

DIN ISO 10494



ICS 17.140.20; 27.040

Einsprüche bis 2020-11-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 45635-15:1987-12

Entwurf

**Turbinen und Turbosätze –
Messung der Luftschallemission –
Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 bzw. 3 (ISO 10494:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Turbines and turbine sets –
Measurement of emitted airborne noise –
Engineering/survey method (ISO 10494:2018);
Text in German and English

Turbines et groupes de turbines –
Mesurage du bruit aérien émis –
Méthode d'expertise/de contrôle (ISO 10494:2018);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-07-24 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 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 nam@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

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 93 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
4 Akustische Umgebung.....	15
4.1 Eignungskriterien der Messumgebung	15
4.2 Kriterien für das Fremdgeräusch	16
4.3 Wind	16
4.4 Spezielle Messverfahren	16
5 Messgeräte	16
6 Aufstellung und Betrieb des Turbosatzes	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Montage des Turbosatzes	17
6.3 Betrieb des Turbosatzes während der Messung.....	17
6.4 Hilfseinrichtungen und gekoppelte Maschinen	17
7 Schalldruckpegel auf der Messfläche	18
7.1 Bezugsfläche und Messfläche	18
7.2 Lage und Anzahl der Mikrofonpositionen	19
7.2.1 Allgemeines	19
7.2.2 Zusätzliche Mikrofonpositionen auf der Messfläche.....	20
7.2.3 Oberflächenschall.....	21
7.3 Messbedingungen.....	21
7.3.1 Allgemeines	21
7.3.2 Kalibrierung	21
7.3.3 Messung des A-bewerteten Schalldruckpegels	21
7.3.4 Messung des Schalldruckspektrums	22
8 Berechnung des Messflächenschalldruckpegels und des Schalleistungspegels	22
8.1 Korrektur des Fremdgeräuscheinflusses	22
8.2 Berechnung des über die Messfläche gemittelten Schalldruckpegels	23
8.3 Berechnung der zeitlich gemittelten Messflächenschalldruckpegel.....	23
8.4 Berechnung des Schalleistungspegels	23
8.5 Berechnung des Scheinrichtungsmaßes und des Scheinrichtungsfaktors	24
9 Angaben im Messbericht.....	24
9.1 Allgemeines	24
9.2 Untersuchte Geräuschquelle	24
9.3 Akustische Umgebung.....	24
9.4 Messgeräte	24
9.5 Akustische Daten	25
9.6 Datum und Ort	25

10	Angaben im Ergebnisbericht.....	25
	Anhang A (normativ) Verfahren zum Nachweis der Eignung der akustischen Umgebung.....	26
A.1	Allgemeines	26
A.2	Umgebungsbedingung	27
A.2.1	Eigenschaften der reflektierenden Ebene.....	27
A.2.2	Sicherheitsvorkehrungen bei Messungen in Außenbereichen	27
A.3	Ermittlung der Umgebungskorrektur aus der Absorptionsfläche des Raumes.....	27
A.3.1	Allgemeines	27
A.3.2	Nachhallverfahren	28
A.3.3	Ermittlung der äquivalenten Absorptionsfläche A mit einer Vergleichsschallquelle (Direktverfahren)	28
A.3.4	Näherungsverfahren für Messungen mit A-Bewertung	29
A.4	Qualifikationsanforderungen für Messungen in Außenbereichen.....	30
	Anhang B (normativ) Gasturbinen.....	31
B.1	Allgemeines	31
B.2	Schallquellen.....	31
B.2.1	Ansaugöffnungsgeräusch	33
B.2.2	Verdichtereintrittsgeräusch.....	33
B.2.3	Turbinenabgaskanalgeräusch	33
B.2.4	Abgasöffnungsgeräusch	33
B.2.5	Gesamtgeräusch.....	33
B.2.6	Hilfseinrichtungen und angetriebene Maschinen	34
B.3	Mikrofonpositionen für die Gasturbine	34
B.3.1	Oberflächenschall.....	34
B.3.2	Hauptmikrofonpositionen auf der Messfläche.....	36
B.3.3	Zusätzliche Mikrofonpositionen auf der Messfläche.....	36
B.3.4	Ansaugöffnungsgeräusch	37
B.3.5	Verdichtereintrittsgeräusch.....	38
B.3.6	Geräusch im Turbinenabgaskanal	38
B.3.7	Abgasöffnungsgeräusch	39
	Anhang C (normativ) Dampfturbinen.....	43
C.1	Allgemeines	43
C.2	Schallquellen.....	43
C.2.1	Hilfseinrichtungen und angetriebene Maschinen	43
C.3	Mikrofonpositionen für Dampfturbinen.....	43
C.3.1	Oberflächenschall.....	43
C.3.2	Hauptmikrofonpositionen auf der Messfläche.....	46
C.3.3	Zusätzliche Mikrofonpositionen auf der Messfläche.....	46
C.3.4	Auslassgeräusch der Dampfturbine	47
	Anhang D (informativ) Berechnung des Scheinrichtungsmaßes und des Scheinrichtungsfaktors unter Verwendung einer halbkugelförmigen Mikrofonanordnung eines halbkugelförmigen Mikrofonarrays.....	48
	Literaturhinweise.....	49

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO 10494:2018 ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Arbeitsausschuss NA 060-10-40 AA Dampfturbinen im Fachbereich „Power Systems“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen.

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

IEC 60942:2017	siehe	DIN EN IEC 60942:2018-07
IEC 61260-1:2014	siehe	DIN EN 61260-1:2014-10
IEC 61672-1:2013	siehe	DIN EN 61672-1:2014-07
ISO 3744:2010	siehe	DIN EN ISO 3744:2011-02
ISO 3746:2010	siehe	DIN EN ISO 3746:2011-03
ISO 6926:2016	siehe	DIN EN ISO 6926:2016-08

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.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 45635-15:1987-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm als DIN ISO mit neuer Nummer übernommen;
- b) gesamtes Dokument aktualisiert und präzisiert;
- c) Norm an die aktuellen Gestaltungsregeln angepasst;
- d) Norm technisch und redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN IEC 60942:2018-07, *Elektroakustik — Schallkalibratoren (IEC 60942:2017); Deutsche Fassung EN IEC 60942:2018*

DIN EN 61260-1:2014-10, *Elektroakustik — Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven — Teil 1: Anforderungen (IEC 61260-1:2014); Deutsche Fassung EN 61260-1:2014*

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

DIN EN ISO 3744:2011-02, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene (ISO 3744:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3744:2010*

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 6926:2016-08, *Akustik — Anforderungen an die Eigenschaften und die Kalibrierung von Vergleichsschallquellen (ISO 6926:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6926:2016*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

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

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

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

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 192, *Gas Turbines*, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee IEC/TC 5, *Steam Turbines*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 10494:1993), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- die Messung von Luftschall aus Dampfturbinen und Dampfturbinensätzen wurde hinzugefügt;
- der Inhalt wurde mit ISO 3744:2010 und ISO 3746:2010 abgestimmt;
- der Titel wurde aktualisiert.

Einleitung

0.1 Hintergrund

Die Schallminderung an Maschinen oder Anlagen erfordert einen wirksamen Austausch akustischer Informationen zwischen den verschiedenen betroffenen Parteien. Hierzu zählen Hersteller, Planer, Montagebetrieb und Anwender der Maschine oder Anlage. Die akustischen Informationen werden durch Messungen ermittelt.

Diese Messungen sind nur nützlich, wenn sie unter festgelegten Bedingungen durchgeführt werden, um definierte akustische Messgrößen unter Verwendung genormter Instrumente zu ermitteln.

Die nach diesem Dokument bestimmten Schallleistungspegeldaten sind im Wesentlichen unabhängig von der Umgebung, in der sie ermittelt wurden. Dies ist einer der Gründe für die Verwendung des Schallleistungspegels zur Charakterisierung der Geräuschemissionen verschiedener Arten von Maschinen und Anlagen.

Schallleistungspegeldaten sind für folgende Zwecke nützlich:

- a) Berechnung des ungefähren Schalldruckpegels in einem gegebenen Abstand zu einer in einer bestimmten Umgebung betriebenen Maschine;
- b) Vergleich des von Maschinen des gleichen Typs und der gleichen Größe ausgestrahlten Lärms;
- c) Vergleich des von Maschinen unterschiedlichen Typs und unterschiedlicher Größe ausgestrahlten Lärms;
- d) Nachweis, ob eine Maschine eine festgelegte Obergrenze der Geräuschemission unterschreitet oder nicht;
- e) Für Planungstätigkeiten, um die Höhe der erforderlichen Durchgangsdämpfung oder Schallminderung unter bestimmten Randbedingungen zu bestimmen;
- f) technische Auslegungstätigkeiten zur Unterstützung der Entwicklung leiser Maschinen und Anlagen.

Dieses Dokument legt Anforderungen an die Messung der Geräuschemission von Turbinen und Turbinensätzen fest. Es wurde in Übereinstimmung mit ISO 3740:2000 auf der Grundlage von ISO 3744:2010 erstellt. Aufgrund der besonderen Bedingungen in Bezug auf Turbinen und Turbosätze müssen verschiedene Geräuschquellen festgelegt und andere Messflächen benutzt werden als in ISO 3744:2010 angegeben.

Für einige Umgebungsbedingungen kann es erforderlich sein, die Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 auf der Grundlage von ISO 3746:2010 anzuwenden. Frequenzinformationen werden weiterhin aufgezeichnet und berichtet.

0.2 Ziele

Die in diesem Dokument festgelegten Verfahren gelten für die Messung der Geräuschemission einer Turbine oder eines Turbosatzes unter stationären Betriebsbedingungen. Die Ergebnisse werden als Schalldruckpegel und Schallleistungspegel sowohl A-bewertet als auch in Oktavbändern angegeben.

Ziel dieses Dokuments ist ein Ergebnis der Genauigkeitsklasse 2 (siehe Tabelle 1). Wenn die Korrektur für das Fremdgeräusch den Grenzwert von 1,3 dB überschreitet, aber weniger als 3 dB beträgt und/oder die Umgebungskorrektur den Grenzwert von 4 dB überschreitet, aber weniger als 7 dB beträgt, wird ein Ergebnis der Genauigkeitsklasse 3 erreicht (siehe Tabelle 2).

In Übereinstimmung mit diesem Dokument vorgenommene Messungen sollten zu Standardabweichungen führen, die die in Tabelle 3 angegebenen Standardabweichungen nicht überschreiten. Die Unsicherheiten in Tabelle 3 hängen nicht nur von den Genauigkeiten bei der Bestimmung von Schalldruckpegeln und Messflächen, sondern auch von dem „Nahfeldfehler“ ab, der sich bei kleineren Messabständen und geringeren Frequenzen erhöht (insbesondere unter 250 Hz). Der Nahfeldfehler führt immer zu gemessenen Schallleistungspegeln, die höher sind als die tatsächlichen Schallleistungspegel.

ANMERKUNG 1 Werden die in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahren zum Vergleich der Schallleistungspegel von ähnlichen Maschinen verwendet, die breitbandiges Geräusch ungerichtet abstrahlen, sind die Standardabweichungen, die sich aus der Unsicherheit eines solchen Vergleiches ergeben, tendenziell kleiner als die in Tabelle 3 angegebenen, vorausgesetzt, die Messungen werden in derselben Umgebung mit derselben Messflächegeometrie durchgeführt.

ANMERKUNG 2 Die in Tabelle 3 genannten Standardabweichungen fassen alle möglichen Ursachen von Messunsicherheiten zusammen außer Schwankungen der Schallleistungspegel von Quelle zu Quelle und von Messung zu Messung, die sich beispielsweise durch veränderte Montage- oder Betriebsbedingungen ergeben. Die Vergleichbarkeit und Wiederholbarkeit des Messergebnisses können zu wesentlich geringeren Standardabweichungen als in Tabelle 3 angegeben führen.

Tabelle 1 — Internationale Normen zur Festlegung verschiedener Verfahren zur Bestimmung von Schallleistungspegeln von Maschinen und Geräten

Internationale Norm	Klassifizierung des Verfahrens	Messumgebung	Volumen der Quelle	Charakter des Geräuschs	Ermittelbare Schallleistungspegel
Normativ					
ISO 3744	Genauigkeitsklasse 2 (Technisches Verfahren)	Im Freien oder in großen Räumen	Ohne Beschränkung; nur von der zur Verfügung stehenden Messumgebung begrenzt	Alle	A-bewertet und in Oktav- oder Terzbändern
ISO 3746	Genauigkeitsklasse 3 (Übersichtsverfahren)	Keine besondere Messumgebung	Ohne Beschränkung; nur von der zur Verfügung stehenden Messumgebung begrenzt	Alle	A-bewertet

Internationale Norm	Klassifizierung des Verfahrens	Messumgebung	Volumen der Quelle	Charakter des Geräuschs	Ermittelbare Schallleistungspegel
Informativ					
ISO 3741	Genauigkeitsklasse 1 (Präzisionsverfahren)	Hallraum, der besonderen Anforderungen entspricht	Kleiner als 2 % des Prüfraumvolumens	Gleichförmig, ungleichförmig, schwankend, Einzel-Schallimpulse, breitbandig, Einzelton	A-bewertet und in Oktav- oder Terzbändern
ISO 3743-1	Genauigkeitsklasse 2 (Technisches Verfahren)	Prüfraum mit schallharten Wänden	Kleiner als 2,5 % des Prüfraumvolumens	Gleichförmig, ungleichförmig, schwankend, Einzel-Schallimpulse	A-bewertet und in Oktavbändern
ISO 3743-2	Genauigkeitsklasse 2 (Technisches Verfahren)	Sonder-Hallraum	Vorzugsweise kleiner als 1 % des Prüfraumvolumens	Gleichförmig, ungleichförmig, schwankend, breitbandig, schmalbandig, Einzelton	A-bewertet und in Oktavbändern
ISO 3745	Genauigkeitsklasse 1 (Präzisionsverfahren)	Reflexionsarmer Raum oder Halbraum	Vorzugsweise kleiner als 0,5 % des Prüfraumvolumens	Alle	A-bewertet und in Terzbändern
ISO 3747	Genauigkeitsklasse 2 und 3 (Technisches Verfahren und Übersichtsverfahren)	Keine besondere Messumgebung, aber ausreichend hallig; zu prüfende Quelle nicht transportabel	Ohne Beschränkung; nur von der zur Verfügung stehenden Messumgebung begrenzt	Gleichförmig, ungleichförmig, schwankend, Einzel-Schallimpulse, insbesondere breitbandig	A-bewertet und in Oktavbändern
ISO 9614-1	Genauigkeitsklasse 1, 2 und 3 (Präzisionsverfahren, Technisches Verfahren und Übersichtsverfahren)	Keine besondere Messumgebung	Keine Beschränkungen ^b	Alle, aber während der Messung stationär	A-bewertet und in Oktav- oder Terzbändern
ISO 9614-2	Genauigkeitsklasse 2 und 3 (Technisches Verfahren und Übersichtsverfahren)	Keine besondere Messumgebung	Keine Beschränkungen ^b	Alle, aber während der Messung stationär	A-bewertet und in Oktav- oder Terzbändern
ISO 9614-3	Genauigkeitsklasse 1 (Präzisionsverfahren)	Keine besondere Messumgebung	Keine Beschränkungen ^b	Alle, aber während der Messung stationär	A-bewertet und in Oktav- oder Terzbändern

Internationale Norm	Klassifizierung des Verfahrens	Messumgebung	Volumen der Quelle	Charakter des Geräuschs	Ermittelbare Schallleistungspegel
ISO/TS 7849-1 ^a	Genauigkeitsklasse 3 (Übersichtsverfahren)	Keine besondere Messumgebung	Keine Beschränkung	Alle	A-bewertet
ISO/TS 7849-2 ^a	Genauigkeitsklasse 2 (Technisches Verfahren)	Keine besondere Messumgebung	Keine Beschränkung	Alle	A-bewertet und in Oktav- oder Terzbändern

^a Verfahren zur Bestimmung der Schallleistung von insbesondere durch die Vibrationen von Maschinenoberflächen verursachtem Luftschall.

^b Für Messungen in reflexionsarmen Räumen oder Halbräumen, die durch die Größe des Prüfraums begrenzt sind.

Tabelle 2 — Korrekturgrenzwerte

Genauigkeitsklasse	Korrektur von Fremdgeräuschen dB	Umgebungskorrektur dB
Genauigkeitsklasse 2	≤1,3	≤4
Genauigkeitsklasse 3	≤3	≤7
Sonderfall ^a	>3	>7

^a Für höhere Werte des Fremdgeräuschs und/oder der Umgebungskorrekturen kann der tatsächliche Schallleistungspegel nicht mit akzeptabler Unsicherheit bestimmt werden. Dennoch können die Ergebnisse nützlich sein, um eine Obergrenze der Geräuschemission der zu prüfenden Turbine oder des zu prüfenden Turbosatzes zu schätzen.

Tabelle 3 — Unsicherheit der Bestimmung von Schallleistungspegeln und Schalldruckpegeln, angegeben als Standardabweichung

Genauigkeitsklasse	Oktavband-Mittenfrequenzen dB					A-bewertet dB
	31,5 Hz bis 63 Hz	125 Hz	250 Hz bis 500 Hz	1 000 Hz bis 4 000 Hz	8 000 Hz	
Genauigkeitsklasse 2	5	3	2	1,5	2,5	2
Genauigkeitsklasse 3						3

ANMERKUNG 1 Die Unsicherheit der Genauigkeitsklasse 3 ist mit stabilen Bedingungen verbunden.

ANMERKUNG 2 Der Wert der Standardabweichung für Lufteinlass- und Abgasöffnungen von Gasturbinen kann höher sein.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren zur Messung der Geräuschemission einer Turbine oder eines Turbosatzes unter stationären Betriebsbedingungen fest. Es legt Verfahren zur Messung der Schalldruckpegel auf einer eine Quelle umhüllenden Messfläche und zur Berechnung des von der Quelle erzeugten Schallleistungspegels fest. Das Dokument enthält Anforderungen an die Messumgebung und die Messgeräte sowie Verfahren zur Bestimmung des Schalldruckpegels, aus dem der A-bewertete Schallleistungspegel der Quelle und die Oktav- oder Terzband-Schallleistungspegel berechnet werden. Diese Verfahren können angewendet werden, um Abnahmemessungen durchzuführen, auch wenn der Zweck der Messung lediglich darin besteht, den Schalldruckpegel um die Maschine zu bestimmen.

Dieses Dokument gilt für Turbinen und Turbosätze:

- für Kraftwerks- und Industrieanwendungen (z. B. stationär);
- für den Einbau auf Schiffen oder in Offshore-Anlagen sowie Straßen- und Schienenfahrzeugen.

Es gilt nicht für Gasturbinen in Luftfahrzeug-Anwendungen.

Dieses Dokument gilt nur für den über dem Boden in einer geschlossenen und von diesem Boden begrenzten Hüllfläche befindlichen Teil von Turbosätzen (Turbine, angetriebene Maschinen und verbundene Komponenten).

Es gilt für den stationären Betrieb und schließt Transienten aus wie etwa während des Anfahrens oder Abschaltens, bei denen die Geräuschemission kurzzeitig höher sein kann. Unter diesen Bedingungen gilt dieses Dokument nicht.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60942, *Electroacoustics — Sound calibrators*

IEC 61260-1, *Electroacoustics — Octave-band and fractional-octave-band filters — Part 1: Specifications*

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

ISO 3744:2010, *Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane*

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 6926, *Acoustics — Requirements for the performance and calibration of reference sound sources used for the determination of sound power levels*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC führen die terminologischen Datenbanken zur Verwendung in der Normung unter folgenden Internet-Adressen:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Schalldruck

p

Differenz zwischen dem Momentanwert des Drucks und dem statischen Druck

Anmerkung 1 zum Begriff: Adaptiert von ISO 80000-8:2007, 8-9.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Schalldruck wird in Pascal angegeben.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.1]

3.2

Schalldruckpegel

L_p

zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses des *Quadrats des Schalldrucks* (3.1) p zum Quadrat des Bezugswertes p_0 , ausgedrückt in Dezibel,

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} \text{ dB}$$

dabei ist der Bezugswert, p_0 gleich 20 µPa.

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn bestimmte, in IEC 61672-1 festgelegte Frequenz- und Zeitbewertungen und/oder bestimmte Frequenzbänder verwendet werden, wird dies durch geeignete Indizes angegeben; z. B. bezeichnet L_{pA} den A-bewerteten Schalldruckpegel.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Definition stimmt technisch mit ISO 80000-8:2007, 8-22 überein.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.2]

3.3

zeitlich gemittelter Schalldruckpegel

$L_{p,T}$

zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses des zeitlichen Mittelwertes des Quadrats des *Schalldrucks* (3.1), p über ein festgelegtes Zeitintervalls T (das bei t_1 beginnt und bei t_2 endet), zum Quadrat eines Bezugswertes p_0 , angegeben in Dezibel,

$$L_{p,T} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right] \text{ dB}$$

dabei ist der Bezugswert p_0 gleich 20 µPa.

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise wird der Index „T“ weggelassen, da zeitlich gemittelte Schalldruckpegel ohnehin über ein gewisses Zeitintervall bestimmt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zeitlich gemittelte Schalldruckpegel sind häufig A-bewertet. Sie werden dann mit $L_{pA,T}$ bezeichnet, was üblicherweise als L_{pA} abgekürzt wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: Übernommen aus ISO 25417:2007, 2.3.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.3]

3.4

akustisches Freifeld (freies Schallfeld)

Schallfeld in einem homogenen, isotropen Medium, das frei von Begrenzungen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Praxis ist ein freies Schallfeld ein Feld, in dem im interessierenden Frequenzbereich der Einfluss der Reflexionen an den Begrenzungsflächen oder anderen störenden Objekten vernachlässigt werden kann.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.6]

3.5

freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene

Freies Schallfeld (3.4) im Halbraum über einer unendlichen großen, reflektierenden Ebene in Abwesenheit jeglicher anderer Hindernisse

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.7]

3.6

reflektierende Ebene

Schall reflektierende ebene Fläche, auf der die zu untersuchende Geräuschquelle aufgestellt ist

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.6]

3.7

interessierender Frequenzbereich

für allgemeine Anwendungen der Frequenzbereich, der die Oktavbänder mit den Nennwerten der Mittenfrequenzen von 31,5 Hz bis 8 000 Hz umfasst (einschließlich der Terzbänder mit den Mittenfrequenzen von 25 Hz bis 10 000 Hz)

Anmerkung 1 zum Begriff: Jedes Band, in dem der Pegel mehr als 50 dB unter dem höchsten Banddruckpegel liegt, darf ausgeschlossen werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für besondere Anwendungen kann der Frequenzbereich unter der Voraussetzung erweitert oder eingeschränkt werden, dass die Messumgebung und die Messgeräteeigenschaften für die Anwendung in dem veränderten Frequenzbereich geeignet sind. Für Quellen, die hauptsächlich hochfrequenten (oder niedrigfrequenten) Schall ausstrahlen, darf der Frequenzbereich begrenzt werden, um die Prüfeinrichtung und die Prüfverfahren zu optimieren. Änderungen des interessierenden Frequenzbereichs sind im Ergebnisbericht angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Adaptiert von ISO 3744:2010, 3.9.

3.8

Bezugsquader

gedachter Quader, der von der reflektierenden Fläche (3.6) begrenzt wird, auf der die zu untersuchende Geräuschquelle aufgestellt ist, und der die Quelle einschließlich aller wesentlichen Schall abstrahlenden Komponenten sowie gegebenenfalls den Prüftisch, auf dem die Geräuschquelle aufgestellt ist, gerade umschließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Falls erforderlich, kann aus Gründen der Kompatibilität mit den Messungen des Emissions-Schalldruckpegels an Nachbararbeitsplätzen nach den Normen der Reihe ISO 11200 bis ISO 11204 der kleinstmögliche Prüftisch verwendet werden.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.10]

3.9

Messabstand

d

Abstand zwischen dem *Bezugsquader* (3.8) und einer quaderförmigen *Messfläche* (3.10)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messabstand wird in Metern angegeben.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.12]

3.10

Messfläche

gedachte Fläche (Hüllfläche) mit dem Flächeninhalt S , auf der die Mikrofonpositionen liegen, an denen die Schalldruckpegel (3.2) gemessen werden, wobei die Fläche die zu untersuchende Geräuschquelle umschließt und auf der oder den reflektierenden Ebenen (3.6) endet, auf der und vor denen die Quelle aufgestellt ist

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.14]

3.11

Fremdgeräusch

Geräusch sämtlicher Quellen außer dem der zu untersuchenden Geräuschquelle

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Fremdgeräusch kann aus Luftschall, Körperschall und elektrischem Rauschen der Messgeräte bestehen.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.15]

3.12

Fremdgeräuschkorrektur K_1

Korrektur, die auf den (energetischen) Mittelwert der zeitlich gemittelten *Schalldruckpegel* (3.3) über alle Mikrofonpositionen auf der *Messfläche* (3.10) angewendet wird, um den Einfluss von *Fremdgeräusch* (3.11) zu berücksichtigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fremdgeräuschkorrektur wird in Dezibel angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Fremdgeräuschkorrektur ist frequenzabhängig; für ein Frequenzband lautet die Bezeichnung K_{1f} , wobei f die betreffende Mittenfrequenz angibt, und bei A-Bewertung lautet die Bezeichnung K_{1A} .

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.16]

3.13

Umgebungskorrektur

K_2

Korrektur, die auf den (energetischen) Mittelwert der zeitlich gemittelten *Schalldruckpegel* (3.3) über alle Mikrofonpositionen auf der *Messfläche* (3.10) angewendet wird, um den Einfluss von reflektiertem oder absorbiertem Schall zu berücksichtigen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Umgebungskorrektur wird in Dezibel angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Umgebungskorrektur ist frequenzabhängig; für ein Frequenzband lautet die Bezeichnung K_{2f} bezeichnet, wobei f die betreffende Bandmittenfrequenz angibt und bei A-Bewertung lautet die Bezeichnung K_{2A} .

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Allgemeinen hängt die Umgebungskorrektur von der Größe der Messfläche ab, wobei K_2 gewöhnlich mit größer werdendem S anwächst.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.17]

3.14

zeitlich gemittelter Messflächen-Schalldruckpegel

$\overline{L_p}$

(energetischer) Mittelwert der *zeitlich gemittelten Schalldruckpegel* (3.3) über alle Mikrofonpositionen oder Mikrofonbahnen auf der *Messfläche* (3.10) unter Anwendung der Fremdgeräuschkorrektur (3.12), K_1 und *Umgebungskorrektur* (3.13), K_2

Anmerkung 1 zum Begriff: Der zeitlich gemittelte Messflächen-Schalldruckpegel wird in Dezibel angegeben.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.18]

3.15

Schallleistung

P

Integral des Produktes des *Schalldrucks*, p , (3.1) und der Komponente der Teilchengeschwindigkeit, u_n , die an einem Punkt einer Fläche senkrecht zu dieser Fläche steht, über diese Fläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schallleistung wird in Watt angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Größe kennzeichnet die Menge an Luftschallenergie, die von einer Quelle je Zeiteinheit abgestrahlt wird.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.20]

3.16

Schallleistungspegel

L_W

zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der *Schallleistung* (3.15) P einer Quelle zu einem Bezugswert P_0 , angegeben in Dezibel

$$L_W = 10 \lg \frac{P}{P_0} \text{ dB}$$

Dabei ist der Bezugswert P_0 gleich 1 pW

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn eine bestimmte, in IEC 61672-1 festgelegte Frequenzbewertung und/oder bestimmte Frequenzbänder verwendet werden, wird dies durch geeignete Indizes angegeben; z. B. bezeichnet L_{WA} den A-bewerteten Schallleistungspegel.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Definition stimmt technisch mit ISO 80000-8:2007, 8-23 überein.

[QUELLE: DIN EN ISO 3744:2011, 3.21]

3.17

reflexionsarmer Raum

Prüfraum, in dem sich ein freies Schallfeld ausbildet

[QUELLE: DIN EN ISO 3745:2017, 3.7]

3.18

Halbraum

Prüfraum, in dem sich ein freies Schallfeld über einer *reflektierenden Ebene* (3.6) ausbildet

[QUELLE: DIN EN ISO 3745:2017, 3.10]

4 Akustische Umgebung

4.1 Eignungskriterien der Messumgebung

Die Messumgebung sollte idealerweise frei von reflektierenden Objekten außer einer reflektierenden Ebene sein, sodass die Quelle in ein freies Feld über einer reflektierenden Ebene strahlt. Anhang A beschreibt Verfahren zur Bestimmung der Größe der Umgebungskorrektur (sofern zutreffend) zur Berücksichtigung von Abweichungen der Messumgebung von den Idealbedingungen. Für technische Messungen geeignete Messumgebungen ermöglichen die Bestimmung des Schallleistungspegels mit einer Unsicherheit, die die in Tabelle 3 angegebenen Werte nicht überschreitet.

ANMERKUNG Wenn es erforderlich ist, Messungen in Räumen vorzunehmen, die nicht die Kriterien nach Anhang A erfüllen, können die Standardabweichungen der Messergebnisse größer sein als in Tabelle 3 angegeben. In diesen Fällen kann der nach diesem Dokument bestimmte Schallleistungspegel nützlich sein, um einen gültigen oberen Grenzwert für den Schallleistungspegel der Turbine oder des Turbosatzes zu ermitteln.

4.2 Kriterien für das Fremdgeräusch

Die Schalldruckpegel des Fremdgeräuschs müssen an den verwendeten Mikrofonpositionen mindestens 6 dB und vorzugsweise mehr als 10 dB (Ergebnis der Genauigkeitsklasse 2) oder mindestens 3 dB (Ergebnis der Genauigkeitsklasse 3) unter dem entsprechenden unkorrigierten zeitlich gemittelten Schalldruckpegel der zu untersuchenden Geräuschquelle liegen, wenn deren Pegel in Anwesenheit dieses Fremdgeräusches gemessen wird.

Für Messungen in Frequenzbändern müssen die obigen Anforderungen in jedem betrachteten Frequenzbereich erfüllt sein.

Wenn der Schalldruckpegel der Hauptquelle weniger als 3 dB über dem Schalldruckpegel des Fremdgeräuschs liegt, ist eine gültige Messung der zu prüfenden Maschine nicht möglich. Wenn die Differenz des Schalldruckpegels weniger als 3 dB beträgt, wird die Genauigkeit des Ergebnisses reduziert und der anzuwendende Wert von K_1 beträgt 3 dB. In diesem Fall muss in dem Berichtstext sowie in den Diagrammen und Tabellen der Ergebnisse angegeben werden, dass die Daten aus der Messung die obere Grenze des Schallleistungspegels der zu prüfenden Geräuschquelle darstellen.

4.3 Wind

Es muss darauf geachtet werden, die Auswirkungen von Wind, die das scheinbare Fremdgeräusch verstärken können, zu minimieren. Bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 1 m/s sollte ein Windschutz verwendet werden und die Windgeschwindigkeit sollte nicht mehr als 5 m/s betragen.

Die entsprechenden Anweisungen des Mikrofonherstellers müssen befolgt werden.

4.4 Spezielle Messverfahren

Wenn Korrekturen für Fremdgeräusche und Umgebungseinflüsse die in 4.1 und 4.2 angegebenen Grenzwerte überschreiten, können zusätzliche komplexe Messverfahren, die nicht Gegenstand dieses Dokuments sind (z. B. Einrichtungen zur Analyse der Schallintensität oder andere Verfahren in Tabelle 1) angewendet werden, um eine Abschätzung der Geräuschemission zu erhalten.

Wenn eines dieser Verfahren für Abnahmemessungen angewendet wird, sollten die Einzelheiten zwischen dem Lieferanten und dem Kunden vereinbart werden.

5 Messgeräte

Die verwendeten Messgeräte müssen die Anforderungen nach Klasse 1 von IEC 61672-1 für Schallpegelmessgeräte erfüllen. Die Oktavbandfilter müssen die Anforderungen nach IEC 61260-1 erfüllen.

6 Aufstellung und Betrieb des Turbosatzes

6.1 Allgemeines

Das zu prüfende Objekt ist die Turbine oder der Turbosatz. Die zu vermessenden Komponenten müssen klar festgelegt und zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden. Diese umfassen üblicherweise die notwendige grundlegende Ausrüstung für den ordnungsgemäßen Betrieb der Turbine oder des Turbosatzes an ihrem/seinem endgültigen Standort.

Turbinensätze können beliebige Größen aufweisen ohne Einschränkungen der Leistung und bei Ausstattung mit ihren normalen Nebenaggregaten. Der zu betrachtende Teil des Turbosatzes (Turbine, angetriebene Einrichtungen und verbundene Komponenten) ist derjenige oberhalb des Bodens und innerhalb einer durchgehenden umhüllenden Messoberfläche, die durch diesen Boden begrenzt wird. Ein großflächiger und durchgehender, schallreflektierender Turbinenflur oberhalb der Turbinenfundamente, muss als reflektierende Ebene betrachtet werden.

Im Fall großer Turbinensätze befindet sich der Turbinenflur oftmals unterhalb und in der Nähe der horizontalen Mittelachse der Turbine. Wenn der Flur durchgehend ist und keine Öffnungen enthält, die zulassen würden, dass Schallemissionen aus dem Bereich unterhalb des Turbinenflurs das an der Mikrofonposition gemessene Geräusch beeinflussen, kann eine gültige Messung der Geräuschemission des Turbosatzes durch die Anwendung dieses Dokuments durchgeführt werden.

Wenn sich der Turbinenflur unter und nahe der horizontalen Mittelachse des Turbosatzes befindet, aber aus:

- a) einer offenen Gitterkonstruktion;
- b) einem massiven Boden mit Öffnungen in unmittelbarer Nähe des Turbosatzes oder
- c) Laufbühnen mit einer Breite von üblicherweise 1 m bis 2 m in massiver oder Gitterbauweise besteht,

kann der Turbinenflur nicht als reflektierende Ebene betrachtet werden. In diesem Fall ist der Fundamentboden des Turbosatzes die reflektierende Ebene.

Wenn eine durchgängige umhüllende Messfläche weder durch den Turbinenflur noch durch den Turbinenfundamentboden begrenzt wird, ist ein erheblicher Geräuschbeitrag durch Neben- und Hilfeinrichtungen unter dem Turbinenflur an den Mikrofonmesspositionen zu erwarten. In diesem Fall kann dieses Dokument nicht zur Bestimmung von Schallleistungspegeln verwendet werden.

Wenn Öffnungen im Boden während der Messung ausreichend durch geeignete Platten abgedeckt sind (die Oberseiten der Platten sollten dieselben Reflexionseigenschaften aufweisen wie der Turbinenflur), sind gültige Messungen möglich. Wenn Turbosätze auf dem Fundamentboden montiert oder teilweise in den Boden eingelassen sind und der Boden auch als Turbinenflur definiert werden kann, kann eine gültige Messung der Geräuschemission des Turbosatzes ebenfalls durch Anwendung dieses Dokuments erfolgen.

Die Geräuschquellen für Gasturbinen und Gasturbinensätze unterscheiden sich von den Geräuschquellen für Dampfturbinen und Dampfturbinensätze. Spezifische Messungen für Gasturbinen und Gasturbinensätze müssen in Übereinstimmung mit Anhang B durchgeführt werden. Spezifische Messungen für Dampfturbinen und Dampfturbinensätze müssen in Übereinstimmung mit Anhang C durchgeführt werden.

6.2 Montage des Turbosatzes

Messungen werden üblicherweise vor Ort an dem vollständig montierten Turbosatz mit allen angebrachten Isolierungen und Dämmungen durchgeführt.

6.3 Betrieb des Turbosatzes während der Messung

Die Messung muss unter stationären Betriebsbedingungen der Turbine oder des Turbosatzes mit den Nennwerten für Leistung, Drehzahl, Temperaturen, Drücke etc. durchgeführt werden wie zwischen den beteiligten Parteien vereinbart. Wenn nichts anderes vorgegeben ist, muss der Betrieb mit Grundlast erfolgen. Die relevanten Betriebs- und Umgebungsbedingungen (Temperatur, Druck, Feuchte, Schnee, Frost) müssen im Ergebnisbericht dokumentiert werden.

Die Betriebsbedingungen sollten während der Messungen nicht geändert werden.

6.4 Hilfeinrichtungen und gekoppelte Maschinen

Alle Hilfeinrichtungen, die für den Betrieb des zu prüfenden Turbosatzes erforderlich, aber nicht Teil desselben sind, dürfen die Geräuschmessung nicht wesentlich beeinflussen.

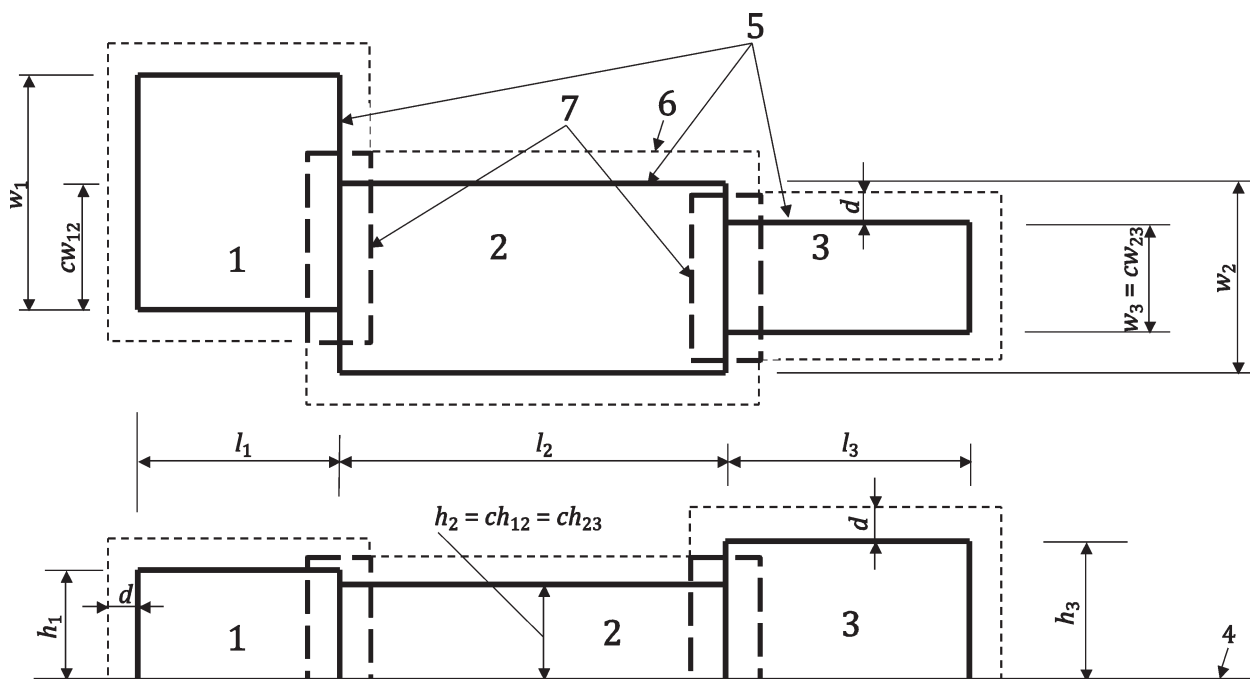
7 Schalldruckpegel auf der Messfläche

7.1 Bezugsfläche und Messfläche

Die relevante Bezugsfläche besteht aus mehreren nebeneinander platzierten Bezugsquadraten, die ausschließlich die verschiedenen Teile des Turbosatzes einschließlich ihrer Dämmung und aller Schallschutzwände und Schallhauben umfassen. Die Fläche endet an der reflektierenden Ebene. Bei der Festlegung der Maße dieser Bezugsquader dürfen Elemente, die aus der Quelle hervorstehen und keine wesentlichen Schallquellen darstellen, außer Acht gelassen werden. Diese vorstehenden Elemente sollten für die verschiedenen Arten von Komponenten identifiziert werden.

Die Messpunkte liegen auf der Messfläche, einer gedachten Hüllfläche mit dem Flächeninhalt S , die sowohl die Schallquelle als auch den/die Bezugsquader einschließt und auf der reflektierenden Ebene endet.

Für Turbinensätze besteht die Messfläche ungeachtet ihrer Größe aus rechteckigen Quadraten (siehe Bild 1), deren Seiten parallel sind zu den Seiten der Bezugsquader und die den Abstand d (Messabstand) zu den Bezugsquadraten aufweisen. Bei Turbinensätzen mit mehreren nicht miteinander verbundenen Bezugsquadraten in einem Abstand von weniger als 3,5 m muss die Form der Messfläche die Bezugsquader ohne Einschnitte umfassen. In diesem Sinne ist ein Einschnitt definiert als Erweiterung der Messfläche in den Bereich zwischen den Bezugsquadraten. Der übliche Messabstand d beträgt 1 m, aber auch größere Abstände können im Bedarfsfall genutzt werden.



Legende

1, 2, 3	Komponenten des Turbosatzes	4	reflektierende Ebene
h_1, h_2, h_3	Höhen der Bezugsflächen der Komponenten	5	Bezugsflächen / Bezugsquader
w_1, w_2, w_3	Breiten der Bezugsflächen der Komponenten	6	Messfläche
l_1, l_2, l_3	Längen der Bezugsflächen der Komponenten	7	Durchdringungen der Messflächen der Komponenten
cw_{12}, cw_{23}	gemeinsame Breite zweier Komponenten		
ch_{12}, ch_{23}	gemeinsame Höhe zweier Komponenten		
d	Messabstand		

Bild 1 — Berechnung der Messfläche

Die Fläche S der Messfläche kann nach Bild 1 für dieses Beispiel anhand der Gleichung (1) berechnet werden:

$$\begin{aligned} S = & 2(h_1 + d)(w_1 + l_1 + 4d) + (l_1 + 2d)(w_1 + 2d) \\ & + 2(h_2 + d)(w_2 + l_2 + 4d) + (l_2 + 2d)(w_2 + 2d) \\ & + 2(h_3 + d)(w_3 + l_3 + 4d) + (l_3 + 2d)(w_3 + 2d) \\ & - [2(ch_{12} + d)(cw_{12} + 4d) + 2d(cw_{12} + 2d)] \\ & - [2(ch_{23} + d)(cw_{23} + 4d) + 2d(cw_{23} + 2d)] \end{aligned} \quad (1)$$

Oder allgemeiner für Anordnungen in einer Reihe (Gleichung 2):

$$\begin{aligned} S = & \sum_{i=1}^n 2(h_i + d)(w_i + l_i + 4d) + (w_i + 2d)(l_i + 2d) \\ & - \sum_{i=1}^{n-1} 2(ch_{ii+1} + d)(cw_{ii+1} + 4d) + 2d(cw_{ii+1} + 2d) \end{aligned} \quad (2)$$

Dabei ist

S die gesamte Messfläche;

n die Anzahl der Komponenten.

Ganz allgemein kann die Messfläche (für alle Anordnungen oberhalb einer reflektierenden Fläche) anhand der Gleichung (3) berechnet werden:

$$\begin{aligned} S = & \sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i=1}^m P_j \\ S_i = & 2(h_i + d)(w_i + l_i + 4d) + (l_i + 2d)(w_i + 2d) \\ P_j = & 2(ch_{xy} + d)(cw_{xy} + cl_{xy} + 4d) + (cl_{xy} + 2d)(cw_{xy} + 2d) \end{aligned} \quad (3)$$

Dabei ist

S die gesamte Messfläche;

S_i die Teilmessfläche der Komponente i ;

n die Anzahl der Komponenten;

P_j die Durchdringung zwischen den Teilmessflächen den Komponenten x und y ;

m die Anzahl der Durchdringungen.

7.2 Lage und Anzahl der Mikrofonpositionen

7.2.1 Allgemeines

Die Mikrofone müssen in gleichen Abständen zueinander auf der Messfläche angeordnet werden. Die Abstände sind so zu wählen, dass sich mindestens eine Messposition in jedem Abschnitt des Turbosatzes befindet. In der Nähe lokaler Austrittsöffnungen müssen die Mikrofonpositionen so gewählt werden, dass die Mikrofone und Kabel nicht der Strömung ausgesetzt sind. Die Anzahl der Mikrofonpositionen richtet sich nach der Fläche des Bezugsquaders und der Differenz zwischen den Schalldruckpegeln an den Mikrofonpositionen.

7.2.2 Zusätzliche Mikrofonpositionen auf der Messfläche

Die Anzahl der Mikrofonpositionen muss erhöht werden, wenn:

- a) der Bereich der an den Mikrofonpositionen gemessenen Schalldruckpegel (d. h. der Unterschied in Dezibel, gemessen in Oktavbändern oder A-bewertet zwischen den höchsten und niedrigsten Schalldruckpegeln) die Anzahl der Messpunkte überschreitet oder
- b) Lärm nur von einem kleinen Teil einer großen Maschine wie etwa einer kleinen Öffnung ausgestrahlt wird. In diesem Fall muss die Messfläche in verschiedene Teile mit jeweils unterschiedlichen Abständen zwischen den Mikrofonpositionen unterteilt werden. Für jeden Teil der Messfläche muss der Teilschallleistungspegel bestimmt werden. Der Gesamtschallleistungspegel der Maschine wird dann durch Summieren der Teilschallleistungspegel berechnet.

Der Teilschallleistungspegel L in Dezibel wird für die einzelnen Teilmessflächen anhand der Gleichung (4) berechnet.

$$L_{Wj} = \overline{L_{pj}} + 10 \lg \left(\frac{S_j}{S_0} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

Dabei ist

$\overline{L_{pj}}$ der Messflächenschalldruckpegel der j^{ten} Teilmessfläche;

S_j der Flächeninhalt der j^{ten} Teilmessfläche;

S_0 1 m².

Die n einzelnen Teilschallleistungspegel können anhand der Gleichung (5) kombiniert werden, um den Gesamtschallleistungspegel in Dezibel wie folgt zu berechnen:

$$L_{Wg} = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^n 10^{0,1L_{Wj}} \right) \text{ dB} \quad (5)$$

Dabei ist

n die Gesamtzahl der Teilschallleistungspegel;

L_{Wj} der Teilschallleistungspegel in Dezibel.

Möglicherweise müssen Mikrofonpositionen weggelassen werden, wenn sie nicht erreicht werden können, Messungen an diesen Positionen gefährlich sind oder wenn die Ergebnisse beispielsweise durch Temperatur, Dampf, Feuchte oder starke elektrische oder Magnetfelder verfälscht wurden.

Vorsicht ist geboten, wenn Messungen in einem Abstand von weniger als 3,5 m zu einer Fassade durchgeführt werden. Unter keinen Umständen sollten Messungen in einem Abstand von weniger als 1 m zu einer Fassade vorgenommen werden. Wenn die Randbedingungen an einem Messpunkt sich bezüglich der Umgebungskorrektur von den allgemeinen Randbedingungen des Prüfstandorts unterscheiden, sollte eine individuelle Korrektur für jeden betroffenen Messpunkt abgeleitet werden. Der Messpunkt sowie die Höhe und der Abstand zu jeder anderen reflektierenden Struktur als dem Boden werden dokumentiert.

Wenn der Zweck der Messung darin besteht, den Schalldruckpegel um die Maschine zu bestimmen, ist es ausreichend, in einem Abstand von 1 m und einer Höhe von 1,5 m über dem Boden oder einer vergleichbaren Fläche zu messen.

Wenn eine Turbine auf einem Fundament hoch über dem Boden installiert ist, können einige ihrer Teile Lärm in den Raum unter dem Turbinenflur ausstrahlen. In diesem Bereich wird jedoch der Lärm oftmals hauptsächlich durch Komponenten verursacht, die nicht Teil des Turbosatzes sind. Aufgrund des hohen Hintergrundgeräuschs können für diesen Bereich keine Mikrofonpositionen empfohlen werden. Dieser Bereich kann bei der Bestimmung des Schallleistungspegels des Turbosatzes vernachlässigt werden, da seine in diesen Bereich abstrahlenden Oberflächen im Vergleich zur Gesamtoberfläche der Turbine klein sind.

7.2.3 Oberflächenschall

Oberflächenschall ist der Schall, der von der Messfläche der Turbine oder des Turbosatzes abstrahlt.

Die Oberfläche der Turbine oder des Turbosatzes ist nach der obigen Definition der äußere Umriss der betriebsbereiten Turbine oder des betriebsbereiten Turbosatzes.

In einigen Fällen (z. B. bei kompakten Maschinen) kann der durch die Öffnungen und die Oberfläche emittierte Schall nicht separat bestimmt werden, weil die Öffnungen sich innerhalb der Messfläche der Maschine befinden. In solchen Fällen muss die gesamte Geräuschemission des Turbosatzes an den Mikrofonpositionen auf einer die Turbine oder den Turbosatz umhüllenden Messfläche einschließlich der Öffnungen für Zuluft und Abluft bzw. Abgas bestimmt werden.

Zu einigen Turbinenbauformen gehören Schallhauben. In diesem Fall ist der „Oberflächenschall“ der von der Schallhaube einschließlich ihrer Be- und Entlüftungsöffnungen emittierte Schall.

7.3 Messbedingungen

7.3.1 Allgemeines

Umgebungsbedingungen können eine negative Auswirkung auf die für die Messungen verwendeten Mikrofone haben. Solche Bedingungen (z. B. starke elektrische oder magnetische Felder, Wind, aufprallende Strömung durch aus der zu prüfenden Maschine abgeblasene Gase oder Dämpfe, hohe oder niedrige Temperaturen) müssen durch geeignete Auswahl der Mikrofonpositionen vermieden werden.

ANMERKUNG Für weitere Informationen siehe IEC 60268-4 und IEC 61672-1.

Die Mikrofone müssen an den Messpositionen mit ihren festgelegten Hauptachsen des Schalleinfalls in Richtung der Maschine aufgestellt werden.

7.3.2 Kalibrierung

Während jeder Messreihe ist ein Schallkalibrator der Klasse 1 nach IEC 60942 an das Mikrofon anzulegen, um die Kalibrierung des gesamten Messsystems bei einer oder mehreren Frequenzen innerhalb des interessierenden Frequenzbereichs zu prüfen. Der Schallkalibrator muss jährlich kalibriert werden, um seinen akustischen Ausgangspegel zu ermitteln. Zusätzlich muss eine elektrische Kalibrierung der Messgeräte über den gesamten interessierenden Frequenzbereich in den vorangegangenen 2 Jahren durchgeführt worden sein.

7.3.3 Messung des A-bewerteten Schalldruckpegels

Im Anschluss an die Auswahl der geeigneten Mikrofonpositionen auf den rechteckigen Messflächen werden die A-bewerteten zeitlich gemittelten Schalldruckpegel an jeder festgelegten Position gemessen. Nach Anwendung der Korrekturen für das Fremdgeräusch (siehe 8.1) werden diese Daten verwendet, um den Messflächenschalldruckpegel und den Schallleistungspegel nach 8.3 und 8.4 zu berechnen.

7.3.4 Messung des Schalldruckspektrums

Für die Bestimmung der Spektren wird der Schalldruckpegel auf eine ähnliche Weise gemessen wie in 7.3.3 beschrieben und die Messzeit muss mindestens 10 s betragen. Für um oder unter 160 Hz zentrierte Frequenzbänder muss die Messzeit mindestens 30 s betragen.

Wenn Fremdgeräuscheschalldruckpegel berücksichtigt werden müssen, müssen diese an repräsentativen Mikrofonpositionen gemessen werden, bevor die zu prüfende Maschine in Betrieb genommen wird oder nachdem sie außer Betrieb genommen wurde.

ANMERKUNG Fremdgeräusche, die durch Komponenten emittiert werden, die nicht Teil des Turbosatzes, aber für dessen Betrieb notwendig sind und die nur mit der Turbine oder dem Turbosatz zusammen betrieben werden können (z. B. Pumpen, Ventile, Rohrleitungen), können üblicherweise nicht genau bestimmt werden. Es ist nur selten möglich, das Prüfobjekt ausreichend abzuschirmen, um seine Geräuschemission zu bestimmen oder die Fremdgeräuschquelle für die Messung von Körperschall entkoppeln. In solchen Fällen kann es besser sein, ein alternatives Messverfahren wie die Schallintensität nach ISO 9614 oder andere Verfahren in Tabelle 1 anzuwenden. Im Fall zu hoher Fremdgeräuschpegel können die Schallpegel der Turbine nicht nach diesem Dokument bestimmt werden.

8 Berechnung des Messflächenschalldruckpegels und des Schallleistungspegels

8.1 Korrektur des Fremdgeräuscheinflusses

Die Fremdgeräuschkorrektur K_1 ist nach Gleichung (6) zu berechnen:

$$K_1 = -10 \lg(1 - 10^{-0,1\Delta L_p}) \text{ dB} \quad (6)$$

Dabei ist

$$\Delta L_p = \overline{L'_{p(ST)}} - \overline{L_{p(B)}}$$

darin ist

$\overline{L'_{p(ST)}}$ der über alle Mikrofonpositionen auf der Messfläche gebildete Mittelwert der zeitlich gemittelten Bandschalldruckpegel oder A-bewerteten Schalldruckpegel, in Dezibel, während die zu untersuchende Geräuschquelle in Betrieb ist;;

$\overline{L_{p(B)}}$ der über alle Mikrofonpositionen auf der Messfläche gebildete Mittelwert der zeitlich gemittelten Bandschalldruckpegel oder A-bewerteten Schalldruckpegel des Fremdgeräuschs, in Dezibel.

Während Messungen an Turbinen und Turbinensätzen können unvermeidliche Fremdgeräusche auftreten. Wenn eine Fremdgeräuschkorrektur K_1 von bis zu 1,3 dB erforderlich ist, wird ein Ergebnis der Genauigkeitsklasse 2 erzielt. Bei Korrekturen von mehr als 1,3 dB und bis zu 3 dB wird ein Ergebnis der Genauigkeitsklasse 3 erzielt. Wenn die Fremdgeräuschkorrektur mehr als 3 dB beträgt, liegt die Genauigkeit des Ergebnisses außerhalb der Anforderungen dieses Dokuments.

Manchmal treten hohe Fremdgeräuschpegel nur an einigen Mikrofonpositionen auf. Wenn durch andere Messungen oder aufgrund der Konstruktion der Maschine bekannt ist, dass ihre Geräuschemission symmetrisch ist, können nützliche Ergebnisse erzielt werden, indem Mikrofonpositionen auf der Seite mit den hohen Fremdgeräuscheschalldruckpegeln weggelassen werden.

Bei Messungen vor Ort können impulsartige oder gelegentliche Geräusche auftreten, die nicht durch die Turbinenanlage selbst verursacht werden. Unter solchen Bedingungen durchgeführte Messungen sind ungültig.

8.2 Berechnung des über die Messfläche gemittelten Schalldruckpegels

Für den A-bewerteten Schalldruckpegel und den Pegel in jedem betrachteten Frequenzband wird ein mittlerer Schalldruckpegel über die Messfläche aus den gemessenen Schalldruckpegeln $L'_{pi(ST)}$ anhand der Gleichung (7) berechnet.

$$\overline{L'_{p(ST)}} = 10 \lg \left[\frac{1}{N_M} \sum_{i=1}^{N_M} 10^{0,1L'_{pi(ST)}} \right] \text{ dB} \quad (7)$$

Dabei ist

$L'_{pi(ST)}$ Der A-bewertete oder Banddruckpegel resultierend aus der i-ten Messung in Dezibel, Bezugswert = 20 µPa;

N_M die Gesamtanzahl der Messungen.

ANMERKUNG Jeder abgeleitete gemittelte Schalldruckpegel wird, wie oben definiert, energetisch gemittelt, sofern nicht anders zwischen den an der Messung beteiligten Parteien vereinbart.

8.3 Berechnung der zeitlich gemittelten Messflächenschalldruckpegel

Der zeitlich gemittelte Messflächenschalldruckpegel $\overline{L_p}$ ist nach Gleichung (8) zu berechnen, durch die der Mittelwert des zeitlich gemittelten Schalldruckpegels, $\overline{L'_{p(ST)}}$, hinsichtlich des Fremdgeräuschs (K1, siehe 8.1) und um den Einfluss der Messumgebung (K2, siehe Anhang A) korrigiert wird:

$$\overline{L_p} = \overline{L'_{p(ST)}} - K_1 - K_2 \quad (8)$$

Die Umgebungskorrektur K_2 berücksichtigt den Einfluss einer nicht-idealen Umgebung (z. B. Anwesenheit von Schallabsorption oder reflektiertem Schall).

a) Für die Genauigkeitsklasse 2:

Für die Genauigkeitsklasse 2 darf K_2 nicht mehr als 4 dB betragen. Die in Anhang A angegebenen Verfahren zur Berechnung der Umgebungskorrektur K_2 müssen angewendet werden.

b) Für die Genauigkeitsklasse 3:

Für die Genauigkeitsklasse 3 darf K_2 nicht mehr als 7 dB betragen. Die in Anhang A angegebenen Verfahren zur Berechnung der Umgebungskorrektur K_2 müssen angewendet werden.

8.4 Berechnung des Schalleistungspegels

Der Schalleistungspegel, der das von der Quelle abgestrahlte Geräusch charakterisiert, wird anhand der Gleichung (9) berechnet.

$$L_W = \overline{L_p} + 10 \lg \frac{S}{S_0} \text{ dB} \quad (9)$$

Dabei ist

S der Flächeninhalt der Messfläche, in Quadratmetern;

S_0 1 m².

8.5 Berechnung des Scheinrichtungsmaßes und des Scheinrichtungsfaktors

Falls erforderlich, können das Scheinrichtungsmaß und der Scheinrichtungsfaktor anhand der Verfahren in Anhang D berechnet werden. Dieses Dokument gilt nicht für die Richtwirkung an Kaminmündungen von Gasturbinen. Informationen hierzu können jedoch dem Literaturhinweis [18] entnommen werden.

9 Angaben im Messbericht

9.1 Allgemeines

Die folgenden Informationen sind, soweit zutreffend, für alle Messungen, die nach den Anforderungen dieses Dokuments durchgeführt wurden, zusammenzustellen und aufzuzeichnen.

9.2 Untersuchte Geräuschquelle

- a) Beschreibung des untersuchten Turbosatzes (einschließlich seiner Abmessungen).
- b) Betriebsbedingungen wie etwa Leistung, Drehzahl, Temperaturen, Drücke, Massenströme usw.
- c) Turbosatz Aufstellungsbedingungen und Lage des Turbinenflurs bezogen auf den Turbosatz und das Maschinenfundament
- d) Wenn die Maschine mehrere Geräuschquellen hat, die nur vorübergehend in Betrieb sind, die Beschreibung der Quellen, die während der Messung in Betrieb sind.
- e) Anzahl und Lage der Geräuschquellen von Hilfs- und Nebenanlagen, die das Geräusch an den Mikrofonpositionen wahrscheinlich beeinflussen.
- f) Anzahl, Art, Lage und Größe von Schallschutzwänden und/oder Schallhauben.

9.3 Akustische Umgebung

- a) Beschreibung der Messumgebung:

Sofern die Messumgebung ein Innenraum ist, muss die technische Beschaffenheit der Wände, der Decke und des Bodens beschrieben und eine Skizze mit der Lage der Quelle(n), aller Rauminhalte sowie anderer wichtiger Details wie etwa Öffnungen im Boden beigefügt werden.

Im Fall eines Außenbereichs sind eine Skizze mit Angabe der Lage der Quelle im Verhältnis zum umgebenden Gelände und eine physische Beschreibung der Messumgebung beizufügen. Die Art der reflektierenden (Boden-)Ebene muss aufgezeichnet werden.

- b) Akustische Qualifizierung der Messumgebung nach Anhang A.
- c) Lufttemperatur, barometrischer Druck, relative Feuchte, Schnee und Frost.
- d) Windgeschwindigkeit und -richtung (nur für Messungen in Außenbereichen).
- e) Schallausgangsleistung der Referenzschallquelle, sofern verwendet.

9.4 Messgeräte

- a) Die für die Messungen verwendeten Geräte, einschließlich Name, Typ, Seriennummer und Hersteller.
- b) Datum und Ort der Kalibrierung der Messgeräte.
- c) Verwendetes Verfahren zur Überprüfung der Kalibrierung der Mikrofone und der anderen Messgeräte.

9.5 Akustische Daten

- a) Position der Mikrofone (ein Skizze kann gegebenenfalls beigefügt werden) und der Messabstand.
- b) Der/die Flächeninhalt(e) S der Messfläche(n).
- d) Der gemessene Schalldruckpegel L_{pi} an jedem Messpunkt i .
- e) Die Fremdgeräuscheschalldruckpegel an jedem Messpunkt.
- f) Informationen zur Berechnung des Umgebungskorrekturfaktors nach einem der Verfahren in Anhang A.
- g) Anmerkungen über den subjektiven Höreindruck des von der untersuchten Quelle erzeugten Geräusches (hörbare Einzeltöne, Impulscharakter, spektrale Anteile, Zeitcharakteristik usw.).

9.6 Datum und Ort

Der Ort, die Uhrzeit und das Datum der Messungen, der Name der für die Messungen verantwortlichen Person und die Namen aller Zeugen.

10 Angaben im Ergebnisbericht

Der Ergebnisbericht muss alle in Abschnitt 9 angegebenen Informationen beinhalten und die Erklärung, dass die Ergebnisse in vollständiger Übereinstimmung mit den Verfahren in diesem Dokument erzielt wurden, sowie die Genauigkeitsklasse.

Es müssen nur die Daten (siehe Abschnitt 9) angegeben werden, die von dem Endanwender der Informationen benötigt werden.

Die folgenden Daten müssen mindestens angegeben werden:

- a) Beschreibung der zu prüfenden Turbine einschließlich der Bereitstellung von Schallschutzwänden und/oder Schallhauben;
- b) Betriebsbedingungen;
- c) der Schalldruckpegel an jeder Mikrofonposition um den gemessenen Turbosatz, korrigiert um das Fremdgeräusch;
- d) Umgebungskorrekturfaktor(en);
- e) der/die Messflächenschalldruckpegel;
- f) gegebenenfalls der/die Schallleistungspegel;
- g) Datum und Zeit der Durchführung der Messungen.

In einigen Fällen kann es erforderlich sein, weitere Informationen und Auswertungen der Ergebnisse je nach Aufgabe und Zweck der Messungen hinzuzufügen.

Anhang A (normativ)

Verfahren zum Nachweis der Eignung der akustischen Umgebung

A.1 Allgemeines

Für Messungen nach diesem Dokument muss eine Umgebung mit einem Freifeld über einer reflektierenden Ebene verwendet werden. Diese Umgebung kann ein reflexionsarmer Halbraum, ein Außenbereich oder ein gewöhnlicher Raum sein, wenn die nachfolgenden Anforderungen erfüllt werden.

Mit Ausnahme der reflektierenden Ebene müssen reflektierende Objekte soweit wie möglich aus der Umgebung der zu prüfenden Maschine entfernt werden. Ein Messraum muss idealerweise eine hypothetische Messfläche bieten, die:

- a) in einem im Wesentlichen nicht durch Objekte in der Nähe und an den Raumgrenzen gestörten Schallfeld und
- b) außerhalb des Nahfelds der zu prüfenden Schallquelle liegt.

Bei Prüfstellen in Außenbereichen, die aus einer harten flachen Bodenfläche wie etwa Asphalt oder Beton bestehen und keine schallreflektierenden Hindernisse in einem Abstand zur Quelle entsprechend dem Dreifachen des größten Abstands der Quellenmitte zu den unteren Messpunkten aufweisen, kann angenommen werden, dass der Umgebungskorrekturfaktor K_2 nicht mehr als 0,5 dB beträgt und daher vernachlässigbar ist.

Ein Hindernis in der Nähe der Quelle kann als schallreflektierend angesehen werden, wenn seine Breite (z. B. Durchmesser eines Pfostens oder Tragwerkelements) mehr als ein Zehntel seines Abstands zu dem Bezugsquader beträgt.

Die Bewertung der Umgebungseinflüsse erfolgt durch Auswahl eines von drei zur Bestimmung der Größe der Umgebungskorrektur K_2 verwendeten alternativen Verfahren. Diese Verfahren werden angewendet, um festzustellen, ob unerwünschte Umgebungseinflüsse vorhanden sind und um eine gegebene Messfläche für eine aktuell nach diesem Dokument zu untersuchenden Geräuschquelle zu qualifizieren.

Das erste Nachweisverfahren (Nachhallverfahren, siehe A.3.2) darf angewendet werden, wenn die zu prüfende Quelle nicht bewegt werden kann und große Abmessungen hat. Dieses Verfahren erfordert Messungen der Nachhallzeit.

Das zweite Nachweisverfahren (Direktverfahren, siehe A.3.3) wird mit einer Vergleichsschallquelle durchgeführt.

Das dritte Nachweisverfahren (Näherungsverfahren, siehe A.3.4) darf nur in Räumen angewendet werden, deren Länge und Breite weniger als dem Dreifachen der Deckenhöhe entspricht.

Die Freifeldqualifizierung auf einer gegebenen Messfläche wird durch einen gegebenen Prüfraum erfüllt, wenn das Verhältnis der Schallabsorptionsfläche A des Raums zum Flächeninhalt S der Messfläche ausreichend groß ist. Verhältnisse $A/S > 10$ erfordern im Allgemeinen keine Umgebungskorrektur. Für Verhältnisse A/S zwischen 10 und 3 kann eine Umgebungskorrektur K_2 anhand der Verfahren in diesem Anhang bestimmt werden. In diesem Fall ist K_2 üblicherweise kleiner als 4 dB. Für Verhältnisse $A/S < 3$ kann die Umgebungskorrektur K_2 4 dB überschreiten und zu größerer Unsicherheit bei der Bestimmung der Schallleistungspegel als in Tabelle 3 angegeben führen. Wenn die Messfläche nicht reduziert und/oder die Umgebung nicht verbessert werden kann, werden die durchgeführten Messungen der Genauigkeitsklasse 3 zugeordnet. Die reflektierende Ebene sollte die Anforderungen nach A.2.1 erfüllen. Bei Messungen in Außenbereichen sollten die in A.2.2 beschriebenen zusätzlichen Sicherheitsvorkehrungen berücksichtigt werden.

A.2 Umgebungsbedingung

A.2.1 Eigenschaften der reflektierenden Ebene

Für Messungen in Außenbereichen sollte die reflektierende Ebene aus einer durchgehenden Erdoberfläche, Kies- oder künstlichen Oberfläche aus Beton oder versiegeltem Asphalt bestehen. Bei Messungen in Innenräumen ist die reflektierende Ebene üblicherweise der Boden des Raums oder die massive Betriebsplattform der Turbine.

Wenn die reflektierende Ebene keine fester Boden oder der Boden des Prüfraums ist, sollte darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass die reflektierende Ebene keine wahrnehmbare Schallenergie durch Vibration ausstrahlt.

A.2.1.1 Form und Größe

Die reflektierende Ebene sollte sich für die niedrigste Frequenz des betrachteten Frequenzbereichs mindestens eine halbe Wellenlänge über die Projektion der Messfläche auf die Ebene hinaus erstrecken.

A.2.1.2 Absorptionskoeffizient

Der Schallabsorptionsgrad der reflektierenden Ebene sollte im betrachteten Frequenzbereich kleiner als 0,1 sein. Diese Anforderung ist üblicherweise erfüllt, wenn Messungen über Beton-, versiegelten Asphalt-, Sand- oder Steinflächen vorgenommen werden. Bei Innenraummessungen sind Holz- oder Fliesenböden zulässig.

A.2.2 Sicherheitsvorkehrungen bei Messungen in Außenbereichen

Es sollte darauf geachtet werden, die Auswirkungen unerwünschter meteorologischer Bedingungen (z. B. Temperatur, Feuchte, Wind, Niederschlag, Frost) auf die Schallausbreitung im betrachteten Frequenzbereich oder auf das Fremdgeräusch während der Messungen zu minimieren. Extreme meteorologische Bedingungen sollten während der Messungen vermieden werden.

Wenn eine Vorrichtung zur Abschirmung des Mikrofons vor Windeinflüssen verwendet wird, müssen ausreichende Korrekturen der gemessenen Schalldruckpegel vorgenommen werden. In allen Fällen müssen die von dem Hersteller angegebenen Sicherheitsvorkehrungen für die Anwendung des Messgeräts beachtet werden.

A.3 Ermittlung der Umgebungskorrektur aus der Absorptionsfläche des Raumes

A.3.1 Allgemeines

Die Umgebungskorrektur K_2 ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$K_2 = 10 \lg \left[1 + 4 \frac{S}{A} \right] \text{ dB} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- A die äquivalente Schallabsorptionsfläche des Raums in Quadratmetern;
- S der Flächeninhalt der Messfläche in Quadratmetern.

A.3.2 Nachhallverfahren

Dieses Messverfahren darf nur in solchen Räumen angewendet werden, bei denen die Länge und die Breite jeweils kleiner als das Dreifache der Deckenhöhe sind. Die in Quadratmetern angegebene äquivalente Schallabsorptionsfläche A des Prüfraumes ist nach der Sabineschen Nachhallzeitgleichung (A.2) zu berechnen. Bei Raumtemperaturen von 15 °C bis 30 °C gilt:

$$A = 0,16 \frac{V}{T_n} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

V das Prüfraumvolumen in Kubikmetern;

T_n die A-bewertet oder in Frequenzbändern gemessene Nachhallzeit in Sekunden (siehe ISO 3382-2).

Für die Ermittlung von K_{2A} unmittelbar aus A-bewerteten Messwerten wird empfohlen, die im Frequenzband mit der Mittenfrequenz 1 kHz gemessene Nachhallzeit zu verwenden.

Dieses Verfahren ist weder für Messungen in einem reflexionsarmen Laborraum mit reflektierender Grundfläche noch für Messungen im Freien geeignet.

A.3.3 Ermittlung der äquivalenten Absorptionsfläche A mit einer Vergleichsschallquelle (Direktverfahren)

Eine die Anforderungen von ISO 6926 erfüllende Vergleichsschallquelle ist in der Messumgebung in der Nähe der zu untersuchenden Geräuschquelle aufzustellen. Der Radius der halbkugelförmigen Messfläche sollte vorzugsweise 2 m betragen, darf aber keinesfalls kleiner als 1 m und nicht kleiner als das Doppelte des größten Durchmessers der Vergleichsschallquelle sein. Die Entfernung der Quelle von anderen reflektierenden Flächen muss größer als der Durchmesser der Messhalbkugel sein.

ANMERKUNG Üblicherweise wird die Vergleichsschallquelle für den Einsatz an Orten kalibriert, die sich nicht in der Nähe von Wänden befinden, wobei die Vergleichsschallquelle entweder unmittelbar auf dem Boden oder auf einem Gestell in einer festgelegten Höhe über dem Boden steht. Wenn die Vergleichsschallquelle an anderen Orten verwendet wird, können systematische Fehler bei tiefen Frequenzen auftreten, sofern die Vergleichsschallquelle nicht speziell an diesen Orten kalibriert wurde.

Die Mikrofonpositionen müssen der Anordnung von Festpunkten entsprechen, deren Koordinaten in ISO 3744:2010, Tabelle B.2 angegeben sind. Wenn die Umgebungsbedingungen die Anwendung von Verfahren mit einer geringeren Genauigkeitsklasse erfordern, müssen die Mikrofonpositionen der Anordnung von Festpunkten entsprechen, deren Koordinaten in ISO 3746:2010, Tabelle B.2, angegebenen sind.

Der Mittelwert des bezüglich Fremdgeräuschs korrigierten, zeitlich gemittelten Schalldruckpegels von der Vergleichsschallquelle auf der halbkugelförmigen Messfläche, $L_p(\text{in situ})$, ist nach 8.2 und 8.3 zu ermitteln.

Die äquivalente Absorptionsfläche A ist dann nach Gleichung (A.3) zu berechnen:

$$A = \frac{4S}{(S/S_0) \times 10^{0,1[L_p(\text{in situ}) - L_W(\text{RSS})]} - 1} \quad (\text{A.3})$$