

Schockwellendämpfung mit einem Luftblasenschleier im Flachwasser

Edgar Schmidtke

WTD 71, Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik,
Berliner Straße 114, 24340 Eckernförde, Deutschland, Email: EdgarSchmidtke@bwb.org

Einleitung

Bei der notwendigen Sprengung von Munitionsaltlasten zur Gefahrenabwehr vor der Küste Schleswig-Holsteins entstehen Schockwellen mit einem Spitzendruck in der Größenordnung einiger Mega-Pascal, gemessen in einer Entfernung von wenigen zehn Metern [5]. Die von diesen Schockwellen ausgehende mögliche Gefährdung der Meeresfauna, insbesondere auf die in Nord- und Ostsee lebenden Schweinswale (*Phocoena phocoena*), ist Gegenstand aktueller Forschung, (z.B. in [3, 4]).

Die den Schall dämpfende Wirkung von Gasblasen in Wasser ist bekannt (z.B. [7]). Ob der wesentliche dämpfende Effekt eines Luftblasenschleiers eine Reflexion am Impedanzsprung von Wasser zum mit Blasen durchsetzten Wasser ist oder die Luftblasen durch resonanzartige Dämpfung mit einhergehender Temperaturerhöhung wirken, ist ebenfalls Gegenstand aktueller Forschung [2].

Seit 2009 führt der FWG der WTD 71 bei Sprengungen von Munitionsaltlasten durch den Kampfmittelräumdienst des Landes Schleswig-Holstein vor der Ostseeküste nahe Heidkate akustische Messungen der Schockwellen durch. Hierbei konnte die Dämpfung der Schockwelle durch einen Luftblasenschleier auch bei der Sprengung großer Ladungen (ca. 300 kg je Mine) nachgewiesen werden [6]. Die Messungen der Jahre 2011 und 2012 dienten dazu, den Einfluss der Parameter, unter denen der Blasenenschleier betrieben wird, zu untersuchen.

Das Experiment

Der Blasenenschleier wird durch ein am Meeresboden verlegtes Rohr erzeugt, aus dem durch Bohrungen die Luft (10 bar) entweicht. Das Rohr wurde im Jahre 2011 als zum Land hin offener Halbkreis mit 70 m Radius betrieben, 2012 wurde die Anlage zu einem Vollkreis vervollständigt. Von Bord des Mehrzweckbootes STOLLERGRUND wurden fünf Hydrofone in Tiefen von 2 m, 6 m und 10 m abgehängt und die von Sprengungen ausgehenden Druckwellen wurden aufgezeichnet. Vor den Sprengungen der Minen wurden Vergrämungsladungen gezündet (je ca. 20 g), um eventuell anwesende Schweinswale zu verscheuchen. Die Messungen wurden alle in einem Abstand zwischen 300 m und 370 m von der Sprengstelle durchgeführt. Die Schwankung ergibt sich aus der Genauigkeit, mit der das Schiff an einer geplanten Stelle positioniert werden konnte und der Drift des Schiffes während der Messungen.

Abbildung 1 zeigt beispielhaft den zeitlichen Verlauf des Druckes am Hydrofon „1“, das in 2 m Tiefe hing bei der Sprengung von Vergrämungsladungen mit und ohne Blasenenschleier. Der Blasenenschleier wurde mit 1 m³

pro Minute und Meter Rohrlänge (m³/min/m) belüftet. Aus Übersichtsgründen wurde die Messkurve mit Blasenenschleier um 20 kPa nach oben verschoben und zehnfach überhöht dargestellt. Die bei den Vergrämungssprengungen ohne Blasenenschleier gemessenen Spitzenwerte lagen alle in der Größenordnung der in der Literatur [7] beschriebenen Werte von etwa 20 kPa in einer Entfernung von 300 m. Die Messdaten zeigen sowohl mit als auch ohne Blasenenschleier jeweils im Abstand von etwa 70 ms den Druckpuls des ersten und zweiten Blasenkollapses nach dem Detonationspuls. Auch diese Zeitabstände liegen in der Größenordnung der Literaturvorhersage. Als Vergleichsgröße jeder Sprengung wurde die Differenz zwischen maximalem und minimalem Spitzenwert verwendet, in Abbildung 1 sind das 1,2 kPa (mit Blasenenschleier) und 20 kPa (ohne). Der Durchschnittswert aller Vergrämungsladungen – um den jeweiligen Abstand korrigiert – in einem Referenzabstand von 300 m ohne Blasenenschleier liegt bei 29,1 kPa. Es zeigten sich keine relevanten Unterschiede zwischen Messungen mit Blasenenschleiern mit 1,0 m³/min/m und mit 0,5 m³/min/m. Der Durchschnitt aller Vergrämungsladungen mit Blasenenschleier (mit ganzer und halber Luftmenge) liegt bei 1,9 kPa. Die Dämpfung der Druckspitze bei diesen kleinen Ladungen wurde somit zu 24 dB bestimmt. Eine ausführlichere statistische Auswertung ist wenig hilfreich, da lediglich sieben (ohne Blasenenschleier) bzw. fünf (mit Blasenenschleier) Messungen durchgeführt werden konnten.

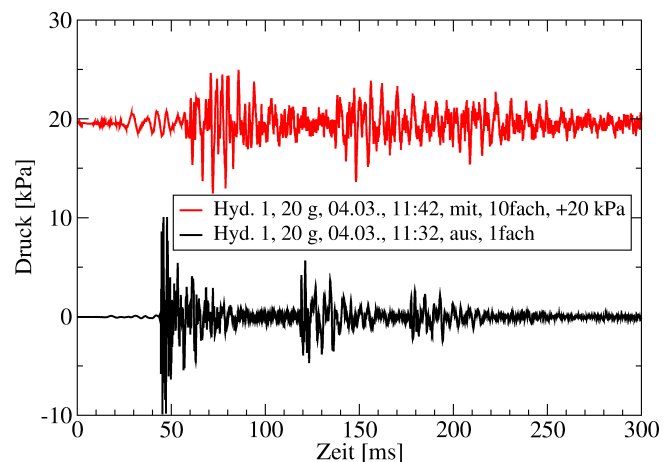


Abbildung 1: Vergleich zweier Vergrämungssprengungen (2011), Messungen am gleichen Ort, 2 m unter der Wasseroberfläche. Mit Blasenenschleier oben (rot), ohne Blasenenschleier unten (schwarz). Die obere Kurve ist der Übersicht wegen verschoben und zehnfach überhöht dargestellt.

Die Messdaten in Abbildung 2 zeigen die zeitlichen Druckverläufe am Hydrofon „4“ in einer Tiefe von 6 m bei Sprengungen von Minen mit einer Ladung von etwa 300 kg. Oben bei ganz belüftetem Blasenschleier (1,0 m³/min/m), in der Mitte mit halber Luftmenge (0,5 m³/min/m) und ohne Blasenschleier in der untersten Kurve.

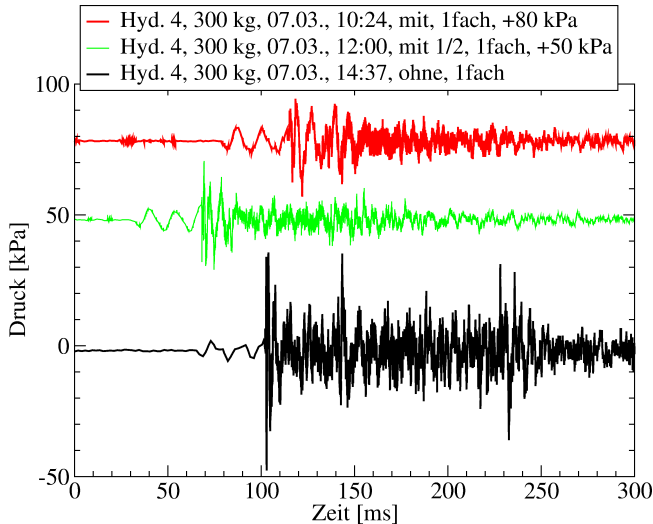


Abbildung 2: Vergleich dreier Minensprengungen (2011), Messungen am gleichen Ort 6 m unter der Wasseroberfläche. Mit ganzer Luftmenge belüftet oben (rot), halber Luftmenge mittig (grün) und ohne Blasenschleier unten (schwarz). Die Kurven sind der Übersicht wegen gegeneinander verschoben.

Zwischen den Druckspitzen der Sprengungen mit ganz und halb belüftetem Blasenschleier ist kaum ein Unterschied auszumachen. Die Messung ohne Blasenschleier liegt etwa bei dem doppelten Spitzendruck derer mit, was aber nur etwa ein Zehntel des erwarteten Wertes ist. Der Spitzendruck lag bei allen Messungen ohne Blasenschleier bei zu niedrigen Werten. Die Dämpfung betrug somit nur etwa 6 dB.

Ein wesentlicher Unterschied zu den Messungen des Jahres 2010 ist der größere Abstand zur Sprengstelle, an der sich nach Aussage der Taucher bereits ein – wenn auch flacher – Sprengtrichter ausgebildet hat. Die Minen wurden für die Sprengung immer an die gleiche Sprengstelle gelegt, wodurch die direkte „Sichtlinie“ zwischen Sprengkörper und Hydrofon möglicherweise nicht mehr gegeben war, somit hätte die Schockwelle nur noch über eine Mehrwegeausbreitung sowie der daran gekoppelten Dämpfung am Meeresboden und an der Meeresoberfläche zu den Hydrofonen gelangen können. Dieser Ausbreitungsweg ist bislang nicht quantifizierbar, stellt aber nichtsdestotrotz eine zusätzliche Signaldämpfung dar. Die Kampagne vom 20.02.2012 bis zum 02.03.2012 sollte genutzt werden, den Abstand der Sensoren zur Sprengstelle zu variieren. Ebenso war die Klärung der Frage, ob ein doppelter Blasenschleier für einen zusätzlichen Dämpfungseffekt sorgt, Ziel der Untersuchung. Dazu wurde im Abstand von 20 m außerhalb des Rohrringes am Meeresboden ein zusätzliches Rohr verlegt. Es sollte auch die Wirkungsweise eines so genannten „Shock Wave Shapers“ getestet werden, eines mit Luft gefüllten

Ballons, der im Wasser über dem Sprengkörper montiert wurde, um der Druckwelle eine Vorzugsrichtung nach oben zu geben. Der Blasenschleier wurde nach den Ergebnissen des Jahres 2011 zur Kostenreduktion nur noch mit 0,5 m³/min/m belüftet.

Wetterbedingt konnten nur sieben Minen gesprengt werden, auf systematische Variation des Abstandes musste verzichtet werden. Eine erste Auswertung zeigt, dass die Messungen mit Blasenschleier die gleichen Druckspitzen ergaben, wie im Vorjahr.

Zusammenfassung

Die erfolgreichen akustischen Messungen bei der Sprengung von Altmunition vor der Küste Schleswig-Holsteins wurden auch in den Jahren 2011 und 2012 fortgesetzt. Die Dämpfung der Druckspitze einer Schockwelle durch den Blasenschleier konnte bestätigt werden. Bei der Sprengung kleiner Ladungen (ca. 20 g) wurden die Spitzendrücke um bis zu 24 dB gesenkt. Die großen Ladungen (ca. 300 kg) waren wegen der Positionierung in einem Sprengtrichter vermutlich so gut abgeschirmt, dass die gemessene Druckspitze nur etwa 10 % des erwarteten Wertes betrug. Diese reduzierte Druckspitze wurde durch den Blasenschleier noch zusätzlich um etwa 6 dB gedämpft. Die Dämpfungen mit ganz und mit nur halb belüftetem Blasenschleier waren vergleichbar.

Im Jahre 2012 konnten die Druckspitzendämpfungen des Blasenschleiers bestätigt werden, eine belastbare Auswertung der Messungen zum „Shock Wave Shaper“ und zum doppelt gestaffelten Blasenschleier steht noch aus.

Literatur

- [1] Cole, R.: Underwater Explosions, Dover Publications Inc., New York, 1965
- [2] Grandjean, H.: Damping of underwater pressure wave by bubble curtain. Konferenz „Safer Seas“, Brest, Frankreich (2011)
- [3] Koschinski, S.: Underwater Noise Pollution From Munitions Clearance and Disposal, Possible Effects on Marine Vertebrates, and Its Mitigation, Marine Technology Soc. J. **45** (6), (2011), 80–88
- [4] Lucke, K., Lepper, P. A., Blanchet, M.-A. und Siebert, U.: The use of an air bubble curtain to reduce the received sound levels for harbour porpoises (*Phocoena phocoena*), J. Ac. Soc. Am. **130** (5), Pt. 2, (2011), 3406–3412
- [5] Schmidtke, E.: Schockwellendämpfung mit einem Luftblasenschleier zum Schutz der Meeressäuger, Fortschritte der Akustik (2010), 689–690
- [6] Schmidtke, E. und Ludwig, S.: Schutz der Meeressäuger vor Schockwellen — Sprengkampagne „HEIDKATE 2011“, Forschungsbericht WTD71-0156/2011-FB, Kiel, 2011
- [7] Urlick, R.: Principles of Underwater Sound, 3rd Ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1983