrofonanordnung bei der Kalibrierung

Es kann notwendig sein, ein Mikrofon mit einem oder mehreren Adaptern für einen bestimmten Kalibrierkupppler oder eine bestimmte Kalibrieranordnung auszurüsten. Derartige Adapter können einen Einfluss auf den Übertragungskoeffizienten des Mikrofons haben. Das muss deshalb als Unsicherheitsbeitrag berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Sowohl das Referenzmikrofon als auch das untersuchte Mikrofon können durch die Ausrüstung mit Adaptern beeinflusst werden.

7.9 Unsicherheit des Druck-Übertragungsmaßes

Es kann erwartet werden, dass eine Vergleichskalibrierung von Mikrofonen desselben Durchmessers zur Bestimmung des Druck-Übertragungsmaßes von Gebrauchs-Normalmikrofonen eine kombinierte Unsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor 2 (siehe ISO/IEC Guide 98-3) von ungefähr 0,1 dB bei tiefen und mittleren Frequenzen erreichen kann, wenn das Referenzmikrofon nach IEC 61094-2 kalibriert wurde. Die Unsicherheit steigt bei Gebrauchs-Normalmikrofonen der Klasse WS1P bei 10 kHz und bei solchen der Klasse WS2P bei 20 kHz auf etwa 0,2 dB an. Anhang D enthält ein Beispiel zur Berechnung der Unsicherheit.