

Messungen zum Zielmaß von Testkörpern

Edgar Schmidtke¹

¹ Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung, WTD 71, Berliner Straße 115, 24340 Eckernförde, Deutschland, Email: EdgarSchmidtke@bundeswehr.org

Einleitung

Das Zielmaß ist eine Zahl, die die Echostärke eines getauchten Objektes beschreibt, ähnlich wie der Radarrückstreuquerschnitt für elektromagnetische Wellen. Um das Zielmaß experimentell zu bestimmen, nimmt man an, auf das Objekt falle eine ebene Welle der Amplitude p_{ein} und das Echo werde im Fernfeld detektiert. Die Echoamplitude wird auf den Abstand von einem Meter zum gedachten Zentrum des Streukörpers rückgerechnet ($p_{ref}(1m)$, sphärische Ausbreitung angenommen). Das Verhältnis der Amplitude des detektierten Signals, abhängig von Frequenz und Richtungen der einfallenden Welle relativ zum Objekt und der Detektions- zur Einfallrichtung, in Dezi-Bel ausgedrückt, ist das Zielmaß „TES“ (Target Echo Strength).

$$TES [dB] = 20 \cdot \log_{10} (p_{ref}(1m)/p_{ein}) \quad (1)$$

Um einem Detektor, egal ob am Orte des Senders (monostatistischer Fall) oder an einem oder mehreren anderen Orten (bi- oder multistatistischer Fall) möglichst wenig reflektiertes Signal zu bieten, gibt es mehrere Möglichkeiten. Der hier verfolgte Ansatz ist, die von einer Schallquelle auf das Objekt fallende Energie durch Aufbringen einer homogenen Beschichtung breitbandig zu absorbieren.

Minderungen des Zielmaßes durch destruktive Interferenzen regelmäßiger Anordnungen von Streukörpern (z.B. Hinders et al. [1] oder Svensson [2]) oder Schichtungen des Materials (z.B. Meyer und Oberst [3]) werden nicht in Betracht gezogen, sie sind durch Nicht-Verwendung der Resonanzfrequenzen zu leicht zu umgehen.

Methoden zur Messung der frequenzabhängigen Eigenschaften von Wasserschallabsorbern im Labor wurden bereits früher dargestellt [4].

Aufbau des Experimentes

Für die Bestimmung der absorbierenden Eigenschaften einer Beschichtung wurde ein Referenzkörper gefertigt, der allen auftreffenden Schall reflektiert: Eine luftgefüllte Stahlkugel mit einem Durchmesser von 1 m und einer Schalendicke von 10 mm. Um im Wasser einen leichten Abtrieb zu erhalten, wurde die Kugel im Inneren mit ausreichendem Stahlballast ausgestattet. Die Stahlwandung darf bei Frequenzen von wenigen Kilo-Hertz als nicht-dämpfend angesehen werden, das Innere der Kugel reflektiert allen auftreffenden Schall schallweich. Die Stahlkugel ist in Abbildung 1 gezeigt, die Geometrie des Versuchsaufbaus in einem überdachten Teil des Hafens

im Marinearsenalbetrieb in Kiel kann Abbildung 2 entnommen werden.



Abbildung 1: Die verwendete unbeschichtete Stahlkugel.

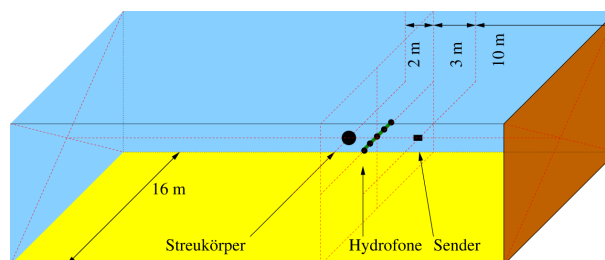


Abbildung 2: Geometrie des Versuchsaufbaus.

Die verwendete Hydrofonkette zwischen dem Wasserschallsender und dem Streukörper erlaubt es durch Vergleich des vom Sender zur Kugel laufenden Signals mit dem reflektierten Signal, Rückschlüsse auf das Zielmaß zu ziehen, ohne absolute Drücke berechnen zu müssen.

Obwohl die Experimente nicht als im Fernfeld durchgeführt angesehen werden können, wird hier der Begriff Zielmaß und die dafür stehende Bezeichnung TES verwendet.

Ergebnisse

Die erste Messung diente der Überprüfung des Referenzkörpers (vgl. Abb. 1). Dieser wurde mit linearen Frequenzsweeps (LFM) beschallt, mit einer Dauer von jeweils 1 ms und einer Frequenzbreite von 2 kHz. Die kurzen Pulse waren notwendig, um eine Zeitfensterung der Signale durchführen zu können. In Abbildung 3 sind die ermittelten Werte für TES gegen die Frequenzmitten der

LFM aufgetragen. Ebenso ist in der Abbildung 3 das analytische Zielmaß einer gleich großen schallweichen Kugel dargestellt.

Die an den Messdaten dargestellten Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung der für jede Frequenz verwendeten 116 Einzelsignale. Im gemessenen Frequenzbereich von 5 kHz bis 11,7 kHz stimmen die gemessenen Werte gut mit der theoretischen Vorhersage überein.

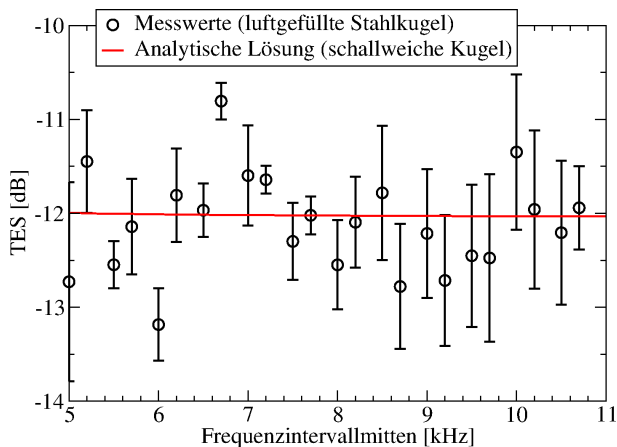


Abbildung 3: Gemessene Werte für das Zielmaß der luftgefüllten Stahlkugel.

In Abbildung 4 sind die absoluten äquivalenten Dauerschallpegel des Echos des Referenzkörpers (unbeschichtete Stahlkugel) bei konstanter Sendeleistung und einer mit einem Wasserschallabsorber beschichteten baugleichen Stahlkugel (gleiche Sendeleistung wie zuvor) den Pegeln ohne jede Stahlkugel und dem Hintergrundpegel gegenübergestellt. Die frequenzabhängigen Pegelverläufe der unbeschichteten und der beschichteten Stahlkugel geben sehr gut das frequenzabhängige Übertragungsmaß des verwendeten Wasserschallsenders wieder.

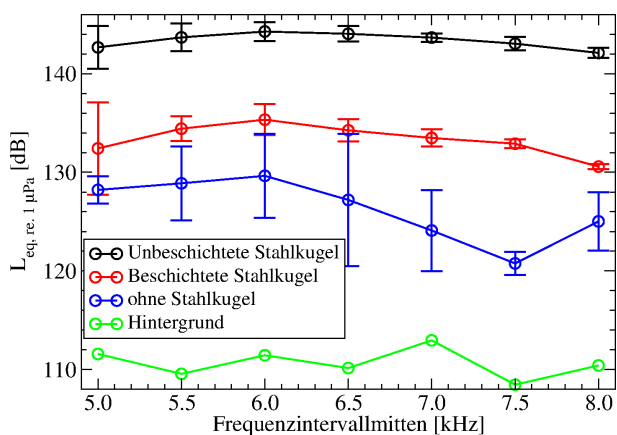


Abbildung 4: Vergleich der absoluten Pegel der unbeschichteten und der beschichteten Stahlkugel mit Hintergrundgeräuschen.

Der Pegel des gleichen Experimentes ohne jede Stahlkugel ist vom Nachhall dominiert. Da die Luft in der jeweils verwendeten Stahlkugel jeden Schall zurückwirft, ist sichergestellt, dass die das Zielmaß mindernde Beschichtung diesen Effekt allein durch Absorption erzielt. Für

dieses Experiment wurden lineare Frequenzsweeps mit einer Dauer von 0,5 ms und einer Frequenzbreite von 1 kHz verwendet, die Daten sind gegen die Mitten der Frequenzintervalle aufgetragen, die Fehlerbalken geben wiederum die Standardabweichung der jeweils 116 ausgewerteten Einzelsignale an. Das Hintergrundgeräusch wurde ohne Fehlerbetrachtung aus einem einzelnen Signal von 2 Minuten Länge berechnet. Da es sich hier um eine spektrale Mittelung über jeweils 1 kHz handelt, sind die üblichen — durch Interferenz betonten — Minima nicht vorhanden. Die Beschichtung zeigt über den gesamten gemessenen Frequenzbereich von 5 kHz bis 8 kHz eine durch Absorption verursachte Minderung des Zielmaßes um etwa 10 dB. Das Echosignal liegt immer noch über dem Signal des Nachhalls und konnte eindeutig dem beschichteten Streukörper zugeordnet werden.

Der recht hohe Hintergrundpegel von ca. 110 dB ist den Tatsachen geschuldet, dass das Experiment im Kieler Hafen statt fand und dass zwei Tage vorher das Sturmtief „Christian“ über Schleswig-Holstein hinweg zog und die Ostsee noch entsprechend unruhig und laut war.

Zusammenfassung und Ausblick

Im einem überdachten Bereich des Hafenbeckens des Marinearsenalbetriebes Kiel wurde eine Vorrichtung aufgebaut, mit der das Zielmaß von Kugeln mit einem Durchmesser von einem Meter experimentell bestimmt wurde. An einer luftgefüllten Stahlkugel konnte erfolgreich der theoretisch vorhergesagte Wert von -12 dB im Frequenzbereich von 5 kHz bis 10,7 kHz bestätigt werden. Im Frequenzbereich von 5 kHz bis 8 kHz konnte das Zielmaß mittels der absorbierenden Eigenschaften einer Beschichtung um etwa 10 dB gesenkt werden.

Um an den hier verwendeten Streukörpern das Zielmaß bei tieferen Frequenzen als 5 kHz zu messen, sind wegen notwendiger geometrischer Randbedingungen Seeeexperimente in Wassertiefen von mehr als 200 m geplant.

Literatur

- [1] Hinders, M. K., Rhodes, B. A. und Fang, T. M.: Particle-loaded composites for acoustic anechoic coatings, *Journal of Sound and Vibration* (1995) **185** (2), pp. 219–246
- [2] Ivansson, S. M.: Anechoic coatings obtained from two- and three-dimensional monopole resonance diffraction gratings, *J. Acoust. Soc. Am.* **131** (4), April 2012, pp. 2622–2637
- [3] Meyer, E. und Oberst, H.: Resonanzabsorber für Wasserschall, *Acustica* **2**(3), (1952), AB149–AB170
- [4] Schmidtke, E.: Ein neues Stehwellenrohr zur Messung akustischer Materialeigenschaften in Wasser, *Fortschritte der Akustik* (2003), pp. 504–505, DAGA 2003