

	Bestimmung der Geräuschpegel von Transformatoren und Drosselspulen (IEC 551:1987, modifiziert) Deutsche Fassung EN 60551:1992	DIN EN 60 551
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0532 Teil 7
Determination of transformers and reactor sound levels (IEC 551: 1987, modified); German version EN 60551:1992 Détermination des niveaux de bruits des transformateurs et des bobines d'inductance (IEC 551:1987, modifiée) Version allemande EN 60551:1992 Die Europäische Norm EN 60551:1992 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 60551:1992 gilt seit 15. September 1992. Ersatz für DIN VDE 0532 Teil 7/01.92 Fortsetzung Seite 2 und 24 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE) Normenausschuß Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI		

Nationales Vorwort

Zuständig für die Europäische Norm ist in Deutschland das Komitee 321 „Transformatoren“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE).

Die im Anhang ZA der Europäischen Norm zitierten Harmonisierungsdokumente entsprechen folgenden Deutschen Normen:

Europäisches Harmonisierungsdokument	Deutsche Norm	VDE-Klassifikation
HD 398.1 S1	DIN VDE 0532 Teil 1	VDE 0532 Teil 1
HD 425 S1	DIN IEC 651	–
HD 464 S1 + A2	DIN VDE 0532 Teil 6	VDE 0532 Teil 6

Zitierte Normen

- in der deutschen Fassung

Siehe Anhang ZA

- in nationalen Zusätzen

DIN VDE 0532 Teil 1 Transformatoren und Drosselspulen; Allgemeines

DIN VDE 0532 Teil 6 Transformatoren und Drosselspulen; Trockentransformatoren

DIN IEC 651 Schallpegelmesser

Frühere Ausgaben

DIN 45 635 Teil 30: 04.81

DIN VDE 0532 Teil 7: 01.92

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0532 Teil 7/01.92 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- HD 399 S2:1991 umgewandelt in EN
- Berichtigung 1 zu DIN VDE 0532 Teil 7/10.92 eingearbeitet.

Internationale Patentklassifikation

H 01 F 027/033

H 01 F 017/00

H 01 F 019/00

G 01 H 003/00

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 60551

Dezember 1992

DK 554.6:621.314.21:534.835.46

Ersatz für HD 399 S2:1991

Deskriptoren: Transformator, Drosselspule, Geräusch, Geräuschmessung

Deutsche Fassung

**Bestimmung der Geräuschpegel
von Transformatoren und Drosselspulen**

(IEC 551:1987, modifiziert)

Determination of transformers and
reactor sound levels
(IEC 551: 1987, modified)

Détermination des niveaux de bruits
des transformateurs et des bobines
d'inductance
(IEC 551: 1987, modifiée)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 15. September 1992 angenommen.
Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Auf Antrag des CENELEC Technischen Komitees TC 14, Transformatoren, wurde HD 399 S2:1991 (IEC 551:1987, modifiziert) zur Umwandlung in eine Europäische Norm dem Abstimmungsverfahren von CENELEC unterworfen.

Der Text der Internationalen Norm mit den für HD 399 S2:1991 angenommenen gemeinsamen Abänderungen wurde von CENELEC am 15. September 1992 genehmigt als EN 60551.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum der Veröffentlichung
einer identischen nationalen Norm (dop): 1993-09-01
- spätestes Datum für die Zurückziehung
entgegenstehender nationaler Normen (dow): 1993-09-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt. In dieser Norm ist Anhang ZA normativ.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 551:1987 wurde von CENELEC als Europäische Norm genehmigt mit vereinbarten gemeinsamen Abänderungen, die nachstehend angegeben sind.

Gemeinsame Abänderungen*)**Inhalt**

	Seite
Vorwort	2
Abschnitt	
1 Anwendungsbereich	3
2 Begriffe	3
3 Meßgeräte	4
4 Meßbedingungen	4
5 Messung der Schalldruckpegel	4
6 Berechnen des Meßflächen-Schalldruckpegels und des Schalleistungspegels	7
7 Meßbericht	9
Bilder	13
Anhang A: Eignungsprüfung der Meßumgebung	21
Anhang ZA (normativ): Andere in dieser Norm zitierte internationale Publikationen mit den Verweisungen auf die entsprechenden europäischen Publikationen	24

*) Nationale Fußnote: In dieser Norm sind die gemeinsamen Abänderungen eingearbeitet und am Rand durch einen senkrechten Strich gekennzeichnet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Verfahren fest, mit denen die Geräuschpegel von Transformatoren, Drosselspulen und ihren zugehörigen Kühlanlagen im Herstellerwerk zu bestimmen sind, damit die Übereinstimmung mit festgelegten Anforderungen nachgewiesen und die Kennwerte des bei Betrieb abgestrahlten Luftschalls bestimmt werden können.

Diese Norm gilt für Geräuschmessungen vornehmlich in den Herstellerwerken, da die Meßbedingungen am Aufstellungsort wegen der Nähe anderer Objekte, Fremdgeräusche usw. sehr unterschiedlich sein können. Dennoch können die gleichen hier angegebenen allgemeinen Richtlinien auch bei Messungen am Aufstellungsort angewendet werden.

In den Fällen, in denen am Prüffeld des Herstellers eine zum vollen Erregen von Drosselspulen ausreichende Leistung zur Verfügung steht, sind bei Drosselspulen die gleichen Verfahren wie für Transformatoren anzuwenden. Derartige Messungen sind zwischen Hersteller und Abnehmer zu vereinbaren. Als Alternative können die Messungen bei geeigneten Bedingungen auch am Aufstellungsort durchgeführt werden.

Die Verfahren gelten für Transformatoren und Drosselspulen nach IEC 76, 726 und 289 ohne weitere Begrenzung der Baugröße oder Spannung und einschließlich ihrer üblichen Hilfseinrichtungen insoweit, als sie die Meßergebnisse beeinflussen.

Obwohl sich der folgende Text nur auf Transformatoren bezieht, gilt er gleichermaßen für Drosselspulen. Bei Drosselspulen ist jedoch zu beachten, daß die Messung „nicht im Leerlauf“ durchgeführt werden kann, da der von einer Drosselspule aufgenommene Strom abhängig von der angelegten Spannung ist.

Diese Norm dient als Grundlage zur Berechnung von Schalleistungspegeln.

Die Meßverfahren und die im Anhang A angegebene Eignungsprüfung der Meßumgebung sind in Übereinstimmung mit ISO 3746. Die Messungen nach der vorliegenden Norm führen zu Standardabweichungen ≤ 3 dB.

2 Begriffe

Für diese Norm gelten die folgenden Begriffe:

2.1 Schalldruckpegel L_p

Das in Dezibel angegebene 20fache des Logarithmus zur Basis 10 vom Verhältnis des Schalldrucks zum Bezugsschalldruck.

ANMERKUNG: In dieser Norm werden A-bewertete Werte von L_p benutzt: L_{pA} = A-bewerteter Schalldruckpegel. Der Bezugsschalldruck ist 20 μ Pa.

2.2 A-bewerteter Meßflächen-Schalldruckpegel $\overline{L_{pA}}$

Der in Dezibel angegebene, nach Abschnitt 6 über die Meßfläche gemittelte A-bewertete Schalldruckpegel.

2.3 Schalleistungspegel L_W

Das in Dezibel angegebene 10fache des Logarithmus zur Basis 10 vom Verhältnis einer gegebenen Schalleistung zur Bezugsschalleistung.

ANMERKUNG: In dieser Norm werden A-bewertete Werte von L_W benutzt: L_{WA} = A-bewerteter Schalleistungspegel. Die Bezugsschalleistung ist 1 pW ($= 10^{-12}$ W).

2.4 Schallspektrum

Die Schallpegelverteilung innerhalb des interessierenden Frequenzbereiches. Sie wird üblicherweise durch Messungen der Schalldruckpegel in aneinander anschließenden Frequenzbändern bestimmt, z. B. in Oktav-, Terz- oder Schmalbändern.

ANMERKUNG: Das Verfahren zur Bestimmung der Schallspektren ist in Anmerkung 4 zu Abschnitt 5.2 angegeben.

2.5 Bezugsfläche

Die Bezugsfläche ist eine gedachte Fläche, die den Transformator oder die Kühlanlage umschließt und von der angenommen wird, daß sie das Geräusch abstrahlt.

ANMERKUNG: Das Verfahren zur Bestimmung der Bezugsfläche für die verschiedenen Kühlanlagen ist in Abschnitt 5.2 angegeben.

2.6 Meßpfad

Der Meßpfad ist eine horizontale Linie, die sich in einem bestimmten Abstand von der Bezugsfläche befindet und auf der die Meßpunkte liegen.

ANMERKUNG: Das Verfahren zur Bestimmung des Meßpfades für die verschiedenen Kühlanlagen ist in Abschnitt 5.2 angegeben.

2.7 Meßfläche

Die Meßfläche ist eine gedachte Fläche vom Inhalt S , die die Schallquelle umhüllt und auf der die Meßpunkte liegen.

ANMERKUNG: Die Verfahren zur Bestimmung dieses Meßflächeninhalts sind in Abschnitt 6.2 angegeben.

2.8 Meßabstand

Der Meßabstand ist der Abstand zwischen der Bezugsfläche und der Meßfläche.

2.9 Fremdgeräusch

Das Fremdgeräusch ist der A-bewertete Schalldruckpegel an jedem Meßpunkt unter den in Abschnitt 5.1 angegebenen Bedingungen, wobei die Schallquelle außer Betrieb ist.

3 Meßgeräte

Die Messungen müssen mit einem Schallpegelmesser der Genauigkeitsklasse 1 nach IEC 651 durchgeführt werden.

Unmittelbar vor und nach jeder Messung ist eine akustische Prüfung der Meßeinrichtung unter Benutzung einer kalibrierten Schallquelle durchzuführen.

Die Meßgeräte sind nach ISO 3746 zu kalibrieren.

4 Meßbedingungen

4.1 Meßumgebung

Im Idealfall sollte die Meßumgebung frei sein von reflektierenden Gegenständen ausschließlich des reflektierenden Bodens, so daß der Prüfling in ein Freifeld über einer reflektierenden Ebene abstrahlt. Für die Messungen nach dieser Norm geeignete Meßumgebungen müssen die Bedingungen des Anhangs A erfüllen.

4.2 Betriebszustand des Prüflings während der Messung

Für die Messungen am Transformator mit und ohne seine Kühlanlage muß der Transformator unbelastet sein und mit sinusförmiger oder praktisch sinusförmiger Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz erregt werden und der Stufenschalter – falls vorhanden – auf der Hauptanzapfung stehen. Die Spannung ist nach IEC 76-1, Abschnitt 8.5, zu messen.

Ist der Transformator mit einem Stufenschalter mit Überschaltdrosselspule ausgerüstet, bei dem die Überschaltdrosselspule bei verschiedenen Stufenschalterstellungen dauernd erregt sein kann, müssen die Messungen bei einer Stufenschalterstellung durchgeführt werden, bei der diese Bedingung erfüllt ist und die möglichst nahe bei der Hauptanzapfung liegt. Die Erregerspannung ist dieser Stufenschalterstellung anzupassen.

ANMERKUNG 1: Wenn vorgesehen ist, den Transformator unter besonderen Bedingungen zu betreiben (insbesondere mit Spannungseinstellung bei veränderlichem Fluß), kann vereinbart werden, die Geräuschpegel auf einer anderen als der Hauptanzapfung (oder mit einer anderen als der Bemessungsspannung an einer Wicklung ohne Anzapfungen) zu messen. Dies sollte dann im Ergebnisbericht der Schallpegelmessung klar zum Ausdruck kommen.

ANMERKUNG 2: Die Geräuschmessung sollte bei Großtransformatoren zweckmäßigerweise erst einige Minuten nach dem Einschalten des Prüflings erfolgen.

4.3 Meßgrößen

Die A-bewerteten Schalldruckpegel sind für den Transformator und die Fremdgeräuschquellen zu messen. Um Meßfehler infolge von Störeinflüssen zu vermeiden, ist am Meßgerät die Einstellung „FAST“ zu wählen.

5 Messung der Schalldruckpegel

5.1 Messen des Fremdgeräusches

Der A-bewertete Schalldruckpegel des Fremdgeräusches ist unmittelbar vor und nach der Messung am Transformator zu messen.

Falls der Fremdgeräusch-Schalldruckpegel deutlich unter dem Schalldruckpegel des Transformators einschließlich Fremdgeräusch liegt (Differenz ≥ 10 dB), brauchen die Messungen des Fremdgeräusches nur an einer Meßstelle durchgeführt zu werden. In diesem Fall ist keine Korrektur des gemessenen Geräuschpegels des Prüflings erforderlich.

Ist die Differenz in dB zwischen dem Schalldruckpegel des Transformators einschließlich Fremdgeräusch und dem Fremdgeräusch-Schalldruckpegel allein kleiner als 10 dB, aber nicht kleiner als 3 dB, so ist eine Korrektur nach Abschnitt 5.3, Tabelle 1, vorzunehmen. In diesen Fällen ist der Fremdgeräuschpegel an jedem Meßpunkt zu bestimmen.

ANMERKUNG 1: Wenn insgesamt mehr als 10 Meßpunkte vorliegen, ist es zulässig, den Fremdgeräusch-Schalldruckpegel nur an 10 gleichmäßig um den Transformator verteilten Meßpunkten zu messen.

Ist die Differenz kleiner als 3 dB, dann wird die Prüfung nicht anerkannt, es sei denn, der Summenpegel von Fremd- und Transformatorgeräusch liegt unter dem verbindlich angegebenen Wert. In einem derartigen Fall werden auch kleinere Differenzen akzeptiert, wobei der Summenpegel vermindert um 3 dB als oberer Wert des Schalldruckpegels dieser Meßstelle angesehen werden kann. Diese Meßbedingung ist im Prüfbericht anzugeben.

ANMERKUNG 2: Die Differenz zwischen dem Fremdgeräusch- und dem Summengeräuschpegel sollte möglichst 6 dB nicht unterschreiten, obwohl nach der vorliegenden Norm kleinere Werte zulässig sind.

Die Höhe(n) des Mikrophons (der Mikrophone) sind bei den Fremdgeräuschmessungen die gleichen wie bei der Messung des Transformatorgeräusches. Die Fremdgeräuschmessungen sind an Punkten des Meßpfades (der Meßpfade) vorzunehmen.

5.2 Messen des Transformator-Schalldruckpegels

Die folgenden Meßverfahren gelten für die verschiedenen Arten der Kühleinrichtungen. Es wird unterschieden, ob die Kühlanlage mehr oder weniger als 3 m von der Bezugsfläche des Transformatorbessels entfernt ist. Auch ermöglichen sie, die Schalleistungspegel der gesamten Anlage zu bestimmen.

Obwohl sich der Text der Abschnitte 5.2.2 und 5.2.3 nur auf Luftkühlung bezieht, sind die gleichen der dort angegebenen Grundregeln auch auf die Messungen an Transformatoren mit Wasserkühlern anzuwenden.

ANMERKUNG 1: Bei bestimmten Geräten kann es notwendig sein, Meßbedingungen (Höhe des Meßpfades und sein Abstand zum Prüfling) zu verwenden, die von den nachstehend angegebenen abweichen.

Diese besonderen Meßbedingungen sollten mit den entsprechenden Normen, falls vorhanden, übereinstimmen oder zwischen Hersteller und Abnehmer vereinbart werden.

Bei Transformatoren mit horizontalen Hochspannungsdurchführungen wird der Meßpfad durch die Sicherheitsabstände bestimmt. Er ist in diesem Fall an die Grenze des Gefahrenbereichs zu legen (siehe Abschnitt 6.2 e)).

ANMERKUNG 2: Bei Verwendung von Speichergeräten mit Mittelwertbildnern und kurzer Meß- und Registrierdauer kann das Meßmikrophon zwecks Erzielung einer Mittelwertaufzeichnung der Meßgeräte zur Bestimmung des Meßflächen-Schalldruckpegels mit gleichbleibender Geschwindigkeit kontinuierlich auf dem Meßpfad um den Transformator und/oder die Kühlanlage geführt werden. Die Anzahl der dabei aufgenommenen Meßwerte darf nicht kleiner sein als die Anzahl der Meßpunkte auf der Meßumfangsline.

ANMERKUNG 3: In den Bildern mit typischen Meßpunktanordnungen ist der Abstand zwischen den Meßpunkten mit D bezeichnet.

ANMERKUNG 4: Falls erforderlich, kann das Spektrum des Schalldruckpegels auch durch Messungen entsprechend den Abschnitten 5.2.1 bis 5.2.4 ermittelt werden, je nach Erfordernis in Oktav-, Terz- oder Schmalbandbreiten. An allen Meßpunkten können dann aus den Schalldruckpegel-Spektren mit dem Verfahren nach Abschnitt 6 die Schalleistungspegel-Spektren bestimmt werden.

Die Meßbandbreite, d. h. Oktav-, Terz- oder Schmalbandbreite, ist zwischen Hersteller und Käufer zu vereinbaren. Schmalband-Schallspektren von z. B. ≤ 5 Hz sind besonders vorteilhaft, wenn der Schalldruckpegel des Transformators nicht wesentlich höher ist als der Fremdgeräuschpegel.

Aus Schmalbandmessungen bei doppelter Netzfrequenz und den Vielfachen davon können spektrale Schalleistungspegel L_{WAj} berechnet werden. Der A-bewertete Schalleistungspegel L_{WA} des Transformators in Dezibel kann dann mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$L_{WA} = 10 \log_{10} \left(\sum_{j=1}^{j=N_f} 10^{0,1 L_{WAj}} \right)$$

Darin bedeuten:

L_{WA} = A-bewerteter Schalleistungspegel in Dezibel – Bezugswert 10^{-12} W

L_{WAj} = A-bewerteter Schalleistungspegel bei der j-ten Meßfrequenz

N_f = Gesamtzahl der Meßfrequenzen

Dieselbe Gleichung gilt zur Berechnung von L_{WA} aus den Messungen bei den Mittenfrequenzen von Oktav- oder Terzbandbreiten.

5.2.1 Transformatoren mit Luftkühlanlagen ohne Ventilatoren sowie Transformatoren mit Luftkühlanlagen mit Ventilatoren, die in einem Abstand ≥ 3 m von der Bezugsfläche des Kessels aufgestellt sind, Trockentransformatoren in Gehäusen und Trockentransformatoren mit Ventilatoren innerhalb des Gehäuses

Messungen am Transformator allein erfolgen in Übereinstimmung mit diesem Abschnitt 5.2.1. Messungen an Luftkühlanlagen mit Ventilatoren erfolgen nach Abschnitt 5.2.3.

Die Bezugsfläche des Transformators ergibt sich durch vertikale Verschiebung einer den Transformator umschließenden horizontalen Linie vom höchsten Punkt des Kesseldeckels (ausschließlich Durchführungen, Domen und anderer oberhalb des Kesseldeckels angeordneter Zubehörteile) bis zum Kesselboden (siehe Bild 1). Die Bezugsfläche muß angebaute Kühlanlagen, Kesselversteifungen und Hilfseinrichtungen, wie Kabelkästen, Stufenschalter usw., einschließen und alle Ventilatoren ausschließen. Herausragende Teile, wie Durchführungen, Ölleitungen, Ölausdehnungsgefäße, Kesselunterbauten, Rohrleitungsarmaturen und andere Nebenteile, sind ebenfalls ausgeschlossen.

Der Meßpfad hat einen Abstand von 0,3 m von der so festgelegten Bezugsfläche.

Bei Transformatoren mit einer Kesselhöhe $< 2,5$ m verläuft der Meßpfad auf einer horizontalen Ebene in halber Kesselhöhe.

Bei Transformatoren mit einer Kesselhöhe $\geq 2,5$ m sind zwei Meßpfade auf horizontalen Ebenen $1/3$ und $2/3$ der Kesselhöhe vorzusehen.

Bei getrennt aufgestellten Luftkühlanlagen mit Ventilatoren braucht wegen des großen Abstands zwischen dem Meßpfad und der Kühlanlage bei der Festlegung der Meßpunkte die Kühlanlage nicht beachtet zu werden. Gegebenenfalls vorhandene Ölpumpen und Ventilatoren müssen während der Messung am Transformator außer Betrieb sein.

Mindestens 6 Meßpunkte sind in annähernd gleichen Abständen von nicht mehr als 1 m voneinander anzuordnen (siehe Bild 1).

5.2.2 *Transformatoren mit Luftkühlanlagen mit Ventilatoren oder mit Wasserkühlanlagen, Kühlanlagen entweder direkt am Kessel befestigt oder in einem Abstand < 3 m von der Bezugsfläche des Kessels aufgestellt (siehe Anmerkung unten)*

Es sind zwei Meßreihen durchzuführen, beide mit erregtem Transformator:

1. Ventilatoren und Ölpumpen außer Betrieb;
2. Ventilatoren und Ölpumpen in Betrieb.

Die Bezugsfläche des Transformators ergibt sich durch vertikale Verschiebung einer den Transformator umschließenden horizontalen Linie vom höchsten Punkt des Kesseldeckels (ausschließlich Durchführungen, Domen und anderer oberhalb des Kesseldeckels angeordneter Zubehörteile, siehe Bild 1) bis zum Kesselboden. Die Bezugsfläche muß die Luftkühlanlagen mit Ventilatoren, Kesselversteifungen und Hilfseinrichtungen, wie Kabelkästen, Stufenschalter usw., einschließen.

Herausragende Teile, wie Durchführungen, Ölleitungen, Ölausdehnungsgefäße, Kessel- oder Kühlunterbauten, Rohrleitungsarmaturen, Schaltschränke und andere Nebenteile, sind ausgeschlossen.

Bei den Messungen 1 hat der Meßpfad einen Abstand von 0,3 m von der Bezugsfläche.

Bei den Messungen 2 hat der Meßpfad einen Abstand von 2 m von der Bezugsfläche (siehe Abstände X in Bild 2 und Bild 3).

Bei Transformatoren mit einer Kesselhöhe $< 2,5$ m verläuft der Meßpfad auf einer horizontalen Ebene in halber Kesselhöhe.

Bei Transformatoren mit einer Kesselhöhe $\geq 2,5$ m sind zwei Meßpfade auf horizontalen Ebenen $1/3$ und $2/3$ der Kesselhöhe vorzusehen.

Mindestens 10 Meßpunkte sind in annähernd gleichen Abständen von nicht mehr als 1 m voneinander anzuordnen (siehe Bild 2 für Transformatoren mit am Kessel angebauten Luftkühlanlagen mit Ventilatoren und Bild 3 für Transformatoren, bei denen diese getrennt aufgestellt sind. Die Bilder 7 und 8 betreffen Großtransformatoren für Schnabelwagen-Transport – Brückenmittelstück-Kessel – mit integrierten OFAF- oder ODAF-Öl-Luft-Kühlanlagen, die mit großen Schalldämpfern ausgestattet sind. Die genannten Bilder 7 und 8 zeigen die typischen Meßpunktanordnungen für Geräuschmessungen).

ANMERKUNG 1: Wenn bei Großtransformatoren für Schnabelwagentransport Schalldämpfer großer Länge (bis etwa 1,5 m) zur Verminderung des Ventilatorengeräusches eingesetzt werden, sind die Abstände zwischen Meßpunkten und Dämpferöffnungen so gering, daß die in diesem Bereich gemessenen Schalldruckpegel beim Betrieb der Ventilatoren zu hoch sind.

Es ist daher bei Geräuschmessungen in 2 m Meßabstand von der Bezugsfläche mit laufenden Ventilatoren erforderlich, die Schalldämpfer als Bestandteil der Kühlanlage zu betrachten und dementsprechend die Bezugsfläche nach Bild 8 zu wählen.

ANMERKUNG 2: Wenn der Transformator in einem Gehäuse aufgestellt werden soll und die außerhalb aufzustellende Kühlanlage einen Abstand < 3 m vom Transformator hat, sollten die Verfahren nach Abschnitt 5.2.1 und 5.2.3 angewendet werden.

5.2.3 *Luftkühlanlagen mit Ventilatoren oder Wasserkühlanlagen, die in einem Abstand ≥ 3 m von der Bezugsfläche des Transformators aufgestellt sind*

Die Messungen an der Kühlanlage allein werden zusätzlich zu den Messungen am Transformator durchgeführt. Dabei ist der Transformator nicht erregt, alle Ventilatoren und Ölpumpen sind in Betrieb. Diese Messungen sind,