

# Internationale Standardisierung zur Vermessung des abgestrahlten Wasserschalls von Handelsschiffen

Anton Homm

*Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, maritime Technologie und Forschung – WTD 71,  
Email: AntonHomm@Bundeswehr.org*

## Einleitung

Die Beobachtung des Umgebungsgeräusches in den Weltmeeren hat gezeigt, dass durch den massiven Anstieg des Schiffsverkehrs in den vergangenen Jahrzehnten auch der Pegel des Hintergrundgeräusches stark angestiegen ist. Wegen der besonderen Schallausbreitungsbedingungen unter Wasser gilt dies nicht nur entlang der vielbefahrenen Schifffahrtsrouten sondern in nahezu allen Seegebieten. Dadurch werden schwerwiegende Folgen für die Meeresfauna, insbesondere Säuger, erwartet, die häufig auf die akustische Unterwasserkommunikation angewiesen sind.

Vor diesem Hintergrund haben Umweltverbände eine Initiative im „Marine Environment Protection Committee“ (MEPC) der IMO (International Maritime Organization) ins Leben gerufen, um mittel- bis langfristig die Schallabstrahlung ziviler Schiffe zu reduzieren.

Notwendige Voraussetzung für Aktivitäten in dieser Richtung ist jedoch zunächst ein allgemein anerkannter Standard (Norm) zur reproduzierbaren Vermessung der Wasserschallabstrahlung von zivilen Schiffen. Bisher existieren Anlagen hierzu nahezu ausschließlich im militärischen Bereich, welche letztlich zwar auch für Sonderschiffe genutzt werden, für den Großteil anderer ziviler Fahrzeuge jedoch nicht optimal geeignet sind.

Innerhalb der ISO (International Organization for Standardization) gibt es zwei Initiativen zur Entwicklung von Normen zur Vermessung des abgestrahlten Wasserschalls von Schiffen. In diesem Beitrag soll zum einen präsentiert werden, welche Parameter diesen Ansätzen zugrunde liegen und zum anderen worin sich die beiden Entwürfe unterscheiden und wie sie sich gegeneinander abgrenzen lassen.

## Aktueller Sachstand

Im Laufe des letzten Jahres ist es gelungen die ursprünglich getrennten Arbeitsgruppen der ISO, die sich seit einigen Jahren mit der Standardisierung der Vermessung des abgestrahlten Wasserschalls bei zivilen Schiffen zur Zusammenarbeit in einer „Joint Working Group“ (JWG) zu bringen. Dadurch können die beiden bisher unabhängigen Entwürfe harmonisiert werden, so dass die Existenz zweier gleichwertiger Normen aus unterschiedlichen Quellen innerhalb der ISO vermieden werden kann. Auch wenn die beiden Normen mittlerweile in vielen Bereichen ähnliche Randbedingungen und Einstellparameter aufweisen, so unterscheiden sie sich doch wesentlich in der Zielsetzung. Während die Norm nach [1] in erster Linie für Überblicksmessungen aller zivilen Schiffe gedacht ist,

richtet sich [2] in erster Linie an Nutzer für Schiffe mit einer akustischen Forderung, wie z.B. Fischereiforschungsschiffe etc., bei denen eine größere Genauigkeit der Messergebnisse erforderlich ist. In beiden Fällen beschränkt sich die Anwendbarkeit derzeit auf tiefes Wasser. Es wird nicht der Quellpegel des Schiffes bestimmt, sondern der sogenannte „radiated noise level“ (RNL), der durch die freie, schallweiche Oberfläche des Meeres beeinflusst ist (Lloyd's mirror effect).

## Messparameter

Folgende Randbedingungen und Messparameter sind in beiden Normen übereinstimmend festgelegt worden:

Horizontaler Abstand der Hydrophonposition zur Überlaufstrecke: mindestens 100 m oder Gesamtlänge des zu vermessenden Schiffes, je nachdem was größer ist. Als minimale Wassertiefe wurde das 1,5-fache dieses Messabstandes festgelegt.

Die Länge der Messtrecke ergibt sich aus einem Beobachtungswinkel von jeweils 30° vor und nach dem CPA (closest point of approach), bezogen auf die Hydrophonposition, so dass gewährleistet ist, dass pro Überlauf das gesamte Schiff vermessen wird. Daraus ergibt sich mit der gefahrenen Geschwindigkeit des Schiffes die Messzeit über welche die Messergebnisse gemittelt werden müssen.

Zur Bestimmung des RNL geht man von einer punktförmigen Schallquelle im Fernfeld aus. Bei der Rückrechnung auf den Referenzabstand von 1 m wird sphärische Schallausbreitung angenommen.

Die Hydrophontiefe wird bestimmt über den minimalen Elevationswinkel, bezogen auf den CPA. In [1] ist mindestens ein Hydrophon vorgeschrieben unter einem Winkel von 15°. In [2] werden drei Hydrophone unter 15°, 30° und 45° verlangt.

Bei der Verwendung mehrerer Hydrophone werden die Daten der Einzelhydrophone energetisch gemittelt.

Der Einfluss des Hintergrundgeräusches ist durch eine Vermessung zu berücksichtigen. Ist der Signal-Störabstand zwischen 3 und 10 dB, so sind die Daten zu korrigieren, bzw. die Messung zu wiederholen, wenn der Abstand kleiner als 3 dB ist.

Die Bestimmung des RNL in Terzpegeln erfolgt über die energetische Mittelung über die gesamte Messzeit in der sich das Schiff auf der Messtrecke befindet. Alternativ können laut [2] auch sekundliche Einzelspektren erstellt werden, die im Anschluss zu mitteln sind.

In [1] wird jeweils ein Überlauf pro Seite gefordert, in [2] sind es jeweils zwei. Die Pegel verschiedener Überläufe werden arithmetisch gemittelt.

Weil die Schallabstrahlung eines Schiffes wesentlich vom Betriebszustand abhängt, sind umfangreiche Zustandswerte für die jeweiligen Überläufe zu protokollieren. Hinzu kommen Daten zu Witterungsbedingungen, Seegangs- und Strömungsverhältnissen.

## Vergleich

Anhand theoretischer Überlegungen an einem konkreten Beispiel sollen nun die beiden Normen hinsichtlich ihrer Ergebnisse verglichen werden. Als Quellstärke wurden 180 dB angenommen. Geht man von einer Punktquelle in einem unendlich ausgedehnten Medium aus, betrachtet ein Einzelhydrophon im Abstand von 100m und berechnet dann nach den Vorgaben aus der Norm den Pegel auf den Referenzabstand normiert, so ergibt sich eine Abweichung von diesen 180 dB in der Größenordnung von 0,1 dB.

In [4] findet man eine Näherung für die Berechnung des Schalldrucks einer Punktquelle in der Nähe einer schallweichen unendlich ausgedehnten Ebene, siehe Gleichung (1).

$$p(R, \theta) \cong 2p_s(R)\sin(ke \cos \theta); \quad ke^2/R, e/R \ll 1 \quad (1)$$

$p_s$ : Punktquelle

$\theta$ : Elevationswinkel

$e$ : Abstand zur Oberfläche

$k = \omega/c$ : Wellenzahl

$R$ : Abstand zur Punktquelle

Setzt man typische Werte ein, wie sie bei der Vermessung eines Schiffes zu erwarten sind, so kann man, zumindest in idealisierter Form, beide Verfahren vergleichen. Hier wurde der Abstand von der schallweichen Oberfläche mit 2,5 m angenommen. Der horizontale Abstand des Hydrophons von der Punktquelle sei ebenfalls 100 m. Daraus wird für die verschiedenen vorgegebenen Elevationswinkel jeweils die Hydrophontiefe und der momentane Abstand  $R$  des Hydrophons vom Aufpunkt des Punktquellenpaares an der Oberfläche berechnet. Im Frequenzbereich unter 150 Hz ist der Abstand der Punktquelle von der Oberfläche kleiner als  $\lambda/4$  und verhält sich damit wie ein Dipol, siehe Abb. 1. Die Bedingungen für die Gültigkeit der Näherung in (1) sind erfüllt für Frequenzen unterhalb von ca. 4 kHz. Betrachtet man die berechneten Werte für ein Einzelhydrophon (blaue Kurve), so tritt im Bereich zwischen 150 Hz und der oberen Frequenzgrenze das erwartete Interferenzmuster auf. Zum Vergleich ist in der roten Kurve dargestellt, welche Werte sich bei einer Mittelung über drei Hydrophone ergeben.

Im Frequenzbereich der Dipolstrahlung unterscheiden sich die beiden Kurven nur minimal. Oberhalb von 150 Hz wird jedoch der destruktive Interferenzeffekt durch die Mittelung über drei Hydrophone stark abgeschwächt. Natürlich treten diese Effekte bei realen Messungen nicht so deutlich zutage, weil wir es bei Schiffen weder mit einer idealen Punktquelle noch mit einer im gesamten Frequenzbereich ideal ebenen

Spiegelfläche zu tun haben. Dennoch ist die größere Genauigkeit bei einer Vermessung mit mehreren Hydrophonen nicht von der Hand zu weisen.

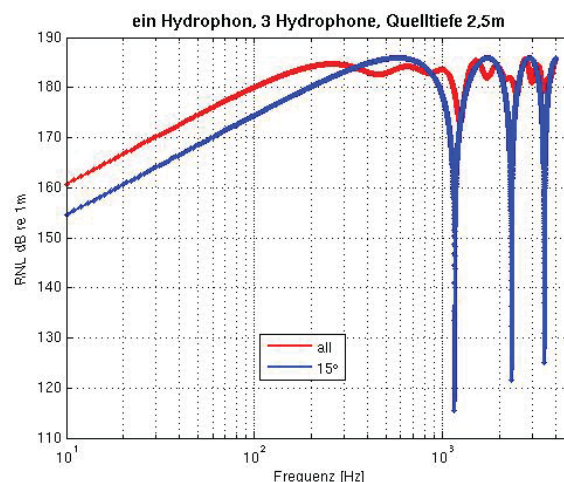


Abbildung 1: Vergleich der Auswirkung der freien schallweichen Oberfläche.

## Ausblick

Beide Normentwürfe sind derzeit noch nicht verabschiedet. Es wird jedoch damit gerechnet, dass dies demnächst erfolgt. In Fortführung der bisherigen Standardisierungsarbeit soll in einer noch zu entwickelnden Erweiterung von [2] die Ermittlung des Quellpegels definiert werden und zwar sowohl für Tiefwasser- als auch für Flachwasser-Bedingungen. Dies setzt jedoch die Kenntnis der Ausbreitungsbedingungen voraus, welche entweder experimentell oder numerisch zu ermitteln sind.

## Literatur

[1] DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 16554.3

Ships and marine technology — Measurement and reporting of underwater sound radiated from merchant ships — Survey measurement in deep-water

[2] WORKING DRAFT WD/17208-1

Underwater Acoustics — Quantities and procedures for description and precision measurement of underwater sound from ships — Part 1: Requirements for deep water radiated noise level measurements used for comparison purposes

[3] ANSI/ASA S12 .64-2009/Part 1, AMERICAN NATIONAL STANDARD,

Quantities and Procedures for Description and Measurement of Underwater Sound from Ships – Part 1: General Requirements

[4] Junger, Feit, Sound, Structures and Their Interactions, 1993, ASA, S. 52 f.

[5] Urban, Heinz, G., Handbook of Underwater Acoustic Engineering, STN ATLAS Elektronik GmbH, Bremen, 2002