



Lauter ist nicht besser

Lärminfo 16

Möglichkeiten zur Schallpegelreduktion
in Band- und Konzerträumen und am Schlagzeug

Mit wenig viel erzielen

Durch lediglich drei vorgenommenen Massnahmen am Schlagzeug und einer am Raum wurden Pegelreduktionen von 5.0 bis 9.0dB(A) erzielt. Mit Reduktionen dieser Grössenordnung könnten sicherlich öfters die von der Schall- und Laserverordnung vorgegebenen Grenzwerte eingehalten werden.

Die Ausgaben für die Massnahmen am Schlagzeug und am Raum (Konfiguration 1) belaufen sich auf knapp CHF 750.–. Die Montage der Moltons kann zu zweit innerhalb weniger Stunden realisiert werden.

Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass durch weitere Einzelmassnahmen eine zusätzliche Pegelreduktion erzielt wird:

- Bühnentepich
- Schaumstoffe, Mineralfaser- oder Steinwollelemente im Bühnen- und Deckenbereich
- Schaumstoffe an Stuhl- und Tischunterseite
- Raumausstattung mit Sesseln, Sofas und Regalen
- Ausrichtung der PA und Verstärker

Die jeweiligen anzuwendenden Massnahmen können von Raum zu Raum variieren. Es geht darum eine geeignete Kombination zu finden die effizient ist und nicht den ganzen Raum mit schallschluckendem Material auszustatten. Neben der erzielten Pegelreduktion führt das Auskleiden von Wänden und Decken mit absorbierenden Materialien zu einer Verbesserung der Klangqualität.

Wie kann der Schallpegel kostengünstig, in Eigenregie und mit geringem zeitlichem Aufwand reduziert werden?

Sowohl Massnahmen an der Schallquelle als auch an der Raumausstattung sind möglich. Um diese auszuarbeiten sollten vorab einige Überlegungen gemacht werden:

- In welchem Frequenzbereich lohnt es sich den Pegel zu reduzieren?
- Bei welchem Instrument sollen Massnahmen durchgeführt werden?
- Welche Materialien sind für die Raumauskleidung geeignet?
- Wie können allfällige Reduktionen überprüft werden?

Die vorliegende Broschüre soll als Hilfestellung dienen wie vorgegangen werden kann, um eine Pegelreduktion sowie einen besseren Klang zu erzielen.

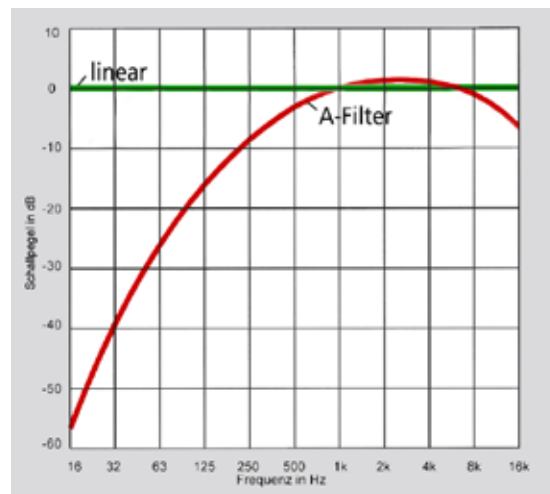
Lautstärkenempfindung als Funktion der Frequenz

Das gesunde Gehör nimmt Schallsignale zwischen 16 Hz und 16 000 Hz wahr (Bass: 20 – 150 Hz / Mitten: 150 – 2000 Hz / Höhen 2000 – 16 000 Hz). Dieses Frequenzspektrum wird auch bei Konzerten abgedeckt. Die Empfindlichkeit des Gehörs ist stark frequenzabhängig. Tieffrequente (< 500 Hz) und sehr hochfrequente (> 4000 Hz) Geräusche werden bei gleichem Schalldruck nicht so laut empfunden wie die Bereiche zwischen 500 und 4000 Hz. Entsprechend wird diese Empfindlichkeit auch bei der Schallpegelmessung berücksichtigt indem mit dem A-Filter gemessen wird. Dieser bewertet die nicht so laut empfundenen tieffrequenten und sehr hochfrequenten Geräusche entsprechend weniger stark. Massnahmen, welche im empfindlicheren Bereich zwischen 1000 und 4000 Hz wirken, eignen sich daher besonders zur Schallpegelreduktion.

Für die Darstellung der Lautstärke wird eine logarithmische Skala mit der Einheit Dezibel (dB) verwendet. Bei Messungen an Konzerten wird mit dem A-Filter gemessen und folglich mit dB(A) bezeichnet. Die Rechenregeln für Schallpegel sind etwas ungewöhnlich:

$$100 \text{ dB plus } 100 \text{ dB} = 103 \text{ dB}$$

Eine Pegelerhöhung, bzw. Senkung um 3dB entspricht also einer Verdoppelung, respektive einer Halbierung der Schallintensität.



Die dem menschlichen Gehör angepasste Frequenzbewertungskurve mit dem A-Filter

Massnahmen an der Schallquelle

Das Schlagzeug legt den Pegel vor

In kleinen Lokalitäten kann davon ausgegangen werden, dass das Schlagzeug das dominante Instrument ist. Die lauteste Komponente ist die Snare-Drum, gefolgt vom offen gespielten Hi-Hat und den Becken. Die Pegel in untenstehender Tabelle repräsentieren einen typisch gespielten Rock/Pop-Rhythmus.

Die in orange hervorgehobenen Pegel weisen sehr hohe Werte auf. Diese liegen vorwiegend in den Frequenzbereiche zwischen 500 Hz und 4000 Hz. Es macht daher Sinn an diesen drei Komponenten in diesem Frequenzbereich Massnahmen durchzuführen. Die verschiedenen Massnahmen am Schlagzeug mit den erzielten Pegelreduktionen werden unter «Durchgeführte Messungen» vorgestellt.

Was für weitere Massnahmen können an der Schallquelle vorgenommen werden?

Verstärker

An den weiteren Instrumenten können die Pegel zum Problem werden, wenn die Instrumente elektronisch verstärkt werden. Wichtig ist, dass die Verstärker auf das Gehör der MusikerInnen gerichtet sind.

Ausrichten der PA

Da eine gleichmässige Beschallung des Publikumsbereiches erstrebenswert ist, sollten die Mittel- und Hochtonsysteme über die Köpfe des Publikums in Bühnennähe abstrahlen. Auf Kopfhöhe positionierte Systeme führen zu einer Verschlechterung der Beschallungssituation zwischen vordersten und hintersten Plätzen im Publikum.

| Schallpegel einzelner Schlagzeugkomponenten [dB] | | | | | | | | | | |
|--|---------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-------|
| Komponente | Frequenz [Hz] | | | | | | | | | |
| | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 16000 |
| Snare-Drum | 63 | 72 | 96 | 103 | 102 | 100 | 95 | 89 | 81 | 70 |
| Hi-Hat offen | 75 | 74 | 72 | 78 | 95 | 97 | 95 | 94 | 93 | 91 |
| Becken | 63 | 68 | 64 | 72 | 89 | 84 | 84 | 86 | 79 | 69 |

Massnahmen am Raum

Ziel: «Schallschluckend», montagefreundlich und preiswert

Um den Raum auszukleiden wird «schallschluckendes» Material verwendet. Nebst dieser Eigenschaft soll das Material mit geringem zeitlichem Aufwand und in Eigenregie angebracht werden können und zugleich preiswert sein. Weiter ist zu beachten, dass die Materialien die gesetzlichen Brandschutzbestimmungen erfüllen.

Eine wichtige Materialkenngrösse ist der Absorptionsgrad α . Dieser gibt an, welcher Teil der Energie einer auftreffenden Schallwelle vom Material aufgenommen wird. Ist $\alpha = 1$, wird die gesamte Energie absorbiert bzw. «geschluckt», bei $\alpha = 0$ wird die gesamte Energie reflektiert. In unterstehender Tabelle ist der schallschluckende Anteil verschiedener Materialien in Prozent angegeben. 0% entspricht einem Absorptionsgrad $\alpha = 0$, 100% entsprechend $\alpha = 1$. Hell Orange hervorgehobenen Bereiche beziehen sich auf Materialien/ Gegenstände mit einem mittleren, dunkel orange markierte mit einem sehr hohen Absorptionsgrad. Zudem liegen diese, in dem für das menschliche Gehör empfindlicheren Frequenzbereichen, zwischen 500 und 4000Hz.

| Schallschluckender Anteil in Abhängigkeit des Materials und der Frequenz | | | | | | | | | |
|--|---------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Material | Frequenz [Hz] | | | | | | | | |
| | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Beton | – | – | – | – | – | – | 10 % | 10 % | 10 % |
| Fenster, Spiegel | – | – | 10 % | 10 % | 10 % | – | – | – | – |
| Teppichboden >5mm | – | – | – | 10 % | 10 % | 30 % | 50 % | 60 % | 70 % |
| Schwerer Vorhang | 10 % | 10 % | 20 % | 50 % | 90 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Schaumstoff 5 cm | – | 10 % | 10 % | 40 % | 60 % | 70 % | 80 % | 100 % | 100 % |
| Steinwolle 5 cm | – | – | 20 % | 90 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Polsterstuhl (leer) | 20 % | 30 % | 50 % | 70 % | 80 % | 90 % | 80 % | 70 % | 60 % |
| Holzstühle (leer) | – | – | – | 20 % | 20 % | 40 % | 40 % | 30 % | 30 % |

Rauminnenausstattung

Eine weitere absorbierende Wirkung kann durch die Innenausstattung wie Polstersessel und -Gruppen, Stühle und Tische Bücherregale oder

Matratzen erzielt werden. Bei schallharten Böden können Tische und Stühle auf der Unterseite mit Schaumstoff bedeckt werden.

Welche Materialien eignen sich?

Der Absorptionsgrad variiert je nach Material und Frequenz sehr stark. Poröse Absorber wie Textilstoffe (Teppiche, Moltons oder Vorhänge) und Schaumstoff besitzen im mittel- und hochfrequenten, Steinwolle auch im tieffrequenten Bereich, gute Absorptionswerte. Alle eignen sich hervorragend zur Auskleidung schallharter Oberflächen. Die in hervorgehobener Tabelle aufgeführten Absorptionsgrade besitzen jedoch keine Allgemeingültigkeit. Eine Erhöhung der Dicke, des spezifischen Gewichts und der Distanz zur Wand vergrössern die Absorption, insbesondere der tieferen Frequenzen.

Im Allgemeinen sollte bei porösen Absorbern ein Wandabstand von ca. 15 bis 25 cm eingehalten werden, um einen optimalen Absorptionsgrad zu erzielen.

Textilstoffe vs. Schaumstoffe/Mineralfaser/Steinwolle

Nun gilt es für die Raumausstattung einen geeigneten Absorber zu wählen. Für Böden kommt Teppich in Frage. Für die Wand- und Deckenausstattung eignen sich Materialien wie Textil- und Schaumstoffe sowie Mineralfaser- und Steinwollelemente.

Bezüglich der erwünschten Anforderungen werden die Vor- und Nachteile der Absorber kurz aufgelistet:

Textilstoffe (Bühnenvorhänge/Moltons)

- + weisen bereits bei geringem Gewicht (300g/m²) gute Absorptionswerte auf
- + können im gewünschten Wandabstand montiert werden (optimaler Absorptionsgrad)
- + erreichen durch Faltung oder mehr Lagen einen höheren Absorptionsgrad
- + sind mobil
- + können vor dekorierten Flächen und Fenstern montiert werden
- + sind einfach und schnell zu montieren
- + haben ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- sind für eine Montage an der Decke aufwendiger

Schaumstoff-, Steinwoll- und Mineralfaserelemente

- + haben bereits bei geringer Dicke gute Absorptionswerte (Steinwolle auch im tieffrequenten Bereich)
- + sind einfach und schnell zu montieren
- + eignen sich für eine Montage an Decken sowie zur Auskleidung von Kleinstrukturen wie Tisch- und Stuhlunterseiten (Schaumstoff)
- + haben bei direkter Wandmontage ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis

bei direkter Wandmontage:

- kann der optimale Absorptionsgrad nicht erreicht werden
- kann keine Luft zirkulieren (mögliche Schimmelbildung)
- ist keine Mobilität gewährleistet und kann nicht auf dekorierte Flächen und Fenstern montiert werden
- ist ein Aufbaugerüst notwendig
- ergibt sich ein Mehraufwand und ein schlechteres Preis-Leistungs-Verhältnis
- kann ein Wandverschleiss bei der Demontage die Folge sein

Für eine schallabsorbierende Raumausstattung bieten sich viele Materialien an. Welche dafür verwendet werden ist von Raum zu Raum unterschiedlich und vom Gestalter abhängig.

Bei dekorierten Wandflächen oder solchen die temporär frei bleiben sollen sind Vorhänge/ Molton zu empfehlen. Diese können bei der Montage mit Ösen bestückt und an ein Stahlseil mit Nachspanner gehängt werden. So kann der nötige Wandabstand und ein besserer Absorptionsgrad gewährt werden. Zugleich ist das System mobil.

Für Decken oder undekorierte Wandflächen eignen sich Schaumstoff-, Steinwoll- oder Mineralfaserelemente. Für Auskleidung kleiner Flächen (Stuhl- und Tischunterseiten) eignen sich auch Schaumstoffe. Um einen optimalen Absorptionsgrad zu erzielen sollte aber der nötige Wandabstand eingehalten werden. Dies kann durch ein Montagegerüst bewerkstelligt werden, was jedoch den Aufwand erhöht.

Im Allgemeinen ist bei der Ausstattung darauf zu achten, dass alle drei Raumachsen gleichmässig schallabsorbierend ausgestattet werden. Weisen beispielsweise zwei gegenüberliegende Flächen schallharte Materialien auf, so kann die Klangqualität negativ beeinflusst werden.

Durchgeführte Messungen

Beim «Classroom» (Wetzikon, ZH), handelt es sich um einen kleineren Konzertraum mit einem Fassungsvermögen von etwa 120 Personen. Der Raum ist im Bühnenbereich bereits mit schallabsorbierenden Materialien ausgestattet. Die Bühnendecke und ein schmaler Streifen der Bühnenwand sind mit Schaumstoff verkleidet. Auf der Bühne selbst befindet sich ein Teppich. Der restliche Raum besteht aus sehr schwach absorbierenden Materialien, d.h. es wird annähernd der gesamte Schall reflektiert. Das Programm umfasst die Genres: Rock, Pop, Punk, Funk und Jazz.



Die Bühne im «Classroom»



Sicht auf Bühne mit Konfiguration 1

Massnahmemessungen am Raum

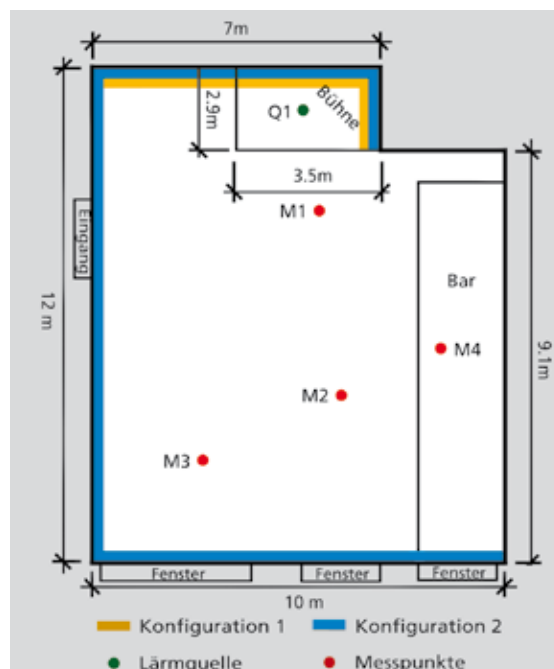
Es wurden Messungen mit Bühnenmolton durchgeführt. Dabei wurden Bühnenmoltons mit einem spezifischen Gewicht von 300 g/m² verwendet. Zuerst wurden Messungen ohne Molton, danach mit zwei Moltonkonfigurationen durchgeführt.

Die Messpunkte wurden gewählt um die Beschallung den Publikumsbereich (M1 bis M3) als auch des Barpersonals (M4) abzudecken.

Konfiguration 1 zeigt bereits eine deutliche Wirkung. Am Messpunkt M1 konnte eine Reduktion von 2 dB(A), bei den Punkten M2 bis M4 eine von 3 bis 4 dB(A) erzielt werden. Durch die Konfiguration 2 wird bei Messpunkt M1 und M3 eine weitere Reduktion von 1 bzw. 2 dB(A) erreicht. Dazu klingt der Hall schneller ab, was sich positiv auf die Klangqualität auswirkt und psychoakustisch bedingte Folgen haben kann, sodass der Tontechniker den Pegel am Mischpult reduziert.

Pegelreduktion [dB(A)] durch Moltone

| Messpunkt | Konfiguration 1 | Konfiguration 2 |
|-----------|-----------------|-----------------|
| 1 | -2 | -3 |
| 2 | -4 | -4 |
| 3 | -3 | -5 |
| 4 | -4 | -4 |



Massnahmemessungen am Schlagzeug

Snare-Drum, Hi-Hat, Becken

Bei Rockkonzerten mit herkömmlicher Besetzung (Schlagzeug, Gitarre, Bass, Keyboard und Gesang) gilt das Schlagzeug bezüglich der Lautstärke als dominantes Instrument. Entsprechend wurden Möglichkeiten zur Pegelreduktion nur an Komponenten dieses Instruments getestet: bei den übrigen Instrumenten lässt sich der Pegel direkt über die Verstärker regeln. Die durchgeführten akustischen Messungen wurden in Zusammenarbeit mit der EMPA Dübendorf durchgeführt.

Alle Massnahmenmessungen wurden mit 5B Drum-Sticks durchgeführt. Weiter wurden zwei leichtere Stickarten (7A-Sticks und Rods) als Einzelmassnahmen getestet. Bei den Messungen wurden jeweils eine Referenzmessung, also ohne Massnahme und ein Massnahmenmessung durchgeführt. Weitere Angaben zu den verwendeten Komponenten sind auf www.laerm.zh.ch/schallundlaser unter der Rubrik «MusikerInnen» abrufbar.



Vorgenommene Massnahmen am Schlagzeug (von links oben nach rechts unten)

Snare mit zwei Dämpfungsrings, -spanner und aufgeklebtem Papiertaschentuch, Hi-Hat mit Cympads innen, Becken mit Damper-Pads, Gaffertape gerippt, Leichte (7A) und schwerere (5B) Sticks, Rods

Massnahmemessungen am Schlagzeug

Die erzielten Pegelreduktionen sowie die subjektive Wahrnehmung der Massnahmen des Schlagzeugers sind der untenstehenden Tabelle zu entnehmen.

| Pegelreduktion und Beurteilung der verschiedenen Massnahmen | | | |
|---|---------------------|------------------------|---|
| Schlagzeugteil | Massnahme | Pegelreduktion [dB(A)] | Beurteilung durch den Schlagzeuger |
| Snare-Drum | Zwei Dämpfungsringe | -2.0 | dumpfer und schnell ausklingend (je nach snare angenehmerer Klang) |
| | Snare-Dämpfer | -1.0 | ähnlicher Klang wie mit Ring aber weniger effektiv, Platzproblem bei Mikrofonierung |
| | Papiertaschentuch | -1.0 | wie mit Ring, dumpfer und schnell ausklingend, Notlösung falls kein Ring vorhanden |
| | Bierdeckel | keine | |
| Hi-Hat offen | Cympads | -4.0 | deutlich leiser, keine Klangeinbusse |
| Becken locker | Cympads | -5.0 | deutlich leiser, keine Klangeinbusse |
| | Damper-Pads | -2.0 | klings schnell aus |
| | Gaffertape straff | -1.0 | leiser, kein klanglicher Unterschied |
| | Gaffertape gerippt | -3.0 | klings nicht aus |
| ganzes Drumset | 7A-Sticks | keine | kein Unterschied |
| | Rods | -3.0 | dumpfer & weicher Klang, gewöhnungsbedürftig, hoher Materialverschleiss |

Die Massnahmen am Snare-Drum mit Dämpfungsringen, am Hi-Hat und Becken mit Cympads zeigen eine deutliche Pegelreduktion. In Kombination dieser drei Massnahmen wurde eine Reduktion von 3 bis 4 dB(A) erzielt, was in etwa einer Halbierung der Schallintensität entspricht.

| Pegelreduktion kombinierter Massnahmen | | |
|--|-------------------|------------------------|
| Schlagzeugteil | Massnahme | Pegelreduktion [dB(A)] |
| Snare-Drum | Dämpfungsringe 2x | -3.0 bis -4.0 |
| Hi-Hat offen | Cympads | |
| Becken locker | Cympads | |

Weitere Informationen:

Wie wird eine allfällige Pegelreduktion kontrolliert?

Um durchgeführte Massnahmen auf eine Pegelreduktion zu testen werden Messungen mit und ohne Massnahmen durchgeführt. Das eingesetzte Messgerät soll ein A-Filter integriert haben und den Mittelungspegel L_{eq} darstellen können. Die Fachstelle Lärmschutz bietet hierzu kostenlos ein Mess-Set inklusive Messanleitung an.

Kontakt:

Tiefbauamt des Kanton Zürich
 Fachstelle Lärmschutz
 Walcheplatz 2/Postfach
 8090 Zürich
 Tel. 043 259 55 11
 Fax 043 259 55 12
 fals@bd.zh.ch ▶
 www.laerm.zh.ch ▶

Internet:

www.schallundlaser.ch ▶
 www.laermorama.ch ▶