

Abbildung 4: (T30 – 0,5s)/Volumen über der Frequenz, gruppiert in die am besten und schlechtesten bewerteten Hallen.

Zusätzlich zur Betrachtung der Nachhallzeit ist die Ungleichheit des Bassanteils (Bass Ratio = BR) auffällig. Der Bassanteil ist definiert als:

$$BR = \frac{T30_{63Hz} + T30_{125Hz} + T30_{250Hz}}{T30_{500Hz} + T30_{1kHz} + T30_{2kHz}} \quad (1)$$

Tabelle 1: Vergleich der Bassanteile einiger untersuchter Hallen

Halle	Raumvolumen	Bassanteil (BR)	Subjektive Bewertung
Train	3300 m³	0,9	Sehr gut
Store Vega	5800 m³	1,1	
Lille Vega	785 m³	0,7	
Viften	3950 m³	2,0	schlecht
Magasinet	2540 m³	1,4	
Skråen	1100 m³	1,8	

Legt man diese Untersuchung zu Grund kann festgestellt werden, dass für den Anwendungszweck „elektroakustisch verstärkte Pop- und Rockmusik“ möglichst kurze Nachhallzeiten unter 250 Hz gewünscht sind. Der Toleranzbereich der DIN EN 18041 (2004) erlaubt genau hier jedoch eine Abweichung hin zu längeren Nachhallzeiten. Diese Diskrepanz kann an folgendem Beispiel veranschaulicht werden:

Tabelle 2: Vergleich der Nachhallzeiten im Bassbereich

Halle	Nachhallzeit T30 _{63Hz}		
	Gemessen	Empfehlung lt. DIN 18041	Subjektive Bewertung
Train (3300 m³)	0,7 s	~ 2,0 s	Sehr gut
Viften (3950 m³)	2,5 s	~ 2,4 s	schlecht

Somit kann eine deutliche Diskrepanz zwischen der Empfohlenen Nachhallzeit der DIN EN 18041 (2004) und den als subjektiv sehr gut empfundenen Nachhallzeiten im Bassbereich festgestellt werden. Da sich die DIN jedoch nicht spezifisch auf elektroakustisch Verstärkte Pop- und Rockmusik bezieht wäre eine mögliche Lösung, die Nachhallzeit vorrangig im Bassbereich flexibel zu gestalten.

Geforderte Lösung für Mehrzweck-Veranstaltungshallen

Um das dargestellt Problem in der Praxis lösen zu können sollte ein Produkt entwickelt werden, dass folgende Eigenschaften erfüllt:

- Gute, möglichst breitbandige Absorptionsfähigkeit im Bassbereich
- Absorptionsfähigkeit muss flexibel aktiviert und deaktiviert werden können
- Eine einfache Installation und Deinstallation soll gewährleistet sein

Als geeignetes Absorber-Prinzip dient also ein Membranabsorber, da poröse Absorber aufgrund Ihres zu hohen Gewichtes und Volumens und Helmholtz-Resonatoren aufgrund der schmalbandigen Absorptionseigenschaft die geforderten Eigenschaften nicht alle erfüllen.

Die wichtigste Eigenschaft des Produktes ist hierbei die flexible Aktivierung der Absorptionsfähigkeit. Dies kann erreicht werden, indem man den Luftraum hinter der Membran entfernt und somit die Feder des Masse-Feder-Systems deaktiviert. Verschweißt man also zwei PVC-Membranen miteinander und befüllt diese mit Luft so entsteht ein flexibles Masse-Feder-System, das zudem extrem leicht ist und eine breitbandige Absorption im Bass- und Tiefmittenbereich aufweist. Durch Aufblasen der Absorber wird das Masse-Feder-Systeme aktiviert, entzieht man die Luft sind die Absorber inaktiv.

Die sogenannten aQtubes™ sind also aufblasbare Doppelmembranabsorber und weisen folgende im Hallraum gemessenen Absorptionswerte im deaktivierten und aktivierten Zustand auf:

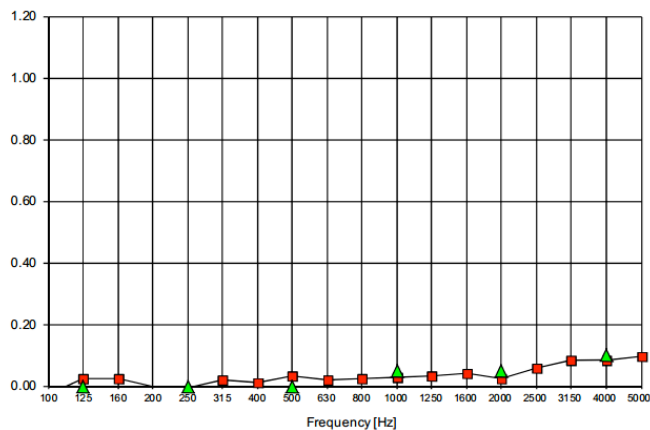


Abbildung 5: aQflex off, 3 Muster in linearer Anordnung in einem Sperrholz-Rahmen

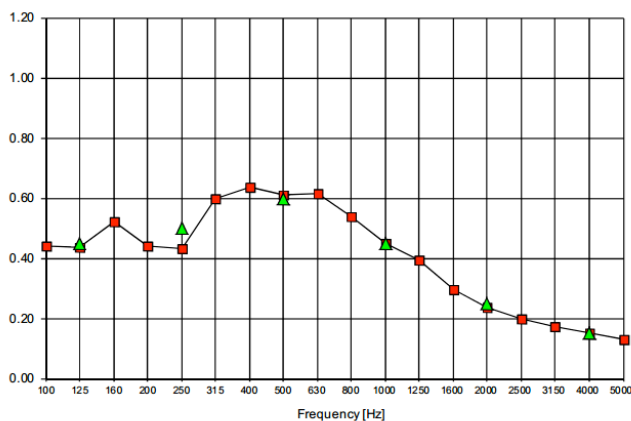


Abbildung 6: aQflex on, 3 Muster in linearer Anordnung in einem Sperrholz-Rahmen

Anwendungsbeispiel

Die Band Kraftwerk, bekannt für wegweisende Musikentwicklungen im Bereich der elektronischen Pop-Musik, hat im Januar 2015 acht Konzerte in der Neuen Nationalgalerie Berlin veranstaltet. Der von Mies van der Rohe entworfene Bau zeichnet sich durch seine klaren Linien und die strikte Geometrie aus, was akustisch jedoch einige Probleme für ein Konzert dieses Genres aufwirft. Die quadratische Grundfläche von 50 m Kantenlänge wird von einer Stahldachkonstruktion in 10 m Höhe überspannt. Betonboden und rundum verglaste Seitenwände resultieren in einer Nachhallzeit von über 6 Sekunden bei 500 Hz im leeren Zustand.

Unter anderem durch den Einsatz der aufblasbaren Membranabsorber (in Zusammenspiel mit Molton-Vorhängen und stark gerichteten Subwoofern) konnte letztlich eine passende Nachhallzeit erreicht werden:

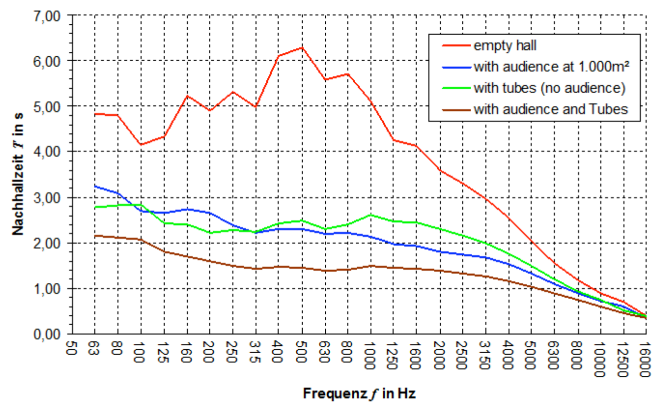


Abbildung 7: Nachhallzeitmessung in der Neuen Nationalgalerie Berlin.

Vergleicht man die in der DIN geforderte Nachhallzeit für einen Raum dieser Größe (25.000 m³) mit der tatsächlich erreichten und für gut befundenen Nachhallzeit so kann auch hier die vorab beschriebene Diskrepanz aufgezeigt werden:

Frequenz	Nachhallzeit			
	Gefordert lt. DIN	Gemessen (leer)	Gefordert lt. Kunde	Gemessen (inkl. Tubes)
63 Hz	~ 2,65 s	4,8 s	2,0 s	2,1 s
125 Hz	~ 2,45 s	4,2 s	2,0 s	1,9 s
250 Hz	~ 2,35 s	4,9 s	1,9 s	1,7 s
500 Hz	~ 2,3 s	5,0 s	1,8 s	1,5 s

Zusammenfassung

Die in der DIN EN 18041 (2004) angegebenen Sollwerte für die Nachhallzeit weichen im Genre der elektroakustisch verstärkten Pop- und Rockmusik vor Allem im Bassbereich zwischen 63 Hz und 500 Hz deutlich von denen als subjektiv gut empfunden ab. Um einen Raum akustisch sowohl für klassische Musik und Sprachveranstaltungen als auch für elektroakustische verstärkte Musik optimal zu gestalten müssen also flexible Akustikmaßnahmen getroffen werden. Indem einem Membranabsorber aus zwei verschweißten PVC-Membranen die Luft entzogen wird kann die Absorptionswirkung gezielt gesteuert werden.

Literatur

- [1] DIN EN 18041, 2004-05.
- [2] N. W. Larsen: „Rock and Pop Venues: Acoustic and Architectural Design“, in: Springer, Berlin/Heidelberg 2014.
- [3] N. W. Larsen: „Suitable reverberation times for halls for rock and pop music“, in: Journal of the Acoustical Society of America, 2010.
- [4] H. Kuttruff: „Akustik: Eine Einführung“, in: Hirzel Verlag, 2004.