

Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter (ISO 3382:1997) Deutsche Fassung EN ISO 3382:2000

DIN
EN ISO 3382

ICS 91.120.20

Ersatz für
DIN 52216:1965-08

Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters (ISO 3382:1997);
German version EN ISO 3382:2000

Acoustique – Mesurage de la durée de réverbération des salles en référence à d'autres paramètres acoustiques (ISO 3382:1997);
Version allemande EN ISO 3382:2000

Die Europäische Norm EN ISO 3382:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 3382 ist im Komitee ISO/TC 43/SC 2 "Bauakustik" in Abstimmung mit dem Europäischen Komitee CEN/TC 126 "Akustische Eigenschaften von Baustoffen und Bauteilen und von Gebäuden" unter intensiver deutscher Mitarbeit erarbeitet worden. Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuß NMP 231 "Schalldämmung und Schallabsorption, Messung und Bewertung" des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Änderungen

Gegenüber DIN 52216:1965-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung der Norm-Nummer in DIN EN ISO 3382.
- b) Begriffe überarbeitet und erweitert.
- c) Abschnitt "Meßbedingungen" mit den "Unterabschnitten "Apparaturen" und "Meßpunkten" detaillierter beschrieben.
- d) Abschnitte "Meßverfahren", "Auswertung der Abklingkurven" und "Räumliche Mittelung" aufgenommen.
- e) Abschnitt "Darstellung der Ergebnisse" vollständig überarbeitet und erweitert.
- f) Anhang A, Anhang B und Anhang C aufgenommen.
- g) Redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 52216: 1965-08

Fortsetzung 20 Seiten EN

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

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Akustik

**Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis
auf andere akustische Parameter**
(ISO 3382:1997)

Acoustics – Measurement of the reverberation time
of rooms with reference to other acoustical
parameters (ISO 3382:1997)

Acoustique – Mesurage de la durée de réverbération
des salles en référence à d'autres paramètres
acoustiques (ISO 3382:1997)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 10. Dezember 1999 angenommen.

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

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

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

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

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Vorwort

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

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2000, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2000 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 3382:1997 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG: Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind in Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

Einleitung

Die Nachhallzeit eines Raumes galt bisher als wesentlichste Kenngröße für seine akustischen Eigenschaften. Wenn die Nachhallzeit auch weiterhin als wichtiger Parameter angesehen wird, so besteht doch weitgehend Übereinstimmung darüber, daß andersartige Messungen wie diejenige des relativen Schalldruckpegels, des Verhältnisses von früh zu spät eintreffender Energie, des Seitenschallgrads, interauraler Kreuzkorrelationsfunktionen und des Störpegels zu einer umfassenderen Bewertung der akustischen Eigenschaften von Räumen erforderlich sind. Diese Internationale Norm beschreibt auch weiterhin die raumakustischen Eigenschaften durch die Nachhallzeit allein, doch werden zwei andere Komplexitäts-Niveaus raumakustischer Messungen eingeführt.

Im Anhang A werden Meßgrößen behandelt, deren Grundlage quadrierte Impulsantworten sind: ein weitere Größe für den Nachhall (Early Decay Time) und solche für den relativen Schallpegel, das Verhältnis frühe/späte Energie und den Seitenschallgrad. Innerhalb dieser Gruppen von Meßgrößen ist noch zu entscheiden, welche der Größen für eine Normung am besten geeignet sind. Weil sie jedoch alle aus Impulsantworten abgeleitet werden können, ist es zweckmäßig, die Impulsantwort als Grundlage für Norm-Messungen einzuführen. Anhang B behandelt binaurale Messungen und die Kopf- und Rumpf-Nachbildungen (Kunstköpfe), die für solche Messungen erforderlich sind.

Messungen der Nachhallzeit sind von Bedeutung sowohl für den Schallschutz in Räumen als auch für die Beurteilung von Räumen für Sprach- und Musikwiedergabe. Diese Internationale Norm bezieht sich auch auf Messungen in solchen Räumen, nicht jedoch auf Laboratoriums-Messungen in Prüfständen oder Hallräumen. Messungen in Prüfräumen erfordern andere Festlegungen für die Mittelung einzelner Meßwerte an vorgeschriebenen Aufstellungsorten für Schallquelle und Mikrofon. In dieser Internationalen Norm wird ein Meßverfahren beschrieben, mit dem Nachhallzeiten aus Impulsantworten und aus abgeschaltetem Rauschen erhalten werden. In den Anhängen werden Grundlagen und Einzelheiten von Verfahren zur Messung einiger neuerer Größen eingeführt; diese Anhänge sind jedoch nicht Bestandteile der verbindlichen Festlegungen in dieser Norm. Es sollte ermöglicht werden, Messungen der Nachhallzeit untereinander mit größerer Sicherheit zu vergleichen, und der Gebrauch der neuen Größen und die allgemeine Übereinstimmung bei deren Anwendung sollte gefördert werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Verfahren zur Messung der Nachhallzeit in Räumen fest. Sie ist nicht nur auf Zuhörersäle oder Konzertsäle beschränkt, sondern auch anwendbar, wo der Schallschutz Anlaß der Messung ist. Sie beschreibt das Meßverfahren, die notwendigen Meßgeräte, die erforderliche Meßpunktdichte sowie das Auswerteverfahren und die Abfassung des Prüfberichts. Ferner sollte sie zur Anwendung moderner digitaler Meßtechnik und zur Auswertung raumakustischer Parameter führen, die aus Impulsantworten abgeleitet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Bezugnahme im folgenden Text Bestandteile dieser Internationalen Norm darstellen. Zur Zeit des Erscheinens waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung, und Anwender, die Vereinbarungen treffen, die auf dieser Internationalen Norm beruhen, werden aufgefordert, nach Möglichkeit die jeweils neuesten Ausgaben der unten angegebenen Normen anzuwenden. Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der jeweils gültigen Internationalen Normen.

ISO 3741:1988

Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods of broadband sources in reverberation rooms

ISO 5725-2:1994

Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method

IEC 268-1:1985

Sound system equipment – Part 1: General

IEC 651:1979

Sound level meters

IEC 1260:1995

Electroacoustics – Octave-band filters and fractional-octave-band filters

ITU Recommendation P.58:1994

Head and torso simulator for telephonometry

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe:

3.1 Abklingkurve

Die zeitliche Abnahme des Schalldruckpegels an einem Ort in einem Raum nach Verstummen der Schallquelle.

ANMERKUNG 1: Dieser Abklingvorgang kann entweder nach dem tatsächlichen Abschalten einer kontinuierlich tönenden Schallquelle im Raum gemessen oder aus einer Rückwärts-Integration der quadrierten Impulsantwort des Raumes abgeleitet werden.

ANMERKUNG 2: Der direkt gewonnene Abklingvorgang nach nicht-kontinuierlicher Anregung eines Raumes (z. B. durch Aufzeichnung eines Pistolenknalls mit einem Pegelschreiber) wird für eine genaue Ermittlung der Nachhallzeit nicht empfohlen. Dieses Verfahren sollte nur für überschlägige Messungen benutzt werden.

3.2 Verfahren des abgeschalteten Rauschens

Das Verfahren zur Gewinnung von Abklingkurven durch direkte Aufzeichnung des abklingenden Schalldruckpegels nach Anregung eines Raumes mit breitbandigem oder band-gefiltertem Rauschen.

3.3 Verfahren der integrierten Impulsantwort

Das Verfahren zur Gewinnung von Abklingkurven durch Rückwärts-Integration der quadrierten Impulsantworten.

3.4 Impulsantwort

Darstellung des in einem Raum empfangenen Schalldrucks als Funktion der Zeit als Wirkung der Anregung des Raumes durch eine Diracsche Delta-Funktion.

ANMERKUNG 3: Zwar ist es praktisch unmöglich, Diracsche Delta-Funktionen zu erzeugen und abzustrahlen, jedoch bieten kurze, transiente Schallvorgänge (z. B. von Pistolenknallen) für praktische Messungen hinreichend genaue Näherungen. Eine alternative Meßtechnik beruht jedoch auf der Verwendung einer Periode eines Signals vom Typ einer Maximalfolge (oder eines anderen deterministischen Signals mit flachem Spektrum) und Umrechnung der gemessenen Antwortfunktion in eine Impulsantwort.

3.5 Nachhallzeit T

Die Zeit in Sekunden, die der Schalldruckpegel benötigt, um sich um 60 dB zu vermindern, wobei die Pegelabnahme durch die lineare Regression mit kleinster quadratischer Abweichung von der gemessenen Abklingkurve zwischen den Pegelwerten 5 dB und 35 dB unter dem Anfangspegel gegeben ist.

ANMERKUNG 4: Wenn die Abklingkurve nicht monoton verläuft, ist das Auswerte-Intervall durch die Zeitpunkte definiert, bei denen die Abklingkurve erstmalig 5 dB bzw. 35 dB unter dem Anfangspegel erreicht. Ein Wert von T , der auf der Pegelabnahme über einen kleineren Dynamik-Bereich beruht (bis zu minimal 20 dB, erstreckt von -5 dB bis -25 dB) ist ebenfalls zulässig, vorausgesetzt, daß die Werte entsprechend gekennzeichnet werden. Falls Mehrdeutigkeit besteht, ist der aus dem Abklingintervall zwischen 5 dB und 35 dB als Maß für T gewonnene Wert mit T_{30} zu bezeichnen. Wird das Intervall 5 dB bis 25 dB benutzt, so ist das Ergebnis mit T_{20} zu bezeichnen und entsprechend bei anderen Auswerte-Bereichen.

3.6 Besetzungszustände

ANMERKUNG 5: Die in einem Raum gemessene Nachhallzeit wird durch die Anzahl der anwesenden Personen beeinflusst. Für Meßzwecke werden die folgenden Besetzungszustände definiert.

ANMERKUNG 6: Die genaue Beschreibung des Besetzungszustands eines Raumes ist von entscheidender Bedeutung für die Bewertung der Resultate, die durch Messung der Nachhallzeit gewonnen werden.

ANMERKUNG 7: In Theatern ist zwischen "Sicherheits-Vorhang offen" und "Sicherheits-Vorhang geschlossen", zwischen "Orchestergraben offen" und "Orchestergraben geschlossen" sowie zwischen "Orchester auf der Bühne" mit und ohne Konzertzimmerraufbau zu unterscheiden. Messungen können in allen diesen Fällen sinnvoll sein. Bei offenem Sicherheits-Vorhang ist die Bühnenausstattung von Bedeutung und zu beschreiben.

3.6.1 Unbesetzter Zustand

Der gebrauchsfertige Raum, bereit für Sprecher oder ausführende Künstler und das Publikum, jedoch ohne Anwesenheit dieser Personen. Für Konzertsäle oder Opernhäuser ist das Vorhandensein von Gestühl für die Ausführenden, von Notenpulten und Schlag-Instrumenten usw. zu berücksichtigen.

3.6.2 Studio-Zustand (nur für Räume zu Sprach- und Musik-Darbietungen)

Der nur mit den Ausführenden oder Sprechern besetzte Raum (ohne Zuhörer), z. B. bei Proben oder Schallaufzeichnungen. Die Anzahl der Ausführenden und anderer Personen, z. B. Techniker, sollte dem Üblichen entsprechen.

3.6.3 Besetzter Zustand

Ein Auditorium oder Theater kann als "besetzt" angesehen werden, wenn 80 % bis 100 % der Sitzplätze besetzt sind.

ANMERKUNG 8: Außergewöhnliche Besetzungszustände (in einem Konzertsaal hervorgerufen durch ein größeres als das übliche Orchester oder einen zusätzlichen Chor oder durch Stehplatzbesucher) sind bei den Ergebnissen mit anzugeben.

4 Meßbedingungen

4.1 Allgemeines

Messungen der Nachhallzeit können bei einem beliebigen Besetzungszustand oder bei allen diesen Zuständen erfolgen. Falls im Raum Vorrichtungen vorhanden sind, mit denen veränderbare Akustik-Bedingungen eingestellt werden können, kann es wichtig sein, getrennte Messungen für jede der Normal-Einstellungen dieser Vorrichtungen vorzunehmen. Temperatur und relative Feuchte der Luft im Raum sind mit einer Genauigkeit von ± 1 °C bzw. ± 5 % zu messen, wenn das Raumvolumen mehr als 200 m³ beträgt.

ANMERKUNG 9: Wird bei den variablen Vorrichtungen aktive (d. h. elektronische) Technik benutzt, so ist deren Auswirkung ebenfalls zu messen. Weil jedoch bestimmte elektronische Systeme zur Nachhall-Verlängerung zeitlich nicht-stationäre Bedingungen im Raum hervorrufen, gibt es dann keine eindeutige Impulsantwort, und bei der Verwendung von korrelierten Mittelungen während der Messungen ist Vorsicht geboten.

4.2 Apparaturen

4.2.1 Schallquelle

Es sollte eine Schallquelle mit möglichst kugelförmiger Richtcharakteristik (Kugelstrahler) benutzt werden. Sie muß einen genügend hohen Schallpegel erzeugen, so daß sich Abklingkurven mit dem erforderlichen Mindest-Dynamikbereich ohne ungünstigen Störpegel-Einfluß ergeben (siehe 3.5). Wenn Impulsantworten mit pseudostatistischen Folgen gemessen werden, darf möglicherweise der erforderliche Schalldruckpegel ziemlich niedrig sein, weil eine deutliche Verbesserung des Störabstands durch korrelierte Mittelung möglich ist. Bei Messungen, bei denen kein synchrones (oder anderes) Mittelungsverfahren zur Vergrößerung des Störabstands

benutzt wird, ist eine Schallquelle erforderlich, deren Abstrahlung um wenigstens 45 dB über dem Störpegel im jeweiligen Frequenzband liegt. Wenn nur T_{20} gemessen wird, so genügt es, einen Pegel von wenigstens 35 dB über dem Störpegel zu erzeugen.

4.2.2 Mikrofone. Geräte für die Aufzeichnung und Analyse

Zur Ermittlung des Schalldrucks sind Mikrofone mit kugelförmiger Richtcharakteristik (Kugelmikrofone) zu benutzen, deren Ausgangssignale entweder

- direkt einem Verstärker, Filter und einem Gerät zur Darstellung der Abklingkurven oder einem Analysator zur Ermittlung der Impulsantwort zugeleitet werden oder
- zu einem Aufzeichnungsgerät zu späterer Analyse gelangen.

4.2.2.1 Mikrofon und Filter

Die Apparatur muß die Anforderungen für Schallpegelmesser der Klasse 1 nach IEC Publication 651 erfüllen. Die Oktav- oder Terzfilter müssen der IEC Publication 1260 entsprechen. Das Mikrofon sollte möglichst klein sein und vorzugsweise einen Membrandurchmesser von höchstens 13 mm haben. Mikrofone mit Durchmessern bis zu 26 mm sind zulässig, wenn sie reine Druckempfänger oder als Freifeld-Mikrofone mit einem Diffusor-Vorsatz ausgestattet sind, womit sich bei diffusem Schalleinfall eine frequenzunabhängige Übertragungs-Charakteristik ergibt.

4.2.2.2 Band-Speichergerät

Wenn der Schall-Abklingvorgang zunächst auf Tonband aufgezeichnet wird, dürfen die automatische Verstärkungsregelung oder andere Vorrichtungen zur dynamischen Optimierung des Störabstands nicht benutzt werden. Es ist von jedem Abklingvorgang eine so lange Aufzeichnung herzustellen, daß die Bestimmung des Dauer-Störpegels möglich ist, der dem Abklingvorgang folgt.

Das Aufzeichnungsgerät hat für die jeweilige Kombination der benutzten Aufzeichnungs- und Wiedergabe-Geschwindigkeit folgende Bedingungen zu erfüllen:

- a) Die Frequenz-Charakteristik muß über den Meßfrequenz-Bereich bis auf ± 3 dB flach sein.
- b) Der Dynamikbereich muß für den erforderlichen kleinsten Abklingkurven-Bereich hinreichend groß sein. Falls Abklingvorgänge mit abgeschaltetem Rauschen erzeugt werden, muß das Aufzeichnungsgerät in jedem benutzten Frequenzband über mindestens 50 dB Störabstand verfügen.
- c) Das Verhältnis der Wiedergabe- zur Aufzeichnungsgeschwindigkeit hat $10^{0,01n}$ mit einer Unsicherheit von ± 2 % zu betragen, wobei n eine ganze Zahl einschließlich der Null ist.

ANMERKUNG 10: Falls beim Wiedergabevorgang eine Geschwindigkeits-Umwandlung erfolgt, ist die entsprechende Frequenz-Umwandlung gleich einer ganzen Zahl von Norm-Terzintervallen oder, wenn n ein Vielfaches von 3 ist, von Oktav-Intervallen.

ANMERKUNG 11: Wird ein Tonbandgerät benutzt, so bezieht sich in den Anforderungen 4.2.2.3, s. u., die die Reaktionsgeschwindigkeit des Geräts betreffen, die bei der Erzeugung einer Aufzeichnung des abklingenden Schalldruckpegels in Abhängigkeit von der Zeit wirksam ist, die Größe T auf die effektive Nachhallzeit des wiedergegebenen Signals. Sie unterscheidet sich nur dann von der wahren Nachhallzeit des Raumes, wenn die Wiedergabegeschwindigkeit von der Aufnahmegeschwindigkeit abweicht.

ANMERKUNG 12: Wenn der Abklingvorgang zur Wiedergabe über Filter und einen Integrator aufgezeichnet wurde, kann es vorteilhaft sein, die Signale mit Zeitumkehr abzuspielen (siehe [4]).

4.2.2.3 Apparatur zur Erzeugung der Aufzeichnung des Pegel-Abklingvorgangs

Die Apparatur zur Erzeugung (und Darstellung und/oder Auswertung) der Abkling-Aufzeichnung muß eines der folgenden Mittelungsverfahren benutzen:

- a) Exponential-Mittelung mit einer kontinuierlichen Kurve als Ausgangssignal.
- b) Exponential-Mittelung mit aufeinanderfolgenden diskreten Abtastwerten aus dem fortlaufend gebildeten Mittelwert als Ausgangssignal.
- c) Lineare Mittelung mit aufeinanderfolgenden diskreten Linear-Mittelwerten als Ausgangssignal (manchmal mit kleinen Pausen zwischen den Mittelwert-Bildungen).

Die Mittelungszeit, d. h. die Zeitkonstante eines exponentiellen Mittelwertbildners (oder eines entsprechenden Geräts), muß kleiner als, aber möglichst nahe $T/20$ sein. Entsprechend muß die Mittelungszeit für einen linearen Mittelwertbildner kleiner als $T/7$ sein. (Dabei ist T die gemessene Nachhallzeit oder, falls zutreffend, die effektive Nachhallzeit gemäß Anmerkung 11, s. o.).