

Körperschall-Wasserschall-Korrelation bei nieder- und mittelfrequenter Luftschallanregung

Christian Will¹, Edgar Schmidtke², Jan Abshagen², Volkmar Nejedl²

¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Leibnizstraße 11-19, 24098 Kiel, Deutschland, Email: will@physik.uni-kiel.de

²WTD71 - Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik,

Berliner Strasse 115, 24340 Eckernförde, Deutschland

Einleitung

Ein noch nicht hinreichend geklärtes Problem der Hydroakustik ist die Kopplung von Körperschall komplexer Schiffsstrukturen und dem abgestrahlten Wasserschall. In vorangegangenen Experimenten wurden Schiffstrukturen durch so genannte „Shaker“ angeregt [1]. Es konnte gezeigt werden, dass großflächige Strukturanregung im niederfrequenten Bereich bis 100 Hz auch mittels Luftschall möglich ist [2]. Um den Zusammenhang von angeregtem Körperschall und abgestrahltem Wasserschall besser zu verstehen, wurden Untersuchungen zu den Schwingungsebenen der angeregten Schiffsstruktur in einem gegenüber [2] erweiterten Frequenzbereich bis 1 kHz durchgeführt.

Experiment

Während einer Forschungsfahrt mit dem Forschungsschiff FS „PLANET“ im Jahr 2009 fanden Versuche statt, bei denen die Struktur einer unter der Wasserlinie befindlichen Sektion eines Schiffsschwimmkörpers tief- und mittelfrequent angeregt wurde. Dies geschah mittels einer Luftschallanlage mit einer Leistung von ca. 1000 W. Die Lautsprecher der Luftschallanlage wurden im Auftriebskörper in dem Hilfsmaschinenraum (HMR) auf der Backbordseite aufgehängt. In Abbildung 1 ist eine schematische Skizze der „PLANET“ zu sehen. Die Lage des HMR ist mit einem roten Punkt markiert.

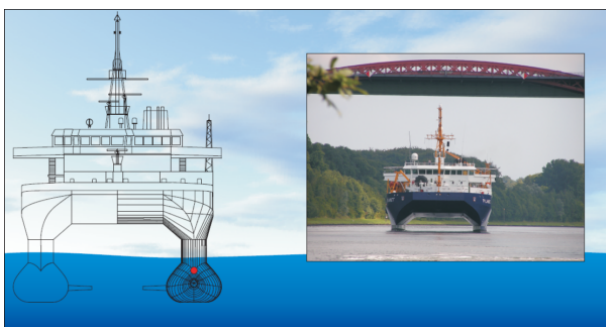


Abbildung 1: Querschnitt des FS „PLANET“ mit Lage des Hilfsmaschinenraums (roter Punkt).

Angeregt wurde mit linear frequenzmodulierten Sweeps (LFM) von 30 Hz bis 100 Hz mit $0,05 \frac{\text{Hz}}{\text{s}}$ und von 100 Hz bis 1 kHz mit $1 \frac{\text{Hz}}{\text{s}}$. Die Schwingung der Schiffsstruktur wurde an zwei Spanten im HMR mit jeweils einem Beschleunigungsaufnehmer in horizontaler und

vertikaler Richtung gemessen. Abbildung 2 zeigt das Körperschallaufnehmerpaar an Spant 22.

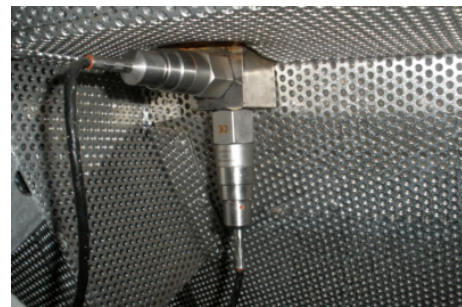


Abbildung 2: Vertikaler und horizontaler Körperschallaufnehmer an Spant 22.

Die Abstrahlung des so erzeugten Körperschalls ins Wasser wurde mit einem von Bord abgehängten Hydrofon gemessen. Dabei betrug die Kabellänge ca. 40 Meter.

Ergebnisse

Untersucht wurde zunächst die Frequenzabhängigkeit der Schwingungsebenen der Schiffsstruktur. In erster Näherung kann die Form der beschallten Sektion des Schwimmkörpers als Zylinder betrachtet werden. In Abbildung 3 ist eine schematische Skizze eines Zylinders mit den Schwingungskomponenten gezeigt. Durch die Position der Aufnehmer ist der Winkel $\phi \approx 50^\circ$ vorgegeben, im Weiteren bezeichnet θ den Winkel zwischen der Flächennormalen u des Zylinders und der Schwingungsebene. Betrachtet wird im Folgenden der Winkel $\theta + \phi$, d.h. $\theta + \phi \approx 50^\circ$ entspricht einer Auslenkung in Richtung der Flächennormalen u .

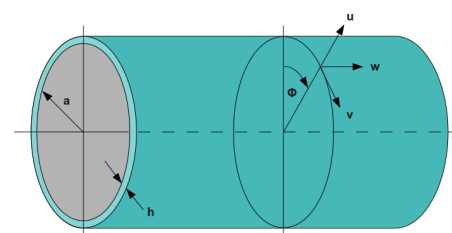


Abbildung 3: Skizze der Schwingungskomponenten eines Zylinders.

Aus den jeweiligen Messwerten des horizontalen und vertikalen Körperschallaufnehmers eines Spants wurden

für die Winkel θ von -50° bis 130° ($\theta \approx -50^\circ$ entspricht der Vertikalen $\phi = 0^\circ$) die Schwingungsebenen in Abhängigkeit von der Frequenz berechnet. Abbildung 4 zeigt das zugehörige Diagramm für den Sweep von 30 Hz bis 100 Hz für den Spant 22. Im Bereich von 45 Hz bis 55 Hz liegt die Schwingungsebene bei einem Winkel $\theta + \phi$ von ca. 160° . Mit Erhöhung der Frequenz nimmt der Winkel quasi-kontinuierlich ab. Der Sprung des Winkels von 0° auf 180° , beispielsweise zu sehen bei ca. 68 Hz, liegt an der Projektion der Schwingungsebene auf einen Halbkreis. Im Frequenzbereich von ca. 82 Hz bis 92 Hz schwingt die Schiffsstruktur unter einem Winkel von ca. 50° , d.h. in Richtung der Flächennormalen u.

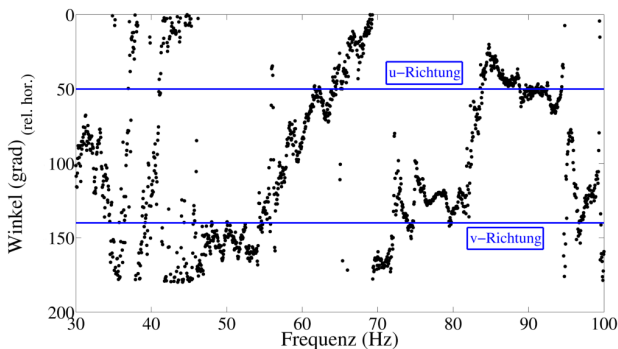


Abbildung 4: Frequenzabhängige Schwingungsebene in Richtung des Winkels $\theta + \phi$ (0° entspricht der Vertikalen).

Für die Abstrahlung ins Wasser sind Auslenkungen der Struktur in Richtung der Flächennormalen u wesentlich. Daher wurde der Beschleunigungspegel des Körperschalls für den Winkel $\theta + \phi = 50^\circ$ berechnet. Dies geschieht sowohl für Körperschall als auch für den Wasserschall „entlang“ des jeweiligen Sweeps (vgl. [2]). In Abbildung 5 sind die relativen Pegel für Körperschall und Wasserschall für den LFM-Sweep von 30 Hz bis 100 Hz dargestellt.

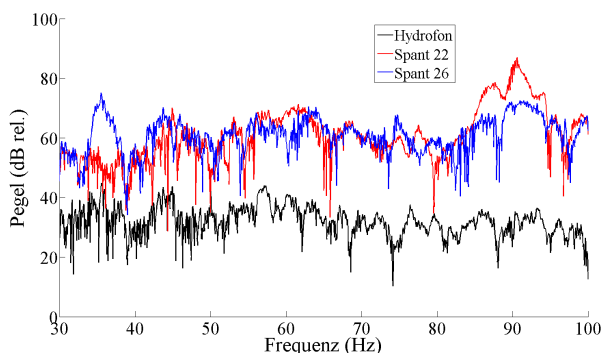


Abbildung 5: Relative Pegel des Körperschalls an den Spanten 22 und 26 und des Wasserschalls entlang des Sweeps von 30 Hz bis 100 Hz.

Im tieffrequenten Bereich kann die Struktur für einige Frequenzen gut durch Luftschall angeregt werden, wie z.B. bei ca. 90 Hz. An beiden Spanten ist die Erhöhung des Pegels gut zu erkennen, besonders aber an Spant 22. Im Wasserschall findet sich diese signifikante Pegelerhöhung jedoch nicht in gleichem Maße wie-

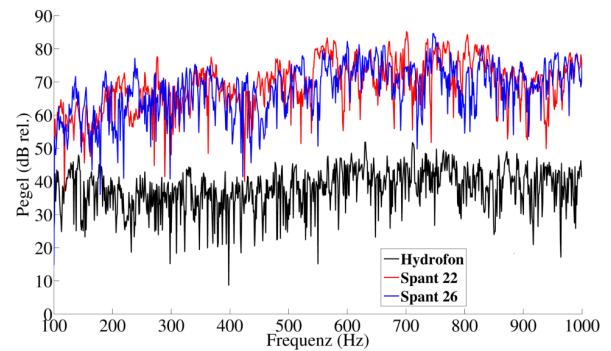


Abbildung 6: Relative Pegel des Körperschalls an den Spanten 22 und 26 und des Wasserschalls entlang des Sweeps von 100 Hz bis 1 kHz.

der. Dennoch kann man beim Vergleich des Pegelverlaufs an den Spanten und des Wasserschalls qualitativ gute Übereinstimmung für einige Bereiche erkennen. So ähneln sich die Maxima bei ungefähr 35 Hz, 45 Hz, 58 Hz, zwischen 83 Hz und 90 Hz an Spant 26 und dem Hydrofon-Signal. Auch Pegelbrüche finden sich zum Teil im Wasserschall wieder. Im Bereich von ca. 45 Hz und im Bereich von 75 Hz bis 80 Hz finden sich zudem die jeweiligen Maxima beider Spanten auch im Wasserschall.

Abbildung 6 zeigt die relativen Pegel für Körperschall und Wasserschall für den LFM-Sweep von 100 Hz bis 1 kHz. Für die mittelfrequente Luftschallanregung bis 1 kHz lassen sich aus dem direkten Vergleich von Körperschallpegeln und Wasserschallpegel aus diesen Messungen keine eindeutigen Aussagen treffen.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse aus [2] haben gezeigt, dass die Struktur eines Schiffes großflächig durch Luftschall angeregt werden kann und deren Körperschallabstrahlung relevant im Wasserschall zu finden ist. Zum Verständnis der Korrelation von Körperschall und Wasserschall ist es notwendig, die Abstrahlungseigenschaften der Struktur zu untersuchen. Dazu wurden mit einem 2-komponentigen Körperschallmesssystem die Ebenen der Strukturschwingung analysiert. Dabei konnten qualitative Übereinstimmungen von Körperschall in Richtung der Flächennormalen u und dem abgestrahlten Wasserschall für die niederfrequente Luftschallanregung von 30 Hz bis 100 Hz gefunden werden.

Literatur

- [1] V. Nejedl, J. Ehrlich und C. Kubaczyk: Freefield Measurement of Radiated and Structure Borne Sound of a Ship. Proceedings of the Joint Congress CFA/DAGA (2004), 337-338
- [2] E. Schmidtke, J. Abshagen, V. Nejedl: Tieffrequente Anregung von Schiffsstrukturen mit Luftschall. Fortschritte der Akustik, DAGA (2007), 419-420