

TEF



Special Akustik – Einleitung

Raumklang – das perfekte Studio

Wenn man nicht richtig hört, was man macht, nützt das ganze tolle Equipment nichts. In diesem Special geht es daher rund um die Akustik, um Profi-Maßnahmen und Tipps und Tricks für den schlanken Geldbeutel.

Die Special-Autoren



Thomas Görne studierte Akustik und Nachrichtentechnik an der TU Berlin. Er arbeitet als Akustiker, Tonmeister und Produzent für klassische Musik. Im Elektor-Verlag sind seine beiden Bücher „Mikrofone in Theorie und Praxis“ und „Studiotechnik“ erschienen.
www.goerneakustik.de



Jochen Veith war Gründer und langjähriger Geschäftsführer eines der bekanntesten Akustikplanungsunternehmens in Europa. Zu seinen Referenzen zählen viele hundert Räume im Bereich Tonstudio, Film und andere akustisch genutzte Räume, zu seinen Kunden zählten Walt Disney, MMC Köln, Euromedien Babelsberg, WDR, Scorpions, MSM, SZM (Pro 7, Sat 1), Universal.

- 48 Der Raum ist Dein Freund**
Grundlagen der Raumakustik
- 48 Raumakustik im Studio**
Faustregeln für den Aufnahmerraum
- 49 Hart, aber herzlich**
Grundlagen und Formeln
- 50 Wer dämmt eigentlich was?**
Absorptionsgrade verschiedener Materialien
- 54 Damit's auch mit dem Nachbarn klappt**
Grundlagen der Bauakustik
- 54 Bauakustik im Studio**
Faustregeln für den Studiobau
5 Akustik-Tipps
Was man beachten sollte
- 56 Akustik zum Nulltarif**
Beispiel für Low-Cost-Akustik im Bad
- 57 So viel bringt's**
Dämmungsfaktoren verschiedener Materialien
- 58 Akustik ist Chaos**
Antworten zu Theorie und Praxis
- 58 10 Akustik-Tipps**
Wichtige Infos für Regieräume
- 60 Akustik-Glossar**
Fachbegriffe und ihre Bedeutung
- 61 Links zum Thema Akustik**
- 62 Bauelemente der Raumakustik**
Funktion und Übersicht
- 63 Anbieter von Schaumstoffplatten
- 64 Anbieter von Akustikmodulen
- 66 Anbieter von Schallkabinen

Frequency Response

Bei Neuanschaffungen im Studiobereich denkt man fast automatisch an den besten Synthesizer, das neueste HD-System oder die linearste Abhöre: Hardware steht hoch im Kurs, für eine Optimierung der Akustik wird jedoch kein Cent einkalkuliert. Dabei bringt Sie eine Investition in diesem Bereich vielleicht viel weiter: Selbst der beste und teuerste Lautsprecher hilft Ihnen im Mix nichts, wenn die akustische Situation eine verlässliche Beurteilung verhindert.

In diesem Special möchten wir Sie über die grundlegende Problematik der Raum- und Bauakustik aufklären, Lösungsansätze und geeignete Produkte vorstellen. Zudem möchten wir Ihnen einen Anstoß geben, Ihre aktuelle Akustik-Situation zumindest einmal genau unter die Lupe zu nehmen. Denn eine verbesserte Akustik muss nicht zwangsläufig teuer und mit baulichen Maßnahmen verbunden sein, bringt aber „hörbar“ viel. Lassen Sie sich überzeugen! →



Akustikmodule und Stuhlmöbel.

Als Ingenieur der Fachrichtung Elektrotechnik/Technische Akustik beschäftigt sich **Markus Berttram** seit vielen Jahren mit der Planung und Installation von Tonstudios. Mit seiner Firma mbakustik entwickelt und produziert er zudem



Björn Eichelbaum ist Toningenieur (SAE) und BA (Hons) of Recording Arts. Neben seinen Aufgaben als freier KEYS-Redakteur produziert er das Synthesizer-Programmierung für Filmmusiken (z.B. Anatomie 2, Johnny English) und Surround-Produktionen.



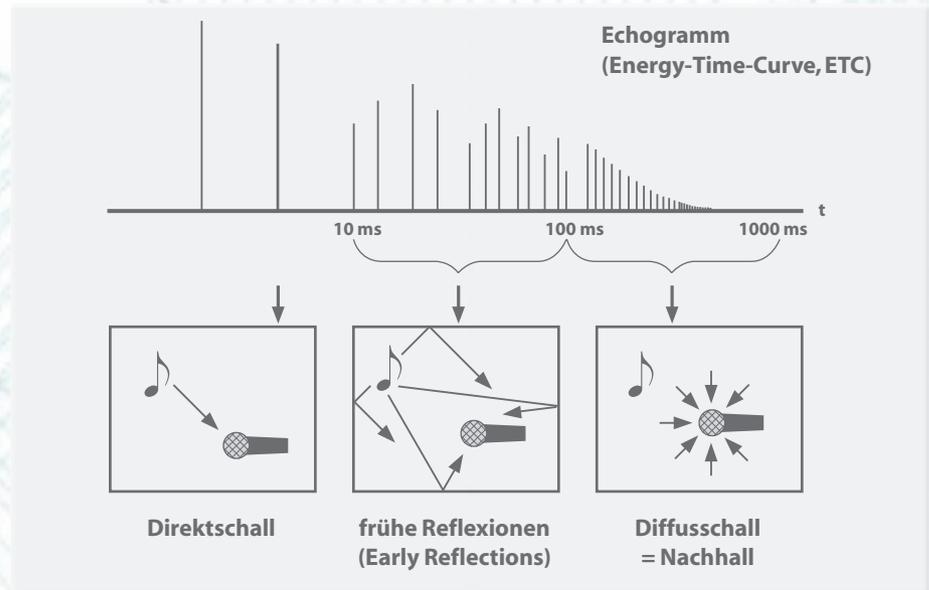
Akustikplanung tätig. Zentrales Tätigkeitsfeld aber ist die Musikproduktion im Bereich Rock/Pop und die Nachvertonung für Multimedia-Projekte aus der Industrie.

Christian Preissig ist SAE-Audioengineer und betreibt in Erlangen die Produktionsfirma Media del'Arte – Text & Ton. Neben der redaktionellen Tätigkeit bei KEYS betreut er verschiedene Firmen aus dem ProAudio/Video-Bereich und ist zudem in der

Special Akustik – Raumakustik

Der Raum ist Dein Freund

Die Akustik im Tonstudio hat erheblichen Einfluss auf die Qualität der Aufnahmen. Wer sich wundert, dass trotz edelster Technik der Klang oft klein, drucklos oder topfig ist, hat möglicherweise an den Werkzeugen zur Gestaltung des „Raumklangs“ gespart.



Nach dem Direktschall erreichen das Mikrofon zunächst ein paar wenige erste Reflexionen, dann aber unendliche viele aus alle Richtungen

Raumakustik im Studio

Der Aufnahmerraum soll möglichst neutral klingen. Die Raumgröße und die Beschaffenheit des Raums sollen nicht deutlich hörbar werden, damit bei der Produktion eine kreative Arbeit mit dem Hallgerät möglich ist. Der Klang im Bassbereich muss möglichst sauber sein. In den Begriffen der Raumakustik bedeutet das:

Akustisch trocken, aber nicht tot. Nachhallzeit im Aufnahmerraum 0,25 bis 0,5 s, im Regieraum ca. 0,25 s durch breitbandige Absorber.

Gleichmäßiger Frequenzgang des Nachhalls, zu hohen Frequenzen hin abfallend durch breitbandige und eventuell auch frequenzselektive Absorber.

Möglichst wenig Wand- oder Deckenreflexionen im Aufnahmerraum und am Hörplatz in der Regie durch Schallstreuung (Diffusoren) und Schalllenkung (Reflektoren).

Unterdrückung stehender Wellen durch möglichst starke Absorption unterhalb der Schröder-Frequenz durch spezielle Tiefenabsorber.

Thomas Görne/cp

Wenn dann noch akustisches Übersprechen aus dem Aufnahmerraum den Klang der Monitorlautsprecher in der Regie überdeckt oder der Nachbar nach dem ersten Ton auf der Matte steht, dann ist es Zeit, das Studio akustisch zu tunen.

Der wichtigste Grundsatz: planvoll vorgehen. Irgendwelche teuren Akustikmodule an die Wände zu schrauben, kann den Raumklang verbessern – aber auch verschlechtern. Eine universelle Lösung für akustische Probleme gibt es nicht und so ist der sicherste Weg zum guten Studioklang eine Problemanalyse mit gezielter Beseitigung der aufgedeckten Schwachpunkte: Individuell angefertigte Akustik-Konstruktionen sind dabei oft nicht nur billiger, sondern auch besser als handelsübliche Fertiglösungen.

Der gute Klang des Raums

Der charakteristische Klang eines Instruments oder einer Stimme im Raum setzt sich aus dem Direktschall und den Reflexionen von Boden, Decke und Wänden zusammen: Fehlen die Reflexionen oder sind sie zu stark, wird der Klang verfälscht. Im geschlossenen Raum trifft der vom Instrument abgestrahlte Schall nach wenigen Millisekunden auf Boden, Decke und Wände und wird von dort zum Zuhörer oder Mikrofon reflektiert. Die Reflexionen werden nun ihrerseits immer wieder reflektiert: Nach einer Sekunde hat die Schallwelle bereits 344 Meter im Raum zurückgelegt! Dadurch ist innerhalb kürzester Zeit der ursprünglich gerichtete Schall als Diffusschall völlig gleichmäßig im Raum verteilt. Die deutli-



chen, zeitlich voneinander abgesetzten *ersten* oder *frühen* Reflexionen (engl. Early Reflections) sorgen für eine präzise Ortbarkeit der Schallquelle, machen den Klang voller und erhöhen die subjektive Lautheit. Außerdem geben sie uns ein Gefühl für die Raumgröße: Je später die Reflexion, umso größer der Raum.

Der Diffusschall ist entscheidend für die Klangfarbe. Das Maß für die Diffusschallstärke ist die *Nachhallzeit* T , die erstmals Anfang des 20. Jahrhunderts von dem amerikanischen Physiker Wallace Sabine bestimmt worden ist: Dabei hat Sabine den Nachhall als diejenige Zeit definiert, in der bei abgeschalteter Schallquelle der Schalldruckpegel um 60 dB fällt. Die Nachhallzeit ist in verschiedenen Frequenzbereichen unterschiedlich stark, weil die Oberflächen im Raum (Wände, Boden, Teppich, Möbel, Fenster und so weiter) den Schall frequenzabhängig absorbieren.

So hat jeder Raum seinen Nachhallfrequenzgang, der als charakteristischer Raumklang hörbar wird: Aussagen wie „...der Konzertsaal hat eine Nachhallzeit von →

Hart, aber herzlich

Akustik lässt sich berechnen. Anbei eine kleine Formelsammlung.

Formelzeichen

- f Frequenz in Hz
- λ Wellenlänge in m
- c Schallgeschwindigkeit in m/s
- x Entfernung in m
- t Schalllaufzeit in ms
- α Absorptionsgrad
- S Absorbergröße in m^2
- d Absorberdicke oder Wandabstand in cm
- m flächenbezogene Masse der schwingenden Platte in kg/m^2
- A äquivalente Absorptionsfläche in m^2
- V Raumvolumen in m^3
- T Nachhallzeit in s
- L Schalldruckpegel in dB
- R Bauschalldämmmaß in dB

Schallfeldgrößen

Schallgeschwindigkeit: $c \approx 340 \frac{m}{s}$

Wellenlänge: $\lambda = \frac{c}{f}$ [m]

Schalllaufzeit: $t = 1000 \frac{x}{c}$ [ms]

Quellen: Cremer/Müller: Raumakustik, Band 1, S. Hirzel Verlag, Stuttgart 1978;
Fasold, Kraak, Schirmer: Taschenbuch Akustik, Band 2, VEB Verlag Technik, Berlin 1984

Raumakustik

Äquivalente Absorptionsfläche:
 $A = \alpha \cdot S$ [m^2]

Nachhallzeit (Sabine): $T = 0.163 \frac{V}{A}$ [s]

Hallradius: $r_H = 0.057 \sqrt{\frac{V}{T}}$ [m]

Schröder-Frequenz: $f_c \approx 2000 \sqrt{\frac{T}{V}}$ [Hz]

Untere Grenzfrequenz des porösen Absorbers: $f_u = 25 \frac{c}{d}$ [Hz]

Resonanzfrequenz des Plattenschwingers: $f_0 \approx \frac{600}{\sqrt{m \cdot d}}$ [Hz]

Bauakustik

Bauschalldämmmaß:
 $R \approx L_{\text{Raum 1}} - L_{\text{Raum 2}}$ [dB]

Schalldämmung zwischen Raum 1 und Raum 2: $L_{\text{Raum 2}} \approx L_{\text{Raum 1}} - R$ [dB]

zwei Sekunden...“ beschreiben dann den über alle Frequenzen gemittelten Wert. Und dieser entspricht in etwa auch der subjektiv gehörten Nachhallzeit, wenn man in ruhiger Umgebung kräftig in die Hände klatscht. Typische Werte für diese mittlere Nachhallzeit sind in Kirchen je nach Größe 3 bis 6 Sekunden, in Konzertsälen 1,5 bis 2,5 Sekunden und in kleinen, subjektiv trockenen Wohn- oder Studioräumen 0,25 bis 0,5 Sekunden. Das völlige Fehlen von Diffusschall durch extreme Schallabsorption etwa im reflexionsfreien Raum klingt übrigens sehr unangenehm: Es entsteht ein Gefühl von Taubheit und Druck auf den Ohren.

Um die Nachhallzeit berechnen zu können, benötigt man den Absorptionsgrad der Materialien im Raum. Üblicherweise wird der Absorptionsgrad für die Frequenzen 125, 250 und 500 Hz sowie 1, 2 und 4 kHz angegeben und sagt aus, wie stark ein Material den Schall im Vergleich zu einem theoretischen, *idealen Absorber* schluckt: Dieser ideale Absorber hat den Absorptionsgrad 1 (= 100 % Absorption), der ideale Reflektor dagegen den Absorptionsgrad 0 (= 0 % Absorption). Multipliziert man den Absorptionsgrad einer Fläche mit ihrer Größe, so erhält man die in raumakustischen Berechnungen gebräuchliche *äquivalente Absorptionsfläche A*.

Um den Einfluss des Diffusschalls auf eine Aufnahme abschätzen zu können, kann man den *Hallradius* r_H (engl. Critical Distance) berechnen, der vom Raumvolumen und der Nachhallzeit abhängt. Er gibt an, in welchem Abstand zur Schallquelle Direktschall und Diffusschall den gleichen Pegel haben: Im Direktfeld innerhalb des Hallradius überwiegt der Direktschall und die Aufnahme klingt trocken, im Diffusfeld außerhalb des Hallradius klingt sie dagegen hallig. Typische Werte für den Hallradius reichen von rund 50 cm in Wohnräumen bis zu einigen Metern in großen Konzertsälen. Durch gerichtete Mikrofone (Niere, Superniere, Hyperniere) wird der Diffusschall zusätzlich unterdrückt, wodurch sich der Hallradius vergrößert: Bei einem Nierenmikrofon erweitert er sich um das 1,7fache, bei der Superniere um den Faktor 1,9, bei der Hyperniere wird er doppelt so groß wie der berechnete Wert.

Ziel beim Studiobau ist meist, den Aufnahmeraum möglichst neutral und natürlich klingen zu lassen. Die Raumgröße sollte dabei nicht hörbar werden. Dazu werden die frühen Reflexionen mit Diffusoren unterdrückt, während breitbandig wirkende Absorber für ein ausgeprägtes, →

Wer dämmt hier eigentlich was?

Absorptionsgrade verschiedener Materialien

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Wände, Decken, Böden						
Mauerwerk, unverputzt	0.05	0.04	0.02	0.04	0.05	0.05
Mauerwerk, verputzt	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
Mauerwerk, gekachelt	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Beton	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
Glas, 4 mm	0.3	0.2	0.1	0.07	0.05	0.02
Glas, 6 mm	0.1	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Linoleum oder PVC	0.03	0.04	0.05	0.05	0.08	0.05
Dielen	0.1	0.25	0.1	0.1	0.05	0.05

Poröse Absorber (Höhenabsorber)

Teppich, 2 mm Flor	0	0	0.1	0.2	0.4	0.5
Teppich, 6 mm Flor	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.4
Teppich, 10 mm Flor	0.1	0.1	0.3	0.6	0.7	0.8
Teppich, 15 mm Flor	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8
Vorhang, mittelschwer	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
Vorhang, schwer, faltig	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.5
Noppenschaum, 5 cm	0.1	0.3	0.6	0.9	1.0	0.9
Noppenschaum, 7,5 cm	0.2	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
Noppenschaum, 10 cm	0.2	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0

Ausgewählte Plattenschwinger (Tiefenabsorber)

Spanplatten auf kassettierter Unterkonstruktion, mit Dämmmaterial im Hohlraum						
8 mm, 3 cm Abstand	0.4	0.2	0	0	0	0.1
13 mm, 3 cm Abstand	0.5	0.2	0	0	0	0
19 mm, 12 cm Abstand	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2
Sper Holzplatten auf kassettierter Unterkonstruktion, mit Dämmmaterial im Hohlraum						
4 mm, 12 cm Abstand	1.0	0.3	0.1	0.1	0.1	0
4 mm, 24 cm Abstand	0.8	0.3	0.2	0.1	0.1	0
Gipskartonplatten auf kassettierter Unterkonstruktion, mit Dämmmaterial im Hohlraum						
9.5 mm, 6 cm Abstand	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
12.5 mm, 3 cm Abstand	0.5	0.1	0	0	0	0

Ausgewählte Verbundabsorber (Breitbandabsorber)

9.5 mm Gipskarton-Lochplatte, Lochanteil 5%, mit Dämmmaterial im Hohlraum						
auf 6 cm tiefer Kassette	0.2	0.6	0.9	0.4	0.2	0.3
auf 12 cm tiefer Kassette	0.2	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3
9.5 mm Gipskarton-Schlitzplatte, Schlitzanteil 8%, m. Dämmmaterial im Hohlraum, nicht kassettiert						
auf 24 cm Unterbau	0.4	0.9	0.7	0.6	0.4	0.4
1 mm Stahl-Lochblech, Lochgröße 2 mm, Lochanteil 30%, flächig verklebt m. Dekostoff (Sprühlk.), auf 15 cm tiefer Kassette						
	0.5	1.3	1.0	0.5	0.5	0.5

Der kassettierte Unterbau ist eine Aufteilung der Unterkonstruktion in geschlossene Felder. Die Kassettenbreite und -höhe sollte etwa 0,5 bis 1 m betragen. Im Studio sollte man entweder Breitbandabsorber benutzen oder Höhen- und Tiefenabsorber kombinieren (also etwa Teppich als Höhenabsorber, Sperholzplatten auf Dachlatten als Tiefenabsorber). Noppenschaum ist zur Verbesserung der Nachhallzeit nicht geeignet, da die Wirkung bei hohen Frequenzen zu stark, bei tiefen Frequenzen zu schwach ist. Grundsätzlich sollte man mit Höhenabsorbieren sehr sparsam umgehen, da der Klang sonst schnell muffig wird.

Thomas Görne/cp

Quellen: W. Fasold, W. Kraak, W. Schirmer (Hrsg.): Taschenbuch Akustik, VEB Verlag Technik, Berlin 1984; P. Mapp (Hrsg.): Klark Technik Audio System Designer Technical Reference, o.V., o.J., o.J.; eigene Messungen im Hallraum der TU Berlin



im Frequenzgang ausgeglichenes Diffusfeld ohne übermäßigen Nachhall sorgen. Nun kann man mit dem Hallgerät einen größeren Raum simulieren, ohne dass sehr schnelle erste Reflexionen oder der Nachhall des Aufnahme Raums diesen Raumeindruck überdecken.

Einfluss der Wellenlänge

Die Wellenlängen des Audiofrequenzbereichs reichen von 1,7 cm bei 20 kHz über 1,70 m bei 200 Hz bis zu rund 17 m bei 20 Hz. Probleme entstehen, wenn die Wellenlängen sehr tiefer Frequenzen (Grundtonbereich von Bass, Klavier oder Bassdrum) in der Größenordnung der Raumabmessungen liegen: In diesem Fall stimmt nämlich die Vorstellung einer wandernden Schallwelle im Raum nicht mehr. Stattdessen wirkt der ganze Raum wie eine riesige Orgelpfeife als Resonanzkörper. In diesem Fall spricht man von einer *Raumresonanz*, *Mode*, *Eigenfrequenz* oder, am anschaulichsten, von einer *stehenden Welle*.

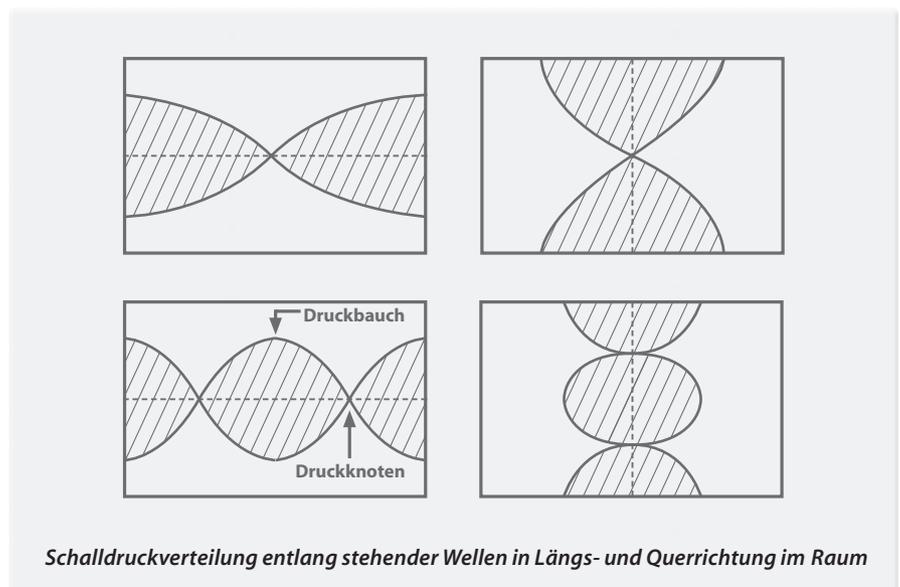
Bei einer stehenden Welle ist die Schalldruckverteilung im Raum kaum noch von der Position der Schallquelle oder der Nachhallzeit abhängig, sondern sehr stark von der Raumgeometrie. Entlang der stehenden Welle zwischen zwei parallelen Wänden gibt es sowohl ortsfeste *Wellenbäuche* mit erheblich erhöhtem Pegel als auch *Wellenknoten*, an denen es ganz still ist. Aus diesem Grund weisen Aufnahmen, die in kleinen Räumen gemacht wurden, oftmals einen unausgewogenen Klang im

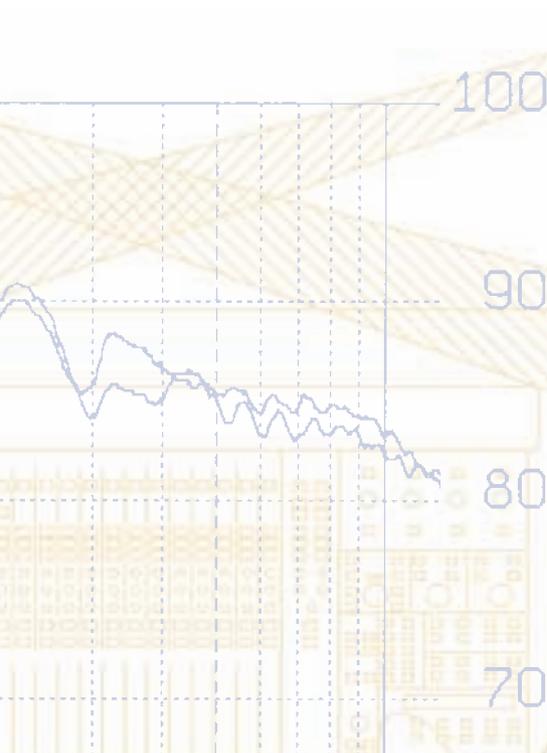
Bassbereich auf: Manche Basstöne dröhnen und klingen zu dick, andere dagegen dünn, hart und substanzlos. Und je kleiner der Raum ist, desto größer werden die Probleme.

Ob sich eine stehende Welle tatsächlich negativ bemerkbar macht, hängt von der Wellenlänge, der Raumgröße und der Nachhallzeit ab. Man kann das gesamte Frequenzspektrum also aufteilen in einen *guten* Bereich mittlerer und hoher Frequenzen, in dem der Raumklang durch Reflexionen und Nachhall bestimmt wird, und einen *schlechten* Bereich tiefer Frequenzen, in dem die stehenden Wellen dominant sind.

Der Physiker Manfred Schröder, Professor an den Bell Laboratories, fand eine Abschätzung für die Übergangsfrequenz zwischen diesen beiden Bereichen (*Schröder-Frequenz f_s*). Um stehende Wellen effektiv zu bekämpfen und den Bassbereich zu optimieren, benötigt man entweder breitbandig wirkende Bassabsorber für den Frequenzbereich unterhalb dieser Schröder-Frequenz oder schmalbandige Bassabsorber, die auf die einzelnen Raum-Resonanzfrequenzen abgestimmt sind. Die im Studiobau beliebte, schiefwinklige Raumgeometrie kann stehende Wellen zwar abmildern, jedoch nicht verhindern. Zudem lohnt die schiefwinklige Konstruktion nur, wenn der Raum groß genug ist, weil dadurch naturgemäß viel Raumvolumen verloren geht.

Thomas Görne/cp //





Special Akustik – Bauakustik

Damit's auch mit dem Nachbarn klappt

Eine gute Schalldämmung im Studio ist aus zwei Gründen wichtig: Trennung zwischen Aufnahme- und Regieraum und vor allem Trennung zu den Nachbarn.

Aufnahme- und Regieraum sollen akustisch entkoppelt sein, da man andernfalls den Klang während der Aufnahme nicht verlässlich beurteilen kann. Zum anderen bekommt man möglicherweise von den Nachbarn ganz schnell eine Anzeige wegen Lärmbelästigung an den Hals. Die Werkzeuge der Raumakustik, die wir Ihnen ab Seite 48 vorstellen, dienen in erster Linie der Klangverbesserung im Raum – für die akustische Entkopplung zur Außenwelt sind sie dagegen wenig geeignet. In der Bauakustik sind andere Methoden erforderlich.

Schallübertragungswege

Zur Beschreibung der akustischen Trennung zweier Räume dient das Bauschalldämmmaß R . Es gibt das Verhältnis der Schalleistungen zwischen *Senderraum* und *Empfangsraum* an, ausgedrückt als Leistungspegel. In durchschnittlichen Wohnräumen entspricht das Bauschalldämmmaß

bis auf kleine Abweichungen (± 3 dB) der Differenz der gemessenen Schalldruckpegel zwischen *Sende-* und *Empfangsraum*.

Je nach Ausbreitungsmedium spricht man in der Bauakustik von Luftschall und Körperschall: Körperschall ist zwar selbst nicht hörbar, die schwingenden Wände oder der Fußboden strahlen aber ihrerseits wieder Luftschall ab und leiten dadurch den Schall weiter. Die Luftschallübertragung durch eine Wand kann man also als doppelte Schallumwandlung (Luft – Wand – Luft) betrachten. Im Studio muss natürlich auch die unmittelbare Körperschallanregung etwa durch Schlagzeug, Klavier oder Bassboxen bedacht werden.

Man unterscheidet in der Bauakustik die Schallübertragung über den Hauptweg, beispielsweise also die unmittelbare Trennwand zwischen zwei Räumen, und die

5 Akustik-Tipps

1. Vermeiden Sie klappernde oder dröhnende Konstruktionen.
2. Gipskartonständerwände sollten immer mindestens doppelt beplankt sein.
3. Vermeiden Sie quadratische Räume oder Räume, deren Deckenhöhe einem Vielfachen der Breite oder Länge entspricht.
4. Vermeiden Sie konkave Flächen, da diese als akustische Linsen wirken. Besser sind konvexe Flächen, da diese streuend wirken.
5. Vertrauen Sie Ihren Ohren, bitten Sie aber auch Freunde und Bekannte zum Hörtest.

Markus Bertram/cp

Schallübertragung über die Nebenwege: Damit ist die Körperschallübertragung durch Fußboden und Decke, Luftschallübertragung durch undichte Türen, Lüftungen, Kabelkanäle usw. gemeint. Ziel der akustischen Entkopplung ist die Unterbrechung aller möglichen Schallübertragungswege: Die beste Trennwand nützt wenig, wenn durch eine undichte Tür oder einen Lüftungskanal Schallbrücken entstehen.

Die optimale Schallisolierung für eine Wand erreicht man durch eine vorge-setzte zweite Wand, die so genannte Vorschale. Das Bauschalldämmmaß erhöht sich dabei drastisch: Der auf der Rückseite →

Definition: Bauakustik im Studio

Die Luftschall- und Schwingungsübertragung zwischen Aufnahme- und Regieraum muss möglichst klein gehalten werden. In den Begriffen der Bauakustik bedeutet das:

Unterbrechung der Hauptwegübertragung: Stabile und schwere Wand, Vorsatzschale (doppelte Wand), Doppel- oder Dreifachfenster, doppelte Tür, Raum-im-Raum-Konstruktion

Unterbrechung der Nebenwegübertragung: Abdichtung aller Luftschallbrücken (Fenster- und Türdichtungen, Kabelkanäle usw.), Unterbrechung aller Körperschallbrücken

Körperschallentkopplung: Schwingende Podeste, schwingender Boden, Raum-im-Raum-Konstruktion



der Vorschale austretende Restschall reicht kaum aus, um die dahinterliegende zweite Wand noch zum Schwingen anzuregen. Durch die vierfache Schallumwandlung (Luft – Wand – Luft – Wand – Luft) isolieren zwei leichte Wände erheblich besser als eine einzelne, doppelt dicke Wand.

Die optimale Entkopplung direkter Körperschallanregung etwa durch ein Schlagzeug erreicht man durch die schwingungsfähige Lagerung der Instrumente oder des gesamte Fußbodens. Natürlich funktioniert die Körperschallisolierung nur, wenn die schwimmende Bodenplatte an keiner Stelle eine Wand berührt: Andernfalls entsteht hier eine Körperschallbrücke, die die Schwingungsentkopplung weitgehend zunichte macht.

Doppelte Wände in Verbindung mit einem frei schwingenden Boden führen zur idealen Bauakustik-Lösung für jedes Studio: zur Raum-im-Raum-Konstruktion. Dazu wird im Raum ein zweiter, geschlossener Raum aufgebaut, der nur an der frei schwingenden Bodenplatte befestigt wird: Jede Verbindung zu den eigentlichen Wänden des äußeren Raums muss elastisch sein. Auf diese Weise wird nicht nur die Schallübertragung über den Hauptweg, also die Trennwand verringert, sondern auch die Schallübertragung über alle Nebenwege.

Zusätzlich müssen noch mögliche Luftschallbrücken unterbrochen werden. Dazu werden – wenn möglich – alle Verbindungswege zwischen den Räumen abgedichtet. Natürlich kann und darf dabei der Raum niemals komplett luftdicht verschlossen werden. Das größte bauakustische Problem im Studio ist und bleibt deshalb die Belüftung.

Thomas Görne/cp //

So viel bringt's

Wand

Leichtbauwand, Rahmen 5 cm, beidseitig 12 mm Gipskarton	33 dB
Leichtbauwand, Rahmen 5 cm mit Dämmmaterial gefüllt, beidseitig 12 mm Gipskarton	36 dB
Leichtbauwand, Rahmen 5 cm mit Dämmmaterial gefüllt, beidseitig 2x12 mm Gipskarton	41 dB
Leichtbauwand, Rahmen 10 cm, beidseitig 12 mm Gipskarton	37 dB
Leichtbauwand, Rahmen 10 cm mit Dämmmaterial gefüllt, beidseitig 12 mm Gipskarton	42 dB
Leichtbauwand, Rahmen 10 cm mit Dämmmaterial gefüllt, beidseitig 2x12 mm Gipskarton	48 dB
Ziegelwand, verputzt 1/4 Stein (9 cm)	42 dB
Ziegelwand, verputzt 1/2 Stein (15 cm)	44 dB
Ziegelwand, verputzt 1/1 Stein (27 cm)	50 dB
Betonwand (16 cm)	48 dB
Mögliche Verbesserung durch Vorsatzschale mit 25 mm Leichtbauplatte, abgedichtet	5-10 dB

Türen

Einfachtür	15-20 dB
Doppeltür	30-40 dB
Mögliche Verbesserung durch schwerere Türblätter und Dichtungen: pro Tür	10-15 dB

Fenster

Einfachfenster, abgedichtet, 4 mm	23 dB
Einfachfenster, abgedichtet, 6 mm	27 dB
Einfachfenster, abgedichtet, 12 mm	31 dB
Doppelfenster, abgedichtet, 4 mm/20 cm Abstand/4 mm	39 dB
Doppelfenster, abgedichtet, 10 mm/20 cm Abstand/6 mm	44 dB
Doppelfenster, abgedichtet, 10 mm/15 cm Abstand/8 mm	44 dB
Doppelfenster, abgedichtet, 10 mm/20 cm Abstand/8 mm	52 dB

Bauschalldämmmaße, frequenzgemittelt (bei hohen Frequenzen alle Werte ca. +10 dB, bei tiefen Frequenzen ca. -10...- 20 dB)

Um für die Trennwand zwischen Aufnahme- und Regie ausreichende Dämmwerte zu erzielen, sind unter Umständen drei- bis vierfache, dreifach beplankte Leichtbauwände, abgedichtete schwere Doppeltüren sowie dreifache Fenster mit großem Luftraum zwischen den Scheiben erforderlich.

Thomas Görne/cp

Quellen: H. Kuchling (Hrsg.): Taschenbuch der Physik, Verlag Harri Deutsch, Thun 1984;
W. Fasold, W. Kraak, W. Schirmer (Hrsg.): Taschenbuch Akustik, VEB Verlag Technik, Berlin 1984;
P. Mapp (Hrsg.): Klark Technik Audio System Designer Technical Reference, o.V., o.D., o.J.

Akustik zum Nulltarif

Akustikbau ist leider keine billige Angelegenheit. Daher: Not macht erfindlich. Als Beispiel haben wir uns eine auf den ersten Blick sehr schwierige Aufgabe ausgesucht: Wir wollen nämlich ein Badezimmer zum Aufnahmerraum für Gesang und kleine Instrumente umgestalten. Die typische Akustik eines Badezimmers mit ihren vielen Reflexionen und Resonanzen dürfte jedem von uns vertraut sein, der schon einmal unter der Dusche gesungen hat. All diese unerwünschten Erscheinungen zu beseitigen, scheint aufgrund ihrer Lautstärke im Verhältnis zum Nutzsignal schwierig, ist es aber gar nicht, da unser Raum mit etwa 9,5 Kubikmetern ein relativ geringes Volumen aufweist.

Mit Hilfe eines Impulssignals, ein Knackfrosch aus Blech funktioniert genauso gut, verschaffen wir uns einen ersten Eindruck: Unangenehme Flatterechos, die wegen des geringen Wandabstands sogar bis in den hörbaren Bereich wahrnehmbar sind, lassen den Raum kalt, hart und indifferent klingen.

Mit einem gesumnten Sweep kann man sogar ansatzweise Resonanzfrequenzen des Raums ermitteln. Hierbei sollten Sie sich langsam summend durch den Raum bewegen, denn die Resonanzen treten an unterschiedlichen Stellen verschieden stark auf.

Als nächstes machen wir uns auf die Suche nach passendem Material, um die Akustik unseres Raums unter Kontrolle zu bekommen. Hier kommt eigentlich alles

in Frage, was Schall absorbiert oder streut: alte Federbetten und Matratzen, Schaumstoffe, Eierkartons, Teppiche aller Art, Decken, Badezimmerteppiche, Noppenschäum und sogar Bücherregale, aber dazu später mehr.

Federkernmatratzen eignen sich nur bedingt zur Schalldämmung, da sich in ihrem Inneren Metallfedern befinden, die meist eine Eigenresonanz im Hörbereich aufweisen. Die macht sich als unangenehmes Nachklingen in den unteren Mitten bemerkbar. Sofas hingegen sind eine gute Basis für den heimischen Regieraum, denn sie schlucken auch tieffrequenteren Schall, dem man mit Hausmitteln nur sehr schlecht begegnen kann.

Aber zurück zum Badezimmer. Nach einer umfangreichen Suchaktion auf dem familiären Dachboden finden sich mehrere dicke Decken, ein fransiger Badezimmerteppich, eine Futon-Matte sowie einige Schaumstoffelemente ungeklärter Herkunft. Zuerst werden die Flächen der gegenüberliegenden Wände mit den Decken großräumig abgedeckt. Damit verschwinden zwar die Flatterechos, allerdings treten sofort unangenehme Resonanzen im darunter liegenden Frequenzbereich an ihre Stelle. Hier ist nun die Futon-Matte gefragt. Wegen des beträchtlichen Gewichts und Abmessungen von 140x200 cm wird die Matte vierfach gefaltet am oberen Rand der Badewanne aufgestellt – und siehe da, eine deutliche Besserung tritt ein.

Bei einer erneuten Prüfung der Raumresonanzen fällt auf, dass der Boiler bei

bestimmten Frequenzen zum Nachschwingen neigt und zudem seine glatte Oberfläche noch beträchtlich reflektiert. Mit einer Steppdecke umwickelt und etwas Gaffa-Tape gezähmt ist aber auch dieses Problem schnell gelöst. Der grob gefranste Badezimmerteppich und die restlichen Schaumstoffreste werden gleichmäßig mit etwas Abstand zu einander hinter den Decken verteilt, die Rückseite der Badezimmertür wird mit einem Flokati-Teppich aus den 70ern veredelt. Bis auf die Badezimmerdecke sind nun alle Flächen mit mehr oder weniger dämmenden Materialien bedeckt. Probleme bereiten jetzt nur noch Wind- und Außengeräusche, die aus der Lüftung kommen. Die ist aber mit etwas Gaffa und Schaumstoff sehr schnell dicht und damit ruhig gestellt.

Unser Bad ist zwar akustisch alles andere als perfekt, ordentliche Gesangs- und Sprachaufnahmen lassen sich aber trotzdem in guter Qualität erzeugen. Dabei ist es besonders wichtig, die richtige Aufstellung für das Mikrofon zu finden, denn nicht an allen Stellen klingt der Raum gleich gut. Hat man eine Position gefunden, bei der Resonanzen und Nutzsignal miteinander harmonisieren, lohnt es sich, diese mit einer Markierung möglichst genau zu fixieren.

Das einzige verbliebene Problem ist der Nachbar im Stockwerk darüber, der sein Bad unverhohlen auch während der Aufnahmesessions nutzt. Aber auch hier kann etwas Gaffa-Tape Wunder wirken...

Björn Eichelbaum/cp

Zwei Mal vorher – nachher: Auf der linken Seite sehen Sie die improvisierte Schalldämmung rund um das Mikro und rechts, wie wir dem Boiler mit einer Steppdecke beigegeben sind. Sieht vielleicht seltsam aus, bringt aber viel. Und gekostet hat es fast nichts!



Special Akustik – Antworten zu Theorie und Praxis

Akustik ist Chaos

Es soll Toningenieure geben, die ihren Mix in letzter Instanz im Auto beurteilen, streng nach dem Motto: Wenn es hier klingt, klingt es überall! Eigentlich erstaunlich, oder?

Schließlich hat ein Auto mit einem Studio reichlich wenig gemeinsam. In einer typischen Tonregie stehen in der Regel ein Mischpult, einige Outboard-Geräte sowie hochwertige Lautsprecher. Und trotzdem soll es nicht möglich sein, dort eine verbindliche Aussage über den Klang der Mischung zu treffen? Wir haben mit dem Akustik-Experten Jochen Veith das Frage-und-Antwort-Spiel gespielt...

Wie kann man Akustik beurteilen? In der Praxis gibt es verschiedene Parameter, über die man Klangeigenschaften eines Raums werten kann. Allerdings muss man dabei immer die Eignung für ein spezielles Aufgabengebiet im Auge behalten. So kann sich ein großer Raum beispielsweise sehr gut für Klassik eignen, ist aber für Material aus einer anderen Musikepoche wie etwa Pop kaum tauglich; oder ein Aufnahmeraum, der speziell für Sprache hergerichtet wurde, muss sich nicht automatisch für klassische Gitarre eignen.

Was macht also einen guten Raum aus? Generell kann man sagen, dass in Räumen, in denen Musik dargeboten wird, hohe Diffusität wünschenswert ist. Eine

gute akustische Durchmischung ist ein Grundparameter, den man bei der Bewertung immer ansetzen kann. Entsprechend sollte dieser Raum Streukörper und Strukturen aufweisen, die den Schall möglichst gut verteilen, so dass statt einzelner, heftiger eher viele kleine Reflexionen auftreten.

Wichtig ist zudem, dass der Nachhallschweif möglichst ausgewogen klingt, also weder akustische Knicke aufweist noch unausgeglichen über die Frequenz ist: Bei überdämpften Höhen beispielsweise fangen Aufnahmen sehr schnell das Näseln an, alles klingt wie mit vorgehaltener Hand. Mit sorgfältig ausgewählten, akustischen Mitteln wie zusätzlichen Loch- oder Schlitzplattenabsorbern kann man dem Aufnahme-raum trotzdem eine Färbung geben, die sich speziell für bestimmte Instrumente eignet.

In der Regie wird es natürlich viel schwieriger, denn hier müssen Frequenzen von 30 Hz und tiefer genauestens beurteilt werden. Mischpulte, Geräteschränke, allein die Raumgröße im Verhältnis zu den Wellenlängen sorgen dafür, dass die Akustik hier immer einen Kompromiss darstellen muss. So lautet das oberste Ziel, mit den verfügbaren

Mitteln das Optimum bezüglich Kosten und räumlichen Gegebenheiten herauszuholen – den *idealen* Regieraum dagegen kann es nicht geben.

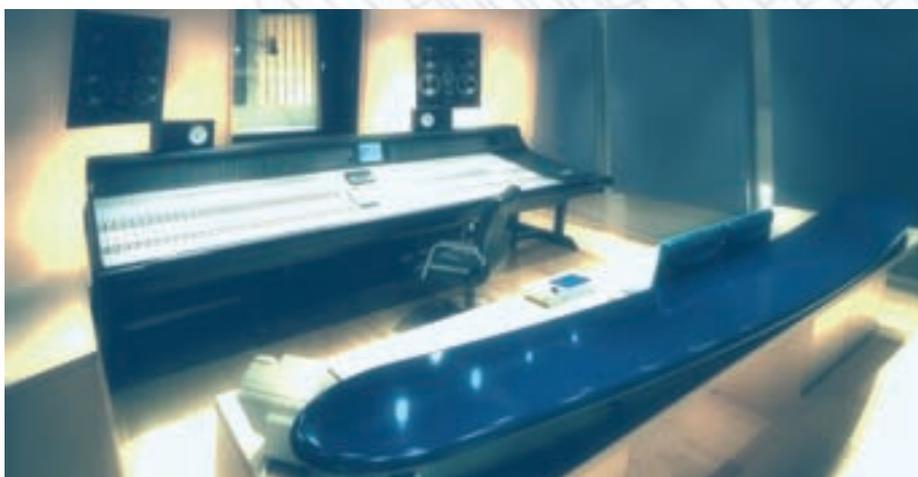
Was ist Ziel der Akustik?

Prinzipiell ist es möglich, in jedem beliebigen Raum zwei Lautsprecher aufzustellen, um dort eine Mischung zu fahren. Geht es also bei der Raumakustik darum, dass dieser Raum besonders gut klingt? Eher nicht, auch wenn das natürlich als angenehmer Nebeneffekt eintreten sollte. Tatsächlich ist es Ziel, eine Referenz zu erschaffen. Der Raum sollte also möglichst neutral oder analytisch sein, eine möglichst ausgewogene Nachhallzeit bieten, möglichst wenig störende Faktoren enthalten, da sonst eine verbindliche Beurteilung der Mischung nicht möglich ist.

Drei Punkte sind als Ziel jeder akustischen Maßnahme zu definieren:

- Der Raum muss langes, unangestregtes Arbeiten ermöglichen;
- Fehler in der Räumlichkeit und dem Stereobild müssen klar und schnell identifiziert werden können;
- Eine externe Hörkontrolle, sei es im Auto oder auf der heimischen Stereoanlage, ist nicht mehr nötig. Kurz: Die gesamte Wertigkeit und Beurteilbarkeit nimmt stark zu.

Betrachten wir dagegen den Normalfall: Eine Mischung, die man in einem unbehandelten Raum erstellt, wird Fehler aufweisen – vielleicht nur geringe Fehler, aber optimal ist das Ergebnis sicher nicht. Grund dafür ist, dass der Raum gewisse Beurteilungen nicht zulässt: Vielleicht sind die ersten Reflexionen in Ihrer Regie bereits so laut, dass Sie die Reflexionen auf der Aufnahme gar nicht beurteilen können. Gleiches gilt für das Equalizing der Mischung, wenn beispielsweise die Nachhallzeit oder die Übertragungsfunktion der Lautsprecher zum Abhörpunkt nicht stimmt: Nur mit extrem großer Übung und wahrscheinlich



Kann auch noch gut aussehen: ausgeklügelte Akustik im Booya-Studio



einer Portion Glück kann man dennoch hochwertige und fehlerfreie Mischungen abliefern.

Abgesehen davon muss Ihr biologischer Hörapparat permanent auf Hochtouren arbeiten, um Raumfehler abzuwägen und zu korrigieren – in schlechten Räumen ermüdet das Ohr entsprechend schnell, da man sich sehr konzentrieren muss. Zudem ist Merkzeit unseres Gehörs extrem kurz und der Gewöhnungsfaktor sehr hoch. Deshalb ist es so wichtig, dass man Fehler sehr schnell und klar hören kann.

Lässt sich jeder Raum akustisch reparieren?

Es gibt Räume, die sich akustisch einfach nicht als Regie eignen. Das fängt beim Thema stehende Welle (auch Moden genannt) an: In durchschnittlichen Räumen mit 25 bis 30 qm Grundfläche und einer normalen Deckenhöhe bestimmen die Raumresonanzen den gesamten Klang unterhalb von 200 Hz. Bei absolut quadratischen Räumen bereitet die Welligkeit der Übertragungsfunktion im Raum bei tiefen Frequenzen solche Probleme, dass man hier nie glücklich wird.

Zudem verschärfen sich diese Probleme, je kleiner der Raum wird: Unter 10 qm lassen sich aufgrund der geringen Modendichte kaum gute Bedingungen schaffen, darüber wird es nur langsam besser.

Bei Mehrkanal sieht es noch extremer aus:

Geht man von einer Stereobasisbreite von zum Beispiel 2,60 Meter aus, ergibt sich aufgrund der Surround-Lautsprecheraufstellung im Freifeld bereits eine Raumbreite von mindestens 7 Metern. Wenn man nun davon ausgeht, dass der Raum länger sein sollte als breit, liegt der theoretische Platzbedarf schnell in Bereichen von 80 qm, die selbst im professionellen Bereich schwer vermittelbar sind. Trotzdem: Um gute Bedingungen zu schaffen, muss man Platz haben.

Was sind die Grundkriterien für eine Regie?

Die Ausrichtung im Raum ist sehr wichtig, denn sie sollte Links/Rechts-symmetrisch sein: Wenn diese Symmetrie gestört oder aufgrund der Raumform nicht möglich ist, wird die Übertragungsfunktion der Lautsprecher im Bassbereich zwischen Links

und Rechts sehr unterschiedlich sein. Gleichzeitig sollte man den Regieraum in seiner Länge nutzen, nicht quer.

Um den Raumklang zu beurteilen, kann man als Laie eigentlich nur auf den Hörtest mit Referenzaufnahmen vertrauen. Professionelle Toningenieure haben zu diesem Zweck immer einen Satz CDs dabei, der es ihnen in fremden Studios erlaubt, den Raumklang kennen zu lernen und sich während der Mischung zu rekali-brieren. Dabei werden unterschiedliche CDs für unterschiedliche akustische Merkmale genutzt: Mit der einen CD kann man den Bass besonders gut beurteilen, mit der anderen die Ortung, mit der dritten vielleicht das Impulsverhalten. Wichtig ist, dass man diese CDs wirklich in- und auswendig kennt, denn nur dann lässt sich tatsächlich etwas über den Klang im Raum, die Stereobasis oder die Mittenortung aussagen.

Wie beurteilt man den Raumklang?

Eine eigene Raummessung mit semiprofessionellen Mitteln ist nur bedingt →

10 Akustik-Tipps für Regieräume

1. Nutzen Sie den Raum in Längsrichtung, da das vorteilhaft für die Ausbreitung von tiefen Frequenzen ist.
2. Für ein symmetrisches Stereo-Klangbild sollte auch der Abhörraum möglichst symmetrisch angelegt sein.
3. Stellen Sie die Lautsprecher wenn möglich in einem Wandabstand von mindestens einem Meter auf.
4. Vermeiden Sie Reflexionsflächen (Möbel, Racks, Computermonitore etc.) in direkter Nähe zu den Lautsprechern.
5. Bei Stereoaufnahmen sollten die beiden Abhörmonitore zusammen mit der Abhörposition (hot spot) ein gleichseitiges Dreieck (60°) ergeben. Beachten Sie dabei den empfohlenen Hörabstand Ihres Monitors.
6. Experimentieren Sie mit Ihrem Abhördreieck, indem Sie die Monitor- und Abhörposition entlang der Längsachse des Raums verschieben. Achten Sie dabei vor allem auf Veränderungen im unteren Frequenzbereich.
7. Vermeiden Sie zu große Flächen mit Absorbern, die lediglich hohe Frequenzen absorbieren können (z. B. Teppichboden oder Pyramidenschäum an den Wänden): Dadurch entsteht fast immer ein muffiges, mittiges Klangbild.
8. Setzen Sie lieber wenige hochwertige als viele mangelhafte Absorber ein.
9. Lassen Sie sich Zeit: Das Gehör muss sich an Abhörbedingungen gewöhnen. Trainieren Sie sich mit professionellen Produktionen in Ihrer Regie.
10. Vermeiden Sie weitere Veränderungen, sobald Sie Ihren Sound gefunden haben: Mobile Akustikmaßnahmen gehören in Aufnahmebereiche!

Markus Bertram/cp

Akustik-Glossar

Absorber. Material oder Bauelement zur Absorption von Schall

Absorption. Dämpfung von Schallschwingungen durch Umwandlung in Wärmeenergie

Akustik. Lehre vom Schall und den mechanischen Schwingungen

Bewertung. Auf das Hörempfinden angepasste Wertung des gemessenen Schallpegels (Wichtung)

Diffusität. Schallverteilung/streuung in Räumen

Diffusor. Bauelement zur Erhöhung der Diffusität oder Streuung

DIN 52 210. Norm zur bauakustischen Prüfung der Luft- und Trittschalldämmung

Echo. Hörbare Reflexion eines Schalleignisses

Eigenfrequenz. Frequenz, bei der ein schwingfähiges System selbstständig schwingt

Emission. Abstrahlung einer Schallquelle

Erste Reflexion (Early Reflections). Erste reflektierte Wellenfront, die Informationen über Wandoberflächen und Lage bzw. Position der Schallquelle überträgt

Flatterecho. Echo, das zwischen schallharten, parallelen Flächen mehrmals hin und her reflektiert wird, bevor es abklingt

Frequenz. Anzahl der Schallschwingungen pro Sekunde (1 Hertz = 1 Schwingung pro Sekunde)

Hallradius. Bereich, in dem sich die Schalldruckpegel des Diffusfelds und des Direktschalls entsprechen

Helmholtz-Resonator. Resonanzabsorber für tiefe Frequenzen

Hörbereich. Frequenzbereich des menschlichen Gehörs (ca. 20 - 16.000 Hz)

Immission. Einwirkung von Schallwellen auf einen Ort

Körperschall. Schall, der sich in festen Stoffen ausbreitet (erzeugt Luftschall)

Lärm. Geräuschimmission, die Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Arbeitssicherheit des Menschen beeinträchtigt

Lautstärke. Empfindungsgrad für Töne und Geräusche

Lautstärkepegel. Subjektiver Schalleindruck des menschlichen Gehörs (Einheit: phon)

Luftschall. Schall, der sich in Luft ausbreitet

Nebenwegsübertragung. Schallübertragung über flankierende Bauteile (Wände, Rohrleitungen etc.)

Nachhall. Zeitliche Verdichtung einzelner Reflexionen bei gleichzeitig abnehmender Schallenergie (Diffusion)

Raumakustik. Teilgebiet der Akustik, das sich mit der Hörsamkeit in Räumen befasst

Raum-im-Raum. Schalen-Bauweise zur Erzielung hoher Schalldämmung

Rauschen. Schall, bei dem alle Frequenzen statistisch verteilt gleichmäßig auftreten

Resonanz. Eigenfrequenz eines Schwingensystems, die zu einer Erhöhung der Amplitude führt

Rosa Rauschen. Rauschen, bei dem die Amplitude um 3 dB (Faktor 0,7) pro Oktave abnimmt

Schall. Mechanische Schwingungen in gasförmigen, flüssigen und festen Stoffen

Schallausbreitung. Druckveränderung im Material durch Schwingung von Molekülen

Schallbrücke. Übertragungsstelle für Schallwellen (z.B. Trennwand)

Schalldämmmaß. Maß für die Größe der Schalldämmung (Einheit: R)

Schalldämmung. Reduzierung der Schallübertragung durch trennende Bauelemente

Schalldämpfung. Reduzierung der Schallübertragung durch absorbierende Bauelemente

Schalldruck. Durch Schallwellen erzeugte Verdichtung der Luft

Schallgeschwindigkeit. Ausbreitungsgeschwindigkeit c der Schallwellen

Schallschnelle. Bewegung eines Moleküls um seine Ruhelage

Ton. Sinusförmige Schallschwingung, die sich periodisch wiederholt

Trittschall. Körperschall, der sich über den Boden bzw. die Decke fortpflanzt

Trittschallpegel. Schallpegel des Trittschalls

Übertragungsfunktion. Frequenzgang

Weißes Rauschen. Höhenbetontes Rauschen, bei dem alle Frequenzen die gleiche Amplitude haben

Wellenlänge. Länge einer vollständigen Schallschwingung (Wellenberg und Wellental)

aussagekräftig. Natürlich kann man mit einem Rauschgenerator, einem Mikrofon sowie einem Realtime-Analyzer ein grobes Bild vom Frequenzgang an der Abhörposition zeichnen. Allerdings ist dieses Verfahren bei weitem nicht so aussagekräftig wie etwa ein computergestütztes Analysesystem – Frequenzbereiche mit zu wenig oder zu viel Pegel lassen sich jedoch relativ leicht identifizieren.

Sicher ist, dass man in Messergebnisse nicht zu genau hineinschauen darf, sondern diese mit einer gewissen Unschärfe beurteilen und im Hörtest verifizieren sollte: Genau wie in der Optik ist die Auflösung unseres Gehörs begrenzt. Es hat also wenig Zweck, mit einem Sinusgenerator zu arbeiten, da die extrem hohe Frequenzauflösung für das Gehör keinen Sinn mehr macht. Eine Möglichkeit wäre es dagegen, mit Hilfe einer entsprechenden, kommerziellen Akustik-CD Rauschen in Terzen in den Raum einzubringen. Schalten Sie das Rauschen an und aus: Wenn ein Terzband nachklingt oder wummert, ist in diesem Frequenzbereich definitiv etwas nicht in Ordnung.

Doch selbst wenn man auf diese Weise einen Fehler in der Übertragungsfunktion entlarvt hat, stellt sich die Frage, wie man diese Fehler beheben kann. Eine elektronische Entzerrung über einen grafischen Equalizer ist in diesem Fall bedingt zulässig. Gerade in kleinen Regieräumen kommt man um eine maßvolle EQ-Bearbeitung nicht herum: Die so genannte Raumentzerrung ist dann sinnvoll, wenn der Bass bei einem Lautsprecher aufgrund der Positionierung vor einer Wand (Grenzflächenwirkung) im Pegel ansteigt. Wenn man an der Abhörposition allerdings im Schnellmaximum einer Mode sitzt, wäre es fatal, den kritischen Bereich elektronisch anzuheben. In diesem Fall würde man viel Pegel auf die Lautsprecher und damit in den Raum schicken, während an der eigenen Abhörposition dennoch kaum mehr Nutzpegel ankommt.

Funktionieren denn Akustikmodule von der Stange?

Akustikmodule entfalten ihre optimale Wirkung nur dann, wenn man sie an der richtigen Stelle anbringt. Und diese Einschränkung gilt sowohl für poröse Absorber als auch für Resonanzabsorber: Bei einem Helmholtz-Resonator beispielsweise handelt es sich um ein sehr spezifisches Modul, das der Laie ohne tiefreichendes Wissen praktisch gar nicht nutzen kann. Eine fehlerhafte Aufstellung kann den akustischen Ein-

Christian Preissig/as



druck im Raum verschlimmern, unter Umständen sogar einen gegenteiligen Effekt erzeugen – ohne professionelle Anleitung sollte man diese Module also besser nicht anfassen.

Auch für poröse Absorber muss man ein Konzept entwickeln, in dem Akustikmodule ihrer Eignung entsprechend an den richtigen Positionen im Raum eingesetzt werden. So muss man sich klar werden, dass Absorber je nach Dicke einen sehr beschränkten Frequenzbereich behandeln. Für die Regie sind herkömmliche Noppen- und Pyramidenschäume beispielsweise nur bedingt zu gebrauchen, denn ähnlich wie bei Teppichboden reicht ihre Wirkung in Abhängigkeit der Materialdicke bis zu einer bestimmten unteren Grenzfrequenz: Darunter kippt der Absorber-Effekt weg.

Man sollte also nicht dem Denkfehler erliegen, dass überall, wo Akustik draufsteht, auch ein Allheilmittel drinsteckt, mit dem sich die gesamte Raumproblematik lösen lässt. Vielmehr muss man sich bei jedem Absorber im Klaren sein, wo das Modul seine beste Wirkung entfaltet: Ohne Konzept ist man sonst hoffnungslos verloren.

Gibt es bauliche Maßnahmen, die sich grundsätzlich lohnen?

Das Wichtigste bei der Bauakustik ist, Körperschall zu vermeiden: Boxen auf Wandhaltern oder auf dem Boden übertragen die Vibrationen direkt ins Mauerwerk und sollten daher immer in irgendeiner Form elastisch gelagert werden. Das dabei verwendete Feder-Masse-Prinzip, nämlich große Masse auf weicher Feder, lässt sich beispielsweise über eine Steinplatte realisieren, die auf einem Bett aus Mineralwolle oder Elastomer schwimmt: Damit werden die Vibrationen nicht mehr direkt in die Wand oder auf den Boden übertragen.

Bei lediglich einem schwachen Bauteil zum Nachbarn hin, würde es Sinn machen, die Schalldämmung mit Hilfe einer zusätzlichen Gipskartonschale zu verbessern. Ist das trennende Bauteil jedoch genauso dämmend wie die umgebenden Wände, bringt das direkte Abdecken praktisch nichts. Erst wenn man Fläche für Fläche und damit auch alle gemeinsamen Flanken abdeckt, entfaltet sich die optimale Dämmung. Und damit ist das Grundprinzip der Raum-im-Raum-Bauweise bereits beschrieben: Mit diesem Verfahren lässt sich die Dämmung um Werte von 15 dB oder mehr verbessern.

Wann sollte man sich an den Akustiker wenden?

Im Vergleich mit den Kosten für möglicherweise falsch installiertes Material ist eine Grundberatung beim Akustiker sicherlich eine ebenso kostengünstige wie sinnvolle Investition: Der Einstieg wäre eine Beratung, die auf Stundenbasis abgerechnet wird – das kann bereits bei 200 Euro anfangen. Im nächsten Schritt kann der Akustiker Skizzen anfertigen, die Planung und Messung anbieten oder schließlich

auch das komplette Baumanagement inklusive Kostenplanung und Bauprojektierung/leitung übernehmen – sozusagen das schlüsselfertige Komplett-Paket anbieten. Dafür hat man als Kunde die Garantie, dass alle Bauelemente optimiert dort einbaut werden, wo es Sinn macht.

Zudem lässt sich eine akustische Maßnahme mit professioneller Hilfe sowohl zeitlich wie auch finanziell entzerren.

So kann man den raumakustischen Ausbau inklusive der Kosten auf mehrere Jahre hin anlegen. Wichtig ist dabei der richtige Plan: Es ist weder möglich noch sinnvoll, jeweils nur eine Achse im Raum zu behandeln – ein Motto wie „...in diesem Jahr die Decke, im nächsten die Wände...“ kann in keinem Fall funktionieren. Stattdessen muss man in Konzepten denken, die für sich alleine genommen bereits funktionieren. Bei diesem modularen Prinzip baut man in einem Jahr Konzept 1 auf, im nächsten Jahr wieder ab und verwendet die selben Elemente dann in Konzept 2 weiter. In sich muss jedes Konzept immer eine schlüssige Lösung für den gesamten Raum ergeben.

Jochen Veith/Christian Preissig/as //

Links zum Thema

www.netg.se/~catt	Professionelle Simulationssoftware für Raumakustik
www.cara.de	Raumakustiksimulationssoftware für Einsteiger
www.tonmeister.de	Fachinformationen zu Raumakustik/Tontechnik
www.dega.itap.de	Deutsche Gesellschaft für Akustik
www.acoustics.org	Acoustic Society Amerika
www.acoustics.org	Acoustic Society Europa
www.rpginc.com	Raumakustikkomponenten
www.fink-audio.com	Audio-Consulting
www.acm-akustik.de	Akustikplanung
www.buche.de	Schallschutztüren
www.ias-tueren.de	Schallschutztüren und -fenster
www.wvier.de	Audio-Consulting und Planung

Special Akustik – Akustik-Elemente

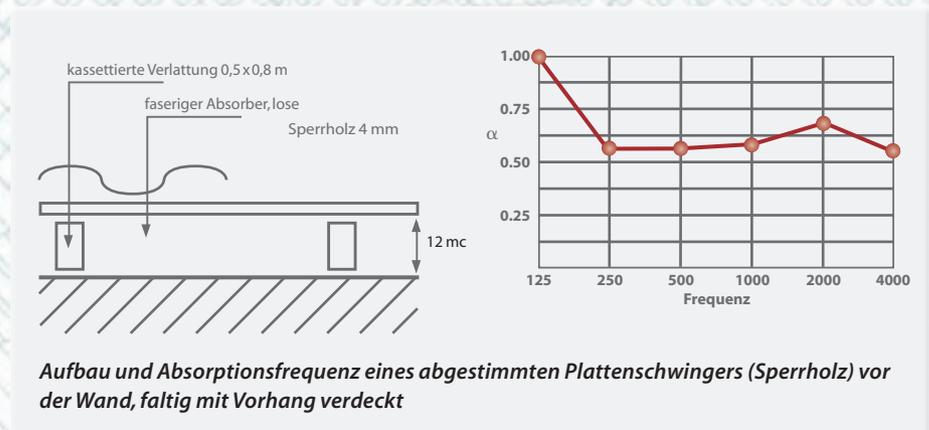
Bauelemente der Raumakustik

Zur raumakustischen Gestaltung braucht man dreierlei: Reflektoren, Diffusoren und Absorber. Wir zeigen Ihnen, wie die Elemente funktionieren und wo Sie sie bekommen können.

Ein Reflektor ist eine beliebig geformte **Platte, mit der Reflexionen geometrisch gelenkt werden.** So kann man zum Beispiel im Aufnahmeraum einen volleren Klang bekommen oder im Regieraum unerwünschte Reflexionen ablenken. Seine kleinste Abmessung muss groß im Vergleich zur Wellenlänge sein, weil der Schall ansonsten gestreut oder um den Reflektor herumgebeugt wird. Und das kann nicht für den ganzen Frequenzbereich erfüllt werden: Je tiefer die Frequenz ist, umso größer ist die Wellenlänge: Bei 41 Hz, dem tiefsten Grundton des Basses sind es bereits 8,4 m! Deshalb baut man eine Reflektorplatte einfach so groß wie möglich: Kleiner als 1 Quadratmeter sollte sie auf keinen Fall sein.

Außerdem muss der Reflektor schwer sein – je tiefer die Frequenz, umso schwerer – damit er nicht selbst zu Schwingungen angeregt wird. Eine Masse von mindestens 10 kg pro Quadratmeter wie beispielsweise bei einer 16-mm-Spanplatte ist deshalb sinnvoll.

Reflektoren sollten möglichst beweglich installiert werden. Deckenreflektoren hängen man am besten an Stahlseilen auf, Wand-



Aufbau und Absorptionsfrequenz eines abgestimmten Plattenschwingers (Sperrholz) vor der Wand, faltig mit Vorhang verdeckt

reflektoren brauchen eine bewegliche Unterkonstruktion oder werden als freistehende Trennwände gebaut. Man kann dann die Rückseite etwa mit Verbundabsorbieren schallabsorbierend verkleiden und erhält so frei bewegliche Akustikelemente für den Aufnahmeraum.

Um den Reflektor auszurichten, gibt es einen einfachen Trick: Auf die Mitte der Reflektorplatte wird ein Stück reflektierende Folie geklebt. Mit einem Laserpointer kann man nun den Strahlengang verfolgen. Möchte man zum Beispiel im Regieraum die Deckenreflexion vom Regieplatz weg an die

schallstreuende Rückwand umlenken, dann installiert man den Reflektor zwischen Monitorlautsprecher und Regieplatz und justiert die Ausrichtung, indem man vom Monitor aus den Laserpointer benutzt.

Diffusor

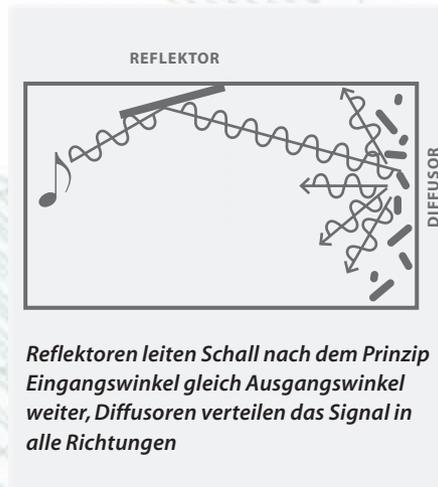
Der Diffusor streut unerwünschte Reflexionen und sorgt für ein homogenes Diffusfeld, wodurch kleine Räume besser klingen. In der Regie sorgen Diffusoren insbesondere an der Rückwand und an den Seitenwänden für einen präziseren Klang. Jeder Gegenstand, dessen Abmessungen in der Größenordnung der Wellenlänge sind, ist ein



Diffusor. Dabei sind unregelmäßige Strukturen besonders wirkungsvoll. Ein hervorragender und überaus praktischer Diffusor ist das Bücherregal: So macht es nicht nur einen guten Eindruck, wenn an der Regierückwand das Tonarchiv oder die Fachbibliothek in Billy-Regalen prangt, es klingt auch noch gut und spart viel Geld! Auf die staubschützenden Türen muss man natürlich verzichten...

Handelsübliche Diffusor-Elemente werden der Ästhetik halber gerne nach mathematischen Prinzipien konstruiert. Man erkennt sie an der typischen Kasten-Bauart mit abgeteilten Feldern, die unterschiedlich tief oder breit sind. Solche mit Hilfe der Zahlentheorie entwickelten Diffusoren zeigen nahezu ideale Streuwirkung.

Eine elegante und effektive Selbstbau-Variante sind senkrechte Holzlamellen unterschiedlicher Breite (etwa 10, 20 und 30 cm), drehbar gelagert, mit denen einzelne Wände verkleidet werden können (Wandabstand etwa 30 cm). Die Anstellwinkel der Lamellen werden dabei möglichst regellos gewählt.



Reflektoren leiten Schall nach dem Prinzip Eingangswinkel gleich Ausgangswinkel weiter, Diffusoren verteilen das Signal in alle Richtungen

Absorber

Mit Absorbern bringt man die Nachhallzeit auf den gewünschten Wert. Dabei sollte man besondere Aufmerksamkeit auf den Frequenzverlauf des Nachhalls legen: Außer bei sehr tiefen Frequenzen, die man mit möglichst wirkungsstarken Absorbern

möglichst effektiv zu bedämpfen versucht, sollte die Nachhallzeit im Frequenzbereich gleichmäßig verlaufen. Zu hohen Frequenzen hin darf sie leicht abfallen (etwa 10 %), die meisten Materialien absorbieren aber ohnehin hochfrequenten Schall: Deshalb ist das auch der natürliche Nachhallverlauf in den meisten Räumen. Je nach Bauart unterscheidet man poröse Absorber, die Resonanz-Absorbertypen Plattenschwinger, Helmholtzresonator und Röhrenresonator sowie die aus verschiedenen Absorbertypen kombinierten Verbundabsorber.

Der poröse Absorber entfaltet seine Wirkung am besten vor einer reflektierenden Fläche, also etwa vor der Wand. Im porösen Material wird den bewegten Luftmolekülen durch Reibung Energie entzogen. Das Absorbermaterial muss luftdurchlässig sein (einfacher Test: Durchpusten). Geschlossen-poriger Verpackungsschaumstoff ersetzt leider nicht den teuren, offenporigen Akustikschaumstoff. Auch zu dicht gewebtes oder beschichtetes Gewebe ist als poröser Absorber ungeeignet. →

Schaumstoffplatten

Studiosonic

Diese zwei Absorbertypen in der klassischen Pyramidenform bieten einen geraden Frequenzverlauf bei moderatem Preis und empfehlen sich ebenso für den Einsatz in Sprecher- oder Gesangskabinen wie für den Regieeinbau.

www.musik-produktiv.de, Tel.: (0 54 5 1) 909 190

AAC

Mit SAS 2 bietet AAC einen Pyramidenschaumstoff zur Dämpfung hoher Frequenzen, der Reflexionen mindert und die Diffusion im Raum erhöhen soll. Das Material ist speziell zur Schallabsorption im privaten Bereichen wie Übungsräumen oder Homerecordingstudios vorgesehen.

www.musik-produktiv.de, Tel.: (0 54 5 1) 909 190

t.akustik

Mit der Pyramidenschaumplatte SA-P und der Noppenschaumplatte SA-N hat Musikhaus Thomann zwei typische Absorberplatten für den Mittel/Hochtonbereich im Angebot.

Bei einer Grundfläche von jeweils 1 qm werden die unteren Grenzfrequenzen mit 500 (SA-P) bzw. 1000 Hz (SA-N) angegeben.

www.thomann.de, Tel.: (0 95 46) 92 23 30

Illbruck

Die Firma Illbruck bietet Acoustic Panels, Waffel- und Pyramidenplatten zur wirkungsvollen Schallabsorption mit einer maximalen unteren Grenzfrequenz von 250 Hz (Acoustic Panel) an. Die Waffelmodule sind aus einem auf Melaminharz basierenden Schaumstoff gefertigt und erzielen angeblich hervorragende Hallabsorptionsgrade im mittleren bis hohen Frequenzbereich.

www.musik-produktiv.de, Tel.: (0 54 5 1) 909 190

Special: Akustik im Tonstudio – Akustikmodule

Entscheidend für die Wirkung des porösen Absorbers ist seine *effektive Dicke*. Man misst sie zwischen Absorbervorderseite und Wand. Wenn die effektive Absorberdicke mindestens so groß ist wie eine Viertel-Wellenlänge, wird der Schall geschluckt.

$$f_u = 25 \frac{c}{d} \text{ [Hz]}$$

Man erweitert also zum Beispiel die absorbierende Wirkung eines Vorhangs um eine Oktave nach unten, indem man ihn in doppeltem Abstand vor die Wand hängt. Der Vorhang ist als variabler Absor-

ber sehr praktisch, man kann damit schnell und unkompliziert den Klang im Raum verändern. Ein Teppich mit sehr kurzem Flor ist im Studio dagegen unbrauchbar: Er verkürzt die Nachhallzeit kaum, killt aber die höchsten Obertöne. Der klassische poröse Absorber aus Noppenschäum sollte nur in besonderen Fällen eingesetzt werden, etwa innerhalb eines Verbundabsorbers abgedeckt mit Lochplatten. Frei verarbeitet ist sein Absorptionsgrad bei hohen Frequenzen zu hoch und bei tiefen Frequenzen zu niedrig, was zu einem muffigen, dröhnigen Klang führt. Ohnehin sollte man mit porösen Absorb-

bersparsam umgehen: In der Praxis sind nicht die hohen Frequenzen das Problem, sondern eher die mittleren und tiefen.

Der Plattenschwinger ist ein Resonanzabsorber. Er wird von der einwirkenden Schallwelle zu Schwingungen angeregt und entzieht ihr dadurch Energie. Seine Resonanzfrequenz bestimmt sich aus Flächen-gewicht und Wandabstand.

$$f_0 \approx \frac{600}{\sqrt{m \cdot d}} \text{ [Hz]}$$

Je schwerer die Platte und je größer der Wandabstand ist, umso tiefer ist die Reso-

Anbieter von Akustikmodulen

smart-audio

Neben der Herstellung exklusiver Studiomonitore bietet die Hamburger Firma smart-audio ebenso preiswerte wie funktionelle raumakustische Lösungen für das Studio an. Neben Akustikschaumstoffen für den Mittel/Hochtonbereich bietet smart-audio in Modulbauweise Absorber-Mitschwingerkombinationen für den Bass/Tiefmitteltongbereich an. Die Montage wird in der Regel von smart-audio-Mitarbeitern durchgeführt und enthält eine Funktionsprüfung mit anschließender Abnahme durch den Kunden. Neben Komplettlösungen sind auf Anfrage auch Einzel-elemente erhältlich.

www.smart-audio.de, Tel.: (0 41 27) 776

MB Akustik

MB Akustik aus Osnabrück deckt den gesamten Bereich von Akustikplanung über Studioinstallation bis hin zur Fertigung von Studiomöbeln und Akustikmodulen ab. Über CAD werden bemaßte Pläne der Studioräume unter Angabe von Aufbau und Oberflächenbeschaffenheit analysiert und anschließend mit dem Nutzungsprofil und der Abhöre abgeglichen. Daraus wird ein individuelles Raumkonzept erstellt, das bei Verwendung der haus-eigenen Breitbandabsorber kostenfrei ist. Die Montage der Module kann vom Kunden selbst durchgeführt werden, in proble-matischen Fällen kann jedoch eine spezifische Planung und fachmännische Installation von Bassfallen, Resonatoren oder Diffusoren notwendig sein.

www.mbakustik.de, Tel.: (05 41) 40 68 214

Primacoustic

Im Vertrieb von Mega Audio bietet der amerikanische Hersteller Primacoustic spezielle Einbausätze und Einzelmodule für Aufnahme- und Regieräume an. Bei den Einbausätzen handelt es sich um eine Auswahl poröser Absorber, die die gesamte Raum-problematik inklusive stehender Wellen, unerwünschter Refle-xionen und Raumresonanzen beheben sollen. Unter dem Slogan „Studio in a Box“ fertigt Primacoustic so genannte Primakits an, über die sich Raumgrößen bis etwa 21 qm behandeln lassen. Für größere Räume und spezifischere Anwendungen stehen zusätzli-che Primakit-Module sowie so genannte Bass Wedges, Flutter Walls, Diffuser und freistehende Absorber-Wände zur Verfügung.

www.megaaudio.de, Tel.: (0 67 21) 9 43 30

RAS-Raumakustik

RAS-Raumakustik stellt Akustikmodule her, die speziell auf die Bedürfnisse kleinerer Aufnahme- und Studios zugeschnitten sind, sich jedoch genauso gut in Heimkinos oder Musikräumen verwenden lassen. Die Produktpalette der Serie SAG 1 besteht aus einem Tiefen-, einem Höhen-/Mittenabsorber sowie einem Diffusor.

www.ras-raumakustik.de, Tel.: (0 71 63) 10 01 22

t.akustik

Mit dem Set ADP-40 bietet das Musikhaus Thomann ein Akustikpaket an, das aus 10 Plattenabsorbieren, 5 Pyramiden-schaumplatten sowie zwei Diffusoren besteht. Das t-akustik-Set ADP-40 optimiert Regie- und Aufnahme-räume bis zu einem Raumvolumen von 40 qm. Die Montage vor Ort kann vom Kunden selbst vorgenommen werden. Bei Bedarf kann das Set den Gegebenheiten angepasst oder auch um die einzeln erhältlichen Standardmodule ergänzt werden.

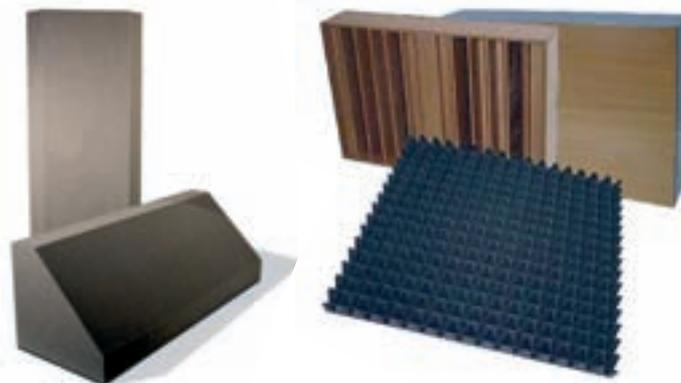
www.thomann.de, Tel.: (0 95 46) 92 23 30

Büro für Schalltechnik

Mit Basotect Prisma 500 stellt das Büro für Schalltechnik in Memmingen ein leichtes Absorberelement aus flexiblem, offenzelligem Weichschaumstoff zur Optimierung der Raumakustik vor. Bei BBA Plus handelt es sich um ein Bauteil, bei dem ein poröser Absorber aus flexiblem, offenzelligem Weichschaumstoff mit einem Resonanzabsorber kombiniert wurde. Durch seine geringe Bautiefe eignet sich der BBA Plus auch für beengte Raumverhältnisse.

www.schalltechnik-mm.de, Tel.: (0 83 31) 92 68 60

Echte Helfer: Akustik-Module von Primacoustic und das Rund-um-Sorglos-Set von Thomann



Special: Akustik im Tonstudio – Akustikmodule

nanzfrequenz. Als Materialien kommen zum Beispiel Gipskarton, Sperrholz oder auch Stahlblech in Frage. Einsatzgebiet des Plattenschwingers ist insbesondere die Beseitigung stehender Wellen und des damit verbundenen dröhnigen Klangs im Bassbereich.

Auch der Helmholtzresonator funktioniert nach dem Resonanzprinzip. Allerdings schwingt hier nicht das Material selbst, sondern die Luft. Auch eine Bierflasche ist ein Helmholtzresonator: Die Luft im Flaschenhals wirkt als schwingende Masse, die Luft im Flaschenkörper als Feder. Je weicher die Feder ist (also je weniger Flüssigkeit und damit mehr Luft in der Flasche ist), umso tiefer wird der Ton, den man durch Anblasen erzeugen kann.

Die häufigste Umsetzung des Helmholtzresonators in der Raumakustik ist die Lochplatte. Das Luftpolster zwischen Lochplatte und Wand wirkt als Feder, die Luft in den Plattenöffnungen als Masse: Wird die Lochplatte mit einem porösen Absorber (z.B. Faserstoff oder Noppenschaum) hinterfüllt, wird der Schall bei der Helmholtz-Resonanzfrequenz geschluckt. Die Berechnung von Lochplatten ist allerdings recht aufwendig.

Der dritte Resonatortyp ist der Röhrenresonator, auch bekannt als Bassfalle. Er funktioniert nach dem Orgelpfeifen-Prinzip: Die Luftsäule in einem einseitig abgeschlossenen Rohr kommt in Resonanz, wenn die Rohrlänge gleich der Viertel-Wellenlänge ist. Er ist hervorragend geeignet,

um stehende Wellen zu bekämpfen, die ja gerade dann entstehen, wenn die Raumabmessung der halben Wellenlänge entspricht. Dazu muss mit Brettern eine Raumkante so abgeschlossen werden, dass ein beidseitig offenes Rohr mit der Länge oder Höhe der Wand entsteht. Dieses Rohr wird mit einem Brett in der Mitte geteilt, so dass man nun zwei auf die stehenden Wellen exakt abgestimmte Lambda-Viertel-Resonatoren erhält. Die Röhrenresonatoren werden vor allem im Mündungsbereich lose mit porösem Absorber gefüllt und fertig ist die Bassfalle.

Durch Kombination verschiedener Absorbertypen erhält man Verbundabsorber, die den Schall breitbandig schlucken. Schon die Lochplatte ist eigentlich ein Verbundabsorber, weil hier neben dem Helmholtzresonator auch eine schwingende Platte wirksam ist. Ebenso kann man zum Beispiel einen porösen Absorber mit einer schweren Folie kombinieren: Eine schwere Kunststoff-Folie, ein Segel oder eine LKW-Plane wirkt als Plattenschwinger bei mittleren Frequenzen und als Reflektor bei sehr hohen Frequenzen. Dadurch wird der möglicherweise zu wirkungsvolle poröse Absorber wie etwa Noppenschaum entschärft und die Absorptionswirkung im Frequenzbereich verbreitert.

Brandschutz und Asbest

Bei allen Konstruktionen mit Absorbieren, insbesondere bei porösen Absorbieren, sollte man unbedingt den Brandschutz beachten, auch wenn das ein paar Euro mehr kostet. Dekostoffe, Vorhänge und Schaumstoffe sollten als *schwer entflammbar* gekennzeichnet sein. Brennbares Material kann man mit speziellem Spray behandeln.

Verbaut man Faserstoffe etwa zum Füllen von Verbundabsorbieren, sollte man eine eventuelle Belastung der Luft durch Fasersplitter bedenken. Der in früheren Zeiten wegen seiner akustischen Eigenschaften sehr beliebte Asbestputz hat sich als Krebs erregend erwiesen, und auch Glas/Mineralwolle kann Fasern freisetzen. Daher sollte Mineralwolle grundsätzlich mit einer leichten Folie als Rieselschutz abgedeckt werden. Als unbedenkliche Alternative kann man Acrylwole oder Schafwolle verwenden. Die eleganteste Lösung ist natürlich der faserfreie Verbundabsorber, der zum Beispiel aus Lochblech und Dekostoff aufgebaut wird.

Thomas Görne/cp //

Anbieter von Schallkabinen

Soundblocker

Die modular aufgebauten Kabinen von Soundblocker werden überwiegend als Musikübungsraum, als Aufnahmeraum im Studio oder auch als Mess- und Prüfraum eingesetzt. Die zweischalige, vollständig entkoppelte Konstruktion garantiert aufgrund der Raum-im-Raum-Bauweise eine sehr hohe Absenkung des Schallpegels. Die doppelwandigen Kabinen sind in verschiedenen Standardgrößen und mehreren Höhen erhältlich, durch das modulare Bauprinzip lassen sich auch Zwischengrößen und Sonderformen realisieren.

Die Anordnung der einzelnen Module wie Tür, Lüftung und Fenster ist frei konfigurierbar, Raumakustikmodule ermöglichen zudem eine individuelle Anpassung des Raumklangs. Die Kabinen lassen sich (de-)montieren und können nachträglich durch Standardmodule erweitert werden.

www.soundblocker.de, Tel.: (0 30) 694 45 13



Studio Box

Studio Box stellt modulare Akustik-Kabinen in Monoblock-Bauweise her. Die Kabinensysteme können aus ganz verschiedenen Bauteilen aufgebaut werden, wobei jedes Element wie Boden, Seitenwände und Decke zweischalig aufgebaut ist. Die Kabinen werden von außen durch Kniehebelverschlüsse verspannt, weshalb die Montagezeit je nach Modell mit einer halben bis vier Stunden angegeben wird. Handwerkliche Tätigkeiten wie Schrauben, Sägen, Bohren oder Abdichten sind nicht notwendig. Für eine ausgewogene Raumakustik bietet Studio Box fünf unterschiedliche Lösungsmodelle an. Alle Elemente werden im Werk komplett vorgefertigt und weltweit versendet.

www.studiobox.de, Tel.: (0 72 03) 70 49

