



# 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.

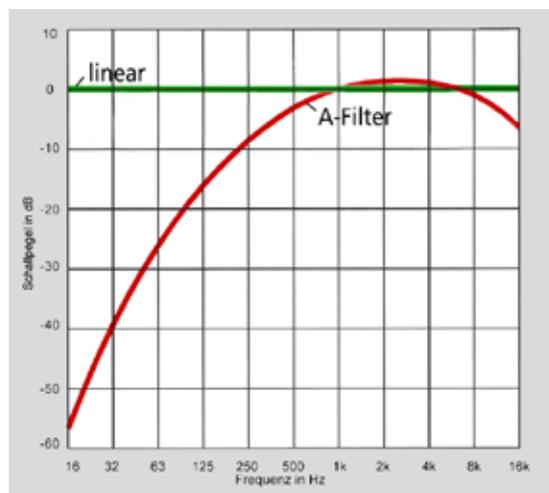
## Lautstärkenempfindung als Funktion der Frequenz

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 elektronischverstarkt 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 Buhnennaher 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  $\alpha$ . 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/m<sup>2</sup>) 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

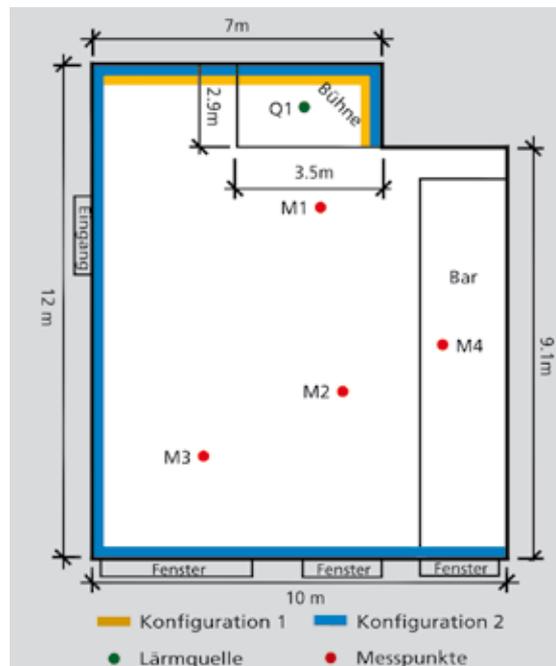
Es wurden Messungen mit Bühnenmolton durchgeführt. Dabei wurden Bühnenmoltons mit einem spezifischen Gewicht von 300 g/m<sup>2</sup> verwendet. Zuerst wurden Messungen ohne Molton, danach mit zwei Moltonkonfigurationen durchgeführt.

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](http://www.laerm.zh.ch/schallundlaser) unter der Rubrik «MusikerInnen» abrufbar.



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

Snare mit zwei Dämpfungsringen, -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	klingt schnell aus
	Gaffertape straff	-1.0	leiser, kein klanglicher Unterschied
	Gaffertape gerippt	-3.0	klingt 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 ▶