

Swing low!

Dämmen und Versteifen - Wege zum ruhigen Lautsprechergehäuse

Viele Wege führen zum Ziel jedes Lautsprecher-Hobbyisten, möglichst stabile, schallundurchlässige Gehäuse zu fertigen; ungezählte Geheimtipps konkurrieren um die Gunst des Selbstbauers. HOBBY HiFi testete in seinem Labor unterschiedlichste Materialproben auf ihre akustische Eignung für den Boxenbau und präsentiert hier die teilweise verblüffenden Resultate.

Schalldämmung und Schalldämpfung

Die Ähnlichkeit dieser Wörter hat schon zu mancher Verwirrung geführt. Der Unterschied: Dämpfung bedeutet Absorption von Schallenergie (und Umwandlung in Wärme), Dämmung dagegen meint die Verminderung der Schalldurchlässigkeit - der Schall wird dabei nicht zwingend absorbiert, er wird nur daran gehindert, durch eine Wand - zum Beispiel die eines Lautsprechergehäuses - hindurch zu dringen. Diese Untersuchung befasst sich ausschließlich mit Schalldämmung - die bei einigen der untersuchten Materialien ebenfalls gegebene Dämpfung bleibt unberücksichtigt.

Volumenkalkulation

Bei der Konstruktion von Lautsprechergehäusen mit Innenverstreben oder schalldämmender Wandbeschichtung ist es wichtig, das Volumen, das diese zusätzlichen Elemente einnehmen, zu kalkulieren und das Gehäuse entsprechend

größer zu dimensionieren. Hierbei ist es in der Regel sinnvoll, die Gehäusebreite unverändert zu lassen, damit sich das Abstrahlverhalten des Lautsprechers nicht ändert, und das zusätzlich erforderliche Volumen durch einen Zuwachs in der Gehäusetiefe oder -höhe zu realisieren.

Eine Ausnahme von dieser Regel gibt es bei den hier erwähnten Materialien: Nadelfilz führt zu keiner nennenswerten Volumenreduzierung, da er luftdurchlässig ist - er wirkt im Gegenteil sogar auch als Dämpfungsmaterial. In erster Näherung kann der Anwender ihn bei der Volumenberechnung daher außer Acht lassen; Genaues muss einer speziellen Untersuchung unterschiedlicher Dämpfungsmaterialien vorbehalten bleiben, die sich derzeit in der Planung befindet.

Wenige große oder viele kleine Streben?

Die Versteifung einer MDF-Platte durch senkrecht aufgeleimte Stege gehört zu den weitestverbreiteten Maßnahmen zur Beruhigung von Lautsprechergehäusen. Die Frage, ob wenige große oder viele kleine Stege sinnvoller sind, ist nicht pauschal zu beantworten. Der einzelne große Steg spielt seine Qualitäten im Tieftonbereich aus, während

er bei höheren Frequenzen sogar teilweise kontraproduktiv agiert. Viele kleine Stege - in der Versuchsanordnung volumenmäßig mit dem großen Steg identisch - verhalten sich im Tieftonbereich zwar nicht ganz so günstig, zeigen dafür aber auch im Mitteltonbereich gewisse Qualitäten.

Breite niedrige oder schlanke hohe Streben?

Diese Frage klärt die Untersuchung eindeutig zu Gunsten der schlanken Stege - was auch unmittelbar einleuchtet: Der Grenzfall eines niedrigen, breiten Stegs ist schließlich eine größere Materialstärke des Lautsprechergehäuses, und die verhält sich, wie die Resultate aus HH 1/2002 zeigen, nicht so viel besser, wie es dem Mehraufwand an Material entspricht.

Streben oder Raster?

Durch ein Kreuzraster lässt sich die Steifigkeit von Platten gegenüber den streifenförmigen Streben weiter erhöhen. Diese Maßnahme ist allerdings nicht sinnvoll: Der Vorteil im Grundtonbereich ist gering, der Nachteil im Obertonspektrum dafür um so größer.

Dämmplatte, Bitumen, Filz und Stahlschrot

Interessante Perspektiven eröffnen massereiche Wandbeschichtungen; am bekanntesten dürfte Bitumenschwerfolie sein, die es als selbstklebend beschichtete Platten z.B. von Intertechnik (Bitumex) und im Kfz-Zubehörhandel (Teroson) gibt. Bitumex ist in zwei und vier Millimetern Stärke verfügbar. Das dünnere Material kann man für den Lautsprechergehäusebau vergessen: Es führt nur zu einer geringen Verbesserung, während die Vier-Milli-

Für den zweiten Teil dieser Testreihe bestückte HOBBY HiFi fünf MDF-Platten mit unterschiedlichen Versteifungen, acht Platten erhielten schalldämmende Beschichtungen vom Filz bis zur Stahlschrotmatte.

Der Versuchsaufbau, eine sehr stabile Box mit innen liegendem 17-cm-Tieftöner, deren Oberseite austauschbar ist, wurde mit diesen 13 Materialproben bestückt. Zwei Messungen führte die Redaktion an jeder Probe durch: Die gesamte Schalldurchleitung, aufgenommen durch ein im Abstand von exakt 20 cm positioniertes Messmikrofon, analysierte das MLSSA-Messsystem, und die Vibrationen in der Probenmitte, die ein dort befestigter Beschleunigungsaufnehmer erfasste, verarbeitete DAASpro.



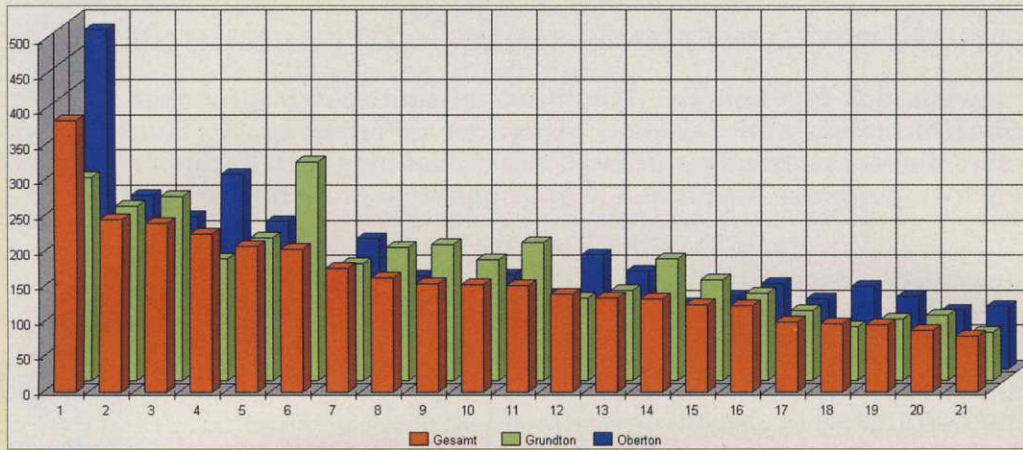
Für die Verklebung unterschiedlichster Beschichtungen eignet sich Dispersionsklebstoff; in Baumärkten wird er speziell für die Verklebung von Fliesen auf problematischen Untergründen verkauft (z.B. „Drauf und sitzt“ von Lugato). Er behält nach der Aushärtung eine gewisse Elastizität, weshalb sogar harte und flexible Materialien dauerhaft aufeinander haften. Für den Auftrag auf größere Flächen ist ein Zahnpachtel sehr zu empfehlen.

WEGWEISER

Spikes, Dämpfer, Masse HH 6/2001

Gehäusmaterialien und Wandstärken .. HH 1/2002

Beschichtungen und Verstreben .. HH 2/2002



Dämm-Index Die MLSSA-Software, die bei der Ermittlung der Schalldurchleitung durch die Gehäusematerialproben hilfreich zur Seite stand, bietet eine Funktion, die es erlaubt, einen Index der Schalldämmung zu erstellen; das Programm errechnet den durchschnittlichen Schalldruckpegel in einem vorgegebenen Frequenzbereich. So ergeben sich Werte, die es erlauben, die einzelnen Werkstoffe miteinander zu vergleichen. Als Maßstab diente uns dabei das meist verwendete Gehäusematerial, die im vorangegangenen Teil dieses Artikels ausgemessene unbeschichtete 19er MDF-Platte. Die Pegeldifferenzen zu diesem Vergleichsnorm wurden in Prozentwerte umgerechnet. Eine gegenüber dem Vergleichsnorm um 6 dB höhere Schalldämmung entspricht einem Schalldämm-Index von 200 Prozent. Diese Berechnung erfolgte für den Bereich von 100 bis 1.000 Hertz (grüne Säulen), 1.000 bis 10.000 Hertz (blau) und den gesamten Frequenzbereich (rot).

Das Diagramm zeigt die Wirksamkeit der Schalldämmung, getrennt für den Bereich von 100 bis 1.000 Hertz (grüne Säulen), 1.000 bis 10.000 Hertz (blau) und den gesamten Frequenzbereich (rot). Die Balkenhöhe ist in Prozent, bezogen auf 19 mm MDF (= 100%) skaliert. Mit Abstand das beste Ergebnis liefert die Kombination aus Stahlschrotmatte und Filz, die im Vergleich zum einfachen MDF etwa viermal besser dämmt. Auffällig ist dabei, dass sie ihre besten Trümpfe im höherfrequenten Bereich ausspielt, während die mit einem hohen Steg versteifte MDF-Platte diese im Grundtonbereich sogar noch knapp überflügelt. Auch die anderen getesteten Aufbauten mit Stegen zur Versteifung tun sich im unteren Frequenzbereich hervor, während massereiche Werkstoffe, als bestes Beispiel die Schieferplatte, im Obertonbereich punkten.

- 1 19 mm MDF/Stahlschrotmatte + 8 mm Filz
- 2 19 mm MDF/4 mm Bitumen + 8 mm Filz
- 3 19 mm MDF/Stahlschrotmatte
- 4 20 mm Schiefer
- 5 19 mm MDF/10 mm Steinzeugfliesen
- 6 19 mm MDF/Steg 19x120 mm
- 7 20 mm Betonspanplatte
- 8 19 mm MDF/Steg 12x65 mm
- 9 19 mm MDF/Stegmatrix 19x40 mm
- 10 19 mm MDF/4 mm Bitumen
- 11 19 mm MDF/Steg 19x40 mm
- 12 19 mm MDF/8 mm Filz
- 13 19 mm MDF/12 mm Weichfaserplatte
- 14 19 mm MDF/Kreisplatte 19x200 mm
- 15 28 mm MDF
- 16 19 mm MDF/2 mm Bitumen
- 17 19 mm MDF
- 18 16 mm MDF
- 19 19 mm Spanplatte
- 20 18 mm Birkenmultiplex
- 21 19 mm Tischlerplatte

meter-Beschichtung sehr gut wirkt - um so angenehmer, dass das dickere Material kaum teurer ist.

Eine beeindruckend wirksame Schalldämmung ermöglicht eine Stahlschrotmatte (Hawaphon von German Physiks), die aus einzelnen mit Stahlkugeln gefüllten Kammern besteht. Nicht verschwiegen werden darf allerdings, dass sie unsere Testwand im Bereich um 200 Hertz zu vermehrtem Schalldurchlass animierte. Um dieses Phänomen zu unterdrücken, bietet sich die Kombination mit Versteifungsstegen geradezu an.

Neben den Masse-Beschichtungen kommen Materialien für die Schalldämmung in Frage, deren Wirkung auf innerer Dämpfung be-

ruht. Filz und Weichfaserdämmplatten sind die bekanntesten Vertreter dieser Gattung. Während Filz auch als Dämpfungsmaterial gerne eingesetzt wird, also gleich zwei Aufgaben erfüllt, dient die Dämmplatte in erster Linie der Schalldämmung - wie der Name schon sagt. Um optimale Schalldämmung zu bieten, muss der Filz vollflächig verklebt werden, während die Dämpfung auch funktioniert, wenn er lose im Lautsprechergehäuse liegt. Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass die Dämmplatte im Grundtonbereich recht gut arbeitet, im Obertonbereich allerdings Schwächen zeigt. Der Filz dämmt sowohl tiefe als auch hohe Frequenzen gut, bleibt in den Mitten allerdings etwas blass.

Materialmix

Verblüffende Ergebnisse lassen sich durch die Kombination von Massebeschichtungen und Filz erzielen; das Resultat ist deutlich besser als die Summe der Einzelwirkungen. So steigert Filz die Wirkung der Stahlschrotmatte im Obertonbereich ganz enorm, und die bitumenbeschichtete MDF-Platte profitiert von der zusätzlichen Filzlage im gesamten Spektrum.

Resteverwertung

Während die bisher beschriebenen Maßnahmen teils nicht unerhebliche Investitionen erfordern, sind zwei Methoden praktisch gratis zu haben: MDF-Reste, etwa Gehäuseausschnitte der Lautsprecherchassis, mittig auf die Gehäusewände geklebt, verbessern die Schalldämmung bei niedrigen Frequenzen recht effektiv. Allerdings sollte diese Methode nur bei Subwoofern zur Anwendung kommen, denn im Obertonbereich führt sie in Teilbereichen sogar zu einem negativen Effekt. Uneingeschränkt zu empfehlen ist dagegen die Auskleidung von Lautsprechergehäusen mit Fliesen. Schwere Steingut-Bodenfliesen eignen sich besser als relativ dünne und leichte Wandfliesen. In so manchem Hobbykeller existieren Restpakete mit Fliesen, die auf diese Weise einer sinnvollen Aufgabe zugeführt werden können. In Bau-

märkten gibt es aber auch häufig Sonderangebote, die sich für diesen Zweck immer eignen - auf Schönheit kommt es hier ja nicht an.

Fazit

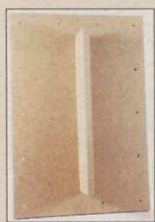
Zwei Methoden kommen für die Verbesserung der Schalldämmung von Lautsprechergehäusen in Frage: Versteifungselemente und Wandbeschichtungen. Versteifungen - optimal: schmale, hohe Stege - arbeiten nur im Tieftonbereich zufriedenstellend, hier allerdings ganz hervorragend. Wandbeschichtungen wirken sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Frequenzen, wobei die Kombination einer Masse-Beschichtung mit Filz größtes Aufsehen erregt: Sowohl die Bitumen-Schwerfolie als auch die Stahlschrotmatte profitiert von einer zusätzlichen Lage Filz. Letztere leistet sich allerdings einen Ausrutscher im Grundtonbereich und sollte daher auf jeden Fall in Kombination mit Gehäuseverstrebungen zum Einsatz kommen. Ein Geheimtipp, da sehr preiswert, ist schließlich die Auskleidung von Lautsprechergehäusen mit Keramikfliesen - im gesamten Frequenzbereich gleichmäßig wirksam und dabei verblüffend preiswert. Ideal ist die Kombination von Versteifung und Wandbeschichtung - eine handwerkliche Herausforderung, die sich wirklich lohnt.

Das Testfeld

Material	Gewicht	ca.-Preis (Euro)	Verarbeitung
Filz 8 mm	1,2 kg/qm	20	Dispersionsklebstoff
Weichfaserplatte 12 mm	4,0 kg/qm	5	Holzleim
Bitumen 2 mm	4,5 kg/qm	40	selbstklebend
Bitumen 4 mm	8,0 kg/qm	48	selbstklebend
Tischlerplatte 19 mm	10 kg/qm	25	Holzleim
Stahlschrotmatte 5 mm	12 kg/qm	95	Dispersionsklebstoff
Birkenmultiplex 18 mm	12,4 kg/qm	40	Holzleim
MDF 16 mm	12,8 kg/qm	15	Holzleim
Spanplatte 19 mm	13,4 kg/qm	10	Holzleim
MDF 19 mm	13,8 kg/qm	17	Holzleim
MDF 28 mm	22 kg/qm	25	Holzleim
Keramikfliesen	24 kg/qm	ab 5	Dispersionsklebstoff
Betonspanplatte 20 mm	28 kg/qm	30	Holzleim
Schiefer 20 mm	60 kg/qm	ab 100	Dispersionsklebstoff

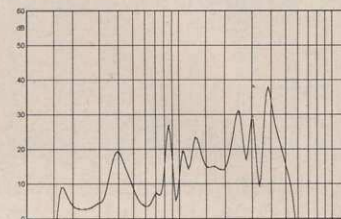
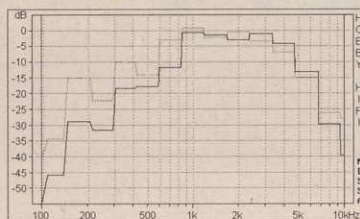
Ergebnisse der Schalltransmissions- und Vibrationsmessung

Das linke Diagramm zeigt jeweils das Ergebnis der Schalltransmissionsmessung, wobei zum Vergleich das Ergebnis von unbeschichtetem MDF (19 mm) gepunktet unterlegt ist. Zu Gunsten einer übersichtlichen Darstellung sind die Messwerte über halbe Oktaven aufintegriert. Rechts daneben die Vibrationsmessung, die die Schwingung der Testplatten jeweils genau in Plattenmitte darstellt.



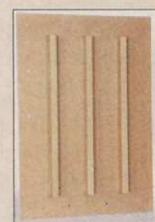
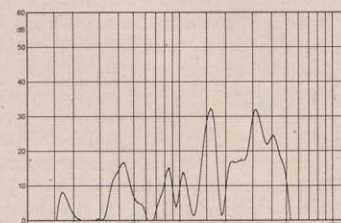
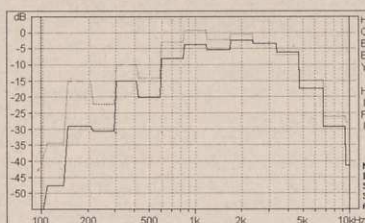
Steg 19x120 mm

Ein einzelner relativ hoher Steg erhöht die Schalldämmung im Tieftonbereich enorm, während er im Mittelsonbereich kaum positiv auffällt und oberhalb von 2,5 kHz die Schalldurchlässigkeit der Gehäusewand sogar verbessert.



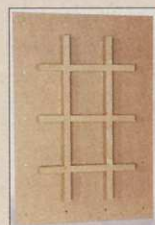
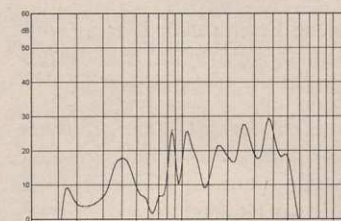
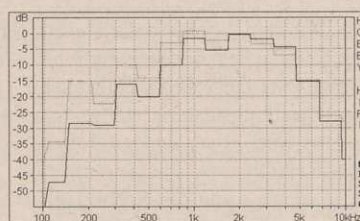
3 Stege 12x65 mm

Mehrere kleine Stege dämmen im Tieftonbereich ähnlich gut wie der einzelne große Steg, wirken im Gegensatz zu diesem aber sogar bis weit in den Mittelsonbereich hinein positiv.



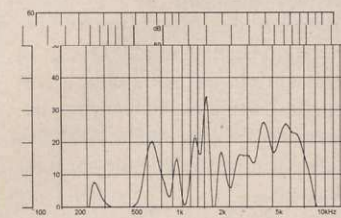
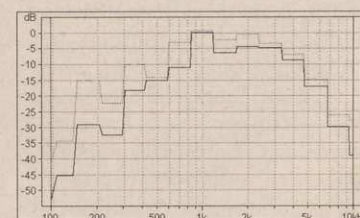
3 Stege 19x40 mm

Die dicken, dafür weniger hohen Stege sind im Tieftonbereich ähnlich wirkungsvoll wie schmale, dafür höhere Stege, wirken im Mittelsonbereich aber ungünstiger.



Stegmatrix 19x40 mm

Die Kreuzmatrix führt zu einer besonders hohen Steifigkeit der MDF-Platte, was sich im Tieftonbereich positiv auswirkt, wenn auch keinen Vorteil gegenüber dem Streifenraster bringt, zeigt allerdings im 1000-Hertz-Frequenzband einen deutlichen Ausrutscher, der zeigt, dass diese Bauform nur für reine Tieftonsysteme zu empfehlen ist.



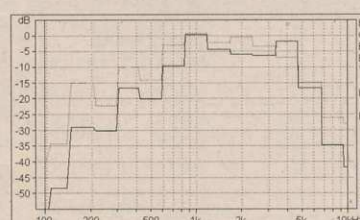
Kreisplatte 19x200 mm

Sinnvolle Resteverwertung Teil 1: Der mittig auf die MDF-Platte geleimte Tieftöner-Ausschnitt wirkt im Tieftonbereich segensreich, bringt ab 1.000 Hertz aufwärts aber keinen Vorteil mehr.



12 mm Weichfaserplatte

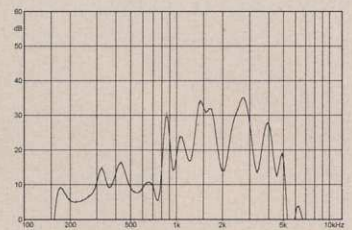
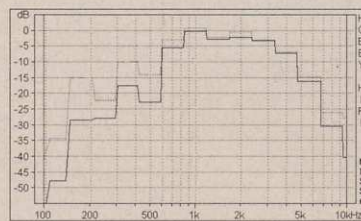
Die Weichfaserplatte verbessert die Schalldämmung sowohl im Tief- und Grundtonbereich als auch bei höheren Frequenzen, erlaubt sich im 1- und 4-kHz-Band aber bedenkliche Ausrutscher: Bei 1 kHz ist die schalldämmende Wirkung kaum zu erkennen, um 4 kHz verschlechtert sie die Schalldämmung sogar.





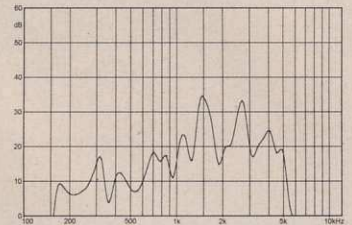
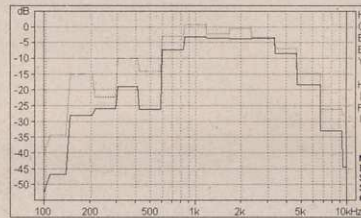
2 mm Bitumen

Eine dünne Bitumen-Schwerfolie verbessert die Schalldämmung im Grundtonbereich deutlich, ist ab 1 kHz aber praktisch wirkungslos.



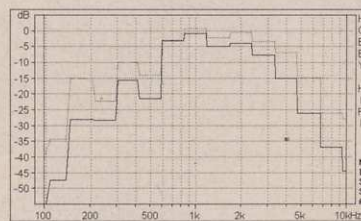
4 mm Bitumen

Die dickere Bitumen-Schwerfolie dämmt merklich besser als die 2-mm-Variante - nicht nur bei niedrigen Frequenzen, sondern sogar bis in den Hochtonbereich hinein.



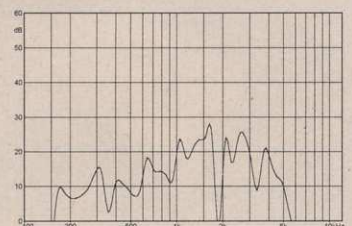
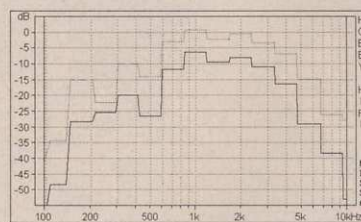
8 mm Filz

Eine verblüffend gute Wirkung zeigt fest mit dem MDF verklebter Nadelfilz sowohl im Tiefton- als auch im Hochtonbereich; nur in den Mitten zeigt er keine nennenswerte Wirkung.



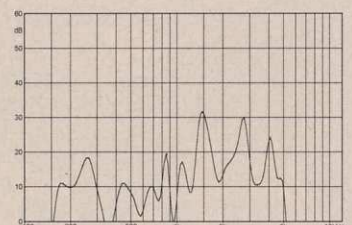
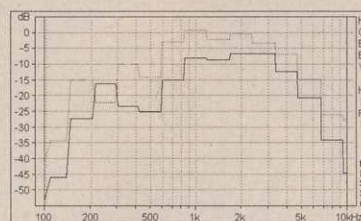
4 mm Bitumen + 8 mm Filz

Die Wirkung mehrerer kombinierter Maßnahmen ist deutlich größer als die Summe der Einzelwirkungen: Bitumen und Filz im Team überzeugen auf der ganzen Linie.



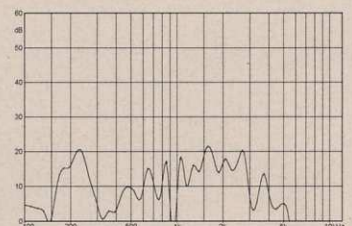
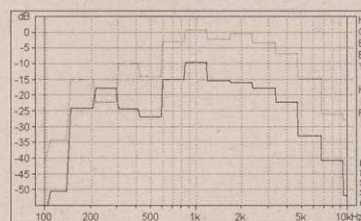
Stahlschrotmatte

Die aus dem Maschinenbau stammende Stahlschrotmatte zeigt eine überaus effektive Wirkung - mit einer Ausnahme: Zwischen 200 und 300 Hertz führt sie zu einer Verschlechterung. Sie sollte daher auf jeden Fall mit einer Gehäuseversteifung kombiniert werden.



Stahlschrotmatte + 8 mm Filz

Wie bei der Bitumen-Filz-Kombi: Die Wirkung von Filz und Stahlschrot ist weit besser als die Summe der Einzeleffekte. Dieses Gespann liegt in dieser Versuchsreihe an der Spitze - wenngleich auch hier die störende Resonanzstelle zwischen 200 und 300 Hertz festzustellen ist.



10 mm Steinzeugfliesen

Sinnvolle Resteverwertung Teil 2: Vollflächig auf die Gehäusewand geklebte Bodenfliesen verbessern die Schalldämmung sehr breitbandig, vergleichbar mit der Bitumen-Filz-Kombination

