

Schutz der maritimen Umwelt

durch Unterwassergeräuschkinderung

Antje Weinrich, Stefan Schäl

Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD 71)

Akustische Signatur und Vermessung;

E-Mail: AntjeWeinrich@bundeswehr.org; StefanSchael@bundeswehr.org

Einleitung

Die Nutzung von Booten und Schiffen beeinflusst die unmittelbare maritime Umwelt auf unterschiedlichen Wegen. Mögliche Geräuschreduzierungen und deren Nachweise werden zunehmend je nach Einsatzbedingungen von Schiffen und Booten erforderlich. Allgemeine akustische Vorgaben im Schiffbau werden in Bau- und Prüfpezifikationen festgelegt. Der Nachweis der in das Wasser abgestrahlten Geräusche erfolgt dabei an geeigneten Messstellen.

Die WTD 71 betreibt zwei hydroakustische Messstellen. Eine Flachwasser- und eine Tiefwassermessstelle. Marineschiffe und auch beauftragte Vermessungen von Fischereiforschungsschiffen werden an diesen Messstellen durchgeführt. Die bewerteten Messergebnisse werden den Grenzkurven gegenübergestellt, Überschreitungen analysiert und ggfs. Nachbesserungen initiiert. Welche Möglichkeiten zur Geräuschreduzierung notwendig sind, lässt sich anhand von Messergebnissen nachvollziehen.

Die Ursachen für Unterwassergeräusche sind vielfältig, lassen sich jedoch grundsätzlich in drei Bereiche einteilen. Neben den physikalisch-naturgesetzlichen Unterwassergeräuschen, die durch Wind- und Meeresströmungen, durch Aktivität des Meeresbodens, durch Niederschlag und Eisberge entstehen sowie die biologischen Geräusche, wie Tiergeräusche und Tierbewegungen, sind es insbesondere die anthropogen-verursachten Unterwassergeräusche, die in den letzten Jahren einen großen Beitrag zur Steigerung des Geräuschpegels unter Wasser leisten. Aufgrund des stark wachsenden Welthandels steigt der Schiffsverkehr, der Bau von Windkraftanlagen, Bohrinseln und Landanlagen. Diese Entwicklung sorgt zunehmend für einen starken Anstieg des Geräuschpegels im Wasser. Demgemäß werden im folgenden Abschnitt die Geräuschquellen eines Schiffes näher beschrieben sowie Vorschriften und Grenzwertvorgaben aber auch Maßnahmen zur Geräuschkinderung näher beleuchtet.

Geräuschquellen eines Schiffes

Die wesentlichen Geräuschquellen befinden sich sowohl innerhalb als auch außerhalb des Schiffes. Im Inneren des Schiffes tragen zum Schallfeld eines Schiffes insbesondere die Antriebsanlagen, wie Antriebsdiesel, Gasturbinen und

Getriebe aber auch Hilfsmaschinen wie Generatoren, Pumpen und Rudermaschinen bei. Außerhalb des Schiffes verursachen insbesondere die Propeller, Wirbelströmungen, Ruder und andere Anbauten die entscheidenden Geräusche. Bei den Geräuschen, die im Inneren des Schiffskörpers entstehen, handelt es sich meist um Einzelfrequenzen der sich in Betrieb befindlichen Aggregate. Die Geräusche, die außerhalb des Schiffes entstehen, weisen dagegen weitestgehend breitbandige Charakteristiken auf (siehe Abbildung 1).

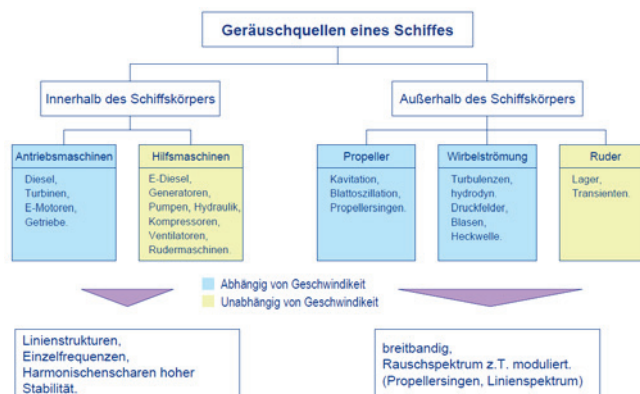


Abbildung 1 Geräuschquellen innerhalb und außerhalb eines Schiffes in Abhängigkeit der Geschwindigkeit.

Das Schallspektrum gilt sowohl für Über- als auch für Unterwasserschiffe und -boote. Es ist abhängig von der Geometrie des Schiffskörpers, Typ der eingebauten Antriebs- und Betriebsleistung, vom Abstrahlgrad der Außenhaut, von den Betriebszuständen an Bord sowie den implementierten Schallschutzmaßnahmen. Jeder Schiffstyp erzeugt sein eigenes charakteristisches Geräusch im Wasser.

Der Betriebszustand und insbesondere die Geschwindigkeit eines Schiffes spielen eine entscheidende Rolle, da sich mit Erhöhung der Geschwindigkeit der Geräuschpegel aufgrund von Drehzahlsteigerungen und Kavitation am Propeller entscheidend erhöht.

Eine Geräuschreduzierung ist durch gesetzliche Vorschriften möglich!

Hydroakustische Grenzwertvorgaben

Je nach Schiffstyp gibt es im Bereich der Hydroakustik jedoch eine unterschiedliche Vorschriftenlage. Im Bereich der Handelsschiffe sind diesbezüglich keine Grenzwerte festgelegt. Bei Forschungsschiffen hingegen ergibt sich aufgrund des geplanten Forschungsauftrages die Notwendigkeit sich an zusätzliche Umweltschutzaufgaben als auch an die Vorgaben des International Council for the Exploration of the Sea (ICES) zu halten. Im Marineschiffbau ergeben sich die Forderungen aus dem Eigenstörpegel für Sonaranlagen sowie den taktisch operativen Einsatzbedingungen, wie bspw. der Schwerortbarkeit durch Schiffe oder Minen. Das Einzelheft 0450 der Marinebauvorschrift „Geräuschminderung und Sonar-Eigenstörpegel“ gibt dazu einen Leitfaden für die Minderung der Teilsignatur Akustik. In diesem Heft werden schalltechnische Grundlagen, Maßnahmen und Verfahren beschrieben, um die innerhalb des Signaturkonzeptes festgelegten Anforderungen bei Bau und Konstruktion des Schiffes zu erfüllen.

Nachweis schalltechnischer Forderungen

Die Prüfung der Marineschiffe erfolgt als Beistellung vom Auftraggeber im Rahmen des Funktionsnachweises durch die WTD 71. Die WTD 71 betreibt dazu sowohl die Flachwassermessstelle in Aschau in der Eckernförder Bucht (bei Kiel), als auch die Tiefwassermessstelle in Heggernes (Fjord in Norwegen bei Bergen). Die Tiefwassermessstelle ist eine trilaterale akustische Messstelle, die von Norwegen, Niederlande und Deutschland entwickelt und betrieben wird.

Eine hydroakustische Vermessung kann sowohl dynamisch (Messung der Geräuschabstrahlung ins Wasser bei Geradeausfahrt) als auch stationär (Messung einzelner Geräuscherzeuger) erfolgen. Es wird immer eine akustische Vermessung bei Indienststellung, routinemäßig sowie vor und nach Werftfliegezeiten durchgeführt. Neben den Verfahren der STANAG (Standardization Agreement) kann eine akustische Vermessung an der WTD 71 auch nach den Vorgaben der DIN ISO 17208 durchgeführt werden. Die DIN ISO 17208 legt das allgemeine Messsystem, das Verfahren und die Methodik für die Messung des von Schiffen abgestrahlten Wasserschalls unter vorgegebenen Betriebszuständen fest.

Um Messergebnisse vergleichen zu können, sollten zudem immer auch Kenntnisse über die Einflussfaktoren der Messdatenanalyse vorhanden sein. Dazu gehören Kenntnisse über die verwendete Messtechnik und deren Kalibrierung, über Messverfahren, wie Aspektwinkel, Anzahl der Hydrophone und Anzahl der Wiederholungsmessungen. Darüber hinaus sollten Kenntnisse über die Schallausbreitungsbedingungen am Messort, wie bspw. Schallausbreitungsprofil, Wassertiefe, Charakteristik des Meeresbodens, Wetter, Schiffsverkehr und Landanlagen vorhanden sein.

Die Abbildung 2 veranschaulicht zum einen eine Grenzkurve des DNV-GL (Klassifizierungsgesellschaft) bei

11 kn. Diese wird Reedereien für den Bau von Forschungsschiffen angeboten. Diese ist in Anlehnung an die 11 kn Grenzkurve des ICES ermittelt worden. Zum anderen sind in dieser Abbildung die Messergebnisse von Handels- und Forschungsschiffen vergleichend gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass Handelsschiffe, aber auch große Forschungsschiffe bei ca. 10 kn die dargestellte 11 kn - Grenzkurve nicht einhalten. Kleine Fischereiforschungsschiffe oder das Wehrforschungsschiff „Planet“ halten dagegen diese Grenzkurve ein.

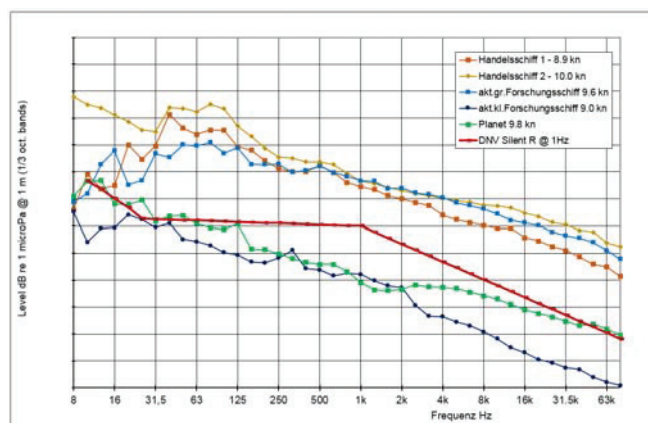


Abbildung 2 Messergebnisse der Messstelle Aschau. Vergleich von Handels- und Forschungsschiffen mit Grenzkurve für Forschungsschiffe.

Maßnahmen zur Geräuschminderung

Um die akustischen Forderungen an ein Schiff auch erfüllen zu können, müssen spezielle Maßnahmen ergriffen werden. Diese wirken sich insbesondere auf die Bereiche der Konstruktion eines Schiffes, seine maschinenbaulichen und elektrischen Anlagen aus. Um die Realisierbarkeit der geforderten akustischen Eigenschaften sicherzustellen, können sowohl primäre als auch sekundäre Maßnahmen ergriffen werden.

Zu den primären Maßnahmen zählen die Auswahl und Anordnung der Maschinen und Geräte sowie schalltechnische Maßnahmen. Das bedeutet, dass Geräte mit geringsten Geräuschemissionen auszuwählen sind, Geräte mit hohen Schallpegeln räumlich zusammengefasst werden sowie geräuscherzeugende Anlagen nicht unmittelbar an der Außenhaut befestigt werden sollten. Zudem sollten die Kavitation und Druckschwankungen bei Entwurf und Anordnung der Propeller, Ruder u.a. Unterwasserschiffsanhängen minimiert werden. Zu beachten ist, dass bei der Umsetzung der Maßnahmen zur Geräuschminderung immer zuerst die Hauptgeräuscherzeuger in einem Schiff betrachtet werden sollten.

Zu den schalltechnischen Maßnahmen gehören u. a. die Art der Lagerung der Anlagen und Geräte, z. B. ist es möglich einen wesentlichen Beitrag zur Schalldämmung durch den Einbau einer einfach- oder doppelte elastischen Lagerung zu leisten. Zudem ist auch zu beachten, welchen Beitrag der Luftschall zur Geräuschabstrahlung ins Wasser liefert. Einen Beitrag zur Geräuschminderung könnte eine Kapselung der

Anlagen, ein schwimmender Estrich, der Einbau von Schalldämpfern, Absorptionsisolierungen sowie der Einbau von Schalldämpfern an Zu- und Ablauf-, Lüftungs- und Abgasanlagen leisten. Darüber hinaus kommt es durch Rohrleitungen und Kanäle zur Geräuschübertragung ins Wasser. Eine Fluidschallreduzierung kann jedoch durch den Einbau von Pulsationsdämpfern und eine Körperschallreduzierung durch Kompensatoren erreicht werden.

Ergibt sich aufgrund eines messtechnischen Nachweises, dass der Geräuschpegel eines Schiffes zu hoch ist, ist es nur schwer möglich die o. g. primären Maßnahmen nachzurüsten. Dann lässt sich die Geräuschabstrahlung ins Wasser durch sekundäre Maßnahmen vermindern. Dazu zählen u a. die Anpassung des Fahrprofils, die Nutzung geräuschoptimierter Aggregate in bestimmten Gewässern, der Austausch von Lagerungen, Kompensatoren oder Pulsationsdämpfern. Ferner trägt ein sauberes Unterschiff bzw. ein sauberer Propeller wesentlich zur Geräuschminderung bei. Die Veränderung der Geräuschabstrahlung ins Wasser durch defekte Anlagen oder durch Verschleiß der Geräte lässt sich anhand von regelmäßigen Kontrollmessungen nachvollziehen.

Dies gilt nicht nur für Marineschiffe, sondern für alle Schiffe und Boote, die auf den Weltmeeren unterwegs sind. Zum Schutz der maritimen Umwelt sollte daher beim Bau und auch Betrieb aller Schiffe und Boote auf Geräuschminderung im Wasser geachtet werden.

Zusammenfassung

- Geräuschquellen eines Schiffes entstehen sowohl innerhalb eines Schiffes durch bspw. Antriebs- und Hilfsmaschinen als auch außerhalb eines Schiffes durch Propeller, Wirbelströmungen und Ruder.
- Handelsschiffe bringen den Haupteintrag an Geräuschen ins Wasser.
- Es gibt keine Grenzwertvorgaben für Handelsschiffe. Für Forschungs- und Marineschiffe ergeben sich Grenzwertvorgaben aus den jeweiligen Einsatzaufgaben.
- Bei der Durchführung und Auswertung von akustischen Vermessungen sind immer die Einflussfaktoren der Messung und die Messdatenanalyse zu beachten.
- Eine Reduzierung der ins Wasser abgestrahlten Geräusche ist mit primären und sekundären Maßnahmen möglich.

Literaturverzeichnis

- [1] BV, Heft 0450 (2003): Bauvorschrift für Schiffe der Deutschen Marine: Geräuschminderung und Sonar-Eigenstörpegel
- [2] Neubold/ Homm, A. (2011): Geräuschminderung auf Überwasserschiffen und U-Booten, WTD 71 Akustikzentrum
- [3] Weinrich, A. (2011): Erfassung und Bewertung der akustischen Signatur von Marineschiffen
- [4] Schäl, S. (2017), Vortrag Fragliche hydroakustische Messgenauigkeit von Schiffen