

Bauakustische Prüfungen

Messung der Nachhallzeit in Zuhörerräumen

DIN
52 216

Testing of architectural acoustics; measurement of reverberation time in auditoria

Méthodes d'essais de l'acoustique architecturale; mesure de la durée de réverbération des auditoriums

Zusammenhang mit einer in Vorbereitung befindlichen ISO-Empfehlung siehe Erläuterungen.

1. Zweck

Die Nachhallzeit dient zur Kennzeichnung der akustischen Eigenschaften eines Zuhörerraumes und bildet die wichtigste zahlenmäßige Grundlage für die Bemessung einer akustischen Ausstattung.

Bei Theatern sind noch folgende Zustände zu unterscheiden: Schutzvorhang (eiserner Vorhang) offen oder geschlossen, Orchestergrube offen oder geschlossen. Orchester auf der Bühne sitzend, mit oder ohne Konzertkulissee. Messungen in allen Fällen sind wertvoll. Bei offenem Vorhang ist auch der Bühnenzustand von Bedeutung, z. B. kann der Bühnenraum für den Zuschauerraum schallschluckend oder auch durch Bühnenaufbauten teilweise reflektierend wirken.

2. Begriffe

2.1. Die Nachhallzeit T ist die Zeitspanne, in der der Schalldruckpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB sinkt (siehe auch DIN 52 212).

2.2. Man unterscheidet bei der Nachhallzeit von Zuhörerräumen jeweils 3 Werte, die zu verschiedenen **Besetzungszuständen** gehören:

2.2.1. Unbesetzter Zustand

Darunter wird der aufführungsbereite Bauzustand verstanden, wie er bei Besetzung mit Orchester und Publikum vorhanden ist, jedoch ohne diese Personen.

2.2.2. Studiozustand

Dieser ist bei Besetzung des Raumes mit dem Orchester, jedoch ohne Publikum bei Proben oder Schallaufnahmen vorhanden. Die Anzahl der Musiker soll der üblichen (Nennwert) entsprechen.

2.2.3. Besetzter Zustand

Darunter wird der mit Orchester und Publikum besetzte Raum verstanden. Die Anzahl der Personen soll der üblichen (Nennwert) entsprechen.

Anmerkung: Die richtige Beschreibung des Zustandes (Besetzung) des Raumes ist von entscheidender Wichtigkeit für die Verwertbarkeit von Nachhallzeit-Meßergebnissen.

Der wichtigste Zustand für die Kennzeichnung eines Zuhörerraumes ist der besetzte.

Unter „Nennwert“ sind 80 bis 100 % der baupolizeilich zugelassenen Zuhörerplätze zu verstehen. Ein Chor würde eine über dem „Nennwert“ liegende Besetzung darstellen. Für das Orchester ist die der jeweiligen Benutzung entsprechende Besetzung maßgebend, z. B. bei Konzertsälen für Orchesterkonzerte etwa 60 bis 80 Musiker, bei kleineren Sälen entsprechend weniger.

3. Meßanordnung

3.1. Im unbesetzten Zustand

3.1.1. Schallquelle

Als Schallsender sollen Lautsprecher benutzt werden, die eine möglichst kugelförmige Richtcharakteristik haben.

Zum Speisen der Lautsprecher soll vorzugsweise gefiltertes Rauschen (von höchstens Oktavbreite) verwendet werden. Werden Heultöne benutzt, so soll die Modulationsfrequenz etwa 6 Hz, der Frequenzhub $\pm 10\%$ der Mittenfrequenz bei Frequenzen unter 500 Hz und ± 50 Hz bei Frequenzen über 500 Hz betragen.

Die Schallquelle muß einen Schallpegel von mindestens 40 dB über dem Störpegel in dem jeweiligen Frequenzband ergeben. Sie soll möglichst in der Nähe der tatsächlichen Schallquelle (Bühne, Podium, Rednerpult u. ä.) aufgestellt werden. Gegebenenfalls kommen auch mehrere Stellen in Frage, z. B. Orchestergrube, Bühne, Chor.

Anmerkung: Für orientierende Messungen in Kirchen und Konzertsälen kann die vorhandene Orgel als Schallquelle benutzt werden. Damit möglichst viele Eigentöne des Raumes angeregt werden, sollten alle in dem jeweiligen Frequenzbereich vorhandenen Halbtöne gleichzeitig angeschlagen werden.

In Räumen, bei denen die Nachhallzeit über 1,5 s bei Frequenzen bis 1000 Hz liegen, können orientierende Messungen auch mit Impulsen (ohne eigenen Nachhall), z. B. Schüssen, durchgeführt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, daß auch bei den tiefen und den höchsten Frequenzen genügend hohe Schallpegel vorhanden sind. Es ist deshalb anzuraten, vor der Messung im betreffenden Raum eine Frequenzanalyse des Impulses im Laboratorium, z. B. im Hallraum, vorzunehmen und die Schallquelle nur dann als geeignet anzusehen, wenn sie in allen Frequenzbändern einen Schallpegel von 40 dB über dem Störpegel in dem betreffenden Raum erwarten läßt.

Fortsetzung Seite 2 bis 4
Erläuterungen Seite 3

3.1.2. Nachhallaufzeichnung**3.1.2.1. Empfangsapparatur**

Die Empfangsapparatur besteht aus einem möglichst unge-richteten Mikrophon, einem Verstärker und einem Registrier-gerät.

Der Empfänger soll mit Terz- oder Oktavfiltern nach DIN 45 652 bzw. DIN 45 651 ausgestattet sein. Die Oktav-filter genügen, wenn zum Speisen der Lautsprecher Heul-töne oder terzbandbreites Rauschen verwendet werden.

Als Registriergerät kann ein Pegelschreiber, ein Kathoden-strahloszillograph mit logarithmischem Verstärker oder jedes entsprechende Gerät verwendet werden, das die Geradlinigkeit der Pegel-Zeit-Kurve zu beurteilen gestattet. Der Papiervorschub des Registriergerätes soll so eingestellt sein, daß die Nachhallkurven möglichst eine Neigung von 45° haben.

3.1.2.2. Ermittlung der Nachhallzeit

Der aufgezeichnete Pegel-Zeit-Verlauf soll über einen Be-reich von mindestens 30 dB auswertbar sein, beim Anwen-den eines stationären Schallfeldes im Bereich von -5 bis -35 dB gegenüber dem Pegel des stationären Schallfeldes. In diesem Bereich wird der Verlauf bestmöglich durch eine Gerade ersetzt. Ihre Neigung kennzeichnet die Nachhall-zeit.

Anmerkung: Pegel-Zeit-Verläufe, die gekrümmt sind, sollen möglichst nicht zur Auswertung herangezogen werden.

Bei geknickten Nachhallkurven sind gegebenenfalls der obere und der untere Grenzwert anzugeben, die jeweils für einen Pegelbereich von mindestens 20 dB gelten müssen.

3.1.2.3. Anzahl der Aufzeichnungen (Meßstellen)

Die Nachhallzeit soll — auch in kleinen Räumen — an min-destens 3 Stellen mit mindestens 2 Registrierungen an jeder Stelle aufgenommen werden. In sehr großen und in ge-koppelten Räumen können mehr Meßstellen erforderlich sein.

In kleinen Räumen und bei tiefen Frequenzen soll das Mi-krophon vorzugsweise in Ecken, bei mittleren und hohen Frequenzen (in sehr großen Räumen auch bei tiefen Fre-quenzen) an beliebigen Stellen des Raumes aufgestellt werden, jedoch nicht zu nahe an der Schallquelle.

3.1.3. Meßfrequenzen

Die Messungen sollen mindestens von 125 bis 4000 Hz in Terzschritten durchgeführt werden.

3.2. Im Studiozustand und im besetzten Zustand**3.2.1. Schallquelle**

wie in Abschnitt 3.1.1

Da es aber im allgemeinen nicht möglich sein wird, den Zu-hörern eine Messung mit gefiltertem Rauschen oder Heul-tönen bei 16 Frequenzen zuzumuten, können die Lautspre-cher auch mit Breitband-Rauschen gespeist werden, dessen Energie in allen Frequenzbändern gleich ist (rosa Rauschen) und 40 dB über dem Störpegel liegen muß.

Außerdem kann als Schallquelle auch das Orchester be-nutzt werden. Geeignet sind Fortissimostellen in Musik-stücken mit nachfolgender genügend langer Pause. Dabei ist darauf zu achten, daß keine Störungen durch Instru-mente mit eigenem Nachhall, z. B. ungedämpfte Kessel-pauke, Becken, oder durch einsetzenden Applaus entstehen.

3.2.2. Nachhallaufzeichnung**3.2.2.1. Empfangsapparatur**

wie in Abschnitt 3.1.2.1 und, wenn Breitband-Rauschen zum Speisen der Lautsprecher oder das Orchester als Schall-quelle verwendet wird, Magnetbandgeräte der Klasse 19 s oder 38 nach DIN 45 511 für die Schall-Aufnahme und -Wiedergabe. Dabei sollte der Abstand vom Störpegel in jedem Terzbereich mindestens 45 dB betragen.

Bei der Schall-Wiedergabe soll der Nachhall über Terz-filter (siehe Abschnitt 3.1.2.1) analysiert werden.

3.2.2.2. Ermittlung der Nachhallzeit

wie in Abschnitt 3.1.2.2

3.2.2.3. Anzahl der Aufzeichnungen (Meßstellen)

Das Mikrophon soll möglichst an zwei verschiedenen Stel-len im Raum mindestens 1 m über Kopf der Besucher ange-bracht sein und mindestens 5 m Abstand von der Schall-quelle oder vom Podiumrand haben.

Werden Lautsprecher als Schallquelle verwendet, so sind für jede dieser Stellungen mindestens 2 Registrierungen vorzunehmen; Musik-Aufnahmen sind an mindestens 6 ver-schiedenen Stellen auszuwerten.

3.2.3. Meßfrequenzen

wie in Abschnitt 3.1.3

4. Darstellung der Ergebnisse**4.1. Tabellen und Kurven**

Die gemessenen Nachhallzeiten sind für jede Meßfrequenz zu mitteln und in Terzabständen in Kurvenform darzustel-len. Außerdem sollen in einer Tabelle die Nachhallzeiten für die Hauptoktavreihe 125, 250...4000 Hz angegeben werden.

Bei der Kurvendarstellung sind die Meßpunkte geradlinig zu verbinden. Die Oktavabstände auf der Abszisse sollen 15 mm betragen. Auf der Ordinate soll die Nachhallzeit entweder im logarithmischen Maßstab so aufgetragen wer-den, daß 3 cm einer Verdoppelung entsprechen, oder im linearen Maßstab so, daß 5 cm einen Zuwachs der Nach-hallzeit um 1 s bedeuten.

4.2. Prüfbericht

Der Prüfbericht soll unter Hinweis auf diese Norm ent-halten:

Bezeichnung des Raumes

Grundriß und Längsschnitt des Raumes mit eingetragenen Maßen

Volumen des Raumes

Art der Bestuhlung, insbesondere ob und wie gepolstert

Wichtige Angaben über die Beschaffenheit der Raum-begrenzungsflächen

Zustand des Raumes (unbesetzt, Studiozustand, besetzt) sowie Zustand variabler Einrichtungen, z. B. Vorhänge

bei Theatern, ob Schutzvorhang (eiserner Vorhang) oder Schmuckvorhang offen oder geschlossen

im ersten Fall zusätzlich die Nachhallzeit der Bühne bei geschlossenem eisernem Vorhang,

bei offener Bühne Bühnendekoration, Konzertkulisse u. ä.

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit, wenn erforderlich