

# Unterwasserschallmessungen bei der Forschungsplattform FINO3

Max Görler und Frank Gerdes

Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung

Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik, Klausdorfer Weg 2-24, 24148 Kiel

## Einleitung

Bei der Errichtung der Fundamente von Offshore-Windenergieanlagen mittels Rammverfahren treten erhebliche Schallemissionen auf. Diese werden bisher gemäß den Messvorschriften des BSH [1] in 2 bis 3 m Wassertiefe gemessen.

In einem vom Bund geförderten Projekt [2] sollen die zeitliche und räumliche Variabilität des Rammschalls untersucht und mögliche Einflussgrößen zur Optimierung von Messungen und Simulationen identifiziert werden. Mittels einer vertikalen Hydrofonkette wird dazu der Schallpegel in unterschiedlichen Wassertiefen gemessen. Damit werden Langzeitdaten zu den Schallemissionen bei den Installationen von Windparks gewonnen. Weiterhin werden eine POD<sup>1</sup>-Station sowie ein Videosystem betrieben, um das Schweinswalvorkommen akustisch und optisch zu erfassen.

Die Messungen erfolgen im Auftrag der Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH (nachfolgend FuE GmbH) und werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie<sup>2</sup> gefördert.

Bei den Messungen des Rammschalls müssen die Parameter wie Rammenergie und Eindringtiefe als gegeben hingenommen werden. Auch unterschiedliche Messentfernungen können nur mit hohem Aufwand eingestellt werden. Daher stellt sich die Frage, wie Rammereignisse für systematische Untersuchungen einfach, kontrolliert und reproduzierbar erzeugt werden können. In diesem Beitrag wird untersucht, ob eine Airgun als Schallquelle zur Nachbildung von Rammschall eingesetzt werden kann.

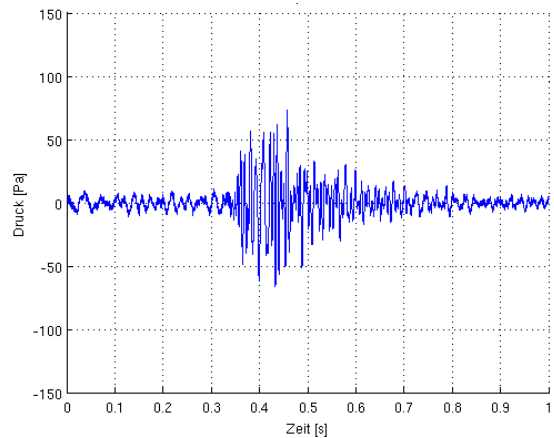
## Messungen

### Hintergrund

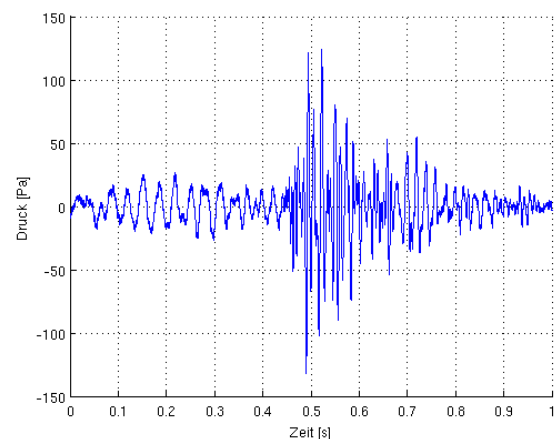
Bei allen Messungen war der Hintergrundpegel unerwartet hoch und lag typischerweise bei mehr als 115 dB<sub>eq</sub>. Grund dafür ist der übliche Schiffsverkehr in der Nordsee sowie die Schiffstransits innerhalb des benachbarten Windparks. Zusätzlich sind starke, impulsive Störungen vorhanden. Charakteristisch sind dabei doppelte „Klack“-Geräusche. Als Quelle dieser Impulsstörungen werden Klappen im Pfahlumfang des ca. 200 m entfernten FINO3-Turms vermutet. Diese bewegen sich durch Wellen und Strömung und erzeugen so die charakteristischen „Klack“-Geräusche. Dabei werden auch an ruhigen Tagen (keine baubedingten Aktivitäten

<sup>1</sup>Porpoise Detector

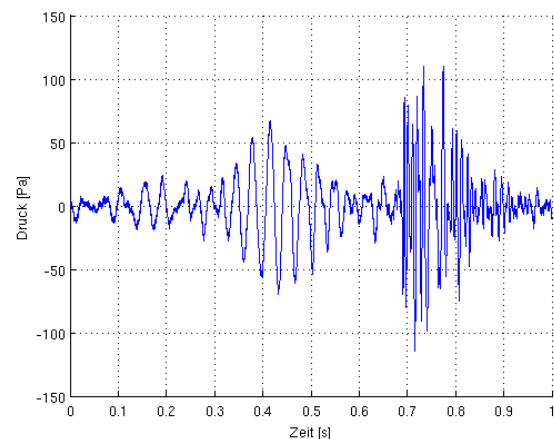
<sup>2</sup>Am 26.05.2014 wechselte die Zuständigkeit vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUB) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)



(a) Rammstart



(b) Haupttrammung



(c) Rammende

**Abbildung 1:** Rammung eines Pfahles vom Windpark Dan-Tysk (DT-25) in 4,5 km Entfernung. Rammdauer ca. 2 h mit rund 4000 Schlägen.

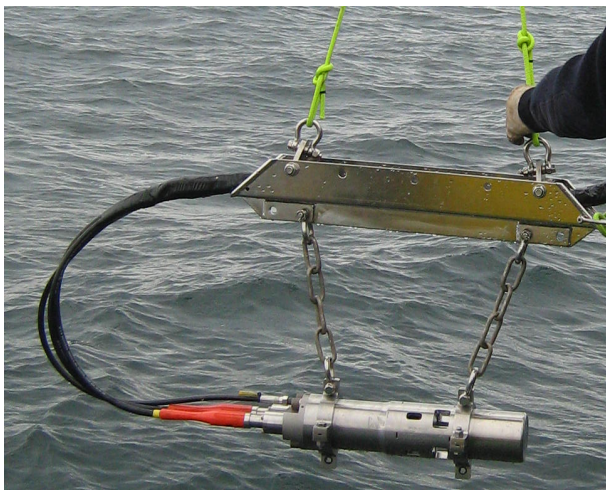
im benachbarten Windpark, ruhige See) Spitzenpegel von über  $130 \text{ dB}_{\text{peak}}$  erreicht. Schon bei moderatem Wellengang von etwa 2 m steigt der Spitzenpegel auf  $150 \text{ dB}_{\text{peak}}$  an. Während diese Störungen durch FINO3 bei Messungen der Rammimpulse des benachbarten Windparks DanTysk kaum Einfluss haben, kann erwartet werden, dass für weiter entfernte Rammungen – z.B. bei Rammarbeiten des Windparks Sandbank – die Detektion und Auswertung erschwert werden. In Zusammenarbeit mit der FuE GmbH wird angestrebt, diese Störungen durch konstruktive Änderungen am Turm zu vermeiden.

### Rammerschall

Es wurden die Rammungen von 20 Pfeilern des benachbarten DanTysk-Windparks mit einer Entfernung von 4,5 km bis 10 km erfasst.

Beispielhaft ist in Abbildung 1 ein Rammimpuls aus 4,5 km Entfernung gezeigt. Gut erkennbar ist das Ansteigen des „Preblow“, dem durch das Sediment übertragenen Bodenwellenanteil. Dieser Anteil steigt mit der Eindringtiefe des Pfahls, also mit der Rammdauer, an.

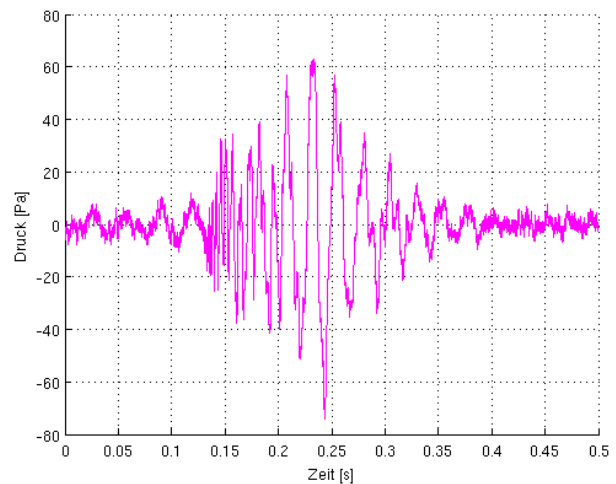
### Airgun



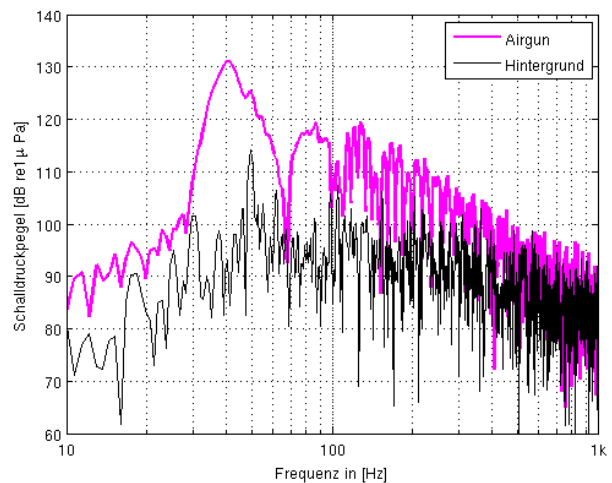
**Abbildung 2:** Mini-GI-Airgun, einsatzbereit hängend an Traverse.

Genutzt wurde eine Mini-G.I. Gun des Herstellers Sercel mit ca. 11 Volumen, die in Abbildung 2 gezeigt ist. Nicht abgebildet ist die für den Betrieb notwendige Druckluftversorgung sowie die Steuerelektronik. Das in 5 km Entfernung gemessene Signal ist in Abbildung 3 gezeigt. Der dort ebenfalls dargestellte Hintergrundpegel wurde zeitnah zwischen den Airgun-Versuchen ermittelt.

Ziel war nun die Anpassung der Airgun-Parameter, um eine, dem Rammerschall ähnliche, Quelle zu erreichen. Als Ansatz wurde das in Abbildung 1(c) gezeigte Rammereignis eines Pfeilers in 4,5 km Entfernung betrachtet. Bei den Airgun-Signalen wurde aus Lärmschutzgründen ein möglichst niedriger Pegel eingesetzt. Bei den Vergleichen mit dem Rammereignis wurden der Preblow und der Hauptimpuls einzeln betrachtet und spektral verglichen.



(a) Zeitsignal Airgun.



(b) Frequenzgang Airgun und Hintergrund.

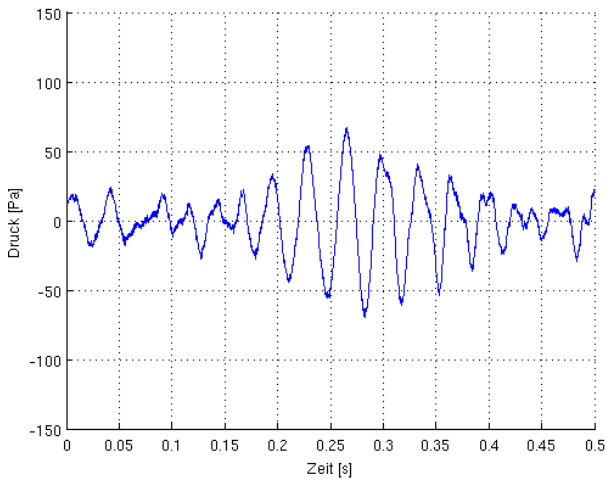
**Abbildung 3:** Airgun-Signal in 5 km Entfernung bei 50 bar.

Das Analysezeitfenster für die spektrale Darstellung entspricht dem dargestellten Zeitbereich von 0,5 s.

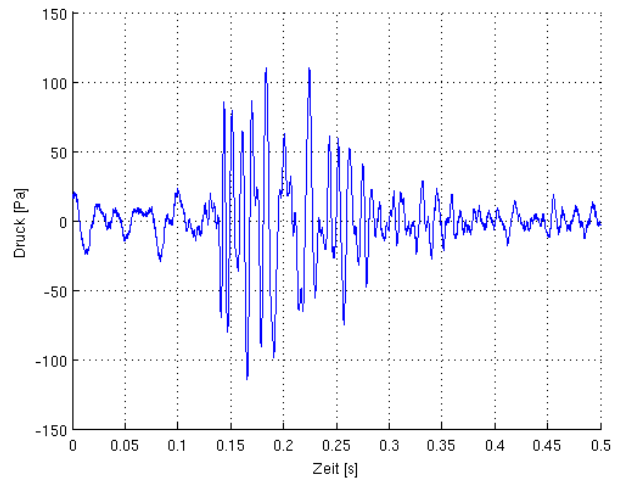
### Vergleich

Der in Abbildung 4 gezeigt Preblow hat spektral seinen Hauptanteil schmalbandig um ca. 30 Hz. Die Airgun erzeugt signifikante Signalanteile ab 30 Hz mit einem ersten Hauptmaximum bei 40 Hz und fällt periodisch ab mit einem ausgeprägten Minimum bei ca. 70 Hz. Bei Frequenzen zwischen 100 und 800 Hz treten deutliche Pegelunterschiede auf.

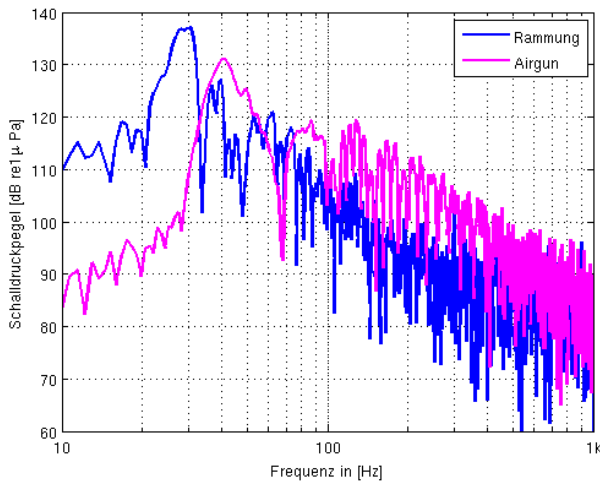
Der in Abbildung 5 gezeigte Hauptimpuls besitzt ein vergleichsweise breites Spektrum mit Hauptanteilen zwischen 30 und 120 Hz. Unterschiede zwischen Airgun und Rammerschall zeigen sich im Bereich unter 30 Hz sowie zwischen 70 und 100 Hz. Bei Frequenzen über 100 Hz fällt das Airgun-Spektrum etwas flacher ab als das Spektrum des Hauptammimpulses.



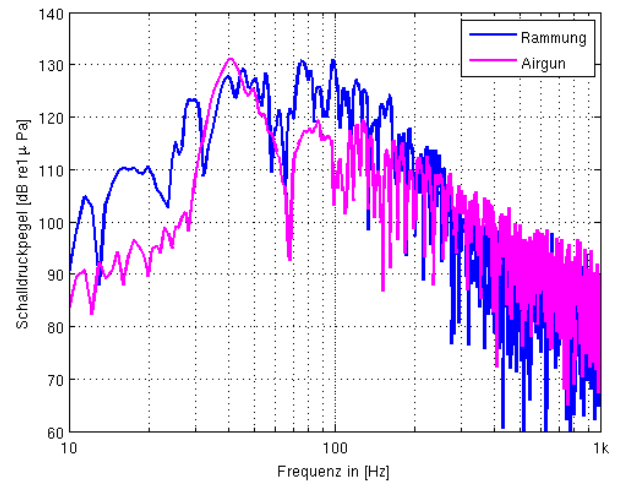
(a) DT-25 Rammung in ca. 4,5 km Entfernung, Ausschnitt des Preblow aus 1(c).



(a) DT-25 Rammung in ca. 4,5 km Entfernung, Ausschnitt des Hauptimpulses aus 1(c).



(b) Spektraler Vergleich des Preblow aus Abbildung 4(a) mit dem Airgun-Impuls aus Abbildung 3(a).



(b) Spektraler Vergleich des Hauptimpulses aus Abbildung 5(a) mit dem Airgun-Impuls aus Abbildung 3(a).

**Abbildung 4:** Vergleich Preblow mit Airgun-Signal.

**Abbildung 5:** Vergleich Hauptimpuls mit Airgun-Signal.

## Ergebnis

Die aufgeführten Messungen deuten auf die Möglichkeit hin, Airguns als akustische Ersatzquelle für Rammerschall im Rahmen systematischer Untersuchungen zu Schallausbreitung nutzen zu können. Dies würde die Untersuchung von Parametereinflüssen deutlich erleichtern. Allerdings müsste ein solcher experimenteller Ansatz durch weitere Vergleiche belegt und hinsichtlich seiner Grenzen untersucht werden.

## Literatur

- [1] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Standard: Untersuchung der Auswirkung von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4), Hamburg, Oktober 2013
- [2] Görler, M. und Gerdes, F.: Messsystem zur Erfassung der Unterwasserschalls bei der Forschungsplattform FINO3. Konferenz der Deutschen Akustischen Gesellschaft (DAGA), Oldenburg, März 2014.