

Schallschutz im Bootsbau

Kurzfassung Vortrag SSK Regio Zürich

von Adrian Oertle

X Einleitung

Seit über 15 Jahren arbeiten Euer Präsident Paul Brunner und ich nun schon auf dem Gebiete des Schallschutzes und der Lärmbekämpfung zusammen. Viele Problemstellungen aus Industrie und Wirtschaft wurden in den vergangenen Jahren gemeinsam gelöst und erfolgreich abgeschlossen.

In diesem Rahmen möchte ich die Gelegenheit nutzen, Paul für die gute Zusammenarbeit und insbesondere für die wertvolle persönliche Freundschaft, die in den vergangenen Jahren entstanden ist, ganz herzlich zu danken - verbunden mit einem kräftigen „Schwirbel ahoi“.

Schallschutz, Lärmschutz, Akustik - ein Thema, das in den letzten Jahren sicherlich vermehrt an Bedeutung gewonnen hat. Denn Lärmeinwirkungen sind störend, beeinflussen unser geistiges und körperliches Wohlbefinden und können unsere Leistungsfähigkeit erheblich vermindern. Eine der wesentlichsten Aufgaben des Schallschutzes sind die Prävention und die frühzeitige Information. Denn nur so können Schwachstellen und Fehleinschätzungen eliminiert bzw. vermieden werden.

Umso mehr freute ich mich über die Anfrage, einen Lärm- und Akustikkurs bei der Regio ZH durchzuführen. Obwohl für die Organisation lediglich ein sehr kurzer zeitlicher Rahmen zur Verfügung stand, überraschten uns die vielen Anmeldungen.

Unser gemeinsames **Ziel** an diesem rückwirkend betrachtet viel zu kurz geratenen Samstag-Nachmittag war die **lärmtechnische Sensibilisierung** aller Teilnehmer, das **Erarbeiten der Grundkenntnisse der Schalltechnik** sowie das **Aufzeigen von Lösungsansätzen zur Erkennung und Beseitigung von lärmtechnischen Problemen aus dem gesamten Bereiche der Akustik**. Dies beinhaltete die **Gebiete Schwingungstechnik, Körper- und Luftschall**. In einer letzten Stufe wurde die etwas trockene Theorie an einem sich im Umbau befindenden Stahlschiff in die Praxis umgesetzt bzw. visualisiert.

Auf den folgenden Seiten versuche ich, eine Kurzfassung meines Vortrages mitzugeben. Es ist jedoch nicht möglich, sämtliche Gebiete und Lösungsansätze der Akustik und Lärmbekämpfung in so verdichteter Form wiederzugeben.



- X Einleitung
- X Grundlagen der Akustik
- X Lösen von schalltechnischen Problemen
- X Übersicht Schallschutz Bereiche
- X Schwingungen
- X Körperschall
- X Luftschall
- X Zusammenfassung
- X Spezifische Beispiele aus dem Bootsbau
- X Schlussbemerkung

X Grundlagen der Akustik

Als Schall bezeichnet man grundsätzlich Schwingungen in und von elastischen Medien wie Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern. Schall entsteht bei sämtlichen mechanisch / dynamischen Prozessen und Vorgängen.

Die Geräuscherzeugung erfolgt über Schläge an die Medien und wird im Ursprung als Körperschallwelle aufgebaut, welche anschliessend vom Medium als Luftschall abgestrahlt wird (Beispiele: Glocke, Stimmgabel, Lautsprecher usw.). Diese Druckschwankungen werden als Schalldruckpegel bezeichnet und können mittels spezifischen Messgeräten, sogenannten Schallpegelmessern, erfasst werden. Die Schallcharakteristik oder besser gesagt die Lärmzusammensetzung einer Quelle kann in verschiedene Frequenzen (hohe, helle Töne und / oder tiefe, dumpfe) aufgeteilt werden. Die Lärmzusammensetzung einer Schallquelle ist bei der technischen Bestimmung von Massnahmen von erheblicher Bedeutung. Hohe Töne (Frequenzen) können auf einfache Art und Weise mittels leichten Materialien (Absorbieren) vernichtet werden - tiefe Frequenzen hingegen müssen mit grösseren Massen (Dämmungen) bekämpft werden. Der Schall wird dabei grundsätzlich in Wärme umgewandelt. Folgende Beispiele verdeutlichen die Stärke einer Schallquelle:

- ruhiges Wohnzimmer	20 dBA	- Wohnquartier ohne Verkehr	40 dBA
- normale Unterhaltungssprache	60 dBA	- intensiver Verkehrslärm	80 dBA
- Autohupe in 5 m Abstand	100 dBA	- Flugzeuge Nahfeld bis	145 dBA

Ein weiterer bedeutender Faktor ist die Art der Geräuschzusammensetzung. Künstliche/natürliche – kontinuierliche/periodische – schnelle/langsame Pegeländerungen usw. beeinflussen die Beurteilung einer Schallquelle.

X Lösen von schalltechnischen Problemen

Dieser erste Schritt bildet das wesentlichste Element für die Planung und Umsetzung von schalltechnischen Massnahmen. Nur über die Ermittlung des **Istzustandes (Was haben wir?)** und einer vorgegebenen **Zielsetzung (Wo wollen wir hin?)** lassen sich einwandfreie akustische Massnahmen und Lösungen erarbeiten. Eine Wahl aus vielen verschiedenen Lösungsmöglichkeiten wird durch Kosten/ Nutzen - Überlegungen abgerundet.

X Übersicht Schallschutzbereiche

	Lärmquelle		Arbeitsraum	Mensch
Minderung der Schallentstehung	Minderung der Schallübertragung	Minderung der Schallabstrahlung	Minderung der Schallausbreitung	Minderung der Schallbelastung
Lärmarme Produktionsverfahren	Versteifung von Wänden und Konstruktionen	Körperschalldämpfung	Bauakustische Massnahmen	Persönlicher Gehörschutz
	Verrippungen, Massenaufdoppelungen bzw. Verschiebung	Entdröhnung von & an aktiven Lärmquellen, Ein- & Mehrschichtsysteme	Luftschallisolationen bei Wänden, Decken, Böden, Toren	Information der Mitarbeiter, Gehörschutzmittel- Obligatorium, Warnschilder
Massenausgleich an Rotationsmaschinen	Schwingungsübertragung	Luftschallabstrahlung	Raumakustische Massnahmen	Persönlicher Gehörschutz
	Elastische Lagerung von Maschinen, Pressen, schwimmende Böden	Kapselung von Maschinen, Verschaltungen, Stell- und Schirmwände	Vergrösserung der Raumdiffusität, Blenden, Sheddachkonstruktionen	Medizinische Prophylaxe, Eignungskontrolle, period. Gehörtests
Abbau von stossartigen Prozessen	Körperschalldämpfung	Luftschallabstrahlung	Bauakustische Massnahmen	Arbeitsorganisation
	Entdröhnung von & an aktiven Lärmquellen, Dyadisierung	Schalldämpfer, Resonatoren, Drosseldämpfer, Abgasschalldämpfer	Körperschall- und Schwingungsisolierungen, Schwimmende Böden	Verringerung der Lärmbelastungszeiten, Job - Rotation
Optimierung von Strömungsverhältnissen	Körperschalldämmung	Elektronische Lärmbe-kämpfung	Raumakustische Massnahmen	Prozessorganisation
Verhinderung von turbulenten & stossartigen Strömungen, Kavitation	elastische Rohrverbindungen, akustische Trennung, Kompensatoren	Gegenschall, Antischall	Wand- und Deckenverkleidungen, Verkürzung der Nachhallzeiten	Optimierung der Lärmemissionszeiten, Probeläufe ausserhalb der ord. Arbeitszeiten
Lärmarme Materialpaarungen			Luftschallabstrahlung	
Verbundsysteme, Entdröhnung an Quellen			Lärmschutzwände, Trennwände, Schirmwände	

X Schwingungen

Im ersten wichtigen Schritt sind die schwingungstechnischen Strukturen zu überprüfen. Sämtliche starren Verbindungen sind zu unterbrechen bzw. akustisch zu trennen. Dies umfasst die elastische Lagerung von Antriebssystemen, Motoren, Getrieben, Zusatzaggregaten wie Notstromgruppen, Belüftungssysteme, Wasserpumpen usw.

X Körperschall

In einer 2. Stufe können primäre schalltechnische Massnahmen direkt oder in allernächster Nähe an den Schallquellen selbst angebracht werden. Dies beinhaltet Ein- und Mehrschichtentdröhnungen. Mittels diesen, u.U. sehr effizienten Massnahmen wird eine Lärmentwicklung im Ursprung, das heisst bei der eigentlichen Schallentstehung, bereits reduziert. Eine weitere direkte Ausbreitung in andere Bauteile wird stark vermindert.

X Luftschall

In der dritten Stufe ist die Schallquelle, falls noch erforderlich, mit zusätzlichen luftschalltechnischen Konstruktionen zu versehen. Diese Vorkehrungen werden als Sekundärmassnahmen bezeichnet und umfassen raumakustische Massnahmen wie absorbierende Decken-, Wand- und Bodenverkleidungen, Voll- und Teilverschalungen (Achtung Belüftung / Wärmeprobleme!), Trenn- und Abschirmwände, Schalldämpfer u.v.m. Auch diese Massnahmen sind auf den charakteristischen Frequenzgang einer Quelle abzustimmen und zu optimieren. (Nur soviel wie nötig und erforderlich!)

X Zusammenfassung

Grundsätzlich sind **exakte Abklärungen** unbedingt zu empfehlen, bevor schalltechnische Massnahmen in Betracht gezogen werden. Über die **Istzustandsaufnahme** und die Definition einer **Zielsetzung** können die entsprechenden Lösungen erarbeitet werden. Die Möglichkeiten von schalltechnischen Massnahmen sind nahezu unbegrenzt. Über ergänzende Kosten / Nutzen Überlegungen sind die optimalsten Lösungen und akustischen Garantien gewährleistet.

X Spezifische Beispiele aus dem Bootsbau

Eine der grossen Schwachstellen ist auf der **Heckseite** von Schiffen zu finden. Diese grossflächigen, nahe zu ebenen Oberflächenstrukturen werden vielfach durch die Strömungsgeräusche der Antriebsschraube angeregt. Die körperschalltechnische Entdröhnung dieser akustisch leicht anregbaren Flächen - meist im Mehrschichtverfahren - ist ein sehr wirksames und effizientes Instrument, um diese spezifische Schwachstelle zu bedämpfen.

Die Lärmemission des **Abgasaustritts** kann akustisch durch optimierte, frequenzabgestimmte Schalldämpfer reduziert werden, wobei darauf zu achten ist, dass wiederum keine starren Verbindungen zum Schiffskörper bestehen - Achtung Körperschall!

Weitere schalltechnische Probleme sind in **Motorenräumen** zu finden. Feste, starre Verbindungen zwischen den Lärmquellen (Motor, Leitungen usw.) und dem Schiffsrumpf müssen akustisch getrennt werden mittels flexiblen, elastischen Übergangsstücken. Es ist darauf zu achten, dass **sämtliche** Verbindungen unterbrochen werden, um eine schalltechnische Ausbreitung und Anregung von anderen Bauteilen zu vermeiden.

Der akustischen Dimensionierung von **Motorenräumen** ist ebenfalls Beachtung zu schenken. Der Motorenraum sollte keine schalltechnischen Schwachstellen aufweisen. Spalten, nicht abgedichtete Leitungsdurchführungen, Belüftungsöffnungen am Motorenraum usw. reduzieren massiv die akustische Wirkung von Verkleidungen und fördern die Ausbreitung des Luftschalles in andere, angrenzende Bereiche des Schiffskörpers. Elastisch richtig aufgebaute akustische Trennungen mittels Gummi- oder Federelementen unterbinden die Schallausbreitung auf die weitere Schiffskonstruktion. Eine zusätzliche schallabsorbierende Verkleidung bedämpft den Raum um bis zu 7 dBA. Wie bereits erwähnt ist auch hier auf grösstmögliche Schalldichtheit zu achten.

Schiffsrümpfe stellen ebenfalls hohe Anforderungen an die Akustik. Symmetrische Spantenkonstruktionen, Hohlräume, starre Leitungsfixationen usw. können zusätzliche Lärmbelastungen mit sich bringen. Wellenschläge auf den Rumpf können denselben körperschalltechnischen Effekt wie im Bereich der Antriebsschraube hervorrufen. Hohlräume sollten grundsätzlich etwas absorbierend ausgekleidet werden. Spezielle feuchtigkeitsbeständige Materialien stehen auch für Nass- oder Feuchtzonen zur Verfügung.

Tankanlagen für Wasser, Brennstoff usw. sind mit Schotten im Innenbereich zu versehen. Halb gefüllte bzw. fast leere Behälter werden durch die Füllung mittels Schlägen auf die Wandungen angeregt. Es ist zu empfehlen, dass mit gefüllten Behältern gefahren wird.

Akustisch betrachtet werden immer die schwächsten Bauteile zum Schwingen angeregt. Dünne, grossflächige Strukturen, wie z.B. Bleche ohne Verrippungen usw. lassen sich viel besser durch Schläge anregen als massive Flächen mit hohen Eigengewichten. Die Suche nach Schwachstellen wird um ein vielfaches vereinfacht, wenn Akustikprobleme und Konstruktionen nach diesen Kriterien beurteilt werden.

Im **Innenraum** von Schiffskörpern können sich ebenfalls mehrere Schwachstellen akustisch sehr eindrücklich bemerkbar machen. Dazu einige konstruktive Hinweise, welche sicherlich zu einer günstigeren schalltechnischen Struktur beitragen.

Betrachtet man **Dachkonstruktionen**, so sind Verrippungen in diesen Bereichen meistens symmetrisch zueinander angeordnet. Akustisch ist diese Aufbauart jedoch mit der Möglichkeit verbunden, dass über mehrere Felder hinweg sich akustische Verstärkungen (Aufdoppelungen) bilden können. Es ist empfehlenswert, die Verrippungen asymmetrisch, in möglichst unregelmässigen Abständen, anzubringen bzw. zusätzliche Verrippungen in eine bestehende Konstruktion einzubauen.

Beim **Innenausbau**, dem sogenannten Finish, spielt die Raumakustik eine nicht unwesentliche Rolle. Mehrheitlich schallharte Oberflächen fördern den Effekt der Halligkeit, da der Schall nur sehr begrenzt vernichtet wird. Diesem Umstand kann mittels einer geeigneten Innenauskleidung und Gestaltung der Aufenthaltszonen Rechnung getragen werden. Vorhänge, Polsterbezüge, dickere Teppiche usw. absorbieren den Schall gut.

X Schlussbemerkung - Kontakt

Über die Akustik und Lärmbekämpfung sind schon viele Bücher und Texte verfasst worden. Hinzu kommt, dass Schall nicht sichtbar ist und damit bei vielen, verständlicherweise, eher Unsicherheit hervorruft. Ich hoffe jedoch, dass dieser kurze Überblick einige Fragen beantworten und Lösungsansätze mitgeben konnte. Für die weitere „Schifferzeit“ wünsche ich viele schöne, unvergessliche Stunden mit bleibenden Erinnerungen.

Einen speziellen Dank allen denen, die bei der Vorbereitung, Planung und Realisierung dieses Kurses mitgewirkt haben. Insbesondere an Marcel Dennler, welcher uns sein Schiff als Anschauungs- und Demo - Objekt zur Verfügung gestellt hat.