

# In-situ-Bestimmung der „Einfügungsdämpfung“ unter Wasser bei Offshore Projekten

Andreas Müller<sup>1</sup>, Carsten Zerbs<sup>2</sup> Felix Köhnecke<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Müller-BBM GmbH, Hamburg, E-Mail: [Andreas.Mueller@mbbm.com](mailto:Andreas.Mueller@mbbm.com)

<sup>2</sup> Müller-BBM GmbH, Hamburg, E-Mail: [Carsten.Zerbs@mbbm.com](mailto:Carsten.Zerbs@mbbm.com)

<sup>3</sup> Müller-BBM GmbH, Hamburg, E-Mail: [Felix.Koehnecke@mbbm.com](mailto:Felix.Koehnecke@mbbm.com)

## Einleitung

Die Lärmbelastung der Weltmeere steht seit geraumer Zeit im öffentlichen Interesse. Meereswissenschaftler versuchen die Wirkungen des anthropogenen Schalleintrags durch Schiffslärm, Baulärm bei Errichtung von Windkraftanlagen o.ä. in die Meeresumwelt zu verstehen und zu bewerten. Nationale Gesetzgeber und internationale Organisationen sind bestrebt, im Bedarfsfall die Schallemission bzw. -immission regulativ zu begrenzen. Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen von Offshore-Projekten müssen Prognosen erstellt werden, die den Lärm-schutzvorgaben des Umweltbundesamtes entgegen zu stellen sind. Bisher gibt es keinen Standard, nach dem die akustischen Eigenschaften einer Schallminderungsmaßnahme unter Wasser erfasst bzw. berechnet werden können. Derzeit werden für die Durchführung der Unterwasserschallmessungen Messvorschriften verwendet [1] und [2], welche von der Firma Müller-BBM unter Beteiligung von Experten aus Universitäten und Behörden im Rahmen eines Forschungsvorhabens erarbeitet wurde. Der Entwurf einer DINSpec zu diesem Thema wurde bereits eingereicht.

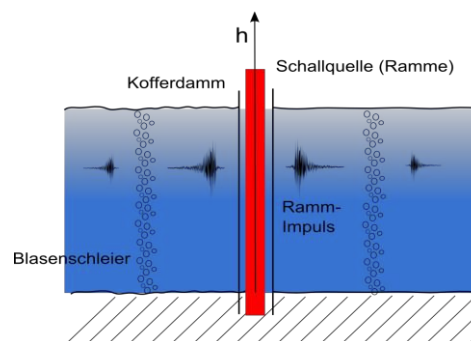
Der vorliegende Beitrag beschreibt das experimentelle Verfahren aus dieser Messvorschrift und die mit der Prognose des Minderungspotentials einer Maßnahme verbundenen Besonderheiten. Insbesondere wird hier auf die nötige Festlegung von Randbedingungen zur objektiven Beschreibung von Schallschutzmaßnahmen eingegangen.

## Bestimmung der „Einfügungsdämpfung“

Mit schalltechnischen Messungen können unterschiedliche Ziele, wie die Charakterisierung einer Schallquelle, die Beschreibung der Ausbreitung oder die Erfassung von Schallfeldgrößen am Immissionsort, verfolgt werden. Diese Themenkreise sind für die Luftschallausbreitung gut operationalisiert. So ist die Messung akustischer Größen, wie beispielsweise der Schallleistung einer Quelle, vielfach normativ beschrieben. Diese Konzepte können jedoch nicht direkt übernommen werden, da der Aufwand akustischer Messungen unter Wasser deutlich höher ist. Valide Aussagen über die Genauigkeiten und Aussagekraft der Messungen sind bisher nicht verfügbar.

Die physikalischen Mechanismen von schalltechnischen Maßnahmen sind Dämpfung des Schalls, d. h. tatsächliche Dissipation sowie Dämmung durch Reflexion, Streuung etc. Um die Wirksamkeit, z.B. eines Kofferdamms, Blasen-schleiers (s. Abbildung 1) objektiv beurteilen zu können, muss ein Maß für deren Beschreibung gefunden werden. Das Einfügungsdämpfungsmaß (Einfügungsverlust, im Engli-

schon „insertion loss“), beschreibt die Abnahme des Schalldruckpegels, streng genommen des Schallintensitätspegels, an gleicher Stelle durch Einfügen eines Hindernisses. Für die Anwendung unter Wasser genügt diese Definition allerdings nicht. Zum Schutz der Meeresumwelt müssen nicht nur lokale Immissionsorte geschützt werden, sondern die gesamte Hüllfläche betrachtet und somit eine integrale Vorgehensweise verfolgt werden. Das Einfügungsdämpfungsmaß ist einzig abhängig von der Konfiguration der Schallschutzmaßnahme, allerdings ist bei der Ermittlung dieser Größe ein Einfluss des Quellspektrums und der Umgebungsbedingungen (Umwelteinflüsse, Messposition, Wassertiefe, Bathymetrie) zu erwarten.

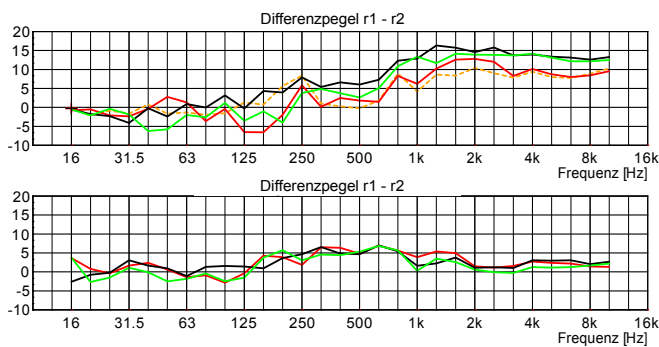


**Abbildung 1:** Typische Konfigurationen zur Reduzierung von Rammgeräuschen unter Verwendung eines Kofferdamms und/oder Blasen-schleiers.

## In-situ-Verfahren

Zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung werden in Anlehnung an [5] zwei Verfahren vorgeschlagen: Die Referenzmessung, d.h. die Messung der Quelle ohne Maßnahme, wird am gleichen Pfahl durchgeführt, an dem auch die Maßnahme erprobt wird (direkte Methode). Oder: Die Referenzmessung und die Messung mit schallmindernder Maßnahme werden an unterschiedlichen Pfählen durchgeführt (indirekte Methode). Bei der direkten Methode liegt der Vorteil in den unmittelbar vergleichbaren Bedingungen während der Messung. Ein schneller Umbau zur Messung mit Schallminderungsmaßnahme ist bei dieser Methode notwendig, um den Bauablauf möglichst wenig zu stören und zu gewährleisten, dass sich die Ausbreitungsbedingungen nicht ändern. Nachteilig ist das kurze Zeitintervall, da für die Auswertung Rammereigenschaften wie Rammenergie/-tiefe mit und ohne Minderungsmaßnahme vergleichbar sein sollten. Mögliche Beeinflussungen von ggf. geänderten Übertragungswegen sind somit nicht beurteilbar. Bei der indirekten Methode liegt der Vorteil in der Möglichkeit der schalltechnischen Betrachtung des gesamten Ramm-Prozesses. Eine besondere Herausforderung obliegt hier dem Bestreben, eine einheit-

liche Quellsituation herzustellen sowie die Umgebungsbedingungen vergleichbar zu gestalten. Dies ist in der Praxis nur schwer möglich und kann zu falschen Interpretationen der Messergebnisse führen. Abbildung 2 verdeutlicht, wie unterschiedlich Pegeldifferenzen an verschiedenen Messpunkten sein können. Mithilfe der Pegeldifferenzen zweier in unterschiedlichen Entfernungen ( $r_1$  und  $r_2$ ) bestimmter Einfügungsdämpfungen sind für zwei unterschiedliche Pfahlrammungen die Entfernungsabhängigkeiten dargestellt. Im unteren Bild sind die Ergebnisse vergleichbar, wogegen im oberen Bild bei scheinbar gleichen Umgebungsbedingungen sowohl hohe Pegelunterschiede in den Messergebnissen auftauchen als auch eine andere Frequenzabhängigkeit zu beobachten ist. Das Beispiel kann für Messpunkte in unterschiedlicher Höhe und Richtung gelten. Aus diesem Grund sind zur Gewährleistung gleicher Randbedingungen mindestens zwei Messpunkte für die Referenzmessung notwendig. Hierbei sollten Messpunkte in verschiedenen Höhen, Richtungen und Entfernungen zur Quelle betrachtet werden.



**Abbildung 2:** Differenzpegel zwischen Einfügungsdämpfungen für Messpunkte in unterschiedlichen Entfernungen, Richtung oder unterschiedlicher Höhe über dem Meeresboden in Bezug auf den Ort der Quelle.

### Einzahlwert für die Einfügungsdämpfung?

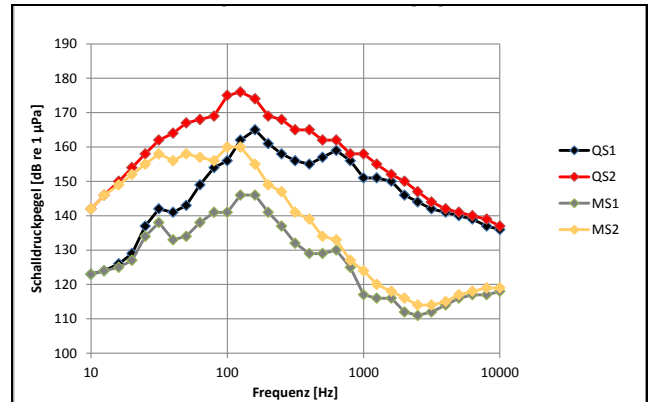
Bisher erfolgte Auswertungen beruhen zum großen Teil auf der Beurteilung schallmindernder Maßnahmen auf Grundlage von Einzahlwerten, siehe z.B. [3]. Diese Werte können eine Maßnahme zwar bis zu einer gewissen Genauigkeit klassifizieren, genügen jedoch nicht zu deren vollständigen Beschreibung. Aufgrund der spektralen Wirksamkeit einer Maßnahme erscheint eine frequenz-abhängige Beschreibung, wie über die „Einfügungsdämpfung“, besser geeignet. In Tabelle 1 ist zur Verdeutlichung die Pegeldifferenz  $\Delta L$  bezogen auf den Einzahlwert  $L_E$  [dB] für zwei Pfahlrammungen jeweils mit und ohne Maßnahme exemplarisch dargestellt.

**Tabelle 1:** Einzahlwert  $L_E$  [dB] mit und ohne Maßnahme für zwei Messkonfigurationen

Konfig.	$L_E$ [dB]		$\Delta L$ [dB] Pegel - Differenz
	Ohne Maßnahme	Mit Maßnahme	
Pfahl 1	170,1	151,7	18,4
Pfahl 2	181,7	167,5	14,1

Hiernach erscheint die Maßnahme für den Pfahl 1 wirksamer als für den Pfahl 2. Unter Hinzuziehen der Spektren

(Abbildung 3) wird deutlich, dass an beiden Pfählen die Maßnahme in Abhängigkeit von der Frequenz die gleiche Schallminderung („Einfügungsdämpfung“) aufweist, da die Pegeldifferenzen der Spektren jeweils mit und ohne Maßnahme identisch sind. Das Beispiel veranschaulicht, dass der  $L_E$  als Einzahlwert zu Fehlinterpretationen führen kann und daher die Angabe einer frequenzabhängigen Einfügungsdämpfung für die vollständige Beschreibung einer Schallminderungsmaßnahme zielführender ist.



**Abbildung 3:**  $L_{eq,10s}$ , Pfahl 1 mit und ohne Maßnahme (QS1 und MS1), Pfahl 2 mit und ohne Maßnahme (QS2 und MS2).

### Ausblick und Fernziel

Der von Müller-BBM erstellte Beitrag zur DINSpec liegt zur Bearbeitung dem Spiegelausschuss „Akustische Belastung der Meere“ des DINs zur Diskussion und Bearbeitung vor. Mit einer normativen Vorgabe wäre es den Herstellern von Schallschutzmaßnahmen möglich, Anwendungsbereiche und akustische Eigenschaften Ihrer Produkte zu kennzeichnen und somit in akustischer Sicht je nach Anwendung einen Stand der Technik zu erreichen.

### Danksagung

Für die Unterstützung und Förderung des Projektes bedanken wir uns bei dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Projektträger Jülich (ptj), dem DLR, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie dem Deutschen Institut für Normung e. V. (DIN).

### Literatur

- [1] BSH: Messvorschrift für die quantitative Bestimmung der Wirksamkeit von Schalldämmmaßnahmen, Bearbeitet von Müller-BBM, Hamburg, 2013
- [2] BSH: Messvorschrift für Unterwasserschallmessungen, Bearbeitet von Müller-BBM, Hamburg, 2011
- [3] Koschinski, S.; Lüdemann, K.: Entwicklung schallmindernder Maßnahmen beim Bau von Offshore-Windenergieanlagen 2013, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN), Nehnten und Hamburg, 2013
- [4] DIN 1320:2009-12, Akustik – Begriffe, 2009
- [5] DIN ISO 11821, Messung der Schalldämpfung von versetzbaren Schallschirmen im Eisatzfall, 1997