

## DIN EN ISO 5114-1



ICS 17.140.01

Einsprüche bis 2023-03-13

**Entwurf****Akustik –****Bestimmung der Unsicherheiten von Schallemissionsmessgrößen –****Teil 1: Bestimmung von Schallleistungspegeln aus Schalldruckmessungen (ISO/DIS 5114-1:2023);****Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 5114-1:2023**

## Acoustics –

Determination of uncertainties associated with sound emission measures –

Part 1: Sound power levels determined from sound pressure measurements (ISO/DIS 5114-1:2023);

German and English version prEN ISO 5114-1:2023

## Acoustique –

Détermination des incertitudes associées aux mesures d'émission sonore –

Partie 1: Niveaux de puissance acoustique déterminés à partir de mesures de pression acoustique (ISO/DIS 5114-1:2023);

Version allemande et anglaise prEN ISO 5114-1:2023

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-01-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nals@din.de](mailto:nals@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, 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 71 Seiten

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5114-1:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 211 „Akustik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-01-04 AA „Geräuschemission von Maschinen und Anlagen; Messung, Minderung, Datensammlung“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

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

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 61672-1:2013       | siehe | DIN EN 61672-1:2014-07    |
| ISO 3741:2010          | siehe | DIN EN ISO 3741:2011-01   |
| ISO 3743-1:2010        | siehe | DIN EN ISO 3743-1:2011-01 |
| ISO 3743-2:1994        | siehe | DIN EN ISO 3743-2:2009-11 |
| ISO 3745:2012          | siehe | DIN EN ISO 3745:2017-10   |
| ISO 3746:2010          | siehe | DIN EN ISO 3746:2011-03   |
| ISO 3747:2010          | siehe | DIN EN ISO 3747:2011-03   |
| ISO 4871:1996          | siehe | DIN EN ISO 4871:2009-11   |
| ISO 5725 (alle Teile)  | siehe | DIN ISO 5725 (alle Teile) |
| ISO 12001:1996         | siehe | DIN EN ISO 12001:2010-01  |

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

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

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

DIN EN 61672-1:2014-07, *Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1:2013); Deutsche Fassung EN 61672-1:2013*

DIN EN ISO 3741:2011-01, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1 (ISO 3741:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3741:2010*

DIN EN ISO 3743-1:2011-01, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern — Teil 1: Vergleichsverfahren in einem Prüfraum mit schallharten Wänden (ISO 3743-1:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3743-1:2010*

DIN EN ISO 3743-2:2009-11, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern — Teil 2: Verfahren für Sonder-Hallräume (ISO 3743-2:1994); Deutsche Fassung EN ISO 3743-2:2009*

DIN EN ISO 3745:2017-10, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Verfahren der Genauigkeitsklasse 1 für reflexionsarme Räume und Halbräume (ISO 3745:2012 + Amd 1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 3745:2012 + A1:2017*

DIN EN ISO 3746:2011-03, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene (ISO 3746:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3746:2010*

DIN EN ISO 3747:2011-03, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Verfahren der Genauigkeitsklassen 2 und 3 zur Anwendung in situ in einer halligen Umgebung (ISO 3747:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3747:2010*

DIN EN ISO 4871:2009-11, *Akustik — Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten (ISO 4871:1996); Deutsche Fassung EN ISO 4871:2009*

DIN EN ISO 12001:2010-01, *Akustik — Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten — Regeln für die Erstellung und Gestaltung einer Geräuschmessnorm (ISO 12001:1996); Deutsche Fassung EN ISO 12001:2009*

DIN ISO 5725 (alle Teile), *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 5114-1:2023-02

– Leerseite –

**Akustik – Bestimmung der Unsicherheiten von Schallemissionsmessgrößen – Teil 1:  
Bestimmung von Schalleistungspegeln aus  
Schalldruckmessungen (ISO/DIS 5114-1:2023)**

Acoustics – Determination of uncertainties associated with sound emission measures – Part 1: Sound power levels determined from sound pressure measurements (ISO/DIS 5114-1:2023)

Acoustique – Détermination des incertitudes associées aux mesures d'émission sonore – Partie 1: Niveaux de puissance acoustique déterminés à partir de mesures de pression acoustique (ISO/DIS 5114-1:2023)

## Inhalt

|                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                            | 4     |
| Vorwort . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5     |
| Einleitung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 7     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                        | 7     |
| 3 Begriffe . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8     |
| 4 Allgemeine Begriffe zur Beschreibung der Messunsicherheit von Schallleistungspegeln .                                                                                                                                                                                                   | 9     |
| 5 Bestimmung von $\sigma_{omc}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                 | 10    |
| 6 Bestimmung von $\sigma_{R0}$ in Ringversuchen . . . . .                                                                                                                                                                                                                                 | 11    |
| 7 Ausführliches Unsicherheitsbudget zur Bestimmung von $\sigma_{R0}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                            | 13    |
| 8 Bestimmung von $\sigma_{tot}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                 | 14    |
| Anhang A (informativ) Ausführliches Unsicherheitsbudget für Schallleistungsmessungen in<br>(annähernd) freien Schallfeldern mit dem direkten Hüllflächenverfahren . . . . .                                                                                                               | 16    |
| A.1 Modellgleichung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 16    |
| A.2 Erläuterung und Zahlenbeispiel für die Unsicherheitsparameter . . . . .                                                                                                                                                                                                               | 17    |
| A.3 Messunsicherheit des mittleren zeitlich gemittelten Schalldruckpegels . . . . .                                                                                                                                                                                                       | 18    |
| A.4 Unsicherheit des Messflächeninhalts $S$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                                     | 19    |
| A.5 Unsicherheit der Fremdgeräuschkorrektur $K_1$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                               | 19    |
| A.6 Unsicherheit der Umgebungskorrektur $K_2$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                                   | 20    |
| A.7 Unsicherheit der meteorologischen Korrekturen $C_1$ , $C_2$ und $C_3$ . . . . .                                                                                                                                                                                                       | 21    |
| A.8 Unsicherheit durch den Einfallswinkel $\delta_{angle}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                      | 21    |
| A.9 Unsicherheit durch die Schallfeldabtastung $\delta_{mic}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                   | 23    |
| A.10 Unsicherheit durch das Schallpegelmessgerät $\delta_{slm}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                 | 23    |
| A.11 Unsicherheit durch die Form des Spektrums $\delta_{tone}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                  | 23    |
| A.12 Unsicherheit durch das Messverfahren, $\delta_{method}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                    | 23    |
| Anhang B (informativ) Ausführliches Unsicherheitsbudget für Schallleistungsmessungen in<br>(annähernd) diffusen Schallfeldern mit dem direkten Verfahren . . . . .                                                                                                                        | 25    |
| B.1 Modellgleichung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 25    |
| B.2 Erläuterung und Zahlenbeispiel für die Unsicherheitsparameter . . . . .                                                                                                                                                                                                               | 26    |
| B.3 Unsicherheit durch die äquivalente Absorptionsfläche $A$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                    | 27    |
| B.4 Messunsicherheit durch die Raumboberfläche $S$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                              | 28    |
| B.5 Unsicherheit durch das Raumvolumen $V$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                                      | 28    |
| B.6 Unsicherheit durch die Schallfeldabtastung $\delta_{mic}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                   | 28    |
| B.7 Unsicherheit durch das Messverfahren, $\delta_{method}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                     | 29    |
| B.8 Unsicherheit des mittleren zeitlich gemittelten Schalldruckpegels, der<br>Fremdgeräuschkorrektur $K_1$ , der Bezugspegelkorrektur $C_1$ , der<br>Quellenanordnungskorrektur $C_2$ , des Schallpegelmessgerätes $\delta_{slm}$ und der Form des<br>Spektrums $\delta_{tone}$ . . . . . | 29    |
| Anhang C (informativ) Ausführliches Unsicherheitsbudget für die Bestimmung der Schallleistung<br>mithilfe einer Vergleichsschallquelle . . . . .                                                                                                                                          | 30    |
| C.1 Modellgleichung . . . . .                                                                                                                                                                                                                                                             | 30    |
| C.2 Erläuterung und Zahlenbeispiel für die Unsicherheitsparameter . . . . .                                                                                                                                                                                                               | 31    |
| C.3 Unsicherheit des kalibrierten Schallleistungspegels einer Vergleichsschallquelle,<br>$L_W(RSS)$ . . . . .                                                                                                                                                                             | 32    |
| C.4 Unsicherheit durch die Schallfeldabtastung, $\delta_{mic} - \delta_{mic}(RSS)$ . . . . .                                                                                                                                                                                              | 32    |
| C.5 Unsicherheit durch das Schallpegelmessgerät, $\delta_{slm} - \delta_{slm}(RSS)$ . . . . .                                                                                                                                                                                             | 32    |
| C.6 Unsicherheit durch Schalldrucküberhöhung, $\delta_r$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                        | 33    |
| C.7 Unsicherheit durch das Messverfahren, $\delta_{method}$ . . . . .                                                                                                                                                                                                                     | 33    |
| C.8 Unsicherheit durch die Betriebs- und Aufstellungsbedingungen der<br>Vergleichsschallquelle, $\delta_{omc}(RSS)$ . . . . .                                                                                                                                                             | 33    |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>C.9</b>               | <b>Unsicherheit des mittleren zeitlich gemittelten Schalldruckpegels, der Fremdgeräuschkorrekturen <math>K_1</math> und <math>K_{1(RSS)}</math>, der Quellenanordnungskorrektur <math>C_2</math> und Unsicherheit durch die Schallfeldabtastung <math>\delta_{mic} - \delta_{mic(RSS)}</math></b> | <b>34</b> |
| <b>Literaturhinweise</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>35</b> |

## Tabellen

|                    |                                                                                                                                                                                                                            |           |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle 1</b>   | <b>Typische Werte für die Vergleichsstandardabweichung <math>\tilde{A}_{R0}</math></b>                                                                                                                                     | <b>11</b> |
| <b>Tabelle 2</b>   | <b>Beispiele für berechnete Gesamtstandardabweichungen <math>\sigma_{tot}</math> für drei unterschiedliche Fälle</b>                                                                                                       | <b>14</b> |
| <b>Tabelle A.1</b> | <b>Erläuterungen der in Gleichung (A.1) verwendeten Größen</b>                                                                                                                                                             | <b>16</b> |
| <b>Tabelle A.2</b> | <b>Unsicherheitsbudget für die Bestimmung von <math>\sigma_{R0}</math> für Schallleistungspegel mit dem Direktverfahren</b>                                                                                                | <b>18</b> |
| <b>Tabelle B.1</b> | <b>Erläuterungen der in Gleichung (B.1) verwendeten Größen</b>                                                                                                                                                             | <b>25</b> |
| <b>Tabelle B.2</b> | <b>Unsicherheitsbudget für die Bestimmung von <math>\sigma_{R0}</math> für Schallleistungspegel mit dem direkten Verfahren, gültig für Messungen einer Schallquelle mit einem verhältnismäßig flachen Frequenzspektrum</b> | <b>27</b> |
| <b>Tabelle C.1</b> | <b>Erläuterungen der in Gleichung (C.1) verwendeten Größen</b>                                                                                                                                                             | <b>30</b> |
| <b>Tabelle C.2</b> | <b>Unsicherheitsbudget für die Bestimmung von <math>\sigma_{R0}</math> für Schallleistungspegel mit dem direkten Verfahren, gültig für Messungen einer Schallquelle mit einem verhältnismäßig flachen Frequenzspektrum</b> | <b>31</b> |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 5114-1:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 211 „Akustik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 5114-1:2023 wurde von CEN als prEN ISO 5114-1:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

## 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](http://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](http://www.iso.org/patents)).

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

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welt handelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

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

## **Einleitung**

Eine verständliche und realitätsnahe Bewertung von Messunsicherheiten ist bei der Angabe und der Anwendung von gemessenen Schallleistungspegeln unverzichtbar. Messunsicherheiten sollten vorzugsweise nach den Grundsätzen von ISO/IEC Guide 98-3 bestimmt werden. Dieser Leitfaden legt ein umfangreiches Verfahren für die Bewertung von Messunsicherheiten fest, das auf einem vollständigen mathematischen Modell des Messverfahrens beruht. Nach dem derzeitigen Wissensstand ist es nicht möglich, solche Modelle für Schallleistungspegel-Messungen zu erstellen. Um dennoch die Messunsicherheiten zu bestimmen, wird in diesem Dokument zusätzlich das Konzept der Vergleichpräzision beschrieben. Dieses Konzept bietet die Möglichkeit, die Unsicherheit eines Verfahrens und der nach diesem Verfahren durchgeführten Messungen auf Grundlage der Ergebnisse von laborübergreifenden Messungen anzugeben.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält Leitlinien für die Bestimmung der (Mess-)Unsicherheiten von Schallleistungspegeln, die nach ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 3746 und ISO 3747 ermittelt wurden.

## 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 3741:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for reverberation test rooms*

ISO 3743-1:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for small movable sources in reverberant fields — Part 1: Comparison method for a hard-walled test room*

ISO 3743-2:1994, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields — Part 2: Methods for special reverberation test rooms*

ISO/DIS 3744:—<sup>1</sup>, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane*

ISO 3745:2012, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms*

ISO 3746:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 3747:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment*

ISO 4871:1996, *Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment*

ISO 5725 (alle Teile), *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results*

ISO 12001:1996, *Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Rules for the drafting and presentation of a noise test code*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

IEC 61260 (alle Teile), *Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters*

IEC 61672-1:2013, *Electroacoustics — Sound level meters — Part 1: Specifications*

---

1 In Vorbereitung. Stufe zum Zeitpunkt der Abstimmung: ISO/DIS 3744:2022.

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Messgröße**

bestimmte Größe, die Gegenstand der Messung ist, z. B. der Schallleistungspegel einer bestimmten Schallquelle, der nach ISO/DIS 3744:— bestimmt wird

#### 3.2

##### **Messergebnis**

einer Messgröße zugeordneter Wert, der durch Einhaltung des gesamten für ein Messverfahren angegebenen Satzes von Anweisungen erhalten wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Messergebnis kann ein Schallleistungspegel in Oktavbändern oder Terzbändern oder ein A-bewerteter Schallleistungspegel sein.

#### 3.3

##### **Unsicherheit**

Messunsicherheit

mit dem Messergebnis verknüpfter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die sinnvollerweise der Messgröße zugeordnet werden können

#### 3.4

##### **erweiterte Messunsicherheit**

$U$

Größe, die einen Bereich um das Messergebnis kennzeichnet, von dem erwartet wird, dass er einen großen Anteil der gestreuten Werte umfasst, die der Messgröße vernünftigerweise zugeordnet werden können

#### 3.5

##### **Erweiterungsfaktor**

$k$

Zahlenfaktor, mit dem die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert wird, um eine erweiterte Messunsicherheit zu erhalten

#### 3.6

##### **Vergleichbedingung**

Messbedingung, die verschiedene Laboratorien, Bearbeiter, Messsysteme sowie Wiederholungsmessungen am selben Gegenstand oder an ähnlichen Gegenständen umfasst

#### 3.7

##### **Vergleichsstandardabweichung des Verfahrens**

$\sigma_{R0}$

Standardabweichung der Messergebnisse, die mit einem festgelegten Verfahren unter Vergleichbedingungen erhalten wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Statistik wird gewöhnlich zwischen der Standardabweichung der Grundgesamtheit  $\sigma$  und der empirischen Standardabweichung, die von einer Probe  $s$  abgeleitet ist, unterschieden. Trotzdem wird das Symbol  $\sigma$  für alle in diesem Dokument verwendeten Standardabweichungen verwendet, um in Einklang mit den anderen Normen zur Schallemission zu stehen.

#### 3.8

##### **Gesamtstandardabweichung**

$\sigma_{\text{tot}}$

Standardabweichung der Messergebnisse, die unter Vergleichbedingungen erhalten wurden

### 3.9

#### Standardabweichung für die Betriebs- und Aufstellungsbedingungen

$\sigma_{\text{omc}}$

Standardabweichung der Messergebnisse, die durch Änderungen der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen entstanden ist

## 4 Allgemeine Begriffe zur Beschreibung der Messunsicherheit von Schalleistungspegeln

Die Unsicherheiten der Schallleistungspegel,  $u(L_W)$ , die mit der angewendeten Internationalen Norm (ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 3746 oder ISO 3747) in Dezibel bestimmt wurden, werden anhand der Gesamtstandardabweichung, in Dezibel, abgeschätzt:

$$u(L_W) \approx \sigma_{\text{tot}} \quad (1)$$

Diese Gesamtstandardabweichung wird mit dem in ISO/IEC Guide 98-3 beschriebenen Modellansatz ermittelt. Hierzu ist ein mathematisches Modell erforderlich, das bei fehlendem Wissen durch die Messergebnisse, einschließlich der Ergebnisse aus Ringversuchen, ersetzt werden darf.

Diese Standardabweichung wird aus der Vergleichsstandardabweichung des Verfahrens,  $\sigma_{R0}$ , in Dezibel, und der Standardabweichung  $\sigma_{\text{omc}}$ , in Dezibel, die die Unsicherheit durch Veränderungen der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen der zu untersuchenden Quelle beschreibt, wie folgt gebildet:

$$\sigma_{\text{tot}} = \sqrt{\sigma_{R0}^2 + \sigma_{\text{omc}}^2} \quad (2)$$

In Gleichung (2) lässt sich erkennen, dass für eine bestimmte Maschinenfamilie zunächst die durch  $\sigma_{\text{omc}}$  beschriebenen Schwankungen der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen betrachtet werden sollten, bevor ein Messverfahren einer bestimmten Genauigkeitsklasse (angegeben durch  $\sigma_{R0}$ ) ausgewählt wird. Die Standardabweichung  $\sigma_{R0}$  schließt alle Unsicherheiten ein, die auf Bedingungen und Situationen zurückzuführen sind, die nach der angewendeten Internationalen Norm zulässig sind (unterschiedliche Strahlungseigenschaften der untersuchten Schallquelle, unterschiedliche Messgeräte, unterschiedliche Anwendung des Messverfahrens), mit Ausnahme der Unsicherheiten, die auf die Instabilität der Schallleistung der untersuchten Geräuschquelle zurückzuführen sind. Letzteres wird separat durch  $\sigma_{\text{omc}}$  berücksichtigt.

Werte für die maschinenspezifische Standardabweichung  $\sigma_{R0}$  dürfen aus den entsprechenden Ringversuchen (siehe Abschnitt 6) oder mit dem Ansatz mit mathematischem Modell (siehe Abschnitt 7) abgeleitet werden. Sie sollten in Geräuschemessnormen angegeben werden, die für die Maschinenfamilien spezifisch sind.

ANMERKUNG 1 Falls unterschiedliche Messverfahren nach ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 3746 oder ISO 3747 angewendet werden, können zusätzlich systematische Abweichungen der Werte (systematische Messabweichungen) auftreten.

Ausgehend von  $\sigma_{\text{tot}}$  muss die erweiterte Messunsicherheit  $U$ , in Dezibel, wie folgt berechnet werden:

$$U = k \sigma_{\text{tot}} \quad (3)$$

Die erweiterte Messunsicherheit hängt von dem gewünschten Grad des Vertrauens ab. Bei Normalverteilung der Messwerte besteht ein Vertrauensgrad von 95 %, dass der wahre Wert im Bereich zwischen  $(L_W + U)$  und  $(L_W - U)$  liegt. Dies entspricht einem Erweiterungsfaktor von  $k = 2$ . Falls es das Ziel der Bestimmung der Schallleistungspegel ist, das Ergebnis mit einem Grenzwert zu vergleichen, kann es angemessener sein, den Erweiterungsfaktor für eine einseitige Normalverteilung anzuwenden. In diesem Fall entspricht der Erweiterungsfaktor  $k = 1,6$  einem Vertrauensgrad von 95 %.

ANMERKUNG 2 Die in diesem Dokument beschriebene erweiterte Messunsicherheit enthält nicht die Produktionsstandardabweichung, die nach ISO 4871 für die Geräuschangabe für Maschinenlose verwendet wird.

## 5 Bestimmung von $\sigma_{\text{omc}}$

Die Standardabweichung  $\sigma_{\text{omc}}$ , die die Unsicherheit beschreibt, die auf die Instabilität der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen der speziellen zu untersuchenden Quelle zurückzuführen ist, muss bei der Bestimmung der Messunsicherheit berücksichtigt werden. Sie wird aus Wiederholungsmessungen ermittelt, die an derselben Quelle an demselben Ort von denselben Personen mit denselben Messgeräten und an derselben (denselben) Messposition(en) durchgeführt werden. Für die Bestimmung von  $\sigma_{\text{omc}}$  werden die Messungen des Schalldruckpegels entweder an einer einzelnen Mikrofonposition, die den höchsten Schalldruckpegel ergibt, oder an mehreren Mikrofonpositionen wiederholt. Diese Positionen müssen auf einer Hüllfläche in annähernd freien Halbfeldern oder in einem Volumen in annähernd diffusen Schallfeldern verteilt sein.

Die Messungen werden dann hinsichtlich der Fremdgeräusche korrigiert. Fremdgeräuschemessungen sollten an denselben Stellen und möglichst zeitnah zu den Messungen vorgenommen werden, die während des Maschinenbetriebs durchgeführt wurden. Liegen die Fremdgeräuschpegel innerhalb von 10 dB des gemessenen Gesamtpegels, dann sollte außerdem die Unsicherheit in Zusammenhang mit der Schwankung des Fremdgeräuschpegels berücksichtigt werden.

Bei jeder dieser Wiederholungsmessungen müssen die Aufstellung- und Betriebsbedingungen der Maschine neu angepasst werden. Für die einzelne zu untersuchende Geräuschquelle wird  $\sigma_{\text{omc}}$  mit  $\sigma'_{\text{omc}}$  bezeichnet. Die Geräuschemessnorm kann einen Wert von  $\sigma_{\text{omc}}$  enthalten, der für die betroffene Maschinenfamilie repräsentativ ist. Dieser Wert sollte alle möglichen Änderungen der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen, die in der Geräuschemessnorm festgelegt sind, berücksichtigen.

Die Standardabweichung  $\sigma_{\text{omc}}$  wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_{\text{omc}} \approx \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (L_{p,j} - L_{\text{pav}})^2} \text{ dB} \quad (4)$$

Dabei ist

$L_{p,j}$  der Schalldruckpegel, gemessen an einer festgelegten Stelle oder gemittelt über die Messfläche oder das Messvolumen und korrigiert hinsichtlich des Fremdgeräusches für die  $j$ -te Wiederholung der festgelegten Betriebs- und Aufstellungsbedingungen, in Dezibel;

$L_{\text{pav}}$  das arithmetische Mittel des Pegels, berechnet für all diese Wiederholungen, in Dezibel;

$N$  die Anzahl der Wiederholungen der festgelegten Betriebs- und Aufstellungsbedingungen.

Die Aufstellungs- und Betriebsbedingungen, die für die Geräuschemissionsmessungen anzuwenden sind, sind in der Regel in den maschinenspezifischen Geräuschemessnormen festgelegt. Ist dies nicht der Fall, sind diese Bedingungen genau zu definieren und im Ergebnisbericht anzugeben.

Im Folgenden sind einige Empfehlungen zur Definition solcher Bedingungen und zu den Auswirkungen auf die erwarteten Werte von  $\sigma_{\text{omc}}$  angegeben.

Die Messbedingungen müssen der üblichen Nutzung entsprechen und mit den Richtlinien von Hersteller und Anwender übereinstimmen. Jedoch können auch bei üblicher Nutzung Schwankungen in den Betriebsweisen, Veränderungen im Materialfluss und andere Bedingungen auftreten, die sich zwischen unterschiedlichen Phasen des Betriebs ändern. Diese Unsicherheit umfasst sowohl die Unsicherheit durch die Änderung der Langzeit-Betriebsbedingungen (z. B. von Tag zu Tag) als auch die Schwankungen der Geräuschemission bei Messungen, die unmittelbar nach erneuter Einstellung der Aufstellungs- und Betriebsbedingungen wiederholt werden.

Bei Maschinen, die ausschließlich auf weichen Federn oder auf massiven Betonböden aufgestellt werden, ist üblicherweise kein Einfluss der Aufstellung festzustellen. Dagegen können zwischen Messungen auf massiven Betonböden und Messungen am üblichen Einsatzort („*in situ*“) große Abweichungen auftreten. Die durch die Aufstellung bedingte Unsicherheit kann bei Maschinen, die mit Hilfsaggregaten verbunden sind, beson-

ders groß sein. Handgehaltene Maschinen können ebenfalls Schwierigkeiten bereiten. Dieser Parameter sollte untersucht werden, wenn die Bewegung der Maschine oder ihre Befestigung Änderungen im Geräusch hervorruft. Wenn es eine Spanne möglicher Aufstellungsbedingungen gibt, die in einer einzigen Geräuschangabe zusammenzufassen sind, dann wird  $\sigma_{\text{omc}}$  aus der Standardabweichung der unter diesen Aufstellungsbedingungen gemessenen Schallpegel abgeschätzt. Wenn bekannt ist, dass die Aufstellung einen Einfluss ausübt, sollten die empfohlenen Aufstellungsbedingungen in der zutreffenden Geräuschmessnorm oder in den Richtlinien der Hersteller dokumentiert werden.

Für die Bildung der Hauptunsicherheitskenngröße,  $\sigma_{\text{tot}}$ , haben die Untersuchungen zu  $\sigma_{\text{omc}}$  höhere Priorität gegenüber denen zu den anderen Unsicherheitsanteilen, die zu  $\sigma_{R0}$  beitragen [siehe Gleichung (2)]. Dies ist darin begründet, dass  $\sigma_{\text{omc}}$  in der Praxis bedeutend größer sein kann als z. B. die in Tabelle 1 angegebenen Werte von  $\sigma_{R0} = 2$  dB für Messungen der Genauigkeitsklasse 2.

Wenn  $\sigma_{\text{omc}} > \sigma_{R0}$  ist, ergibt die Anwendung von Messverfahren hoher Genauigkeit, d. h. mit einem niedrigen Wert von  $\sigma_{R0}$ , aus wirtschaftlicher Sicht keinen Sinn, weil dies nicht zu einem niedrigeren Wert der Gesamtunsicherheit führt.

**ANMERKUNG** Wenn sich die Schallleistung nur geringfügig mit der Zeit ändert und das Messverfahren ordnungsgemäß definiert ist, kann für  $\sigma_{\text{omc}}$  ein Wert von 0,5 dB gelten. In anderen Fällen, z. B. wenn der Materialfluss in die Maschine hinein und aus der Maschine heraus großen Einfluss hat oder sich ein Materialfluss auf unvorhersehbare Weise ändert, ist ein Wert von 2 dB angemessen. In Extremfällen, wie z. B. bei sich stark ändernden Geräuschen, die durch das verarbeitete Material erzeugt werden (Steinbrechmaschinen, Metallschneidemaschinen und Pressen, die unter Last arbeiten), ergibt sich jedoch ein Wert von 4 dB.

## 6 Bestimmung von $\sigma_{R0}$ in Ringversuchen

Die Standardabweichung  $\sigma_{R0}$  schließt alle Unsicherheiten ein, die auf Bedingungen und Situationen zurückzuführen sind, die nach ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 3746 und ISO 3747 zulässig sind (unterschiedliche Strahlungseigenschaften der zu untersuchenden Quelle, unterschiedliche Messgeräte, unterschiedliche Durchführung des Messverfahrens), mit Ausnahme der Unsicherheiten, die auf die Instabilität der Schallleistung der untersuchten Schallquelle zurückzuführen sind. Letzteres wird separat durch  $\sigma_{\text{omc}}$  berücksichtigt.

Tabelle 1 enthält typische Werte von  $\sigma_{R0}$ . Sie spiegeln den Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider, wobei die große Vielfalt der von diesen Normen abgedeckten Maschinen und Geräte berücksichtigt wurde (siehe Literaturhinweise [2], [3], [7], [8]). In Sonderfällen oder wenn bestimmte Anforderungen der Normen durch eine Maschinenfamilie nicht eingehalten werden oder wenn vorhersehbar ist, dass für eine bestimmte Maschinenfamilie die tatsächlichen Werte von  $\sigma_{R0}$  kleiner als die in der zutreffenden Norm angegebenen Werte sind, wird die Durchführung eines Ringversuchs empfohlen, um maschinenspezifische Werte von  $\sigma_{R0}$  zu ermitteln.

**Tabelle 1 — Typische Werte für die Vergleichsstandardabweichung  $\tilde{\sigma}_{R0}$**

| ISO 3741                                             |  |             |             |               |                  |            |
|------------------------------------------------------|--|-------------|-------------|---------------|------------------|------------|
| Frequenzbandbreite                                   |  | Terzband    |             |               |                  |            |
| Terzband<br>Bandmittenfrequenz Hz                    |  | 100 bis 160 | 200 bis 315 | 400 bis 5 000 | 6 300 bis 10 000 | A-bewertet |
| Vergleichsstandard-<br>abweichung $\sigma_{R0}$ , dB |  | 3,0         | 2,0         | 1,5           | 3,0              | 0,5        |
| ISO 3743-1                                           |  |             |             |               |                  |            |
| Frequenzbandbreite                                   |  | Oktavband   |             |               |                  |            |
| Oktavband<br>Bandmittenfrequenz Hz                   |  | 125         | 250         | 500 bis 5 000 | 8 000            | A-bewertet |

# - Entwurf -

E DIN EN ISO 5114-1:2023-02  
prEN ISO 5114-1:2023 (D)

**Tabelle 1** (fortgesetzt)

|                                                                          |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   |            |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|--------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB                         |                                                                                                                   | 3,0         | 2,0           | 1,5                                              | 2,5               | 1,5        |
| ISO 3743-2                                                               |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   |            |
| Frequenzbandbreite                                                       |                                                                                                                   | Oktavband   |               |                                                  |                   |            |
| Oktavband<br>Bandmittenfrequenz Hz                                       |                                                                                                                   | 125         | 250           | 500 bis 5 000                                    | 8 000             | A-bewertet |
| Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB                         |                                                                                                                   | 5,0         | 3,0           | 2,0                                              | 3,0               | 2,0        |
| ISO 3744                                                                 |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   |            |
| Frequenzbandbreite                                                       |                                                                                                                   | Terzband    |               |                                                  |                   |            |
| Terzband<br>Bandmittenfrequenz Hz                                        |                                                                                                                   | 100 bis 160 | 200 bis 315   | 400 bis 5 000                                    | 6 300 bis 10 000  | A-bewertet |
| Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB                         |                                                                                                                   | 3,0         | 2,0           | 1,5                                              | 2,5               | 1,5        |
| ISO 3745                                                                 |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   |            |
| Frequenzbandbreite                                                       | Terzband                                                                                                          |             |               |                                                  |                   |            |
| Terzband<br>Bandmittenfrequenz Hz                                        | 50 bis 80                                                                                                         | 100 bis 630 | 800 bis 5 000 | 6 300 bis 10 000                                 | 12 500 bis 20 000 | A-bewertet |
|                                                                          | Reflexionsarmer Halbraum                                                                                          |             |               |                                                  |                   |            |
| Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB                         | 2,0                                                                                                               | 1,5         | 1,0           | 1,5                                              | 2,0               | 0,5        |
|                                                                          | Reflexionsarmer Raum                                                                                              |             |               |                                                  |                   |            |
| Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB                         | 2,0                                                                                                               | 1,0         | 0,5           | 1,0                                              | 2,0               | 0,5        |
| ISO 3746                                                                 |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   |            |
|                                                                          |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   | A-bewertet |
| Für eine Geräuschquelle, die Schall ohne signifikante Töne aussendet     |                                                                                                                   |             |               | Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB |                   | 3,0        |
| Für eine Geräuschquelle, die Schall mit vorwiegend Einzeltönen aussendet |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   | 4,0        |
| ISO 3747                                                                 |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   |            |
| Genauigkeitsklasse                                                       |                                                                                                                   |             |               |                                                  |                   | A-bewertet |
| Genauigkeitsklasse 2                                                     | $\Delta L_{fA} \geq 7$ an allen Mikrofonpositionen und Bereich der Richtcharakteristik der Quelle $\leq \pm 7$ dB |             |               | Vergleichsstandard-abweichung $\sigma_{R0}$ , dB |                   | 1,5        |
| Genauigkeitsklasse 3                                                     | $\Delta L_{fA} < 7$ oder nicht bestimmt und Bereich der Richtcharakteristik der Quelle $\leq \pm 7$ dB            |             |               |                                                  |                   | 4,0        |
| Genauigkeitsklasse 3                                                     | $\Delta L_{fA} \geq 7$ an allen Mikrofonpositionen und Bereich der Richtcharakteristik der Quelle $> \pm 7$ dB    |             |               |                                                  |                   | 4,0        |

Der Ringversuch zur Bestimmung von  $\sigma_{R0}$  muss nach ISO 5725 durchgeführt werden, wobei der Schallleistungspegel der zu untersuchenden Quelle unter Vergleichsbedingung ermittelt wird, d. h. von unterschiedlichen

Personen, die die Messungen an unterschiedlichen Messorten mit unterschiedlichen Messgeräten durchführen. Solch eine Messung liefert die Gesamtstandardabweichung  $\sigma'_{\text{tot}}$ , die für die einzelne Schallquelle, die für den Ringversuch eingesetzt wurde, maßgebend ist.

Diese Gesamtstandardabweichung  $\sigma'_{\text{tot}}$ , in Dezibel, die im Ringversuch ermittelt wurde, enthält die Standardabweichung  $\sigma'_{\text{omc}}$  und ermöglicht die Bestimmung von  $\sigma'_{R0}$  mithilfe folgender Gleichung:

$$\sigma'_{R0} = \sqrt{(\sigma'_{\text{tot}})^2 - (\sigma'_{\text{omc}})^2} \quad (5)$$

Wenn die Werte von  $\sigma'_{R0}$ , die an vielen verschiedenen Einzelmaschinen aus der gleichen Maschinenfamilie gewonnen wurden, nur geringfügig voneinander abweichen, darf ihr Mittelwert als typisch für die Anwendung dieser Internationalen Norm auf diese bestimmte Maschinenfamilie angesehen und als  $\sigma_{R0}$  verwendet werden. Wann immer möglich, sollte in der für die betreffende Maschinenfamilie spezifischen Geräuschemessnorm ein solcher Wert (gemeinsam mit  $\sigma_{\text{omc}}$ ) angegeben und insbesondere für die offiziellen Angabe von Schallemissionswerten verwendet werden.

Wenn noch kein Ringversuch durchgeführt wurde, darf das vorhandene Wissen über die Schalleistungsmessung einer bestimmten Maschinenfamilie zur Abschätzung realistischer Werte von  $\sigma_{R0}$  verwendet werden.

Bei bestimmten Anwendungen darf der Aufwand für die Ringversuche durch das Weglassen von Messungen an unterschiedlichen Aufstellungsorten verringert werden, wenn zum Beispiel die zu untersuchenden Maschinen üblicherweise unter Bedingungen mit einer geringen Fremdgeräuschkorrektur  $K_1$  aufgestellt werden oder wenn die Geräuschemission einer Maschine erneut am gleichen Ort zu überprüfen ist. Die Ergebnisse solcher eingeschränkten Messungen sollten als  $\sigma_{R0, DL}$  bezeichnet werden, und diese Bezeichnung sollte auch bei Messungen an großen Maschinen verwendet werden, die nicht im Raum bewegt werden können.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Werte von  $\sigma_{R0, DL}$  niedriger sind als die in ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3743-2, ISO 3744, ISO 3745, ISO 3746 und ISO 3747 angegebenen.

Die Ermittlung von  $\sigma_{R0}$  aus Gleichung (5) wird ungenau, wenn  $\sigma_{\text{tot}}$  nur geringfügig größer als  $\sigma_{\text{omc}}$  ist. In diesem Fall ergibt Gleichung (5) einen kleinen Wert von  $\sigma_{R0}$ , jedoch mit geringerer Genauigkeit. Um diese Ungenauigkeit in Grenzen zu halten, sollte  $\sigma_{\text{omc}}$  den Wert  $\sigma_{\text{tot}}/\sqrt{2}$  nicht überschreiten.

Es ist ratsam, ein ausführliches Messunsicherheitsbudget (siehe Abschnitt 7) für die Gestaltung eines neuen Ringversuches zu erstellen, um sicherzustellen, dass die Hauptunsicherheitsanteile vom Ringversuch abgedeckt werden.

## **7 Ausführliches Unsicherheitsbudget zur Bestimmung von $\sigma_{R0}$**

In der Regel ist  $\sigma_{R0}$ , in Dezibel, abhängig von verschiedenen Teilunsicherheitsanteilen  $c_i u_i$ , die den unterschiedlichen Messparametern wie der Messunsicherheit der Messgeräte, Umgebungskorrekturen und Mikrofonpositionen zugeordnet sind. Mit dem in ISO/IEC Guide 98-3 beschriebenen Modellansatz kann  $\sigma_{R0}$  wie folgt beschrieben werden:

$$\sigma_{R0} \approx \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + \dots + (c_n u_n)^2 + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i, x_j)} \quad (6)$$

wobei  $u(x_i, x_j)$  die Kovarianz in Zusammenhang mit den  $i$ -ten und  $j$ -ten Unsicherheitsanteilen ist.

Wird davon ausgegangen, dass die Beiträge in Gleichung (6) nicht korreliert sind, kann  $\sigma_{R0}$  wie folgt angegeben werden:

$$\sigma_{R0} \approx \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2 + \dots + (c_n u_n)^2} \quad (7)$$

Um Gleichung (5) zu entsprechen, werden die Unsicherheitsanteile aufgrund der Instabilität der Schallemission der Quelle in Gleichung (6) und Gleichung (7) nicht berücksichtigt. Diese Unsicherheitsanteile werden durch  $\sigma_{omc}$  berücksichtigt.

**ANMERKUNG** Der Modellansatz erfordert detaillierte Kenntnisse, um die einzelnen Ausdrücke in Gleichung (6) und Gleichung (7) zu bestimmen.

Im Gegensatz dazu erfordert die Abschätzung von  $\sigma_{R0}$  auf Grundlage eines Ringversuches keine Annahmen bezüglich möglicher Korrelationen zwischen den einzelnen Ausdrücken von Gleichung (6) und Gleichung (7). Ein Ringversuch ist zurzeit realistischer als die Ermittlung möglicher Korrelationen zwischen den einzelnen Ausdrücken von Gleichung (6) und Gleichung (7) und deren Abhängigkeiten von allen anderen Einflussparametern bei Anwendung des Modellansatzes. Die Durchführung von Ringversuchen ist allerdings nicht immer möglich und wird häufig durch Erfahrungswerte aus früheren Messungen ersetzt.

Der Modellansatz bezieht jedoch beides ein, statistisch unabhängige Anteile  $c_i$ ,  $u_i$  und besonders das Vorhandensein von Gleichungen, die es gestatten, diese Unsicherheitsanteile anhand von Überlegungen zu den Messparametern und den Umgebungsbedingungen oder aus einigermaßen umfangreichen praktischen Erfahrungen abzuschätzen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung standen jedoch keine diesbezüglichen fundierten Daten für diesen Teil des Dokuments zur Verfügung. Einen groben Überblick über die wichtigsten Größen, ohne dass Anspruch auf absolute Verlässlichkeit besteht, ist in Anhang A bis Anhang C enthalten. Es wird empfohlen, die Ergebnisse anhand ausführlicher Unsicherheitsbudgets durch Ringversuche zu validieren (siehe Abschnitt 6).

## 8 Bestimmung von $\sigma_{tot}$

Die Gesamtstandardabweichung und die erweiterte Messunsicherheit sind unter Verwendung von Gleichung (2) bzw. Gleichung (3) zu ermitteln. Beispiele sind in Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2 — Beispiele für berechnete Gesamtstandardabweichungen  $\sigma_{tot}$  für drei unterschiedliche Fälle**

| Vergleichsstandard-<br>abweichung des<br>Verfahrens $\sigma_{R0}$ , dB | Betriebs- und Aufstellungsbedingungen         |          |               |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|---------------|
|                                                                        | stabil                                        | instabil | sehr instabil |
|                                                                        | Standardabweichung, $\sigma_{omc}$ , dB       |          |               |
|                                                                        | 0,5                                           | 2,0      | 4,0           |
|                                                                        | Gesamtstandardabweichung, $\sigma_{tot}$ , dB |          |               |
| 0,5<br>(Genauigkeitsklasse 1)                                          | 0,7                                           | 2,1      | 4,0           |
| 1,5<br>(Genauigkeitsklasse 2)                                          | 2,1                                           | 2,8      | 4,5           |
| 3<br>(Genauigkeitsklasse 3)                                            | 3,0                                           | 3,6      | 5,0           |

Das Beispiel zeigt, dass es unnötig sein kann, den Messaufwand zu erhöhen, um eine Messung der Genauigkeitsklasse 1 sicherzustellen, wenn die Messunsicherheit in Zusammenhang mit den Betriebs- und Aufstellungsbedingungen groß ist.

Darüber hinaus kann der Fall  $\sigma_{\text{omc}} > \sigma_{R0}$  zu erheblichen Missverständnissen hinsichtlich des wahren Wertes der maßgebenden Gesamtstandardabweichung  $\sigma_{\text{tot}}$  führen, weil die unterschiedlichen Genauigkeitsklassen zum Zeitpunkt der Veröffentlichung ausschließlich über den Wert von  $\sigma_{R0}$  festgelegt sind.

**Anhang A**  
**(informativ)**

**Ausführliches Unsicherheitsbudget für Schallleistungsmessungen in  
(annähernd) freien Schallfeldern mit dem direkten Hüllflächenverfahren**

**A.1 Modellgleichung**

Vorläufige Abschätzungen haben ergeben, dass der bezüglich der meteorologischen Bedingungen korrigierte Schallleistungspegel  $L_W$ , der in einem (annähernd) freien Schallfeld nach ISO 3744, ISO 3745 oder ISO 3746 ermittelt wurde, eine Funktion verschiedener Parameter ist, die sich in Form von Gleichung (A.1) ausdrücken lässt:

$$L_W = \overline{L'_{p(ST)}} + 10 \lg \left( \frac{S}{S_0} \right) \text{ dB} - K_1 - K_2 + C_1 + C_2 + C_3 + \delta_{\text{angle}} + \delta_{\text{mic}} + \delta_{\text{slm}} + \delta_{\text{tone}} \quad (\text{A.1})$$
$$+ \delta_{\text{method}} + \delta_{\text{omc}}$$

Gleichung (A.1) ist ein allgemeiner Ausdruck für alle direkten Messungen im freien Schallfeld. Nicht alle Größen werden in allen genormten Verfahren ausdrücklich genannt, z. B. ist  $K_2$  nicht in ISO 3745 enthalten, und  $C_3$  ist nicht in ISO 3744 und ISO 3746 enthalten.

Die in Gleichung (A.1) enthaltenen Parameter werden in Tabelle A.1 erläutert.

**Tabelle A.1 — Erläuterungen der in Gleichung (A.1) verwendeten Größen**

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\overline{L'_{p(ST)}}$ | ist der mittlere (im Oktavband oder Terzband) zeitlich gemittelte Schalldruckpegel der zu untersuchenden Geräuschquelle vor der Anwendung von Fremdgeräuschkorrekturen, in Dezibel;                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $S$                     | ist der Flächeninhalt der gesamten Messfläche, in Quadratmeter;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| $S_0$                   | = 1 m <sup>2</sup> ;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| $K_1$                   | ist die Fremdgeräuschkorrektur, in Dezibel;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| $K_2$                   | ist die Umgebungskorrektur, in Dezibel;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| $C_1$                   | ist eine meteorologische Korrektur zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Dezibel-Bezugsgrößen, die für den Schalldruckpegel und den Schallleistungspegel verwendet werden, in Dezibel;<br>$C_1 = -10 \lg \frac{p_s}{p_{s,0}} \text{ dB} + 5 \lg \left[ \frac{273,15+\theta}{\theta_0} \right] \text{ dB}$                                                                                                                                                                              |
| $C_2$                   | ist eine Quellenanordnungskorrektur, um Änderungen der Schallleistung mit der Temperatur und dem Druck zu berücksichtigen. Der Wert ist der entsprechenden Geräuschmessnorm zu entnehmen, liegt aber keine Geräuschmessnorm vor, gilt die folgende Gleichung für eine Monopol-Quelle und ergibt einen Mittelwert für andere Quellen (siehe Literaturhinweise [1], [4]);<br>$C_2 = -10 \lg \frac{p_s}{p_{s,0}} \text{ dB} + 15 \lg \left[ \frac{273,15+\theta}{\theta_1} \right] \text{ dB}$ |
| $C_3$                   | ist die Korrektur für Luftabsorption, in Dezibel (siehe Literaturhinweis [5]);                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| $p_s$                   | ist der atmosphärische Druck zum Zeitpunkt der Messung, in Pascal;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| $p_{s,0}$               | ist der Bezugswert des atmosphärischen Drucks von 101,325 kPa;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| $\theta$                | ist die Lufttemperatur zum Zeitpunkt der Messung, in Grad Celsius;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Tabelle A.1** (*fortgesetzt*)

|                          |                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\theta_0$               | = 314 K;                                                                                                                                                                                                                                |
| $\theta_1$               | = 296 K;                                                                                                                                                                                                                                |
| $\delta_{\text{angle}}$  | ist eine Eingangsgröße zur Berücksichtigung jeglicher Winkeldifferenzen zwischen der Richtung, in der der Schall von der Quelle abgestrahlt wird, und der Senkrechten zur Messfläche, in Dezibel;                                       |
| $\delta_{\text{mic}}$    | ist eine Eingangsgröße zur Berücksichtigung jeglicher Unsicherheiten aufgrund der endlichen Anzahl von Mikrofonpositionen, in Dezibel;                                                                                                  |
| $\delta_{\text{slm}}$    | ist eine Eingangsgröße zur Berücksichtigung jeglicher Unsicherheiten der Messgeräte, in Dezibel;                                                                                                                                        |
| $\delta_{\text{tone}}$   | ist eine Eingangsgröße zur Berücksichtigung jeglicher Messunsicherheiten aufgrund der Form des Spektrums und des Vorhandenseins von Tönen, in Dezibel;                                                                                  |
| $\delta_{\text{method}}$ | ist eine Eingangsgröße zur Berücksichtigung jeglicher Unsicherheiten aufgrund des angewendeten Messverfahrens, einschließlich der Ableitung von Ergebnissen und zugehörigen Unsicherheiten, in Dezibel;                                 |
| $\delta_{\text{omc}}$    | ist eine Eingangsgröße zur Berücksichtigung jeglicher Unsicherheiten aufgrund der Betriebs- und Aufstellungsbedingungen, in Dezibel — diese Größe wird bei der Berechnung von $\sigma_{R0}$ nicht berücksichtigt [siehe Gleichung (2)]; |

ANMERKUNG 1 Ein ähnlicher Ausdruck wie in Gleichung (A.1) gilt für Schallenergiepegel.

ANMERKUNG 2 Ähnliche Ausdrücke wie in Gleichung (A.1) gelten hinsichtlich der Schallleistungspegel in Frequenzbändern und mit A-Bewertung.

ANMERKUNG 3 Die in die Gleichung (A.1) enthaltenen Eingangsgrößen zur Berücksichtigung von Unsicherheiten sind diejenigen, von denen angenommen wird, dass sie nach dem Wissensstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments anwendbar sind, aber weitere Untersuchungen könnten ergeben, dass es noch weitere gibt.

Jede dieser Eingangsgrößen weist eine Wahrscheinlichkeitsverteilung auf (Normal-, Rechteck-, Student-*t*-Verteilung usw.). Ihr Erwartungswert (Mittelwert) ist die beste Schätzung für den Wert der Eingangsgröße, und ihre Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Werte, die als Unsicherheit bezeichnet wird.

Die Unsicherheitsanteile bezogen auf die Betriebs- und Aufstellungsbedingungen werden bereits durch  $\sigma_{\text{omc}}$  erfasst, während die restlichen Unsicherheitsanteile in  $\sigma_{R0}$  enthalten sind.

ANMERKUNG 4 Für bestimmte Gruppen von Geräuschquellen, z. B. für eine bestimmte Maschinenart, können die Werte in diesem Anhang ausdrücklich überprüft werden. Es können kleinere Werte erwartet werden. Falls der Zweck der Messungen darin besteht, die Schallleistungspegel mit Grenzwerten zu vergleichen, kann die gemessene Schwankung in  $\delta_{\text{angle}}$  verringert werden, wenn eine Geräuschmessnorm existiert, die eine einzige Messflächenform und einen auf die Quellenabmessungen bezogenen Messabstand vorschreibt. In der Praxis kann damit ein geringerer Wert der Gesamtstandardabweichung  $\sigma_{\text{tot}}$  angegeben werden.

Die Standardunsicherheiten einiger Beiträge müssen noch durch Untersuchungen ermittelt werden.

## **A.2 Erläuterung und Zahlenbeispiel für die Unsicherheitsparameter**

Eine Erläuterung und ein Zahlenbeispiel für die Unsicherheitsparameter sind in Tabelle A.2 angegeben. Gleichungen für die Berechnung von Unsicherheiten sind zusammen mit Beispielen angegeben, um den erwarteten Bereich der Messunsicherheiten anzugeben.

**Tabelle A.2 — Unsicherheitsbudget für die Bestimmung von  $\sigma_{R0}$  für Schallleistungspegel mit dem Direktverfahren**

| Größe                    |                                                               | Schätz-<br>wert<br>dB   | Standardmessunsicher-<br>heit, $u_i$                                        | Wahrschein-<br>lichkeits-<br>verteilung | Sensitivitätskoeffizient,<br>$c_i$      |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| $\overline{L'_{p(ST)}}$  | mittlerer<br>zeitlich<br>gemittelter<br>Schalldruck-<br>pegel | $\overline{L'_{p(ST)}}$ | $\frac{u'_{L'_{p(ST)}}}{\sqrt{N}}$                                          | Normal                                  | $1 + \frac{1}{10^{0,1 \Delta L_{p-1}}}$ |
| $S$                      | Messflächen-<br>inhalt                                        | $10 \lg \frac{S}{S_0}$  | $\Delta r / \sqrt{3}$                                                       | Rechteck                                | 8,7 dB/ $r$                             |
| $K_1$                    | Fremd-<br>geräusch-<br>korrektur                              | $K_1$                   | $S_{L_{p(B)}}$                                                              | Normal                                  | $\frac{1}{10^{0,1 \Delta L_{p-1}}}$     |
| $K_2$                    | Umgebungs-<br>korrektur                                       | $K_2$                   | $\sqrt{u^2(L_W^*) + u^2(L_{W(RSS)})}$                                       | Normal                                  | 1                                       |
| $C_1$                    | Bezugspegel-<br>korrektur                                     | $C_1$                   | 0                                                                           | Dreieck                                 | 1                                       |
| $C_2$                    | Quellen-<br>anordnungs-<br>korrektur                          | $C_2$                   | 0,2 dB                                                                      | Dreieck                                 | 1                                       |
| $C_3$                    | Luft-<br>absorptions-<br>korrektur                            | $C_3$                   | 0,1 $C_3$ bis 0,3 $C_3$                                                     | Rechteck                                | 1                                       |
| $\delta_{\text{angle}}$  | Winkel                                                        | 0                       | Quader: $0,05 + 0,6 \lg(S/d^2)$<br>Halbkugel: $\frac{-1,1}{1-1,3(r/d_0)^2}$ | Rechteck                                | 1                                       |
| $\delta_{\text{mic}}$    | Schallfeld-<br>abtastung                                      | 0                       | $\frac{u'_{L'_{p(ST)}}}{\sqrt{N_M}}$                                        | Normal                                  | 1                                       |
| $\delta_{\text{slm}}$    | Schallpegel-<br>messgerät                                     | 0                       | Klasse 1: 0,3 dB<br>Klasse 2: 1,0 dB                                        | Normal                                  | 1                                       |
| $\delta_{\text{tone}}$   | Form des<br>Spektrums                                         | 0                       | Hörbare Töne: 3 dB<br>Sonstiges: 0                                          | Normal                                  | 1                                       |
| $\delta_{\text{method}}$ | Verfahren                                                     | 0                       | 0,3 dB                                                                      | Normal                                  | 1                                       |

### A.3 Messunsicherheit des mittleren zeitlich gemittelten Schalldruckpegels

Die Messunsicherheit des mittleren zeitlich gemittelten Schalldruckpegels darf aus der Vergleichsstandardabweichung, mit  $N$  Messungen der Schalldruckpegel, in Dezibel, an einer einzigen Mikrofonposition (ohne Fremdgeräuschkorrektur) ermittelt werden:

$$u'_{L'_{p(ST)}} = \frac{u'_{L'_{p(ST)}}}{\sqrt{N}} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{[\overline{L'_{p(ST),j}} - \overline{L'_{p(ST)av}}]^2}{N-1}} \quad (\text{A.2})$$

Diese Messungen werden unter Wiederholbedingungen durchgeführt, was bedeutet: dasselbe Messverfahren, derselbe Prüfer, dasselbe Messgerät, derselbe Messort und Wiederholung innerhalb eines kurzen Zeitraumes.