

Freihantelbereiche akustisch unter Kontrolle bringen

U. Gerhafer, H. Bertsch, S. Wiederin, Getzner Werkstoffe GmbH, Bürs, A

Abstract

Unsachgemäß abgelegte oder abgeworfene Hanteln führen zu starken Erschütterungen — zum Problem wird dies besonders in Fitnessstudios, die in Büro-, Wohn- oder Hotelgebäuden unterbracht sind. Kritisch ist dabei nicht nur die daraus resultierende Lärmbelastung im Gebäude, sondern auch die potenzielle Schädigung der bestehenden Deckenaufbauten, hervorgerufen durch die starken Impulsbeanspruchungen.

Fachleute empfehlen in solchen Fällen meist — sofern statisch möglich — zusätzliche, abgefederte Masse einzubringen. In der Praxis ist diese Lösung für die Fitnessstudios aber oft mit hohem wirtschaftlichem Aufwand und zeitlichen Einschränkungen beim laufenden Betrieb verbunden.

Abgeleitet aus dieser Problemstellung hat Getzner die neuen g-fit Bodenaufbauten entwickelt. Durch ihre geringen Aufbauhöhen und das geringe Gewicht eignen sie sich besonders für Renovierungen oder den nachträglichen Einbau. Durch die Kombination von dämpfenden und hochelastischen Polyurethan-Schichten wird eine optimale, auf den vorliegenden Belastungsbereich abgestimmte Dämmwirkung erzielt. Gleichzeitig wird ein stabiler Stand der Athleten gewährleistet und ein zu starker Rückprall der Hanteln vermieden, was zur Minimierung des Verletzungsrisikos beiträgt.

Neben der eigentlichen Entwicklung der Produkte hatte aber auch die Entwicklung eines Prognosetools einen hohen Stellenwert. Basierend auf 306 Fallversuchen aus 102 verschiedenen Kombinationen von Hantelgewicht, Fallhöhe und Bodenaufbau wurden die Zusammenhänge zwischen Fallenergie und Schalldruck bzw. Erschütterung für alle g-fit Bodenaufbauten bestimmt und daraus die notwendigen Gesetzmäßigkeiten für das Prognosetool abgeleitet. Mit dem Tool lassen sich Prognosen für beliebige Einbausituationen mit relativ hoher Genauigkeit erstellen. Unter Berücksichtigung der gegebenen Anforderungen und der Situation vor Ort, kann somit der technisch und wirtschaftlich optimale Bodenaufbau ausgewählt werden.

Freihantelbereiche akustisch unter Kontrolle bringen

Ulrich Gerhaher, Helmut Bertsch, Sebastian Wiederin

Getzner Werkstoffe GmbH, Herrenau 5, A-6706 Bürs

ulrich.gerhaher@getzner.com, helmut.bertsch@getzner.com, sebastian.wiederin@getzner.com

www.getzner.com

Einleitung

Fitnessstudios, die in Büro-, Wohn- oder Hotelgebäuden untergebracht sind, sehen sich immer wieder mit dem Problem konfrontiert, dass die starken Erschütterungen durch unsachgemäß abgelegte oder auch abgeworfene Hanteln zu Lärmbelästigungen und Erschütterungen im gesamten Gebäude führen können. Zudem können durch die starken Impulsbeanspruchungen Schäden an bestehenden Deckenaufbauten hervorgerufen werden. Üblicherweise empfehlen Fachleute in solchen Fällen zusätzliche abgefederte Masse einzubringen. Dies ist jedoch in der Praxis meist mit sehr großem wirtschaftlichem Aufwand und zeitlichen Einschränkungen beim Betrieb des Studios verbunden oder aus Gründen der Statik von vornherein auszuschließen.

Abgeleitet daraus hat Getzner die neuen g-fit Bodenaufbauten entwickelt, die durch ihre geringen Aufbauhöhen und geringem Gewicht auch für Renovierungen eingesetzt werden können und die durch die Kombination von dämpfenden und hochelastischen Materialeigenschaften eine optimale Wirksamkeit erzielen.

Ausgangssituation der Entwicklung

Im Hantelbereich müssen dabei sehr gegensätzliche Anforderungen berücksichtigt werden. Die dynamische Steifigkeit des Bodenaufbaus muss gering sein, um bei ausreichender Materialdicke einen möglichst weichen Aufprall der Hanteln am Boden zu erreichen. Für schwere Hanteln muss der Aufbau jedoch entsprechend steif genug sein, um ein hartes Durchschlagen und damit starke Anregungen im hörbaren Frequenzbereich (20 Hz bis 20 kHz) zu vermeiden. Der Einsatz von herkömmlichen hochabriebfesten Schutzschichten alleine, welche lediglich einen geringen Teil des Aufpralls abfedern, ist oft nicht ausreichend. Gleichzeitig muss gewährleistet sein, dass die Athleten einen stabilen Stand auf dem Aufbau finden und ein zu starker Rückprall der Hanteln vermieden wird, um Verletzungen zu vermeiden. Da die hier vorgestellten Aufbauten für den Freihantelbereich einerseits für Renovierungen und andererseits in Kombination mit anderen Aufbauten verwendet werden, war zudem auf eine möglichst geringe Aufbauhöhe zu achten.

Da Hantelbereiche in der Regel mit sehr unterschiedlichen Hantelgewichten, Formen und Abwurfhöhen genutzt werden, muss außerdem darauf geachtet werden, dass die Aufbauten bei unterschiedlichsten Beanspruchungen die geforderte Dämmleistung erreichen. Aus diesem Grund führt die Verwendung nur eines homogenen Dämmmaterials – mit einer zusätzlichen abriebfesten Schicht zum Schutz des Materials – nicht zum Ziel einer optimalen Dämmung. Für den Einsatz in einem erweiterten Beanspruchungsbereich ist es vielmehr vorteilhaft, Materialien mit unterschiedlichen Steifigkeiten und Dämpfungseigenschaften kombiniert übereinander anzuordnen. So können leichte Hanteln weit genug eindringen, um ausreichend gedämmt zu werden und schwere Hanteln schlagen dennoch nicht auf die Rohdecke durch.

Neben der eigentlichen Entwicklung der Produkte hatte aber auch die Entwicklung eines Prognosetools einen hohen Stellenwert. Nur so ist es möglich, für gegebene Anforderungen sowohl technisch als auch wirtschaftlich den optimalen Aufbau auszusuchen und so die beste Lösung anbieten zu können.



Abbildung 1, links: Anwendungsbeispiel der g-fit Bodenaufbauten (hier orange dargestellt) mit Deckschicht (schwarz) für die Nachrüstung bestehender Bodenaufbauten, zur Schwingungsisolation und zum Schutz des Bestandbodens; rechts: Handelsüblicher Sportbodenbelag aus Gummigranulat als Deckschicht

Durchführung der Fallversuche

Eine Berechnung des sekundären Luftschalls nach EN 15657 ist nicht möglich, da es sich hier um Impulsanregungen handelt, für welche keine Körperschall-Leistung nach dem in der Norm angegebenen Verfahren ermittelt werden kann. Ebenso wenig gibt die EN 12354 Prognosemethoden für diese Art von Schallquellen vor. Aus diesem Grund wurden umfangreiche Fallversuche durchgeführt, bei welchen die Masse, die Form des Hantelkörpers, die Fallhöhe und die Bodenaufbauten variiert wurden. Als obere Deckschicht wurde für alle Versuche ein handelsüblicher Sportbodenbelag auf der Basis von EPDM und SBR Granulaten mit einer Dicke von 18 mm als Abriebschutz für die Polyurethanmatten verwendet, siehe Abbildung 1 rechts.

Für die Polyurethan-Schichten werden Materialien unterschiedlicher Steifigkeit und Dämpfungseigenschaften verwendet. Die Fallversuche wurden an den in Tabelle 1 aufgeführten vier Standardbodenaufbauten sowie zwei weiteren Aufbauten (unterschiedliche Sportböden alleine) durchgeführt, wobei die letzten beiden als Referenzmessungen zur Prognose von Aufbauten mit anderen Deckschichten herangezogen werden.

	Dicke	Flächengewicht	übliche Gewichte bis	Fallversuche		
				Gewichte	max. Fallhöhe	max. Fallenergie
g-fit Shock Absorb Typ	[mm]	[kg/m ²]	[kg]	[kg]	[cm]	[J]
Shock Absorb base	12 (+ 18)	2	150	10 - 50	80	392
Shock Absorb advanced	25 (+ 18)	5	150	10 - 60	80	471
Shock Absorb pro	50 (+ 18)	10	150	20 - 80	80	628
Shock Absorb extreme	75 (+ 18)	18	250	25 - 100	160	942
Sportbodenbelag alleine	18		/	10 - 25	80	196

Tabelle 1, g-fit Bodenaufbauten, die in Kombination mit einer Deckschicht verwendet werden

Insgesamt wurden 306 Fallversuche aus 102 verschiedenen Kombinationen mit jeweils mindestens drei Wiederholungen aufgezeichnet und ausgewertet. Die Kurzhanteln wurden von Hand gehoben, die größeren Gewichte der Langhantel mit einem Flaschenzug in Position gebracht, siehe Abbildung 2. Der Aufprall der Gewichte auf die elastischen Aufbauten erfolgte mittig im Senderraum des nach [1] genormten akustischen Prüfstandes (Referenzdecke mit Deckenstärke 14 cm). Nahe des Deckenrandes war ein Beschleunigungsaufnehmer für Messungen in vertikaler Richtung angebracht. Diese Position ist günstig, da alle Eigenformen der Decke möglichst gleich erfasst werden und zudem die Schwingungen am Deckenrand maßgeblich sind für die Weiterleitung in Nachbarräume. Im Raum darunter, dem sogenannten Empfangsraum, wurden die Schalldruckpegel über Mikrofone gemessen.

In der ersten Phase der Entwicklung der Bodenaufbauten wurden Messreihen in einem Fitnessstudio gemacht, bei welchen Langhanteln von Athleten aus unterschiedlichen Höhen abgeworfen wurden. Die Messungen zeigen, dass der zeitliche Abstand zwischen den Kontakten der beiden Seiten mit dem Bodenaufbau einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis hat und daher große Streuungen zu erwarten wären. Daher wurden in der hier vorgestellten Messreihe für die Datenbasis des Prognosetools die Gewichte zu einem Packet zusammengefasst und damit der ungünstigste Fall eines gleichzeitigen (und nahe beieinander liegenden) Aufschlags simuliert.

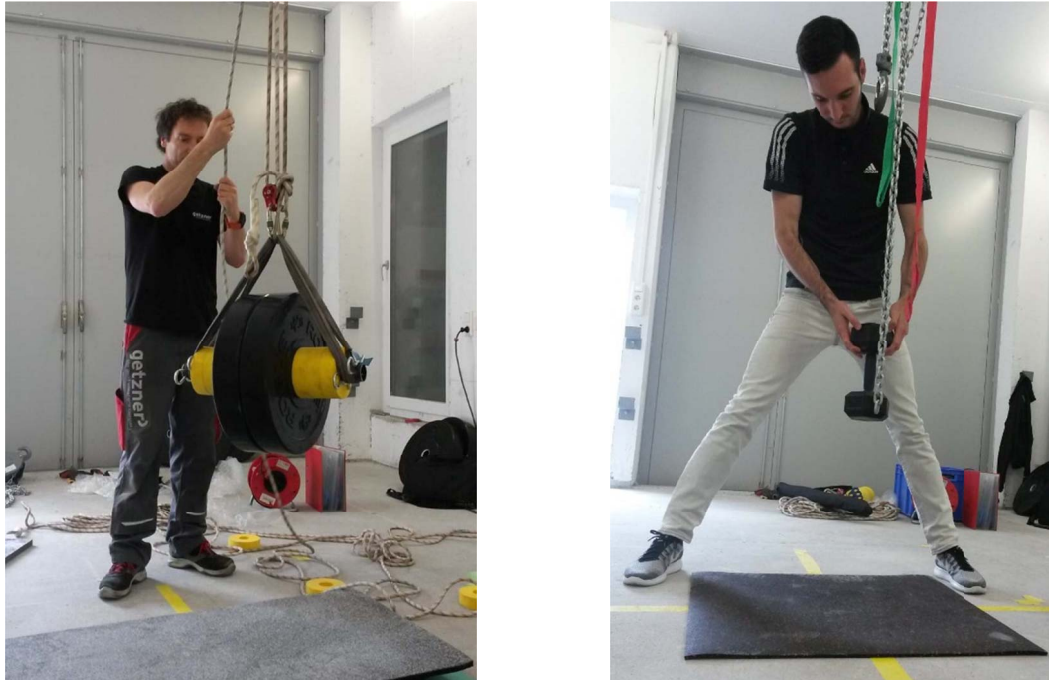


Abbildung 2, Durchführung der Messungen im akustischen Deckenprüfstand

Für die Versuche mit Kurzhanteln wurden die Ergebnisse bei verschiedenen Winkelstellungen verglichen (0° Position = horizontale Haltung und damit Gewichte auf gleicher Höhe, um 45° gedrehte Position und um 90° gedrehte Position, Letzteres wie in Abbildung 2 rechts ersichtlich). Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, liegen die Summenpegel der Fallversuche mit 90° Position im Mittel um 5,0 dB über dem Mittel der Pegel der Versuche mit der 0° Position und der 45° Position. Die 90° Position stellt also den ungünstigsten Fall dar. Werden Hanteln mit anderen Formen, so können Abweichungen zu den gemessenen bzw. zu den prognostizierten Werten auftreten, die jedoch nicht genauer erfasst wurden.

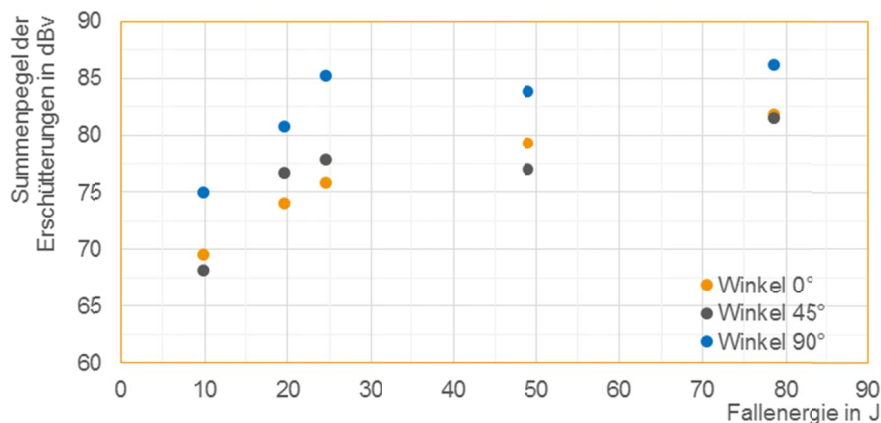


Abbildung 3, Gegenüberstellung der Summenpegel der Erschütterungen bei unterschiedlicher Winkelstellung der Kurzhanteln auf dem handelsüblichen Sportbodenbelag

Bei den Kurzhantelversuchen mit 0° und 45° Position trat zudem die Herausforderung auf, dass die Hanteln je nach Bodenaufbau mehr oder weniger unkontrolliert zur Seite wegsprangen, was bei zunehmenden Gewichten eine erhebliche Verletzungsgefahr für die Prüfer darstellte. Auch hier zeigte sich, dass die hochdämpfende Wirkung einzelner Schichten der g-fit Shock Absorb Aufbauten dieses seitliche Wegspringen stark reduzierte und damit die Sicherheit der zukünftigen Athleten erhöht wird.

Die Auswertung zeigte, dass bei gleicher Fallenergie die Schalldruckpegel bei Kurzhanteln im Mittel um ca. 5 dB(A) höher lagen, als die Werte der Langhantelgewichte. Begründet liegt dies in der unterschiedlichen Form der Hanteln: die Langhantelgewichte haben einen relativ großen Radius und damit eine größere Lastverteilungsfläche als die Kurzhanteln, wenn sie mit der Seitenfläche aufkommen. Für die anschließende Auswertung wurde ein entsprechender Korrekturwert K eingeführt, der später im Prognosetool je nach verwendetem Hanteltyp berücksichtigt werden kann.

Auswertung der Erschütterungsmessungen

Aus den Beschleunigungsdaten wurden die Schwingschnellen berechnet und daraus über die Terzen von 8 Hz bis 500 Hz die energetischen Mittelwerte der maxHold-Werte (FAST-Bewertung) der jeweils drei korrespondierenden Fallversuche gebildet. Rein aus technischer Sicht wäre auch die Verwendung der Impuls-Bewertung mit Zeitkonstante 35 ms für die Berechnung des gleitenden Effektivwertes möglich. Diese Bewertung wird jedoch kaum angewendet und Grenzwerte wie der KB-Wert nach [2] werden mit FAST-Bewertung ermittelt.

In einer Optimierungsroutine wurden für jedes Terzband die Parameter einer Näherungsfunktion zur Beschreibung der Schwingschnelle in Abhängigkeit von der Fallenergie bestimmt. Der Zusammenhang kann gut als logarithmische Funktion über die Fallenergie dargestellt werden. Eine etwas bessere Übereinstimmung kann mit einem Polynom dritten Grades erreicht werden. In Abbildung 4 wird beispielhaft gezeigt, dass zwischen den gemessenen Werten und den aus den Polynomen errechneten Werten eine gute Übereinstimmung – aber auch eine Glättung der Versuchsdaten – erzielt werden konnte.

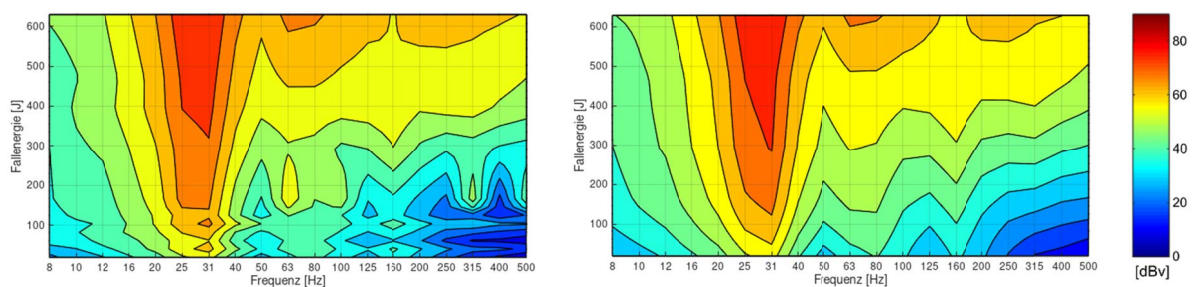


Abbildung 4, Erschütterungsmessungen mit g-fit Shock Absorb pro, links gemessene Schwingschnellen, rechts berechnete Werte mit Glättung durch Polynome

Durch die erzeugten Datensätze kann in weiterer Folge für jeden Aufbau und für jedes Terzband die Schwingschnelle in Abhängigkeit von der Fallenergie für die oben beschriebene Messsituation (Massivdecke mit 14 cm Stärke und einem Flächengewicht von 350 kg/m²) berechnet werden. Um basierend darauf eine Erschütterungsprognose z.B. für den benachbarten Raum durchzuführen, müssen die Einflüsse der Raumgeometrien (Laborgebäude und Gebäude der Anwendung), Steifigkeit der Decke und jener der angrenzenden Bauteile (z.B. Einspannung in Wände) mit berücksichtigt werden. Diese Zusammenhänge rein rechnerisch zu berücksichtigen ist kaum möglich. Das bedeutet, dass eine Prognose für eine bestimmte Einbausituation nicht basierend auf Ein-Zahlen-Werten wie etwa dem KB-Wert nach [2] oder Summenpegeln erfolgen kann. Die Bewertung einer neuen Situation muss bzgl. der Erschütterungen immer in Abhängigkeit der Frequenz erfolgen, da einzelne Frequenzbereiche einen mehr oder weniger großen Einfluss auf den Summenpegel haben.

Um eine Erschütterungsprognose durchführen zu können, müssen daher vor Ort einzelne Fallversuche mit einem oder zwei Fallenergieniveaus auf einen der gemessenen Bodenaufbauten durchgeführt werden. Mit diesen Referenzmessungen können dann die Datensätze aller Bodenaufbauten an die jeweilige Bausituation entsprechend angepasst werden.

Beispiel einer Erschütterungsprognose für g-fit Shock Absorb pro:

Für ein Fitnessstudios soll vor der Installation eines Shock Absorb pro Aufbaus berechnet werden, welche Schwingschnellen im Gymnastikbereich zu erwarten sind, wenn im benachbarten Hantelbereich schwere Langhanteln (40 kg aus 150 cm Höhe geworfen, d.h. 590 J Fallenergie) abgeworfen werden und mit welcher Maßnahme die gesetzten Anforderungen eingehalten werden können. Hierfür müssen zuerst die Diagramme mit einzelnen Fallversuchen an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden, z.B. mit je drei Versuche mit einer 25 kg Hantel aus 82 cm bzw. 122 cm Höhe auf Shock Absorb pro, siehe Abbildung 5.

Für die beiden Fallenergien der Versuche von 200 J und 300 J werden die Schwingschnellen der Labormessungen mithilfe der Messdaten für Shock Absorb pro in Abbildung 4 rechts ermittelt (graue Linien in Abbildung 5). Die Versuchsdaten vor Ort (blaue Linien) werden als Basis für die Prognose der 590 J Fallenergie herangezogen. Dann wird jeweils die mittlere Differenz dieser Kurven zu den Kurven der Labordatenversuche für jedes Terzband ermittelt. Dieser Wert stellt den Korrekturwert dar, mit welchem von den Laborbedingungen auf die Bedingungen vor Ort umgerechnet werden kann.

Zu erkennen sind in diesem Beispiel folgende Effekte: Durch dieses Prognoseverfahren wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die Deckeneigenfrequenzen im Labor bzw. vor Ort bei ca. 30 Hz bzw. 20 Hz liegen und daher die Resonanzüberhöhungen wesentlich anders ausfallen. Des Weiteren ist zu sehen, dass die höheren Frequenzen ≥ 63 Hz vergleichsweise stark hervortreten werden. Bezüglich sekundärem Luftschall wird der Frequenzbereich von 200 Hz bis 400 Hz relevant sein (bei A-Bewertung).

Die ermittelte Prognosekurve kann nun z.B. für die Berechnung eines KB-Wertes nach DIN 4150-2 oder für die Abschätzung des sekundären Luftschalls z.B. nach der VDI 2719 verwendet werden.



Abbildung 5, Beispiel einer Erschütterungsprognose für den Aufprall einer Langhantel mit 40 kg aus 150 cm Höhe auf Shock Absorb pro für eine bestehende Bausituation

Auf diese Art lassen sich mit sehr einfachen Messungen vor Ort vergleichsweise genaue Prognosen erstellen und damit das optimale Material auswählen.

Auswertung der Luftschallmessungen

Die Auswertung der akustischen Messungen aus dem Raum unterhalb der angeregten Decke wurden in Anlehnung an [3] durchgeführt, wobei die Messergebnisse durch Berücksichtigung der Nachhallzeit standardisiert wurden. Jeder Aufprall wurde getrennt und aus mehreren Mikrofonpositionen aufgezeichnet und die energetisch gemittelten maxHold-Werte für jede Terz gebildet. Zur Berechnung der Effektivwerte wurde auch hier die FAST-Bewertung angewendet, da dies für diese Art von Anregung die allgemein übliche bauakustische Bewertung ist und damit zudem ein direkter Vergleich zur Literatur und zu den Erschütterungsauswertungen möglich ist.

Abbildung 6 zeigt die Abhängigkeit der Summenpegel des Schalldrucks von der Fallenergie für die sechs untersuchten Materialien, welche terzweise durch Näherungsfunktionen aus Polynomen dritten Grades abgebildet wurden.

Für die Auswahl des passenden Materials ist meist die Prognose des Summenpegels des Schalldrucks $L_{A,F,max}$ ausreichend, da durch unterschiedliche Deckenstärken zwar die Pegelhöhe, aufgrund des betrachteten Frequenzbereiche aber kaum die Charakteristik des Signals beeinflusst wird. Eine Bewertung für jedes Terzband ist daher, ganz im Gegensatz zu Erschütterungsprognosen, hier nicht zwangsläufig notwendig. Die ermittelten Näherungsfunktionen für jede Terz lassen jedoch auch eine detailliertere Betrachtungsweise zu.

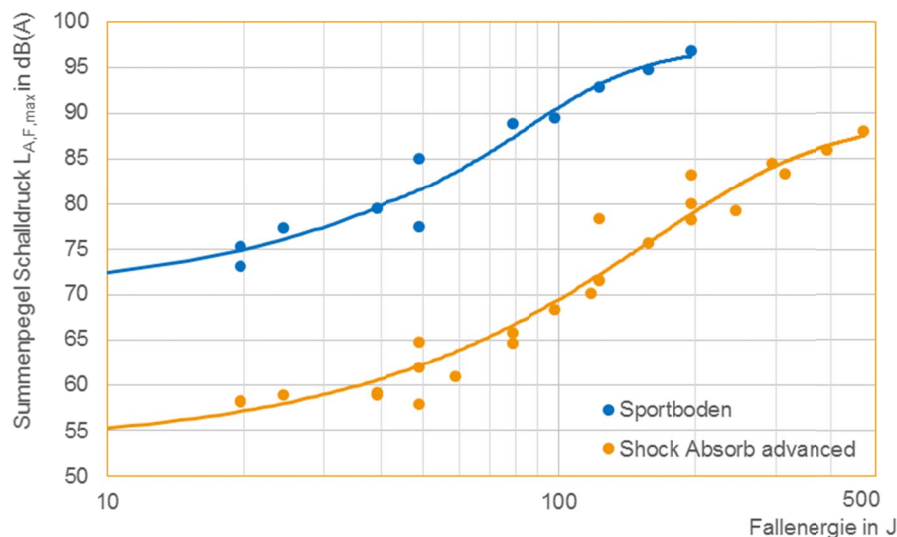


Abbildung 6, Summenpegel des Schalldrucks in Abhängigkeit von der Fallenergie mit Näherungskurven für das Prognosetool, beispielhaft dargestellt für die gemessenen Werte des g-fit Shock Absorb advanced aus Tabelle 1

Bei Prognosen von $L_{A,F,max}$ Werten ist darauf zu achten, dass aufgrund der kurzen Signaldauer ausreichend viele Mikrofonpositionen sowie mindestens drei Wiederholungen notwendig sind, um die Streuung der Messwerte weitestgehend zu minimieren. Trotzdem kann die Messgenauigkeit derzeit noch nicht endgültig eingeschätzt werden. Die Erfahrung der bisherigen Messungen zeigt, dass die meisten Ergebnisse im Toleranzbereich von ± 2 dB(A) liegen, es aber immer wieder zu Ausreißern von ± 5 dB(A) kommen kann, wobei die Ursachen dafür noch genauer analysiert werden.

Eine Gegenüberstellung der Erschütterungsmessungen und des Schalldrucks, wie beispielhaft für einen Bodenaufbau in Abbildung 7 dargestellt, zeigt deutlich eine gute qualitative Übereinstimmung der Messgrößen. Diese Überprüfung der Messwerte für alle Aufbauten und für jedes Terzband separat wurde als Plausibilitätskontrolle der Messergebnisse durchgeführt. Im gezeigten Beispiel werden die Werte von Shock Absorb pro jenen von Shock Absorb base im Sinne von Pegeldifferenzen beider Aufbauten gegenübergestellt. Vergleicht man die so erhaltenen Pegeldifferenzen (Relativpegel zweier Aufbauten) der Erschütterungen mit jenen Schalldruckpegel, so ist die Ähnlichkeit der Darstellungen offensichtlich. Der direkte Zusammenhang ist gegeben und damit wäre auch die Abschätzung des

sekundären Luftschalls aus Schwingungsmessungen, wie in [4] dargestellt, zulässig. Die Abweichungen zwischen den relativen Schalldruckpegeln und den relativen Erschütterungspegeln liegen über weite Bereiche zwischen -2 dB und +2 dB. Im tieffrequenten Bereich weichen die Schalldruckpegel zwischen -6 dB und +4 dB ab. Diese Abweichungen dürften infolge der angeregten Eigenformen der Decke sowie akustischer Raumeffekte bei tiefen Frequenzen entstehen.

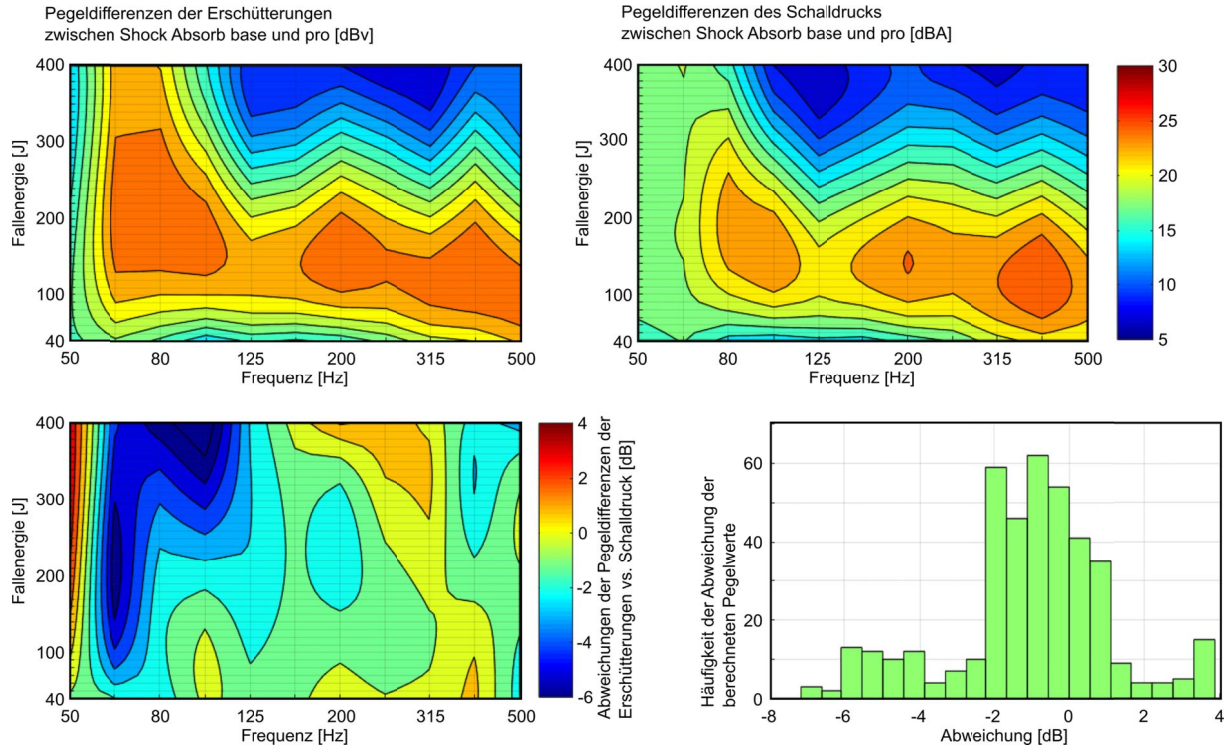


Abbildung 7, Grafischer Vergleich zur Kontrolle der Übereinstimmung von Schalldruckpegeln und Erschütterungen, beispielhaft an den berechneten Näherungswerten für Shock Absorb base zu Shock Absorb pro

Im nächsten Schritt wurde für die Erstellung des Prognosetools analog zu Gleichung B.5 in [5] basierend auf Fallversuchen an der Rohdecke ein logarithmischer Ansatz zur Berücksichtigung der Deckenmasse entwickelt. Die direkte Verwendung der Gleichung aus [5] ist nicht möglich, da sich die spektrale Verteilung der Schalldruckpegel bei einem Hantelaufprall von jener bei Verwendung des Normhammerwerks unterscheidet, siehe Abbildung 8. Die Parameter der Gleichung mussten daher anhand von Fallversuchen auf die Rohdecke und auf unterschiedliche Shock Absorb Aufbauten kalibriert werden.

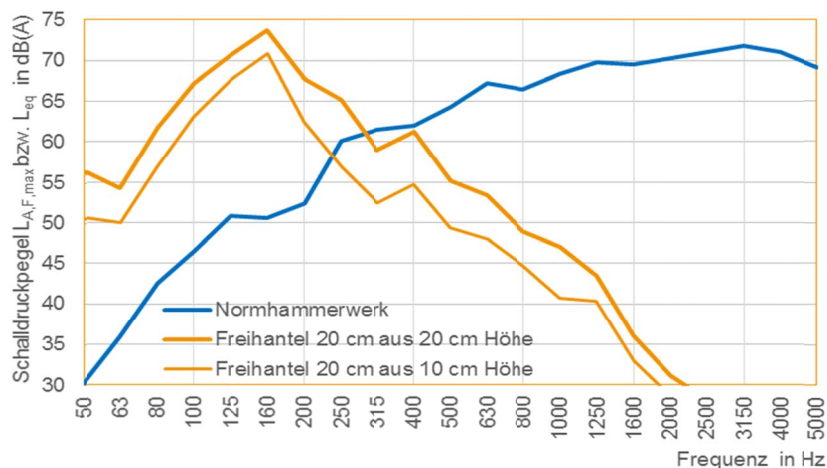


Abbildung 8, Vergleich der Schalldruckpegel bei Anregung mit Normhammerwerk ($L_{eq,F}$) und Anregung mit Freihantelfall (maxHold Pegel, FAST-bewertet) beim Aufschlag einer Hantel mit 20 kg aus 10 cm bzw. 20 cm Höhe jeweils direkt auf eine Referenzdecke (Deckenstärke 14 cm)

Verbesserungen für die Athleten

Neben der Schall- und Erschütterungsisolation ist auch auf die Nutzbarkeit des Trainingsbereichs durch den Athleten zu achten. Der Aufbau muss steif genug sein, um ein sicheres Gehen und vor allem einen optimalen Stand beim Heben schwerer Gewichte zu garantieren. Zu federnde, dicke Aufbauten, die bzgl. der Isolationswirkung bessere Ergebnisse erreichen würden, scheiden dadurch aus. Durch zahlreiche Versuche von und mit Profisportlern sowie mehrjähriger Erfahrung aus bereits umgesetzten Projekten wurden im Rahmen der Entwicklung optimale Lösungen gefunden. Bei diesen wurde durch gezielte Kombination von elastischen und dämpfenden Eigenschaften neben der erschütterungstechnischen und der akustischen Herausforderung zugleich aber auch dem System umgesetzt, bei welchem ein großer Teil der Fallenergie entzogen wird, wodurch der Rückprall der Hanteln stark reduziert wird.

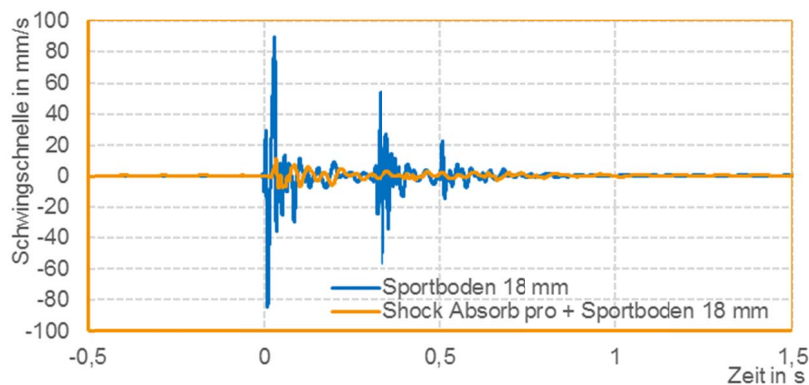


Abbildung 9, Darstellung eines Zeitsignals der Schwingschnellen, zu sehen ist das markante, mehrfache Auftreten der Hantel, das mit Shock Absorb pro nicht auftritt

Teilweise werden die Räume, die für Hanteltraining verwendet werden, auch für andere Aktivitäten genutzt, d.h. die Böden müssen den Anforderungen für Sportböden bzgl. der Schonung der Gelenke und der Verletzungsgefahr erfüllen. Aus diesem Grund wurde der Kraftabbau nach der europäischen Norm für Sportböden [6] gemessen und nach [7] und [8] beurteilt. Die Versuche werden mithilfe des genormten Geräts „Künstlicher Sportler 95“, siehe Abbildung 10, durchgeführt. Hierbei wird mithilfe eines genormten Fallgewichts die Abnahme der Maximalkraft beim Auftreffen auf einen Sportbodenbelag gegenüber dem Auftreffen auf der Rohdecke bestimmt. Der Kraftabbau betrug dabei für die verschiedenen g-fit Typen inklusive dem 18 mm dicken Oberbelag zwischen 68 % und 74 %. Handelsübliche Sportböden liegen hier meist im Bereich von 20% bis 30 %. Dieser Fakt unterstreicht die positive Wirkung auf die darunterliegenden Bauteile oder Bodenaufbauten, welche bei Umnutzungen gegebenenfalls wieder sachgerecht instandgesetzt werden müssten, sollten sie durch das Einwirken von fallengelassenen Gewichten beschädigt worden sein. Gemäß [7] sollte der Kraftabbau zwischen 25 % und 75 % liegen. Der Kraftabbau der vier verschiedenen g-fit Shock Absorb Aufbauten mit oben erwähnter Deckschicht lag in den Messungen je nach Typ zwischen 68 % und 74 % und damit im absolut oberen Bereich.

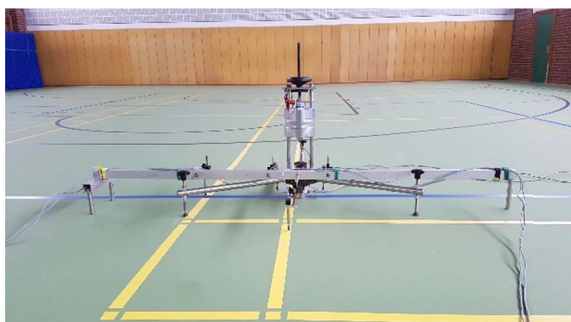


Abbildung 10, „Künstlicher Sportler 95“ zur Messung des Kraftabbaus und der vertikalen Verformung bei der simulierten Belastung von Sportböden durch einen Sportler (Quelle: Institut für Sportbodentechnik, Leipzig)

Messungen in einer CrossFit Box

Neben den theoretischen Untersuchungen im Labor wurde der Einsatz von g-fit Shock Absorb auch bei einigen Projekten begleitet. Umgesetzt wurde die Lösung unter anderem in einer CrossFit Box in der Schweiz, in welcher neben den vielseitigen Übungen auch mit Hantelgewichten trainiert wird. Aufgrund von Beschwerden der Nachbarn suchte der Betreiber nach einer für ihn umsetzbaren Lösung. Um ein übliches Trainingsszenario abzubilden, wurden bei messtechnischen Untersuchungen 100 kg aus Hüfthöhe auf den bestehenden Bodenaufbau fallengelassen. Die erzeugten Erschütterungen und der in weiterer Folge abgestrahlte Luftschall lagen dabei im Nebenraum über den zulässigen Grenzwerten nach [9] von $L_H \leq 38 \text{ dB(A)}$ für Räume mit mittlerer Lärmempfindlichkeit wie z.B. Büros. Bei Geräuschquellen welche nur zwischen 7:00 Uhr und 19:00 Uhr auftreten, dürfen diese Grenzwerte um 5 dB(A) angehoben werden, Da in dieser Box auch Abendtermine angeboten werden, bestand jedoch der Bedarf nach einer Lösung für die erhöhten Anforderungen.

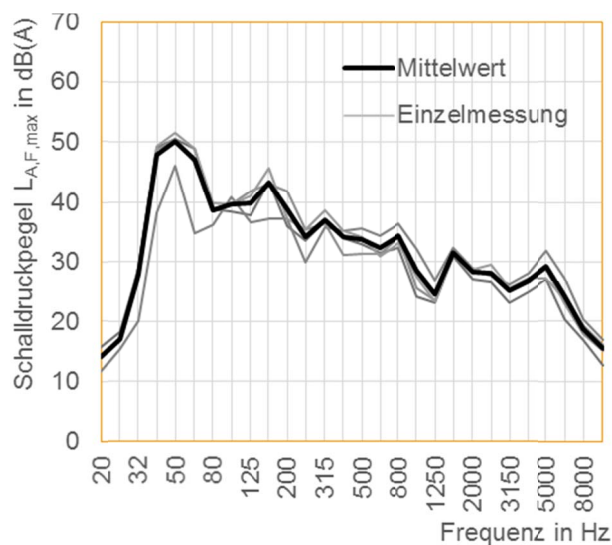


Abbildung 11, Schallpegel im Empfangsraum bei 100 kg Hantelgewicht und 90 cm Fallhöhe, auf vorhandenem Sportbodenbelag, rechts Versuchsaufbau (Quelle: Bakus Bauphysik & Akustik GmbH, Zürich)

Der bewertete Summenpegel des vorhandenen Sportbodenbelags liegt bei 59,4 dB(A). Bei den Messungen mit den Aufbauten g-fit Shock Absorb advanced bzw. pro wurden Summenpegel von 49,9 dB(A) bzw. 36,9 dB(A) gemessen. Das heißt, die schalltechnische Verbesserung beträgt 9,5 dB(A) bzw. 22,5 dB(A). Die gemessenen Spektren zeigten ein Maximum im Bereich von 50 Hz und damit in einem wesentlich tieferen Frequenzbereich als die Maxima bei den Messungen im Deckenprüfstand. Dies liegt darin begründet, dass die Deckenstärke wesentlich höher ist und die Messung im direkt benachbarten Raum durchgeführt wurde.

Der Betreiber entschied sich daher, das Produkt Shock Absorb pro einzubauen. Der Einbau erfolgte durch die Mitarbeiter der CrossFit Box innerhalb eines halben Tages, was zu einem nur geringen Ausfall von Trainingszeiten führte. Dazu kommt, dass der bislang verwendete Cross-Flex Oberbelag wieder verwendet wurde und somit für den Betreiber keine zusätzlichen Mehrkosten entstanden. Die Abnahmemessungen nach Installation der Lösung bestätigten die guten Ergebnisse aus den Versuchen und zeigen somit, dass zukünftige Trainings mit Gewichten ohne Einschränkungen möglich sind.

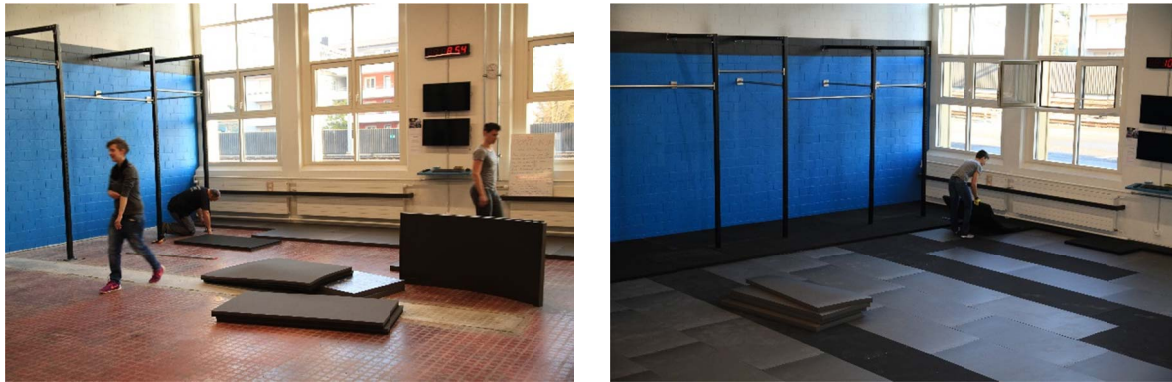


Abbildung 12, Einbau der g-fit Lösung links, Verlegung des Sportboden Oberbelages rechts

Zusammenfassung

Mithilfe von sehr umfangreichen Fallversuchen, die durch Erschütterungsmessungen und Schallmessungen erfasst wurden, konnte ein Prognosetool entwickelt werden, mit welchem sich für beliebige Einbausituationen Prognosen mit relativ hoher Genauigkeit erstellen lassen. Betrachtet man dabei den Schalldruckpegel im Raum direkt unterhalb des Senderraums, so sind keine zusätzlichen Messungen für die Prognose erforderlich, um den Summenpegel und die Pegel über die Terzbänder zu ermitteln. Sollen die Erschütterungen oder der Schalldruck für Räume neben oder schräg unterhalb des Senderraums prognostiziert werden, so sind Messungen einzelner Fallversuche notwendig, um die Charakteristik der Schwingungsübertragung der gegebenen Situation korrekt zu berücksichtigen.

Durch die Verwendung des Prognosetools kann der Planer eine Prognose erstellen und den für die gegebenen Anforderungen und die Situation vor Ort optimalen Bodenaufbau auswählen. So könne Kosten optimiert und Übergänge zwischen verschiedenen Bodenaufbauten frühzeitig abgestimmt werden.

Literatur:

- [1] EN ISO 10140-5: Akustik Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen, Berlin: Beuth Verlag, 2014.
- [2] DIN 4150-2: Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Berlin: Beuth Verlag, 1999.
- [3] EN ISO 10140-3: Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 3: Messung der Trittschalldämmung, Berlin: Beuth, 2015.
- [4] VDI, VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen, Düsseldorf: VDI, 1987.
- [5] DIN EN 12354-2: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen, Berlin: Beute Verlag, 2000.
- [6] EN14808: Sportböden - Bestimmung des Kraftabbaus, Berlin: Beuth Verlag, 2005.
- [7] EN 14904: Sportböden - Mehrzweck-Sporthallenböden - Anforderungen, Berlin: Beuth Verlag, 2015.
- [8] ÖISS Richtlinie: Anforderungen an Sporthallenböden, Wien: Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau, 2005.
- [9] SIA 181: Schallschutz im Hochbau, Winterthur: SNV, 2006.