

Schulraumakustik - Messung der Nachhallzeit

Allgemeine Informationen

Die Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen (- 5000 m³) wird in der DIN 18041 geregelt. Hier gehören Unterrichtsräume zu den Räumen der Gruppe A (Hörsamkeit über mittlere und größere Entfernungen).

Die Grundlage für eine gute Hörsamkeit der Räume in Gruppe A bilden außer architektonisch-gestalterischen Aspekten und dem Umgebungskomfort das akustisch aufeinander abgestimmte Zusammenwirken von Raumgeometrie, -größe und –ausstattung und Gesamtstörschallpegel. Da der Nutzungsschwerpunkt im Bereich der Sprachkommunikation liegt, sind drei Komponenten zu beachten:

- Sprecher,
- Übertragung und
- Hören/Verstehen,

die durch Schallreflexion, Nachhall und Störgeräusch beeinflusst werden.

Für eine optimal funktionierende Sprachkommunikation müssen bei geringer bis mäßiger Sprechanstrengung des Sprechers möglichst viel Direktschall und deutlichkeitserhöhende Anfangsreflexionen (bis 50 ms) vom Sprecher zum Hörer geleitet werden. Anzustreben ist dazu eine weitgehende Reduzierung der Beeinträchtigungen durch längeren störenden Nachhall, langverzögerte energiereiche Reflexionen und Störgeräusche.

Unter Nachhallzeit versteht man die Zeitspanne in Sekunden, während der der Schalldruckpegel in einem Raum nach Beenden der Schallfeldanregung um 60 dB abfällt.

Der anzustrebende Sollwert der Nachhallzeit (T_{soll}) bei mittleren Frequenzen in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Unterricht) und dem effektiven Raumvolumen (Raum 4.03 $V = 180 \text{ m}^3$) im besetzten Zustand kann mit folgender Formel berechnet werden.

Unterricht: $T_{\text{soll}} = (0,32 \lg V(\text{m}^3) - 0,17)$ für Raum 4.03 $T_{\text{soll}} = 0,59 \text{ s}$



Abbildung 1 Messungen im Raum 4.03

Im unbesetzten Zustand sollte die Nachhallzeit des Raumes im Allgemeinen nicht mehr als 0,2 s über dem Sollwert liegen.

Die Nachhallzeit ist abhängig von der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A eines Raumes in m^2 und dem gesamten Raumvolumen in m^3 .

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche ist die gedachte Fläche mit vollständiger Schallabsorption, die den gleichen Teil der Schallenergie absorbiert wie die gesamte Oberfläche des Raumes sowie Gegenstände und Personen.

Sie kann aus den einzelnen Teilflächen des Raumes bei bekannten Schallabsorptionsgraden und der Schallabsorption der Gegenstände bzw. Personen berechnet werden, oder näherungsweise messtechnisch aus der Ermittlung der Nachhallzeit nach folgender Formel berechnet werden.

$$A = 0,163 \times V/T$$

Durch diese Formel ist zu erkennen, dass bei Erhöhung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A die Nachhallzeit verringert werden kann. Bei Räumen mit einem Volumen bis ca. $250 m^3$ besteht laut DIN 18041 keine Gefahr zur akustischen Überdämpfung. Deshalb wäre im Raum 4.03 ($180 m^3$) neben einer vollflächig schallabsorbierenden Decke eine schallabsorbierende Rückwand zur Reduzierung der Nachhallzeit möglich.

Messung der Nachhallzeit

Die Durchführung der Messung der Nachhallzeit wird in der DIN EN ISO 3382-2 geregelt.

In vielen Räumen kann die Anzahl der anwesenden Personen einen großen Einfluss auf die Nachhallzeit ausüben. Messungen der Nachhallzeit sollten in einem Raum erfolgen, in dem sich keine Personen aufhalten. Sofern nicht anders festgelegt, ist es zulässig, von einem unbesetzten Zustand des Raumes auszugehen, wenn dort bis zu zwei Personen anwesend sind.



Abbildung 2 Platzierung der Schallquelle

Bei der Messung werden drei Verfahren unterschieden:

- Kurzverfahren
- Standardverfahren
- Präzisionsverfahren

Für die Überprüfung der Eigenschaften von Gebäuden beim Vergleich mit Spezifikationen der Nachhallzeit oder der Raumabsorption eignet sich das Standardverfahren. Dabei sind die Messungen der Nachhallzeit an mindestens zwei

Senderpositionen durchzuführen und es sind mindestens sechs unabhängige Sender-Mikrofonkombinationen erforderlich.

Der räumliche Mittelwert wird erhalten, indem der Mittelwert der einzelnen Nachhallzeiten für alle unabhängigen Sender- und Mikrofonpositionen gebildet wird. Es werden zwei verschiedene Auswertungsbereiche definiert, 20 dB und 30 dB. Bei Messungen in Gebäuden stellt der Störabstand häufig ein Problem dar, und oft ist es schwierig oder unmöglich, einen Auswertungsbereich von mehr als 20 dB zu erreichen. Wir verwenden deshalb den Auswertungsbereich 20 dB. Dies erfordert einen Signal-Rausch-Pegel von mindestens 35 dB.



Abbildung 3 Messung mit dem XL2 Audio- und Akustik-Analysator

Prüfbericht

Am 21.11.2013 wurde die Nachhallzeit im Raum 4.03 des Balthasar-Neumann-Technikums gemessen. Parallel wurde die Messung der Nachhallzeit auch vom Ingenieurbüro für Bauphysik Dipl.-Ing.(FH) W. Rommelfanger Beratender Ingenieur für Bauphysik durchgeführt.

Die Messergebnisse, sowie der Grundriss des Raumes und die Standorte für die Schallquelle und die Messungen finden sie in der Anlage.

Das Volumen des Raumes beträgt 229 m³.

Im Raum befinden sich 20 Einzeltische und Stühle, der Lehrerpult mit Stuhl sowie zwei Personen.

Als Schallquelle wird eine Stereoanlage mit CD Player zur Erzeugung des rosa Rauschens sowie ein professioneller Kugellautsprecher eingesetzt.

Als Messgerät wurde der XL2 Audio- und Akustik-Analysator verwendet.

Auswertung der Nachhallzeitmessung vom 21.11.2013 im Raum 4.03

Raum	SQ	Mikro	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L eer	1	1	0,84	0,87	1,08	1,11	1,00	0,92	0,80	0,60
	1	2	0,59	0,90	1,06	1,16	0,95	0,89	0,75	0,50
	1	3	0,68	1,26	0,98	1,06	1,06	0,90	0,76	0,53
	1	4	0,82	1,15	0,98	1,08	1,06	0,92	0,71	0,54
	1	5	0,48	0,18	1,08	1,08	0,96	0,83	0,72	0,52
	1	6	0,83	1,05	1,29	1,06	0,53	0,90	0,75	0,51
	2	1	-	1,02	1,03	1,06	1,04	0,68	0,69	0,45
	2	2	2,12	0,74	1,25	1,04	1,03	0,87	0,85	0,57
	2	3	0,40	1,29	1,13	1,07	1,00	0,83	0,75	0,50
	2	4	2,63	1,02	1,01	1,08	0,95	0,92	0,83	0,51
	2	5	0,88	0,96	1,16	1,01	0,96	0,93	0,78	0,64
	2	6	1,71	1,02	0,95	1,00	0,94	0,90	0,78	0,57
Ø			0,77	1,00	1,07	1,07	0,98	0,90	0,76	0,53
25 P	2	6	0,67	1,02	0,77	0,80	0,69	0,64	0,54	0,37
	2	5	-	0,89	1,09	0,84	0,70	0,62	0,59	0,41
	2	4	-	0,73	0,89	0,83	0,68	0,60	0,61	0,43
	2	3	-	1,00	0,86	0,89	0,80	2,00	0,51	0,41
	2	2	-	0,95	0,94	0,93	0,73	0,92	0,57	0,43
	2	1	-	0,80	0,86	0,83	0,70	0,63	0,51	0,39
	Ø			0,67	0,90	0,90	0,85	0,72	0,68	0,56

Resümee: Der anzustrebende Sollwert der Nachhallzeit (T_{soll}) bei mittleren Frequenzen in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Unterricht) und dem effektiven Raumvolumen (Raum 4.03 $V = 229 \text{ m}^3$) im besetzten Zustand werden nach DIN 18041 (0,59 s besetzt – 0,79 unbesetzt) vor allem in den mittleren Frequenzen überschritten. Bei Räumen mit einem Volumen bis ca. 250 m^3 besteht laut DIN 18041 keine Gefahr zur akustischen Überdämpfung.

Deshalb wäre im Raum 4.03 ($V = 229 \text{ m}^3$) neben einer vollflächig schallabsorbierenden Decke eine schallabsorbierende Rückwand zur Reduzierung der Nachhallzeit zu empfehlen.