

Raumakustik in Sporthallen

Frank Schnelle¹, Joachim Zander², Roland Kurz²

¹ Kurz u. Fischer GmbH, 06110 Halle (Saale), E-Mail: halle@kurz-fischer.de

² Kurz u. Fischer GmbH, 71364 Winnenden, E-Mail: winnenden@kurz-fischer.de

Einleitung

In der Nutzung treten in Schulsporthallen teilweise sehr hohe Geräuschpegel auf. Die Geräuschpegel in Sporthallen werden neben den ausgeübten Sportarten, der Belegungsdichte durch Schüler und dem Verhalten bzw. der akustischen Kommunikation wesentlich durch die raumakustischen Verhältnisse bestimmt. In den letzten Jahren sind in Deutschland eine Vielzahl von Veröffentlichungen zur Raumakustik von Unterrichtsräumen in Schulen erschienen. Sporthallen wurden bisher nach der umfassenden Studie von Trümper [1] nur vereinzelt betrachtet. In größerem Umfang erfolgten Veröffentlichungen zur Raumakustik in Sporthallen im Ausland, z. B. [2].

Anforderungen in Sporthallen

Die Ziele von raumakustischen Maßnahmen in Sporthallen sind die Minderung der nutzungsbedingten Geräuschpegel (relevante akustische Kenngröße: mittlerer Schallabsorptionsgrad der Raumbegrenzungsflächen $\alpha_{m,B}$) und die Gewährleistung einer ausreichenden Sprachverständlichkeit zwischen Lehrern und Schülern bzw. zwischen den Schülern (relevante akustische Kenngrößen: Deutlichkeitsgrad D_{50} oder Speech Transmission Index STI). In der gültigen DIN 18041: 2004-05 werden Sporthallen in die Gruppe A eingestuft. Für Schulsporthallen (ohne Publikum) sind in Abhängigkeit von der Nutzung mit ein- oder mehrzügigem Unterrichtsbetrieb für den Frequenzbereich $f = 250 \text{ Hz} - 2000 \text{ Hz}$ volumenabhängige Sollwerte der Nachhallzeiten T_{Soll} angegeben. Die Nachhallzeit T ist dabei eine Hilfsgröße zur Einhaltung o.g. Ziele von raumakustischen Maßnahmen.

Nach DIN 18032-1: 2003-09 sind ballwurfsichere Wand- und Deckenbekleidungen erforderlich. Die Wandbekleidungen bis 2,0 m Höhe müssen als Prallschutz wirksam sein. Des Weiteren wird eine ebenflächige und geschlossene Ausführung der Wände gefordert, wobei Fugen bis 8 mm Breite zulässig sind. Mit diesen Vorgaben zur Gestaltung von Wänden ergibt sich eine sehr geringe geometrische Diffusität in der unteren Horizontalebene.

Nachhallzeiten in Dreifachhallen mit textilem Prallschutz

In Abbildung 1 sind Messungen der Nachhallzeiten T_{30} aus zwei Dreifachhallen mit $V = 11.400 \text{ m}^3$ (Halle 1) bzw. $V = 11.700 \text{ m}^3$ (Halle 2) dargestellt. In diesen Hallen bestand die Dachkonstruktion aus Akustik-Trapezprofil mit teilweiser Mineralwolle-Sickenfüllung. An den massiven Längs- und Stirnwänden war im unteren Wandbereich bis $h = 2 \text{ m}$ ein 19 mm dicker textiler Prallschutz vorhanden. Im

mittleren Wandbereich der Stirnwände von $h = 2 \text{ m} - 5 \text{ m}$ war ein 5 mm dicker Textilbelag direkt verklebt.

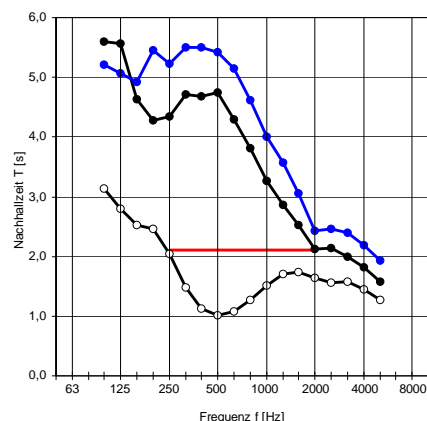


Abbildung 1: Nachhallzeiten T_{30} in Dreifachhallen
Messung Halle 1 vor Sanierung (●), Messung Halle 2 vor Sanierung (●), Messung Halle 1 nach Sanierung (○), Anforderung DIN 18041 Sport 2 T_{Soll} (—)

Der Sollwert der Nachhallzeit nach DIN 18041 Sport 2 von $T_{\text{Soll}} = 2,1 \text{ s}$ wird im Bestand in diesen Sporthallen sehr deutlich überschritten. Ergänzend ist anzumerken, dass in Halle 1 mit täglicher Dreifeldnutzung für den Sportunterricht einer Gesamtschule massive Nutzerbeschwerden über die akustischen Verhältnisse auftraten. In Halle 2 mit Nutzung der Gesamthalle durch eine Berufsschule lagen dagegen keine Beschwerden vor. Die Nutzung der Sporthallen beeinflusst offensichtlich die Bewertung der akustischen Verhältnisse.

Ursachen

Die vorhandene Dachkonstruktion ist ein breitbandig wirksamer Absorber. Der textile Prallschutz im unteren Wandbereich weist dagegen bei $f < 1000 \text{ Hz}$ eine sehr geringe Schallabsorption auf. Die Nachhallzeiten werden dort praktisch ausschließlich durch die Reflexionen in der Horizontalebene mit reflektierenden Wänden bestimmt. Durch die ungleichmäßige Verteilung der Schallabsorptionsflächen auf die Raumhauptachsen ergeben sich nichtlineare Abklingkurven.

Einfluss der Diffusität und Anordnung von schallabsorbierenden Wandbekleidungen

In einer Zweifachhalle mit $V = 4.450 \text{ m}^3$ war die Deckenkonstruktion teilflächig schallabsorbierend ausgeführt. An den Wänden war im unteren Bereich bis $h = 2,5 \text{ m}$ eine Prallwandkonstruktion aus geschlossenen Holzplatten und im darüber liegenden Wandbereich eine Bekleidung aus perforierten Holzplatten eingebaut. Die untere Wandbekleidung (Plattenschwinger) weist bei $f \geq 250 \text{ Hz}$ nur eine

geringe Schallabsorption auf. Dadurch ergeben sich im angetroffenen Zustand Überhöhungen der Nachhallzeiten im mittleren Frequenzbereich mit deutlicher Überschreitung von T_{Soll} nach DIN 18041 (siehe Abbildung 2). Zur Untersuchung der Diffusität wurden an einer Längswand und einer Stirnwand 15 Holzwerkstoffplatten aufgestellt. Mit dieser Maßnahme wurde eine deutliche Verminderung der Nachhallzeiten im mittleren Frequenzbereich erreicht. Eine ähnliche Minderung der Nachhallzeiten ergab sich bei einer gegenüber üblichen Messungen mit Mikrofonpositionen im Aufenthaltsbereich von Personen abweichenden Mikrofonhöhe im Bereich der schallabsorbierenden Wandbekleidungen bei $h = 3,5 - 4,0$ m.

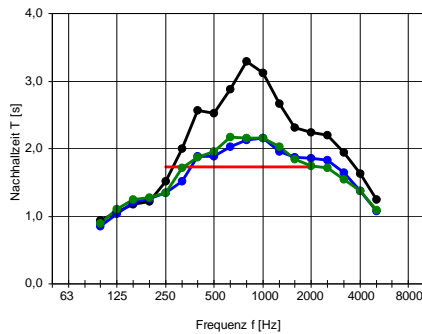


Abbildung 2: Nachhallzeiten T_{20} in Zweifachhalle angetroffener Zustand (—●—), erhöhte Diffusität im unteren Wandbereich (—●—), Mikrofonpositionen Höhe perforierte Holzwandbekleidung (—●—), Anforderung DIN 18041 Sport 2 T_{Soll} (—)

Planung von raumakustischen Maßnahmen

Bei Berechnungen nach der statistischen Nachhalltheorie ergeben sich bei ungleichmäßiger Verteilung der Schallabsorptionsflächen (breitbandig absorbierende Decke und frequenzabhängig nur begrenzt wirksame Absorber an Wänden) deutlich kürzere Nachhallzeiten gegenüber den Messungen - siehe auch Hinweis in DIN 18041. Die Voraussetzungen der statistischen Nachhalltheorie sind bei dieser Ausführung von raumakustischen Maßnahmen in Sporthallen nicht erfüllt. Der Einfluss von Lage und Ausführung schallabsorbierender Bekleidungen auf die Nachhallzeiten kann nur durch Computersimulationsberechnungen korrekt erfasst werden.

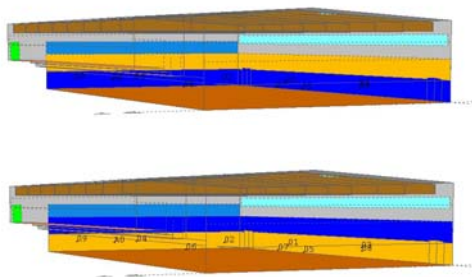


Abbildung 3: Modell einer Dreifachhalle oben: breitbandig schallabsorbierende Holzbeplankung (gelb) über textilem Prallschutz (blau) unten: breitbandig schallabsorbierende Holzbeplankung im unteren Wandbereich (gelb), darüber textiler Prallschutz (blau)

Entsprechende Berechnungen wurden im Rahmen der Sanierung für die Dreifachhallen durchgeführt. Im oberen Teil von Abbildung 3 ist das geometrische Modell einer Dreifachhalle mit breitbandig schallabsorbierender Holzbeplankung an den Stirnwänden und einer Längswand oberhalb eines textilen Prallschutzes dargestellt. Im unteren Teil von Abbildung 3 ist die identische schallabsorbierende Holzbeplankung im unteren Wandbereich und darüber der textile Prallschutz angeordnet. In beiden Fällen ergibt sich eine gleiche äquivalente Schallabsorptionsfläche in der Sporthalle. Während die berechneten Nachhallzeiten nach Sabine die Anforderungen nach DIN 18041 erfüllen, ergeben sich für $f \leq 500$ Hz deutliche Abweichungen zwischen den Simulationsberechnungen der Nachhallzeiten in Abhängigkeit von der Lage der Schallabsorber an den Wänden (siehe Abbildung 4).

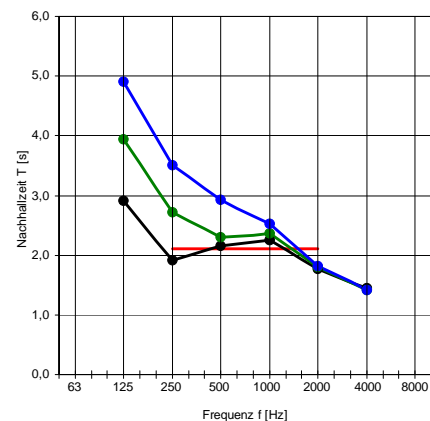


Abbildung 4: Berechnung von Nachhallzeiten Sabine (—●—), Modell nach Abb. 3 oben (—●—), Modell nach Abb. 3 unten (—●—), Anforderung Sport 2 (—)

Bei der Sanierung der Dreifachhallen wurde durch den Einbau von breitbandig schallabsorbierenden Holzbeplankungen an den Stirnwänden und einer Längswand im unteren und mittleren Wandbereich eine deutliche Verminderung der Nachhallzeiten erreicht (siehe Abbildung 1).

Fazit

Zur Einhaltung der Anforderungen T_{Soll} nach DIN 18041 ist eine ausreichende Fläche von Schallabsorbern und eine angepasste Verteilung der Schallabsorber innerhalb des Raumes erforderlich. Bei Mikrofonpositionen im Aufenthaltsbereich von Personen bestimmt die Schallabsorption der Wandbekleidungen im unteren Bereich die Höhe und den Frequenzverlauf der Nachhallzeiten. Bei den bestehenden Anforderungen der DIN 18041 müssen breitbandig wirksame Schallabsorber mindestens teilflächig im unteren Wandbereich ausgeführt werden.

Literatur

- [1] Trümper., G.: Raumakustik in Sporthallen, Bundesinstitut für Sportwissenschaft Köln, 1989
- [2] Nijs, L., Schuur, A.: Het gebruik van de nagalmtijd bij de normstelling van sportzalen, Bouwfysica 15 (2004), 11-17, in Niederländisch