



Karl Kunstkopf (Name geändert) liebt Musik, ist aber mit dem Klang seiner HiFi-Anlage unzufrieden. Nach langen Überlegungen investiert er schließlich einen vierstelligen Betrag in neue Boxen – mit frustrierendem Ergebnis, denn immer noch klingt es diffus, wummern die Bässe und beißen die Höhen. Nicht wenige an HiFi interessierte Musikfreunde erleben Ähnliches. Und dies, obwohl die Lösung der Probleme auf der Hand liegt: Wenn eine hochwertige Anlage schlecht spielt, dann ist fast immer die Raumakustik schuld.

Doch obwohl sich der Raum sehr stark auf den Höreindruck auswirkt, wird dieses Thema maßlos unterschätzt. Dabei liegt der Gedanke eigentlich nahe, schließlich werden auf dem Weg von den Lautsprechern zum Hörer die Schallwellen durch den Raum beeinflusst, werden reflektiert, verstärkt oder abgeschwächt.

Doch wie erschafft man eine günstige Raumakustik? Um dies zu demonstrieren, starten wir zunächst bewusst unter schlechten Bedingungen, die wir dann Schritt für Schritt verbessern. Ausgangspunkt für unser Experiment ist die Situation unmittelbar nach ei-

nem Umzug oder einer Renovierung. Der rechteckige, 28 Quadratmeter bzw. knapp 72 Kubikmeter große Raum ist praktisch leer. Als Testanlage haben wir eine gute Mittelklasse-Kette zusammengestellt, bestehend aus der CD-Player-/Vollverstärker-Kombi „M3 SCD/M5 SI“ von Musical Fidelity und zwei Canton Vento 896-Boxen.

Als erstes Hörbeispiel wählen wir Rodrigo Y Gabrielas Version des Rock-Klassikers „Stairway To Heaven“ für zwei Akustikgitarren: Unter guten Hörverhältnissen eine Musik, die einen mitreißt. Doch hier wirkt sie unangenehm grell, vor allem die ho-

DAS EXPERIMENT

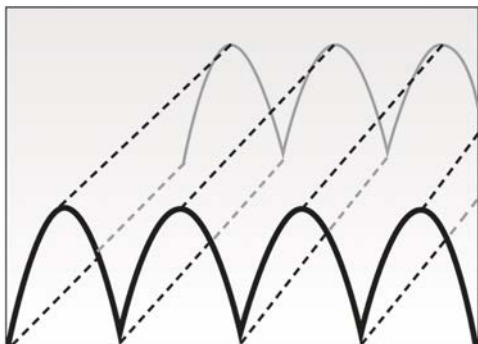
Kaum etwas prägt den Höreindruck so stark wie die **Raumakustik**. Anhand eines Beispiels erklären wir die Hintergründe und zeigen Lösungsvorschläge für Probleme auf.

Von Andreas Kunz



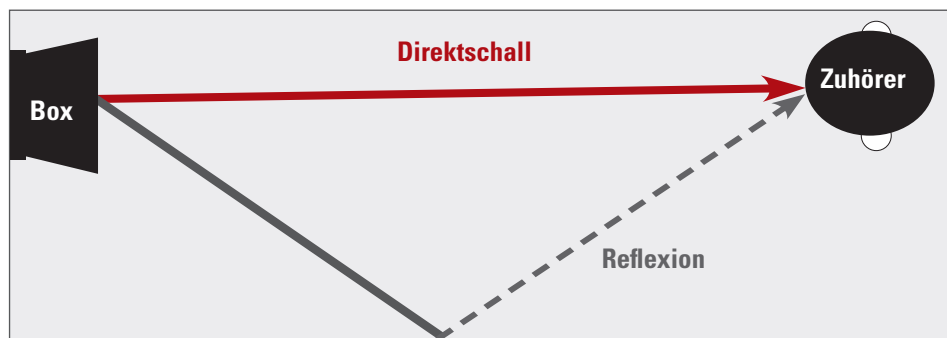
- 1** Eine Situation wie nach einem Umzug: Der Raum ist leer. Akustisch wirkt sich dies höchst problematisch aus.
- 2** Möbliert klingt der Raum besser, aber Boxen sollte man nicht direkt an der Wand platzieren.
- 3** Eine interessante Option: Anlage und Hörplatz im Raum um 90 Grad drehen.





Als „stehende Wellen“ verursachen Raummoden im Bassbereich ein unangenehmes Dröhnen.

Sind die Wellenlängen viel kleiner als die Abmessungen des Raumes, wird Schall, der sich vom Lautsprecher ausbreitet, entweder geschluckt oder (wie im Bild unten) reflektiert. Frühe Reflexionen treffen im Anschluss an den Direktschall beim Zuhörer ein und können so den Klang verfärben.



hen Töne beißen regelrecht, sodass die dramatische Steigerung gegen Ende zu einer regelrechten Tortur wird. Nein, statt als „Himmelstreppe“ entpuppt sich dieses „Stairway To Heaven“ eher als ein Schotterweg in die Hölle. Kaum besser wirkt Dave Brubecks

Jazz-Standard „Take Five“. Saxofonist Paul Desmond scheint in einer gekachelten Toilette zu spielen, so viel Hall war selten. Bass und Klavier tönen mulmig, und die Rhythmusfigur, die Drummer Joe Morello auf dem Becken zelebriert, knallt viel zu stark. Auch Franz Liszts „Ungarische Rhapsodie Nr. 2“ im Dirigat des legendären Leopold Stokowski zündet nicht, die rasigen „Zigeunermelodien“ scheinen in den Schluchten Transsilvaniens zu versumpfen, als derart breiig entpuppt sich der Sound des Orchesters. Zudem haben die Streicher in den hohen Lagen etwas Schneidendes.

Die nach Messung der Raumakustik erstellte Grafik bestätigt den gruseligen Eindruck: Vier Gipfel bei 45, 67, 90, und 114 Hz stehen für Raummoden mit rund 10 Dezibel mehr Pegel als im Mittel- und Hochtonbereich. Was bedeutet, dass diese Basstöne als doppelt so laut empfunden werden, wobei sie sich als unangenehmes Wummern bemerkbar machen. Als ein weiterer störender Faktor erweist sich lange Nachhallzeit, die bei 64 Hz eine volle

Glossar

Frequenz

Gibt die Anzahl der Schwingungen eines Signals pro Sekunde an, Einheit ist das Hertz (Hz), 1000 Hz = 1 kHz. Je größer die Frequenz, desto höher wird der Ton wahrgenommen. Der Mensch kann Frequenzen von etwa 20 bis höchstens 20.000 Hz hören. Lange Wellen werden als tiefe Töne wahrgenommen, mit steigender Tonhöhe werden die Wellen immer kürzer.

Raummoden

Wenn ganzzahlige Vielfache der halben Wellenlänge genau zwischen zwei Wände passen, wirken diese wie Resonatoren. Beispiel: Bei einer Frequenz von 43 Hz beträgt die Wellenlänge acht Meter. Bei einem Wandabstand von exakt vier Metern – egal ob in Länge, Breite oder Höhe des Raumes – wird diese Frequenz dramatisch verstärkt. Diese Raummoden („stehende Wellen“) sorgen im Bassbereich für „Dröhnen“.

Frühe Reflexionen

Trifft Schall auf Oberflächen und Gegenstände, so wird ein gewisser Teil der eintreffenden Schallenergie zurückgeworfen. Wenn am Hörplatz frühe Reflexionen den Direktschall zu sehr überlagern, kann sich das Klangbild verfärben. Besonders unangenehm sind Flatterechos, die entstehen, wenn eine periodische Folge von Einzelreflexionen zwischen zwei Wänden hin- und hergeworfen wird.

Absorption

Ein anderer Teil der ausgesandten Schallenergie wird von Oberflächen und Gegenständen aufgenommen (Absorption) – was ein Segen ist, denn dadurch bekommt man Probleme mit Raummoden, frühen Reflexionen oder zu langen Nachhallzeiten in den Griff. Hohe, kurzweilige Schallanteile dämpft man durch Stoffe mit einer porösen, offenen Feinstruktur (Teppiche, Gardinen, Schaumstoffe etc.). Um tiefe, langweilige Schallanteile zu dämpfen, bedarf

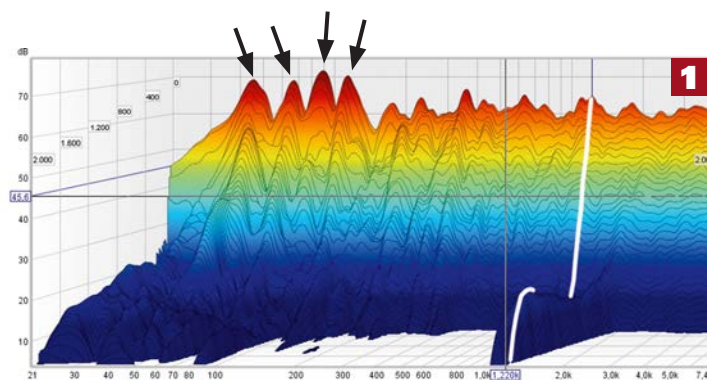
es großvolumiger Absorber wie zum Beispiel geschlossener Schränke.

Diffusion

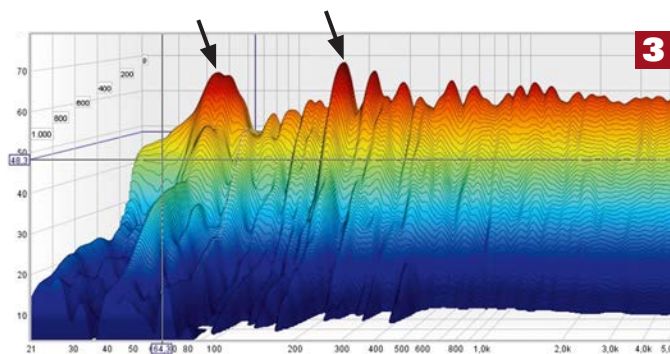
Wenn Schall auf Gegenstände trifft, die in der Größenordnung der Wellenlänge eine Feinstruktur aufweisen, so wird der Schall der entsprechenden Frequenzen in verschiedene Richtungen, eben diffus, gestreut. Eine hohe Diffusion ist notwendig, um ein einheitlich durchmischtes Schallfeld aufzubauen, in welchem keine isolierten Reflexionen störend wahrnehmbar sind.

Nachhallzeit

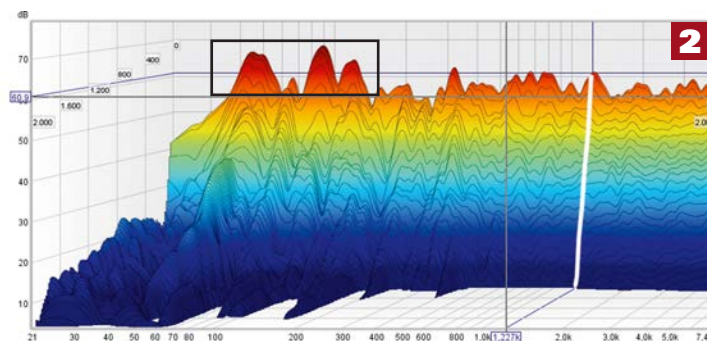
Definiert als die Zeit, die nach dem Abschalten der Schallquelle in einem Raum verstreicht, bis die Energie des Schallereignisses auf ein Tausendstel des Anfangsschalldrucks abgefallen ist. Die akustisch ideale Nachhallzeit ist abhängig von der Raumgröße: Je kleiner der Raum, umso geringer sollte die Nachhallzeit sein. Bei zu langer Nachhallzeit entstehen Überlagerungen, das Klangbild verschmiert.



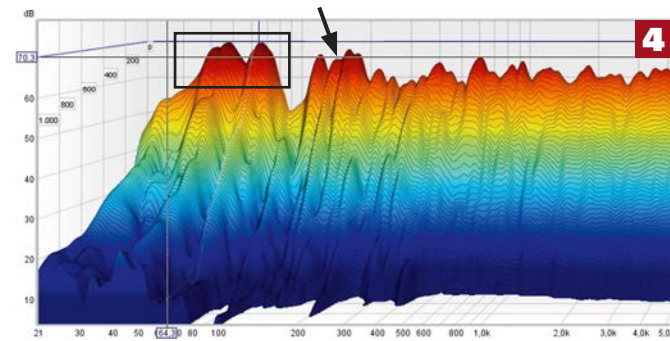
Situation 1 (leerer Raum/schlechte Boxenaufstellung): Vier Gipfel bei 45, 67, 90, und 114 Hz (Pfeile) stehen für Raummoden mit rund 10 Dezibel mehr Pegel als im Mittel-/Hochtonbereich ab zirka 300 Hz. Extreme zwei Sekunden beträgt die Nachhallzeit bei 1,2 kHz (weiße Linie).



Situation 3 (möblierter Raum/günstige Boxenaufstellung): War vorher der gesamte Bassbereich unterhalb von 140 Hz problematisch, so gibt es dort jetzt nur noch eine ausgeprägte Raummode bei 44 Hz (linker Pfeil) sowie eine kleinere im Grundtonbereich bei 157 Hz (rechter Pfeil).



Situation 2 (möblierter Raum/schlechte Boxenaufstellung): Bei der Problemfrequenz 1,2 kHz ist die Nachhallzeit auf 0,8 Sekunden gesunken (weiße Linie), aber der Bassbereich (Rechteck) macht weiter Probleme.



Situation 4 (möblierter Raum/Drehung um 90 Grad): Die Mode bei 157 Hz (Pfeil) hat sich abgeschwächt, dafür hat sich der mittlere Bassbereich zwischen 40 und 100 Hz (Rechteck) verschlechtert.

Sekunde beträgt und das Klangbild mulmig-diffus werden lässt – als angenehm bei einem Raum dieser Größe gelten 0,4 bis 0,6 Sekunden.

Auch im Mittel- und vor allem Hochtonbereich wirken sich die Nachhallzeiten nachteilig aus. Hier sind die Wellen zwar deutlich kürzer, sodass sie nicht zwischen den Wänden „stehen“. Wenn aber Direktschall zu stark von Reflexionen überlagert wird, verfärbt sich Instrumente und Stimmen. Im schlimmsten Fall wird das Klangbild regelrecht scharf, was auf Flatterechos zurückzuführen ist. Die entstehen, wenn Schallwellen mehrfach zwischen Wänden hin- und hergeworfen werden.

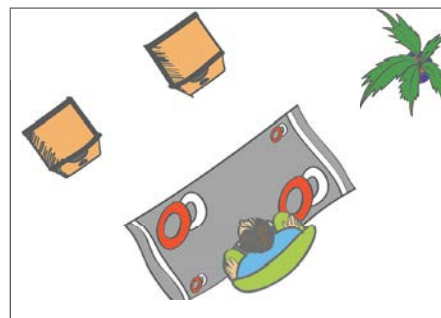
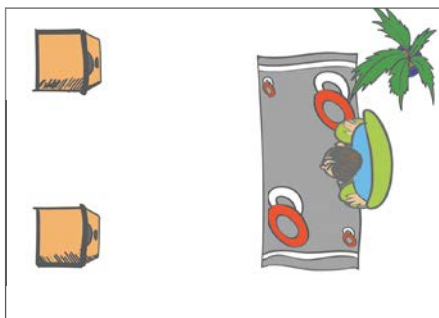
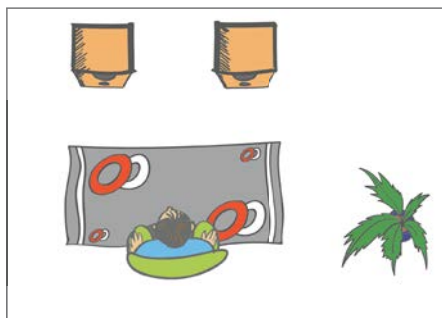
So weit, so schlecht. Um die Feinde einer guten Raumakustik – Raummoden, frühe Reflexionen und zu lange Nachhallzeiten – in den Griff zu bekommen, helfen zwei Waffen: Absorption und Diffusion. Ohne Absorption

(Dämpfung) würde ein einmal ausgesandter Schall theoretisch unendlich lange im Raum umherwandern.

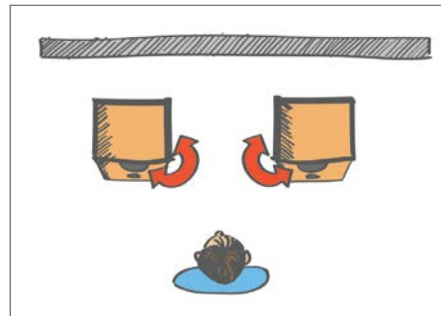
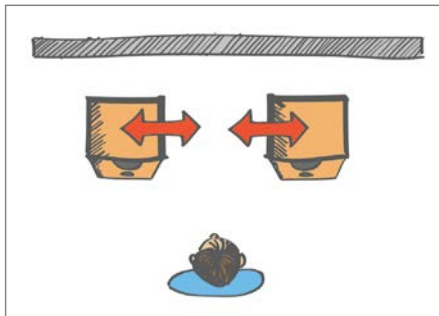
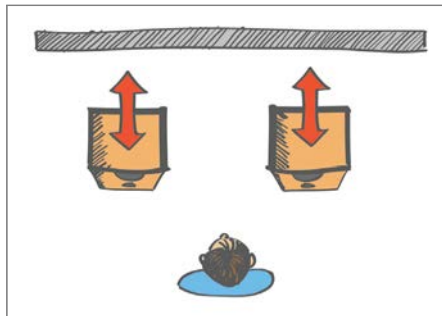
Zunächst konzentrieren wir uns auf den Hochtonbereich, denn der Parkettboden, die Fenster und Rigips-Wände reflektieren die hohen Schallanteile teils sehr hart. Da hohe Frequenzen kurz sind, eignen sich

Um die Feinde einer guten Raumakustik in den Griff zu bekommen, helfen zwei Waffen: Absorption und Diffusion

zur Dämpfung Materialien mit feinporigen Strukturen, in unserem Fall dient diesem Zweck ein Sofa sowie ein verdichteter, hochfloriger Teppich, der zwischen Boxen und Hörplatz platziert die ersten Reflexionen dämpft.



Klingt es unbefriedigend, kann es sich lohnen, die Aufstellung um 90 Grad zu drehen oder gar eine diagonale Variante zu probieren.



Die Boxenaufstellung beginnt mit der Suche nach dem optimalen Abstand zur Rückwand, um Bassüberhöhungen zu vermeiden. Homogenität erreicht man durch den Abstand der Boxen zueinander, während sich durch Einwinkelung Tiefenstaffelung und der Fokus verändern.

Ähnlich wichtig ist Diffusion, denn diffus gestreut besteht der Nachhall nicht aus einzelnen, scharfen Reflexionen, sondern aus sehr vielen, die gleichmäßig in ihrer Intensität abnehmen. Mit anderen Worten: „Schlechte“ Schallanteile werden „unschädlich“ gemacht, indem sie von diffusen Reflek-

toren in möglichst viele kleine Anteile zerlegt und in verschiedene Richtungen gestreut werden. Im Hinblick auf ein einheitlich durchmischtes Klangbild verwenden wir ein Regal, in dem die Bücher bewusst „schlampig“ einsortiert werden, denn ungleichmäßige Kanten fördern diesen Effekt; in geringem

Tipps zur Verbesserung der Raumakustik

Wählen Sie Ihren Hörraum klug aus
Quadratische oder gar würfelförmige Räume sind in der Regel problematisch, da durch gleich lange Raumkanten Moden verstärkt werden. Basspotente Lautsprecher spielen in kleinen Räumen meist schlecht, denn die langen Basswellen benötigen Platz. In besonders großen Räumen hingegen kann der Direktschall unter Umständen zu stark von Reflexionen überlagert werden, gerade wenn der Abstand der Boxen zum Hörplatz zu groß ist.

Misstrauen Sie Design-Zimmern
Spartanisch eingerichtete Räume mit Fliesen und glatten Flächen aus Aluminium und Glas sind akustisch meist problematisch. Mit Möbeln und Schall schluckenden bzw. streuenden Gegenständen an Boden/Decke und Wänden klingt es besser.

Dämpfen Sie Reflexionen

Um die ersten Reflexionen des Bodens im Hochtonbereich abzuschwächen, sollte man zwischen Boxen und Hörplatz einen Teppich legen. Falls zu starke Reflexionen im Hochtonbereich auftreten, lassen sich diese durch Vorhänge oder Gardinen vor Fensterflächen dämpfen.

Bekommen Sie die Bässe in den Griff
Mehr Probleme als der Hochton- macht in der Regel der Bassbereich. Um die energiereichen tiefen Wellen zu dämpfen, bedarf es großvolumiger Absorber wie geschlossener Schränke oder Raumakustikelemente. Gerade die akustisch besonders problematischen Raumecken, sollten entschärft werden.

Chaos sorgt für guten Klang
Unregelmäßige Oberflächen und Kanten verbessern die Diffusion. Bei der Bestückung von CD-, Platten- und Buchregalen sollte man also homogene

Abschlusskanten vermeiden. Großblättrige Grünpflanzen und Raufaser (statt glatter Plastiktapete) unterstützen diesen Effekt.

Suchen Sie den richtigen Hörplatz
Zu nah an den Boxen zerfällt das Klangbild, zu weit weg kann die Differenzierung aufgrund überlagernder Reflexionen leiden. In einem rechteckigen Raum ist es unter Umständen günstig, die Lautsprecher von der langen auf die lange Seite spielen zu lassen.

Rücken Sie die Boxen zurecht
Da die meisten Lautsprecherboxen durch Bassreflexöffnungen auch nach hinten abstrahlen, sollte man sie in der Regel von der Wand abrücken, um Bassüberhöhungen zu vermeiden. Experimentieren Sie mit dem Abstand der Lautsprecher zueinander und deren Einwinkelung.

Maße wirken auch Zimmerpflanzen diffus – je großblättriger, umso eher.

Hilft dies etwas? Ja! Zwar verursachen die Blechbläser bei der „Ungarischen Rhapsodie 2“ und allgemein Instrumente im Bassbereich weiter große Probleme. Dafür sirrt das Schlagzeugbecken bei „Take Five“ nicht mehr ganz so aufdringlich, wie überhaupt der Mittel- und Hochtonbereich deutlich angenehmer tönt. Die Messung belegt den Grund: Betrug die Nachhallzeit bei 1,2 kHz im leeren Raum unglaubliche zwei Sekunden, so ist sie durch die Möblierung auf 0,8 Sekunden gesunken – ein riesiger Fortschritt im Hinblick auf ein angenehmeres Klangbild.

Aber da lässt sich noch mehr raussholen! Zumal wir bisher bei der Aufstellung der Lautsprecher gegen bekannte HiFi-Regeln verstoßen haben. So hatten wir die beiden Canton Vero 896 viel zu wandnah in den Raumecken platziert. Weil sich der Bass dort staut, kommt es zu Überhöhungen, was die unteren Lagen aufbläht und verschmiert. Da die Boxen zu weit auseinander standen, hatte zudem die Ortbarkeit von Stimmen und Instrumenten gelitten. Diese beiden Punkte korrigieren wir und winkeln die Cantons zudem im Sinne eines weiteren Klangpanoramas weniger stark ein. Außerdem stellen wir jeweils drei Aluminiumzylinder der Firma Acapella unter jede der Boxen: Durch diese Maßnahme übertragen sich deutlich weniger Bassvibrationen auf den Boden.

Das Messdiagramm ist vielversprechend: War vorher der gesamte Bassbereich unterhalb von 140 Hz problematisch, gibt es jetzt nur noch einen großen Hubbel bei 44 Hz. Auch die Nachhallzeit bei 64 Hz ist leicht zurückgegangen (von 0,9 auf 0,8 Sekunden). Dass wir uns dafür bei 157 Hz eine Erhöhung eingehandelt haben, die vorher nicht da war, ist zu verkraften. In der Tat ist der Effekt der Absorption und Diffusion frappierend. „Take Five“ wirkt deutlich transparenter, was auch für die „Un-

garische Rhapsodie 2“ gilt, auch wenn der Sound im Orchestertutti weiterhin verschmiert. Endlich haben wir eine Hörkonstellation, die akzeptabel ist. Und das mit geringem Aufwand: Was eine richtige Lautsprecheraufstellung bewirken kann!

Anschließend lassen wir versuchs- halber auch noch die Lautsprecher

Unser Experiment hat gezeigt, wie stark man mit vergleichbar geringem Aufwand die eigene Raumakustik optimieren kann

von der langen auf die lange Seite des Raumes spielen, drehen also die Abhörsituation um 90 Grad. Aber diese Maßnahme – obgleich bisweilen durchaus nützlich – bringt in unserem Fall keine weitere Verbesserung.

Immerhin hat unser Experiment gezeigt, wie stark man mit vergleichsweise geringem Aufwand die eigene Raumakustik optimieren kann. Einen Versuch zumindest ist es (fast) in jedem Fall wert. Die meisten Musikfreunde ahnen gar nicht, welch klangliches Potenzial sie sonst verschenken. ■

Materialkunde: Was bewirkt was in Sachen Akustik?

Böden

Parkett: Hart reflektierend

Teppich: Schluckt hohe Frequenzen

Fliesen: Sehr hart reflektierend, hohe Nachhallzeit in gekachelten Räumen

Linoleum: Reflektierend für tiefe und mittlere Frequenzen

Estrich: Reflektierend für tiefe und mittlere Frequenzen

Wände/Decke

Beton, Kalksand- und Ziegelstein: Reflektierend für tiefe und mittlere Frequenzen, je nach Grad der Porosität Höhengschlucker

Rigips: Reflektierend für hohe Frequenzen, mit Luftspalt dahinter Absorber für tiefe Frequenzen

Putz: Hart reflektierend für tiefe bis mittelhohe Frequenzen, abhängig von der Porosität des Finishs

Holzverkleidungen: Reflektierend für hohe Frequenzen, mit Luftspalt dahin-

ter Absorber für tiefe Frequenzen

Raufasertapete mit Mauerwerk:

Reflektierend für tiefe und mittelhohe Frequenzen, je nach Grad der Porosität Höhengschlucker

Fenster: Reflektierend für hohe Frequenzen, Absorber für tiefe Frequenzen

Möbel

Schränke: Tiefenschlucker

Regale: Diffusoren

Sitzmöbel: Höhengschlucker, abhängig vom Grad der Porosität

Tische: Reflektoren

Betten: Höhengschlucker

Stoffe (Wolle etc.):

Höhengschlucker

Sonstiges

Gardinen: Höhengschlucker

Pflanzen: Höhengschlucker und Diffusoren

Wandteppich: Mitten- und Höhengschlucker, je nach Wandabstand