

Elemente zur akustischen Gestaltung von Sporthallen

Moritz Späh
Mark Koehler
Philip Leistner

*Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
zum 80. Geburtstag gewidmet*



Elemente zur akustischen Gestaltung von Sporthallen

In Sporthallen lässt die Akustik in vielen Fällen zu wünschen übrig. Oft beschwerten sich die Betroffenen berechtigt über eine schlechte Akustik, geringe Sprachverständlichkeit und viel zu hohe Pegel. Dieser Beitrag behandelt Aspekte und Ansätze, mit denen sich die Anforderungen an die akustische Gestaltung von Sporthallen insgesamt besser erfüllen lassen. Raumakustisch ist eine schallabsorbierende Decke zwar gut, aber nicht ausreichend. Deutlich besser sind schallabsorbierende Flächen möglichst in allen drei Raumrichtungen, z. B. durch die Kombination von Decken und Prallwänden. Die analog zu Prallwänden gestalteten, aber akustisch doch etwas anders funktionierenden Geräteraumtore stellen dabei wirksame Tiefenabsorber dar. Die schallabsorbierende Eigenschaft von Trennvorhängen ist in Mehrfeld-Sporthallen eine sinnvolle Option. Sie sind großflächig und müssen keine Absorptionsrekorde brechen, um Pegel zu mindern und Flatterechos zu vermeiden. Der Schallschutz zwischen Teilhallen bleibt ein akustischer Dauerbrenner. Die untersuchten Maßnahmen sind unter realen Bedingungen umsetzbar und können bei guter Planung zu einer deutlichen Erhöhung der Schalldämmung zwischen den Teilhallen einer Sporthalle führen. Neben einer angemessenen Schallabsorption sollten die Elemente wie Sportböden und Prallwände, die bei der Nutzung selbst Lärm verursachen, möglichst leise sein. Hierzu liegen jetzt konkrete Messungen und erste Vorschläge zur akustischen Behandlung vor.

Stichworte: Prallwand, Trennvorhang, Schalldämm-Maß, Schalldruckpegel

Bundesweit dienen heutzutage mehr als 30.000 Sporthallen vielfältigen Nutzungszwecken mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen. Eine wichtige Nutzergruppe repräsentieren Sportlehrkräfte mit ihren Schülerinnen und Schülern, da sie tagtäglich auf gute Lehr- und Lernbedingungen angewiesen sind. Für diesen Unterricht und den Vereinssport ist eine akustische Mindestqualität unerlässlich, um die Gesundheit und Sicherheit der Betroffenen zu erhalten und um Kommunikation untereinander zu ermöglichen. Eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP [1, 5] belegt mit gemessenen Schalldruckpegeln im Betrieb von Sport- und Schwimmhallen von bis zu 90 dB(A) die schlechte Akustik in vielen Sporthallen. Zugleich attestieren die Berichte der Sportlehrkräfte den bestehenden Hal-

Elements and approaches for the acoustical design of sports halls

In sports halls, the acoustics often leave much to be desired. Those affected repeatedly express legitimate grievances about poor acoustics, low speech intelligibility and far too high noise levels. This paper will address a number of aspects and approaches which are effective to meet the overall acoustic requirements of sports halls more efficiently. In terms of room acoustics, the exclusive use of a highly sound-absorbing ceiling is beneficial, but still not sufficient. It is significantly more efficient to install the sound-absorbing surfaces if possible in all three directions, for example by combining their installation on ceilings and baffle walls. The doors of the equipment room, which are designed like baffle walls, yet are performing acoustically in a slightly different way, serve as low-frequency absorbers. The sound-absorbing property of partition curtains is a useful option in multi-field sports halls. They are large in area and do not need to break any absorption records to reduce noise levels and avoid flutter echoes. The sound insulation between separable parts of sports halls remains a long-running subject in the field of sports halls design. Therefore, measures were examined and presented which can be implemented in practice and, when planned carefully, significantly improve the sound insulation between the separable parts of sports halls. In addition to adequate sound absorption, elements such as sports floors and baffle walls, which cause noise during use, should be as quiet as possible. For this purpose, actual measurements and first suggestions for skilled acoustic treatment are now available.

Keywords: baffle wall, partition curtain, sound reduction index, sound pressure level

len eine insgesamt bauphysikalisch geringe Qualität mit der Akustik als Schlusslicht. Die Folgen lassen sich mit pädagogischen Mitteln nur geringfügig reduzieren. Verbesserungsbedarf besteht hingegen bei baulichen und technischen Maßnahmen. Anforderungen an die Akustik in Sporthallen werden in DIN 18041 [2] und Teilen der DIN 18032 [4, 7, 10] zwar gestellt, aber beim Verbesserungspotenzial und bei den Elementen zur akustischen Gestaltung besteht noch Nachholbedarf. In diesem Sinne griffen mehrere Forschungsprojekte dieses Defizit auf und einige Ergebnisse werden hier vorgestellt. Im Vordergrund stehen Prallwände, Trennvorhänge und Sportböden, die jeweils für sich und im Wechselspiel erheblich zur akustischen Verbesserung in Sporthallen beitragen können.

1 Schallabsorption von Prallwänden und Geräteraumtoren

Die in Sporthallen eingebauten Prallwände eignen sich hervorragend als schallabsorbierende Konstruktionen, ohne Konflikte mit den sport- und sicherheitsfunktionalen Anforderungen. Die Prallwände sind im Bewegungsbe- reich der Personen angeordnet und können durch mittlere oder hohe Schallabsorption die Akustik in Sporthallen entscheidend beeinflussen. Eine ausgeführte Variante ist beispielhaft in Bild 1 gezeigt.

Für einen Überblick der erzielbaren Schallabsorptionswerte eignen sich die im Hallraum gemessenen Werte in Bild 2. Die gelochte Konstruktion (Lochung 8/16g) bestand aus 8 Sperrholzplatten mit 15 mm Dicke und einem umlaufend nicht gelochten Rand mit 28 bzw. 32 mm Breite. Auf der Rückseite befand sich ein Vlies, gespannt und mit doppelseitigem Klebeband befestigt, mit dem Strömungswiderstand von 192 Ns/m^3 . Die Platten lagen zur Messung auf 50 mm und 135 mm hohen Rahmenen, so dass sich Aufbauhöhen von 65 mm und 140 mm ergaben.

Das Maximum des Schallabsorptionsgrades von 0,6 bzw. 0,7 im mittleren Frequenzbereich zeigt, dass die Konstruktion akustisch nicht optimal abgestimmt ist. Eine Füllung aus porösem Absorber mit abgestimmtem Strömungswiderstand könnte die Absorption deutlich verbessern. Klar wird auch, dass die Konstruktion mit größerer Aufbauhöhe tieffrequenter wirksamer ist und an sich schon eine gute Variante zum Einsatz in Sporthallen darstellt. Eine weitere Untersuchung mit gleichen Platten, allerdings mit rückseitig und flächig auf der Lochplatte geklebtem Vlies, führt zu den Messergebnissen in Bild 3 (ohne Mineralwolle).

Die Unterkonstruktion bestand aus Doppelelastikträgern und Abstandshölzern mit einer Aufbauhöhe von insgesamt 115 mm. Zur Steigerung der Schallabsorption diente eine 60 mm dicke Mineralwolle-Füllung des Hohlraums mit den ebenfalls in Bild 3 dargestellten Messergebnissen. Sie belegen hohe Schallabsorptionsgrade bei relativ niedrigen Frequenzen. Die Absorption ist breitbandig, so dass sich diese Prallwand gut für Sporthallen eignet, wie auch der bewertete Absorptionsgrad von $\alpha_w = 0,85$ (ohne Mineralwolle-Füllung $\alpha_w = 0,70$) zum Ausdruck bringt. Ein



Bild 1. Prallwand mit Geräteraumtoren in einer Sporthalle (Quelle: HARO Sports Flooring).

Fig. 1. Baffle wall with doors of the equipment room in a sports hall (source: HARO Sports Flooring).

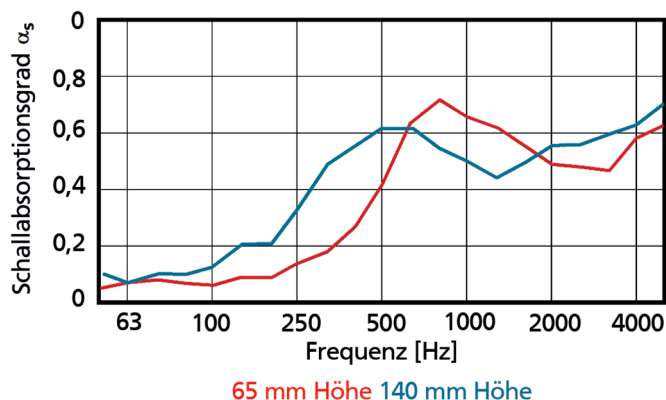


Bild 2. Gemessener Schallabsorptionsgrad im Hallraum der Prallwand mit 8/16g Lochung mit Aufbauhöhe 65 mm und mit Aufbauhöhe 140 mm (Die Messwerte unter 100 Hz sind zur Information angegeben und unterliegen einer erhöhten Messunsicherheit).

Fig. 2. Measured sound absorption level of the baffle wall with 8/16g perforation in the reverberation room with 65 mm and 140 mm installation height (the measuring values below 100 Hz are given for information and are subject to an increased measurement uncertainty).

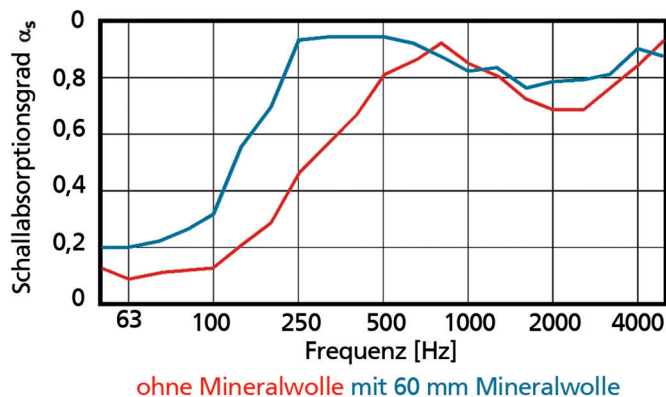


Bild 3. Gemessener Schallabsorptionsgrad der Prallwand aus Sperrholz mit 8/16g Lochung und Unterkonstruktion mit Gesamtaufbauhöhe 115 mm im Hallraum, ohne und mit 60 mm Mineralwolle-Füllung.

Fig. 3. Measured sound absorption level of the plywood baffle wall with 8/16g perforation and supporting construction in the reverberation room, with a total installation height of 115 mm, with 60 mm mineral wool filling and without filling.

wichtiges Detail ist offenbar die flächige rückseitige Befestigung des Akustikvlieses auf der Frontplatte. Wird es nur eingelegt oder punktuell geheftet, ergeben sich deutlich geringere Schallabsorptionsgrade.

Innerhalb von Prallwänden befinden sich vielfach Tore vor den dahinterliegenden Geräteraumen. Bei nahezu unveränderter Gestaltung der Oberfläche unterscheiden sich diese Konstellationen akustisch durch den großen Rückraum. Daher können sie bei entsprechender Konfiguration wesentlich zur sonst nur mit dicken Materialschichten erreichbaren Schallabsorption bei tiefen Frequenzen beitragen. Zur realitätsnahen Messung dieses Beitrages nach dem Hallraum-Verfahren ist ein besonderer Aufbau notwendig (Bild 4), der nicht allzu häufig vorhanden ist. Im Fraunhofer IBP wurde das Geräteraumtor in einer

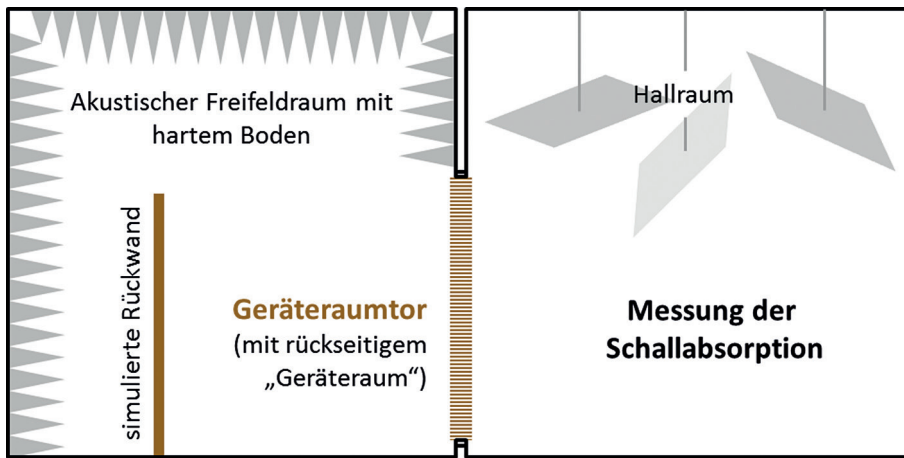


Bild 4. Skizze des Geräteraumtors in einer Wandöffnung zwischen akustischem Halbfreifeldraum und Hallraum für die Messung der Schallabsorption bei bauüblichem Einbau.

Fig. 4. Drawing of the equipment room door installed in a wall opening between acoustic semi-anechoic chamber and reverberation room for the sound absorption measurement (standard installation).

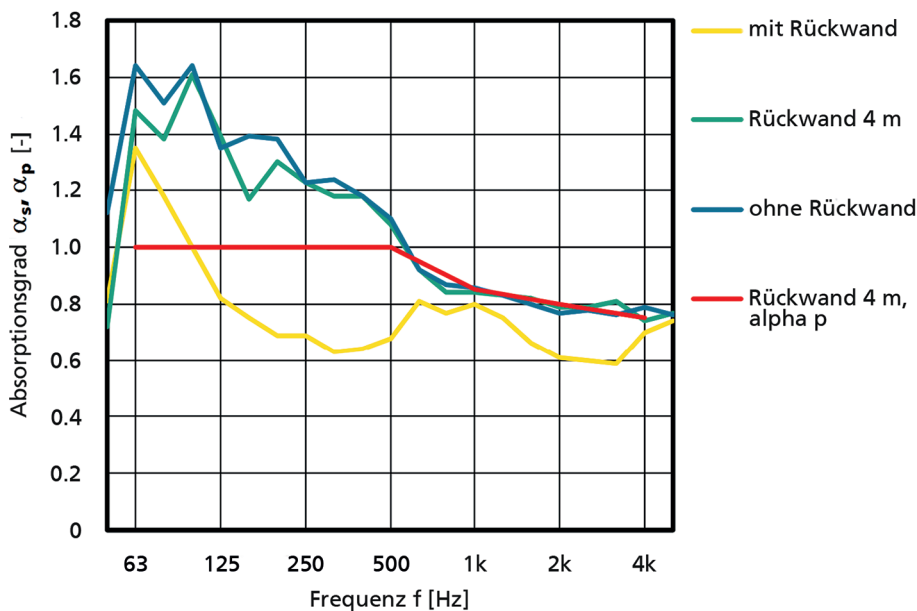


Bild 5. Gemessener Schallabsorptionsgrad α_s und α_p des Geräteraumtors mit unterschiedlichem Abstand der Spanplatte als Rückwand.

Fig. 5. Measured sound absorption level α_s and α_p of the equipment room door with different distances of the plywood panel used as rear wall.

Wandöffnung zwischen Hallraum und einem angrenzenden Halbfreifeldraum (schallharter Boden, hochabsorbierende Wände und Decke) eingebaut. Mit einer beweglichen harten Rückwand lassen sich verschiedene Abmessungen der Geräteräume realisieren, so dass deren Einfluss untersucht werden kann.

Nach Einbau des zu untersuchenden Geräteraumtors und Messung ohne Rückwand wurde zunächst eine Spanplatte direkt am Rahmen des Tores angebracht. Daraufhin wurde sie mit einem Abstand von 4,0 m aufgestellt, um die Rückwand des Geräteraums zu simulieren. Die Skizze zeigt, dass der Einbau in der Prüföffnung nicht dem standardisierten Aufbau einer Testfläche im Hallraum entspricht. Die Unterkante des Tores grenzt an den Boden des Prüfraums und provoziert dadurch erhöhte Schallabsorptionswerte infolge von Kanteneffekten. Die so gemessenen

Schallabsorptionsgrade des Geräteraumtors im Hallraum sind in Bild 5 gezeigt.

Mit Blick auf die tieffrequente Wirkung ist der Messbereich bis 50 Hz erweitert und die erhöhte Messunsicherheit zu beachten. Zum Vergleich wird in einem Fall auch der oft nachgefragte praktische Absorptionsgrad dargestellt. Offenkundig sind die erwarteten hohen Werte bei tiefen Frequenzen, die erst oberhalb 500 Hz geringer werden. Die akustische Nutzung der Tore und Räume sollte daher als für die Akustik in Sporthallen ausgesprochen nützlicher Aspekt in Erinnerung bleiben, unabhängig von der (labor-) messtechnischen Ungenauigkeit.

Die Messung des Tores mit simulierter Rückwand in unterschiedlicher Entfernung zeigt, dass die tieffrequente Wirkung bleibt und die Bedeutung der Raumtiefe und auch der Raumnutzung (z. B. mit Sportgeräten) recht ge-

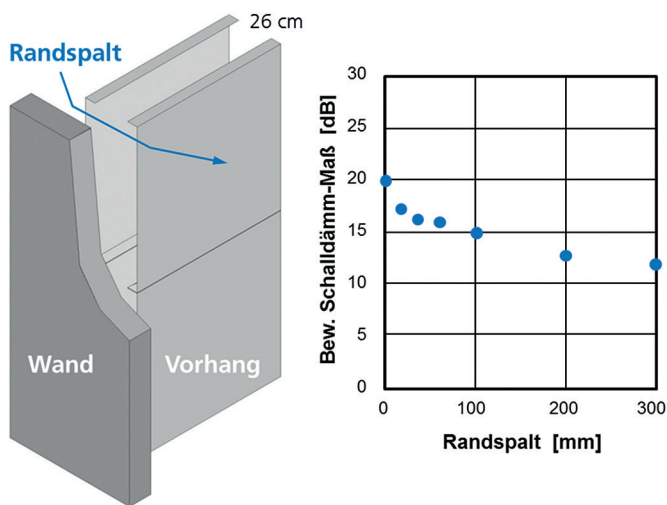


Bild 6. Trennvorhang mit seitlichem Randspalt zur Wand.
Fig 6. Partition curtain with lateral gap between wall and curtain.

ring ist. Erfolgt die akustische Ankopplung der Geräte-räume nun z. B. durch eine Lochplatte mit Akustikvlies, muss beachtet werden, dass die Geräte-räume zur Schall-längsübertragung vorbei an Trennvorhängen beitragen können. Diese Wechselwirkung von Prallwänden und Trennvorhängen ist bei der Planung, Platzierung und Kon-struktion zu beachten.

2 Schalldämmung und Schallabsorption von Trennvorhängen

Sowohl beim Sportunterricht als auch im Trainingsbetrieb werden Trennvorhänge in Mehrfeldhallen nicht nur einge-baut, sondern auch sehr häufig genutzt. Ihre schalldäm-mende Zielfunktion bei Parallelbetrieb zwischen den Hal-lenbereichen wird in DIN 18032-4 [7] für den herabgelas-senen Zustand mit einem bewerteten Schalldämm-Maß R'_w von mindestens 22 dB gefordert. Dieser Wert ist (z. B.

nach DIN 52210-3 [8]) im Labor zu messen. Damit soll der betriebsfertige Trennvorhang in der Praxis, also inklusive aller Nebenwege, ein bewertetes Schalldämm-Maß von mindestens 18 dB erreichen. Diese Anforderung ist hart und wird meist deutlich verfehlt, da größere Öffnungen im Deckenbereich, an den Seiten oder bei offenen Schlupftüren die Regel sind. Offenbar ist dieser Zusammenhang (noch) nicht allen an der Planung Beteiligten bewusst, wie manche Dachformen zeigen, an denen ein schalldichter Deckenanschluss kaum möglich ist.

Lücken zu den Seitenwänden sind hingegen nachvoll-ziehbar, da die Beweglichkeit des Vorhangs einen gewissen Spielraum erfordert. Diese Lücken lassen sich aber akus-tisch wirkungsvoll behandeln, wie die folgenden Untersu-chungsergebnisse illustrieren. Für die Messungen wurde ein handelsüblicher Trennvorhang (zwei Lagen Kunststoff-bahnen mit jeweils einem Flächengewicht von $1,2 \text{ kg/m}^2$ und einem Abstand von 260 mm zueinander) im Wand-prüfstand eingebaut, siehe Bild 6.

Zunächst wurde die Schalldämmung des geschlosse-nen Trennvorhangs nach DIN 10140-2 [9] gemessen und danach auf einer Seite zur Wand ein schrittweise vergröß-erter Spalt geöffnet. Die Ergebnisse, jeweils mit bewerte-ten Schalldämm-Maß in der Legende, enthält Bild 7.

Die frequenzabhängige Schalldämmung des Trennvor-hangs ohne Spalt (0 cm) entspricht dem Verhalten einer nicht gespannten Membran mit zunehmender Schalldäm-mung bei höheren Frequenzen. Ebenso erwartungsgemäß reduziert sich die Schalldämmung mit zunehmender Spalt-breite, bei mittleren und hohen Frequenzen nahezu pro-portional. Bei praktisch durchaus typischen Spaltbreiten zwischen 6 und 10 cm sinkt das bewertete Schalldämm-Maß um 3 bis 4 dB gegenüber dem Fall mit nahtlosem Wandanschluss. Diese Entwicklung lässt sich auch rechne-risch nachvollziehen, allerdings nicht allein über das Flä-chenverhältnis (Spaltfläche/geschlossener Fläche). Für präzisere Berechnungen müssen die räumlichen Ausbrei-tungsbedingungen berücksichtigt werden.

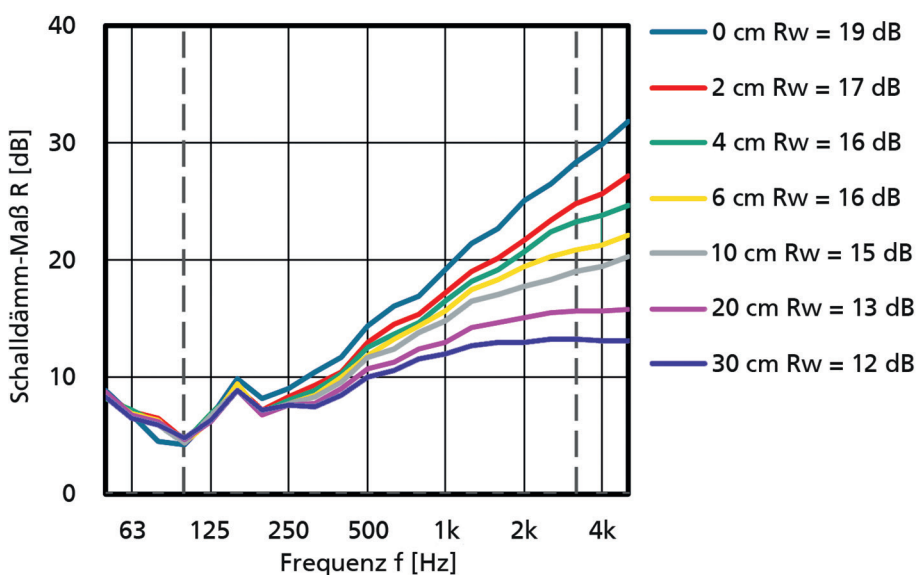


Bild 7. Gemessenes Schalldämm-Maß des Trennvorhangs mit seitlichem, in der Breite variiertem Randspalt sowie Angabe des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w .
Fig 7. Measured sound reduction index of the partition curtain with lateral gap and varying width, and indication of the weighted sound reduction index R_w .

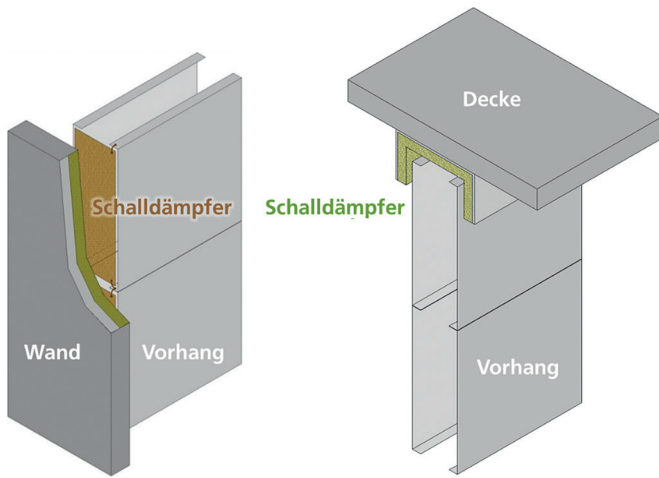


Bild 8. Mit Schallabsorbern bedämpfter Spalt zwischen Trennvorhang und Wand (braun: Absorber im Querschnitt des Trennvorhangs; grün: Absorber auf dem gegenüberliegenden Wandbereich).

Fig 8. Gap between partition curtain and wall damped with sound absorbers (brown: absorber shown in section of the partition curtain; green: absorber on opposite wall area).

Die Maßnahmen zur Erhöhung der Schalldämmung eines Trennvorhangs mit Spalt sind an sich naheliegend. Die offene Strecke zwischen Wand und Stirnseite des Trennvorhangs kann als „Spaltkanal“ betrachtet und bedämpft werden. Die Analogie liefern Schalldämpfer (-Kullissen) in Lüftungskanälen. Bild 8 zeigt diese Modifikation des Aufbaus aus Bild 6 mit schallabsorbierendem Material im Querschnitt des Trennvorhangs sowie auf dem gegenüberliegenden Wandbereich.

Die damit erreichbaren und in Bild 9 gezeigten Ergebnisse veranschaulichen, dass durch den Einsatz von ausreichend breitbandigen Schallabsorbern im Bereich des Spalts die Schalldämmung im mittleren bis höheren Frequenzbereich deutlich erhöht werden kann. Wenn auch der unter-

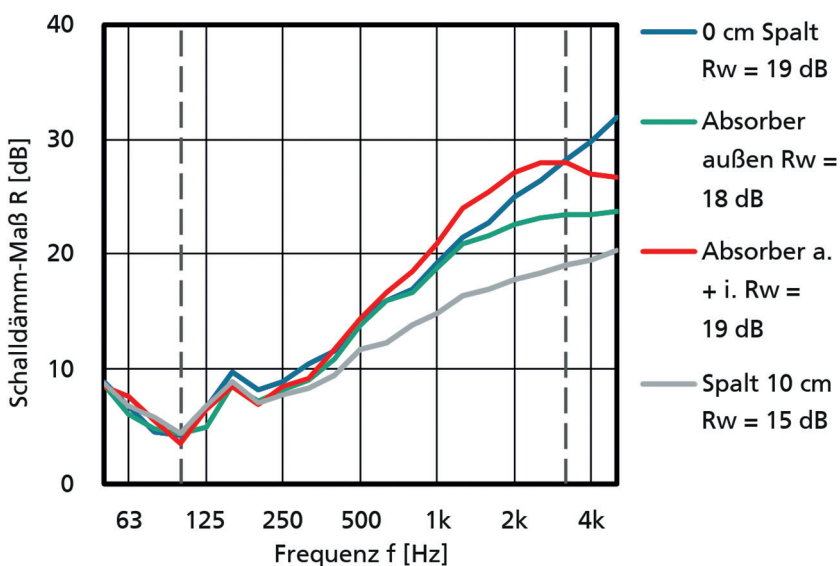


Bild 9. Gemessenes Schalldämm-Maß des Trennvorhangs mit 10 cm breitem Randspalt sowie mit und ohne Schallabsorber nach Bild 8 (auf der Wand 10 cm dicke Polyesterfaserschicht, am Vorhang 4 cm dicker Melaminharzschäum).

Fig 9. Measured sound reduction index of the partition curtain with lateral gap of 10 cm, as well as with and without sound absorber according to Figure 8 (10 cm layer of polyester fibre on the wall, 4 cm layer of melamine resin foam on the curtain).

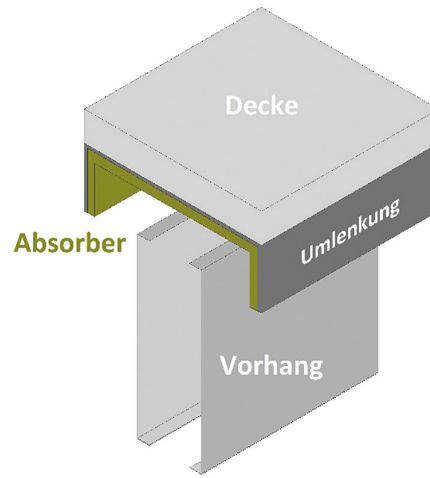


Bild 10. Bereich zwischen Decke und Trennvorhang mit absorbierend ausgekleideter Umlenkung.

Fig 10. Area between ceiling and partition curtain with absorber-coated deflection.

suchte Aufbau nicht praxisgerecht ist, eignet er sich doch als Anhaltspunkt für die Entwicklung passender Materialsysteme und für deren Umsetzung in Sporthallen.

Es wurde bereits der Deckenanschluss von Trennvorhängen erwähnt, zumal je nach Dachform und technischer Umsetzung die freien Öffnungen zwischen Trennvorhang und Decke erheblich sein können. Um auch darauf reagieren zu können, muss der eben beschriebene Bedämpfungsansatz erweitert werden. Dafür sind z. B. Schürzen, Umlenkungen oder gar Labyrinth-Systeme möglich. Deren Wirkung ist von der gewählten Geometrie, den Plattenmaterialien und natürlich von den Schallabsorbern abhängig. Die Abstände zwischen Umlenkung und Trennvorhang müssen z. B. das Hochziehen und den Platz für das Falten des Vorhangs ermöglichen. Auch zu dieser Konfiguration (Bild 10) können Messergebnisse (Bild 11) den Effekt veranschaulichen.

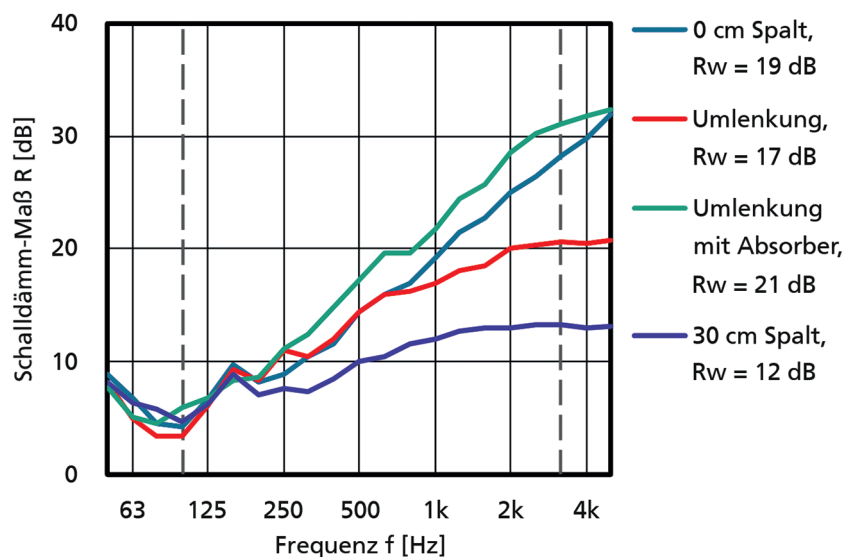


Bild 11. Schalldämm-Maß des Trennvorhangs mit einer Umlenkung ohne und mit 10 cm dickem Schallabsorber im Vergleich zu einem 30 cm breiten geraden Spalt und zum Fall ohne Spalt.

Fig 11. Sound reduction index of the partition curtain with a deflection with and without sound absorber (10 cm thick), in comparison to a straight gap of 30 cm and to the gapless variant.

Die Messergebnisse zeigen, dass eine Umlenkung allein bereits die resultierende Schalldämmung im Vergleich zu einem geraden Spalt spürbar erhöht. Die innenseitige Auskleidung mit schallabsorbierendem Material lässt die Schalldämmung sogar etwas über den Wert für den Vorhang ohne Spalt steigen. Die Dämpfung des Spaltes ist offenbar effektiv und die Umlenkung bestand aus deutlich schwererem Material als der Vorhang. In jedem Fall zeigen die Vorschläge das Schallschutzpotenzial auch mit seitlichen und oberen Spalten zwischen Trennvorhang und Wänden bzw. Decke. Praktisch gibt es (leider) noch weitere Nebenwege, die es zu beachten gilt. Dazu zählen z. B. Tribünen, Kabeltrassen und Lüftungskanäle. Deren akusti-

sche Integration ist keineswegs einfach, aber dennoch machbar.

Eine andere akustische Verbesserung sollte mit den großflächigen Trennvorhängen ebenfalls verknüpft werden: die Reduzierung der Nachhallzeit mittels schallabsorbierender Oberflächen. Zurzeit sind bereits Trennvorhänge erhältlich, die mittels einer dünnen schallabsorbierenden Auflage eine gewisse Wirksamkeit im höheren Frequenzbereich erreichen. Einerseits sollte diese Option bei Bedarf eingesetzt werden. Andererseits können weitere Ansätze zu noch höher absorbierenden Trennvorhangsystemen verfolgt werden. Ein Lösungsvorschlag ist in Bild 12 skizziert. Wesentlich ist dabei, dass der Trennvorhang ähnlich wie herkömmliche Trennvorhänge konstruiert ist, aber zusätzlich das gesamte (Raum-) Potenzial für die Schallabsorption ausschöpft. Da der Vorhang beidseitig absorbierend sein sollte, wechseln in der Höhe Teilbereiche mit und ohne schallabsorbierende Eigenschaften. Die für die Schalldämmung notwendige durchgehende Schicht wird ebenfalls wechselseitig auf beiden Seiten des Vorhangs ausgeführt. Innerhalb des Vorhangs wird diese mittels geschlossenen Querverbindungen miteinander verbunden.

Die schallabsorbierende Schicht kann aus einer gelochten Membran bestehen, die entweder mikroperforiert oder innenseitig mit einem passenden Akustikvlies ausgestattet ist. Als Rückvolumen dient der gesamte Hohlraum im zweischaligen Trennvorhang, so dass ein breitbandiges Absorptionsspektrum möglich ist.

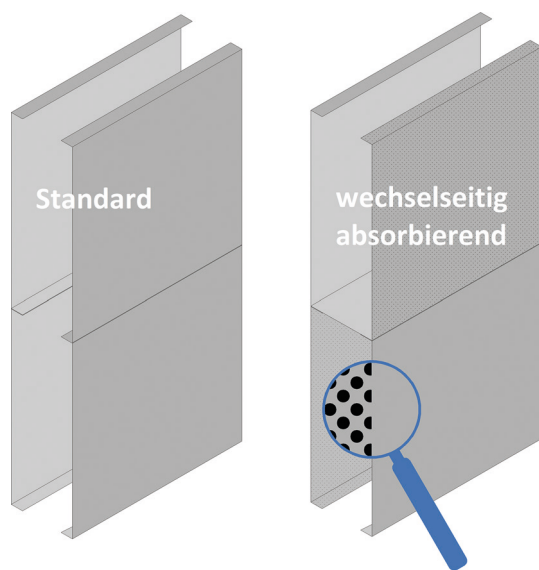


Bild 12. Lösungsvorschlag zur beidseitigen schallabsorbierenden Ausgestaltung von Trennvorhängen im Vergleich zur Standardausführung.

Fig 12. Proposed solution of a sound-absorbing coating on both sides of the partition curtains as compared to the standard variant.

3 Schallentstehung und -abstrahlung von Sportböden und Prallwänden

Während in diesem Beitrag bislang die Schallabsorption und Schalldämmung im Vordergrund standen, sei nun auf eine weitere Schallquelle in Sporthallen eingegangen. Laufende und springende Personen sowie der Aufprall von Bällen regt insbesondere Sporthallenböden zu Schwingungen an, die zur (Luft-) Schallabstrahlung führen [1]. Gemeinsam mit der sprachlichen und nichtsprachlichen Arti-

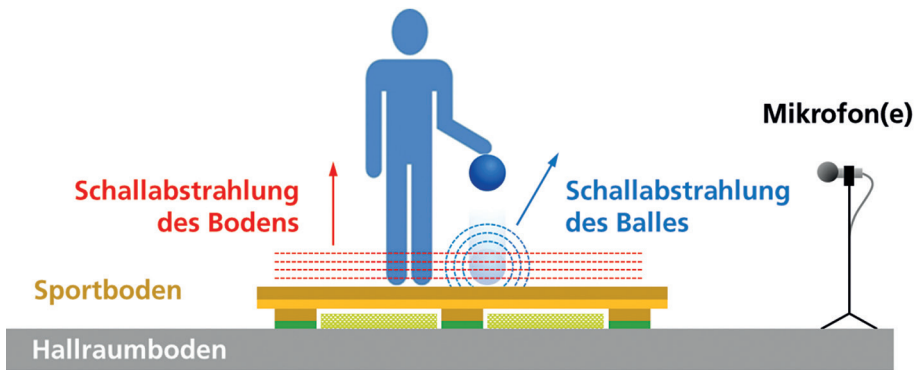


Bild 13. Messaufbau zur Bestimmung der Schallabstrahlung von Sportböden und Prallwänden im Hallraum.
Fig 13. Measurement set-up of the sound radiation of floors and baffle walls in sports halls in the reverberation room.

kulation durch die Nutzer kann sich der resultierende Schall in der Sporthalle zu einer ohrenbetäubenden Geräuschkulisse überlagern.

Die sport- und schutzfunktionalen Anforderungen (siehe DIN V 18032-2 [10]) fordern für die Böden ein Schwingverhalten, das diese Geräuschenstehung begünstigt. Jegliche Überlegungen oder gar Maßnahmen zur Beruhigung sollten daher alle Aspekte berücksichtigen und auf einem möglichst fundierten Verständnis der Zusammenhänge beruhen. Daher wurden die Geräusche z. B. beim Aufprall von Bällen ausführlich untersucht [1]. An erster Stelle stand ein aussagekräftiges und reproduzierbares Messverfahren. Bei der Anregungsquelle fiel die Wahl erstens auf den so genannten „Japanischen Gummiball“ (DIN 10140-5 [11] Anhang F.2), auch bekannt als schwere und weiche Trittschallquelle. Er zeichnet sich durch ein besonders geringes Eigengeräusch aus und trifft zur Anregung aus einer Fallhöhe von 100 cm auf den Boden. Zweitens wurde aber auch ein Standard-Basketball herangezogen, der bereits für die Rückprallmessung an Sportböden verwendet wird.

Aufgrund der impulsartigen Anregung eignet sich als Messgröße analog zu DIN EN ISO 10140-3 [12] der über

mehrere Messungen gemittelte maximale Schalldruckpegel L_{AFm0} in Terzen. Unter Laborbedingungen im Hallraum ermöglicht diese in Bild 13 dargestellte Konstellation die Simulation von Lauf-, Spring- und insbesondere Prallgeräuschen, so dass die akustische Reaktion der Böden aber auch von Prallwänden beschrieben und verglichen werden kann.

Bei den Böden werden flächenelastische, punktelastische und kombiniert bzw. mischelastische Ausführungen unterschieden. Für die Messungen wurden fünf charakteristische Böden ausgesucht und von einer Fachfirma aufgebaut. In Bild 14 sind Geräuschpegelspektren dargestellt, wobei es sich bei den Böden 1 und 3 um flächenelastische Holzkonstruktionen mit einer lastverteilenden Platte (Holzwerkstoff) auf einer elastischen Holzunterkonstruktion (Schwingboden) handelte. Der Oberbelag, Linoleum oder eine Beschichtung auf Verbundschaum, wurde aufgeklebt. Die Böden 2 und 4 sind ähnlich aufgebaut, allerdings sind die lastverteilenden Platten schwimmend auf einer elastischen Schicht verlegt. Im Fall von Boden 5 bestand der Aufbau aus einer harzgetränkten Platte aus Glasfasergewebe direkt auf einer Schaumstoffschicht (mischelastischer Boden).

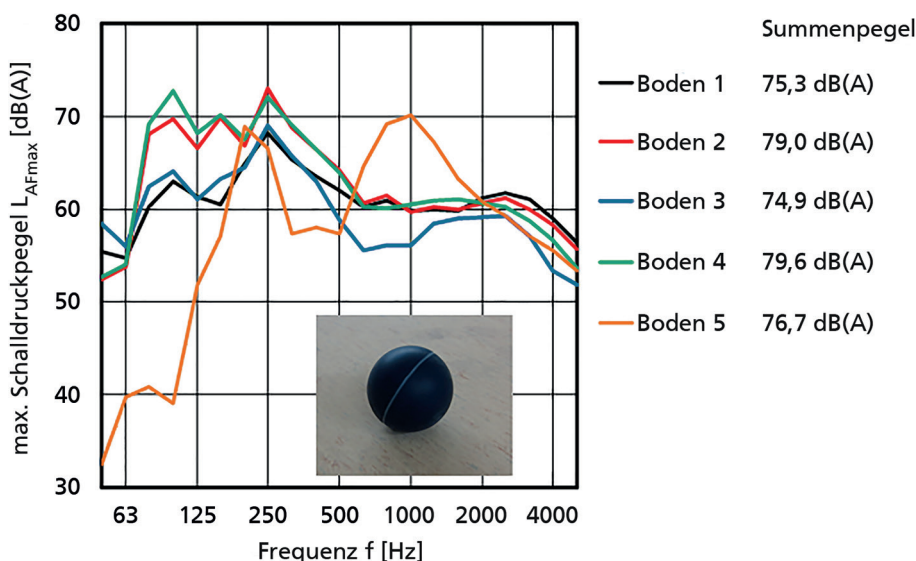


Bild 14. Gemessener Schalldruckpegel der Böden bei Anregung mit dem „Japanischen Gummiball“ im Hallraum.
Fig 14. Measured sound pressure level of the floors after excitation with the “Japanese Rubber Ball” in the reverberation room.

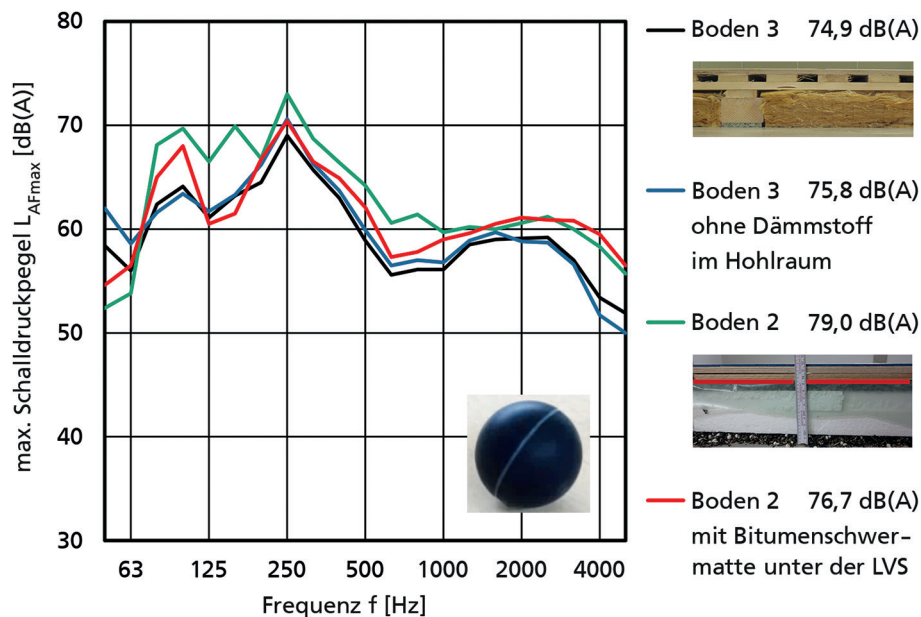


Bild 15. Gemessener Schalldruckpegel im Hallraum, Boden 3 mit und ohne Dämmstoff sowie Boden 2 mit und ohne Bitumenschwermatte.

Fig 15. Measured sound pressure level in the reverberation room, floor 3 with and without insulating material and without bitumen heavyweight mat.

Die Unterschiede der Summenpegel sind mit ca. 5 dB bereits sehr deutlich. Im Frequenzspektrum unterscheiden sich die Prallgeräusche jedoch noch mehr. Auffallend ist, dass sowohl Boden 1 als auch Boden 3 die niedrigsten Summenpegel aufweisen und dass die jeweils ähnlich aufgebauten Böden (1 und 3 sowie 2 und 4) zu relativ ähnlichen Frequenzverläufen mit Spitzenwerten bei 250 Hz führen. Boden 5 sticht durch besonders niedrige Pegel bei tiefen Frequenzen hervor. Das für Sportböden typische Dröhnen ist hier jedenfalls nicht in der ausgeprägten Form zu erwarten.

Um die Schallabstrahlung zu reduzieren, müssen die Schwingungen an der Bodenoberfläche reduziert oder bedämpft werden, ohne die sportfunktionalen Eigenschaften zu beeinträchtigen. Dazu gehört u. a. die Rückprallhöhe eines aus definierter Höhe fallenden Balls. Eine für nahezu alle Böden mögliche Maßnahme lässt sich exemplarisch am Boden 2 zeigen, indem eine Schwermatte mit geringer Dicke, hoher Dichte und signifikanter innerer Dämpfung zwischen dem Verbundschaum und der lastverteilenden Platte verlegt wird. Ebenfalls wurde untersucht, welchen Effekt die Hohlraumbedämpfung in der (schwingfähigen)

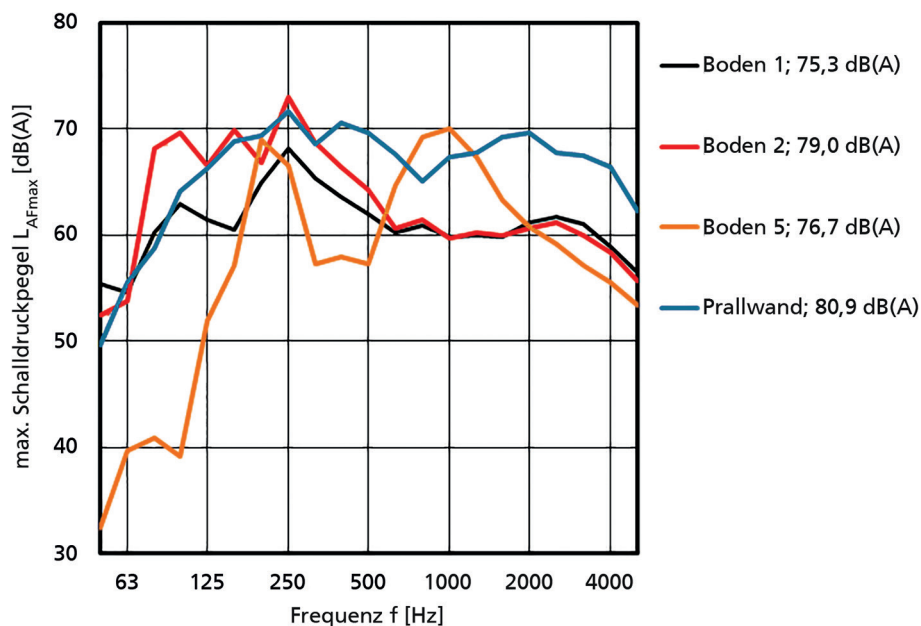


Bild 16. Gemessener Schalldruckpegel im Hallraum bei Anregung einer Prallwand mit dem „Japanischen Gummiball“ im Vergleich zu Messergebnissen an Sportböden [13].

Fig 16. Measured sound pressure level in the reverberation room after excitation of a baffle wall with the “Japanese Rubber Ball” in comparison to the measuring results of floors in sports halls [13].

Holzkonstruktion des Bodentyps 3 bewirkt. Die Ergebnisse dieser Messungen in Gestalt der Schalldruckpegel (Spektrum und Summenpegel) sind in Bild 15 jeweils im Vergleich dargestellt.

Bei Boden 3 ist die Wirkung des Dämmstoffes mit einem ca. 1 dB geringeren Summenpegel recht gering. Das Einbringen der Schwermatte mindert die Pegel zum Teil deutlich und auch der Summenpegel wird um mehr als 2 dB reduziert. Diese Differenz ist wahrnehmbar. Es sei hier erwähnt, dass in [13] zahlreiche weitere Detailergebnisse vorgestellt und erläutert werden. Dazu gehören auch Fragen zur Körperschallausbreitung in Sportböden, die wiederum zur Schall-Längsleitung entlang von Trennvorhängen beiträgt und deren Schallschutzwirkung beeinträchtigen kann.

Ein im Vergleich zum Ballprellen auf Sportböden zweifellos selteneres Ereignis sind Ballwürfe gegen Prallwände. Dennoch stellt sich auch hier die Frage nach den Aufprallgeräuschen, da Prallwände zum Schutz von Personen beim Aufprall ebenfalls ein besonderes, konstruktiv bedingtes Schwingverhalten aufweisen. So wurde die Messprozedur auf eine gelochte Prallwand mit hoher Schallabsorption übertragen, im Sinne der Vergleichbarkeit allerdings mit einer liegenden statt aufrechten Prallwand im Hallraum. Der Vergleich mit Sportböden in Bild 16 zeigt, dass die Pegel der Prallwand bei einigen Frequenzen um bis zu ca. 10 dB höher als die des im Aufbau ähnlichen Boden 1 ausfallen. Auch ist die Prallwand bei einfacher Anregung mit einem Ball in der Summe insgesamt mit ca. 81 dB(A) am lautesten. Während der Messung waren zusätzlich Klappergeräusche auffällig, die voraussichtlich beim Aufprall des Balls durch den teilweise losen Verbund zwischen Frontplatte und elastischer Tragkonstruktion entstehen. Das gesamte Geräuschverhalten kann daher z. B. durch elastische Lagen aus Stoff, Vlies, selbstklebendem Schaumstoff oder durch Verklebung der Frontplatte positiv beeinflusst werden.

Zwei wesentliche Anmerkungen erscheinen an dieser Stelle bemerkenswert: Erstens kann mit den vorliegenden Ergebnissen keine akustisch begründete (Vor-) Auswahl oder gar Rangliste bestimmter Sportbodensysteme vorgenommen werden. Diese ergibt sich in erster Linie aus den sport- und sicherheitsfunktionalen Zielvorgaben. Zweitens zählt angesichts der Lärmbelastung in Sporthallen gleichsam jedes dB Pegelminderung. Die Akustik sollte also zumindest als weitere wesentliche Eigenschaft von Sportböden und Prallwänden berücksichtigt und die Schallentwicklung bei der Nutzung minimiert werden.

Danksagung

In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus mehreren Projekten vorgestellt. Das Projekt „Bauteile und Bausysteme für die akustische Gestaltung von Sporthallen“ wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert und das Projekt „Verbesserung der akustischen

Eigenschaften von Sporthallenböden“ im Auftrag des Bundesinstituts für Sportwissenschaften (BISp) durchgeführt. Darüber hinaus gilt der Dank den als Projektpartnern beteiligten Unternehmen für ihre wertvolle Unterstützung.

Literatur

- [1] *Drotleff, H.* et. al.: Lauter Sport in leisen Hallen – Akustische Gestaltung von Sport- und Schwimmhallen; Fraunhofer-Institut für Bauphysik; Fraunhofer Verlag, 2. Auflage 3/2015.
- [2] DIN 18041:2016-03: Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [3] *Späh, M., Leistner, P., Zhou, X.*: Bauteile und Bausysteme für die akustische Gestaltung von Sporthallen. IBP-Bericht B-BA 2/2018, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart, 2018.
- [4] DIN 18032-1:2014-11: Sporthallen – Hallen und Räume für Sport und Mehrzwecknutzung – Teil 1: Grundsätze für die Planung. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [5] *Leistner, P., Kittel, M., Liebl, A.*: Akustische Gestaltung von Sport- und Schwimmhallen. Lärmbekämpfung, Bd. 10 Nr. 4, Juli 2015.
- [7] DIN 18032-4:2002 Sporthallen – Hallen für Turnen, Spiele und Mehrzwecknutzung – Teil 4: Doppelschalige Trennvorhänge. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [8] DIN 52210-3:1987 Bauakustische Prüfungen – Luft- und Trittschalldämmung. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [9] DIN EN ISO 10140-2:2010 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [10] DIN V 18032-2:2001 Hallen für Turnen, Spiele und Mehrzwecknutzung – Teil 2 Sportböden, Anforderungen, Prüfungen (Vornorm). DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [11] DIN EN ISO 10140-5:2014 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [12] DIN EN ISO 10140-3:2010 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 3: Messung der Trittschalldämmung. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag, Berlin.
- [13] *Leistner, P., Koehler, M.*: Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Sporthallenböden. Sportverlag Strauß, Hellingenthal 2017 (ISBN 978-3-86884-541-9).

Autoren dieses Beitrages:

Dr. Moritz Späh, moritz.spaeh@ibp.fraunhofer.de
 M.BP. Dipl.-Ing. (FH) Mark Koehler, mark.koehler@ibp.fraunhofer.de
 Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner, philip.leistner@iabp.uni-stuttgart.de

Alle:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
 Nobelstr. 12
 70569 Stuttgart



Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)

Stuttgart

Postfach 80 04 69 – 70504 Stuttgart

Nobelstraße 12 – 70569 Stuttgart

Holzkirchen

Postfach 11 52 – 83601 Holzkirchen

Fraunhoferstraße 10 – 83626 Valley

www.ibp.fraunhofer.de