Neue Tiefwassermessungen zum Zielmaß von Testkörpern

Edgar Schmidtke[1], Jens Meier[2]

[1] Wehrtechnische Dienststelle 71, Berliner Straße 115, 24340 Eckernförde, EMail: edgarschmidtke@bundeswehr.org

[2] Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e.V., Eupener Straße 33, 30519 Hannover, EMail: jensmeier@dikautschuk.de

Einleitung

Es besteht weiterhin die Notwendigkeit, das Zielmaß — jene Zahl, die frequenz– und richtungsabhängig die Stärke eines akustischen Echos beschreibt — von getauchten Körpern zu reduzieren. Auf Größe und Form haben wir keinen Einfluss, einzige uns tauglich erscheinende Möglichkeit ist, mittels einer zusätzlich aufgebrachten Beschichtung das Zielmaß zu beeinflussen.

Verwendet man sogenannte mono–statische Messsysteme, bei denen sich Sender und Empfänger an einem Orte befinden, könnte ein Reflektor helfen, der so angebracht wird, dass die auf den getauchten Körper fallende Schallenergie in irgendeine andere Richtung reflektiert wird. Dieses Verfahren hilft jedoch nicht in jedem Falle. Bei bi– und multi–statischen Sende– und Empfangssystemen, wenn ein oder mehrere ortsverteilte Sender und und ein oder mehrere ortsverteilte Empfänger verwendet werden und nicht mehr vorhergesagt werden kann, in welche Richtung Energie reflektiert werden kann, ohne dass sie detektiert wird.

In einem solchen Szenario ist die Beschichtung mit einem Wasserschallabsorber immer noch zielführend.

In früheren Arbeiten ([5][6][7]) wurden Ergebnisse zu Experimenten vorgestellt, bei denen massive Materialien als Absorber genutzt wurden und erfolgreich unter realistischen Bedingungen die absorbierenden Eigenschaften des Materials nachgewiesen werden konnten.

Wollte man allein aus diesem Material einen massiven Absorber fertigen, würden die Schichtdicken für den geplanten Einsatzzweck zu mächtig.

Die Idee, die Beschichtung mit Hohlräumen zu versehen, existiert seit spätestens den 1940er Jahren und wurde z.B. in [4] ausgeführt. Heutzutage können mit modernen numerischen Verfahren vielfältige Hohlraumformen auf ihre Tauglichkeit untersucht werden, bevor ein aufwändiger Fertigungsprozess beschritten wird (z.B.: [2][1]).

Ein wesentlicher Effekt ist, dass eine aus dem Wasser auf die Beschichtung treffende Longitudinalwelle innerhalb der Beschichtung eine Scherwelle hervorrufen kann, deren Schallgeschwindigkeit deutlich geringer als die der Longitudinalwelle ist und somit virtuell mehr Weg zur Absorption zur Verfügung steht. Die Hohlräume geben dem Material die Möglichkeit, zur Seite auszuweichen (Scherung), was bei massiven Material kaum möglich ist.

Ziel der folgenden Experimente war und ist, eine mit dem bisherigen Ergebnis vergleichbare Reduzierung des Zielmaßes mit einer dünneren Schicht als bisher zu erreichen.

Aufbau der Experimente

Der Aufbau der Experimente folgte dem der Vorjahre (vgl. Abb. 1). Das Forschungsschiff FS PLANET ankerte wieder bei ca. 280 m Wassertiefe im Jelsa–Fjord (in den früheren Beiträgen wurde der Bokna–Fjord genannt, doch an der Ankerposition gilt die offizielle Bezeichnung Jelsa–Fjord). Der Sender wurde am Heck auf eine Tiefe von 70 m gefiert, die lineare Antenne mit 161 Hydrofonen und einer akustischen Länge von 40 m wurde mittschiffs auf eine Tiefe von 90 m abgehängt, die Streukörper — wieder Kugeln mit einem Durchmesser von 1 m zuzüglich Beschichtung — wurden am Bug des Schiffes auf eine Tiefe von 110 m gebracht. Durch diese Anordnung ist ein Beamforming und somit eine Richtungstrennung für Sendesignal und Echo möglich. Der Aufbau entspricht dem mono–statischen Fall. Diese Konfiguration wurde ursprünglich gewählt, um die elektrischen Signalwege an Bord so kurz wie möglich zu halten, auch wenn die Handhabung der bis zu 1200 kg schweren Objekte an Bord dadurch erschwert wurde.

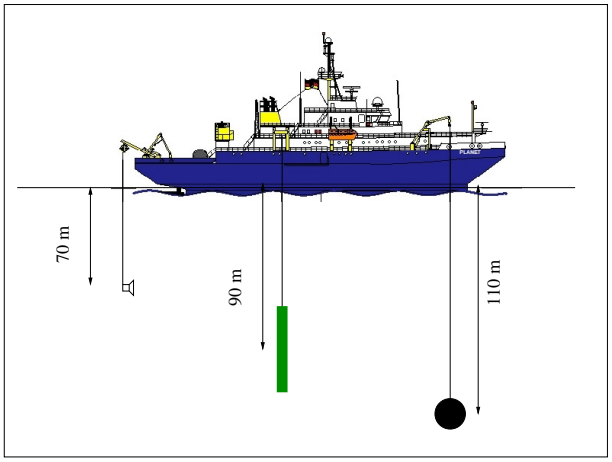

Abbildung 1: Auslage 1.

Im Verlauf dieser Messkampagne wurde die Konfigration geändert, neuere zur Verfügung stehende Messtechnik ermöglichte auch bei deutlich größeren Kabellängen stabile und ungestörte Messignale. Somit konnte eine einfachere Handhabung der Objekte erzielt werden (vgl. Abb. 2).

Die Kugeln bestehen aus einer Stahlhülle mit einem Meter Durchmesser, bei einer Hüllendicke von 10 mm. Im Inneren ist jeweils ausreichend Stahlballast montiert, so dass die unbeschichteten Kugeln in Wasser einen Abtrieb von etwa 50 kg haben. Die Beschichtung erzeugt zusätzlichen Abtrieb, zusätzlich wurde an die Kugeln mit einem 10 m langen Stahldraht noch Ballast montiert.

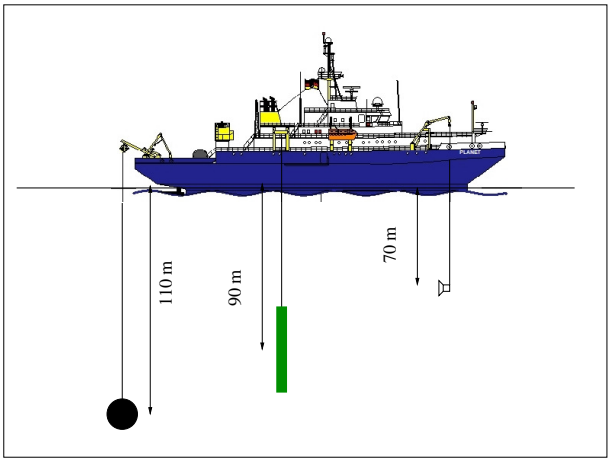

Abbildung 2: Auslage 2.

Für die beschichteten Kugeln der vergangenen Messungen wurde auch immer eine Berechnung nach [3] durchgeführt, da für eine massive Beschichtung die Beschreibung der Oberfläche allein durch eine komplexe Impedanz, die durch die Materialparameter bestimmt war, adäquat erschien. Auch wenn diese Näherung für strukturierte Beschichtungen nicht mehr gerechtfertigt scheint, wurden weiterhin Kugeln genutzt, da sich eine Ausrichtung der Streukörper, die in einer Tiefe von 110 m sehr aufwändig würde, erübrigt.

Für die strukturierte Beschichtung wurde eine Hohlraumform in Anlehnung an das „horn hole“ in [8] gewählt.

Ergebnisse

Die frequenzabhängigen Werte des Zielmaßes sind für vier Kugeln, drei davon beschichtet, in Abbildung 3 dargestellt. Die Werte der unbeschichteten (schwarze Symbole) Stahlkugel liegen im Bereich von -12 dB, damit im Einklang mit Berechnungen nach [3]. Die Werte der drei beschichteten Kugeln liegen frequenzabhängig deutlich darunter. Die Ergebnisse der beiden Kugeln mit massiven unstrukturierten Beschichtungen (rote und blaue Symbole) stimmen sehr gut mit den Messungen der vergangenen Jahre überein, was die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse unterstreicht. Die strukturierte deutlich dünnere Beschichtung (grüne Symbole) liefert vergleichbare Werte für das Zielmaß.

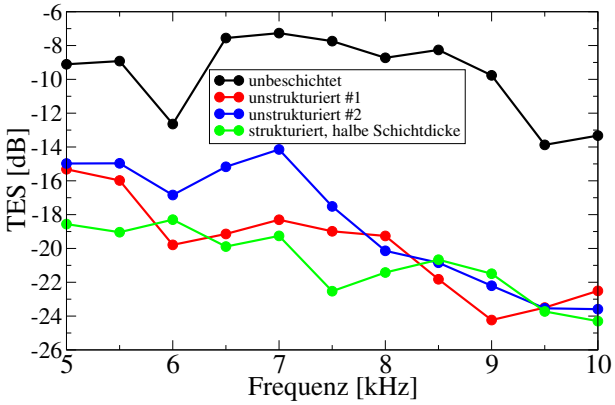

Abbildung 3: Zielmaß von vier verschiedenen Kugeln.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Vorjahre konnten bei identischem und bei modifiziertem Versuchsaufbau mit massiven Beschichtungen sehr gut reproduziert werden, die Ergebnisse mit einer neuen strukturierten Beschichtung scheinen daher verlässlich. Eine strukturierte, deutlich dünnere Beschichtung liefert vergleichbare Ergebnisse.

Der Vorteil der strukturierten Beschichtung, weniger Masse für den gleichen Effekt zu benötigen, tritt deutlich zutage.

Literatur

[1] Easwaran, E. und Munjal, M. L.:
„Analysis of reflection characteristics of a normal incidence plane wave on resonant sound absorbers: A finite element approach“
J. Acoust. Soc. Am. **93** (3), pp. 1308–1318 (1993)

[2] Ivansson, S. M.: „Anechoic coatings obtained from two- and three-dimensional monopole resonance diffraction gratings“,
J. Acoust. Soc. Am. **131**(4), pp. 2622-2637 (2012)

[3] Mechel, F.:
„Die Streuung ebener Wellen an Zylindern und Kugeln komplexer Impedanz“,
Habilitationsschrift, Göttingen (1966)

[4] Meyer, E. und Oberst, H.:
„Resonanzabsorber für Wasserschall“,
Acustica **2**(3), pp. 149-170 (1952)

[5] Schmidtke, E.:
„Messungen zum Zielmaß von Testkörpern“,
Fortschritte der Akustik, pp. 686-687, DAGA 2014

[6] Schmidtke, E.:
„Tiefwassermessungen zum Zielmaß von Testkörpern“,
Fortschritte der Akustik, pp. 619-621, DAGA 2015

[7] Schmidtke, E.:
„Fortsetzung der Tiefwassermessungen zum Zielmaß von Testkörpern“,
Fortschritte der Akustik, pp. 1403-1405, DAGA 2017

[8] Ye, C., Liu, X.n, F. und Lu, T. J.:
„Influence of hole shape an sound absorption of underwater anechoic layers“,
Journal of Sound and Vibration **426** (2018),
pp. 54–74