

DIN ISO 17208-2

ICS 17.140.30

Einsprüche bis 2019-06-26

Entwurf

**Unterwasserakustik –
Physikalische Größen und Verfahren zur Beschreibung und Messung des
Wasserschalls von Schiffen –
Teil 2: Bestimmung des Quellpegels aus Tiefwasser-Messungen
(ISO/DIS 17208-2.2:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Underwater acoustics –

Quantities and procedures for description and measurement of underwater noise from ships –
Part 2: Determination of source levels from deep water measurements
(ISO/DIS 17208-2.2:2018);
Text in German and English

Acoustique sous-marine –

Grandeurs et modes de description et de mesurage de l'acoustique sous-marine des navires –
Partie 2: Détermination des niveaux de source (ISO/DIS 17208-2.2:2018);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-04-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nals@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 45 Seiten

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Umrechnung des Schallquellpegels aus dem in Tiefwasser gemessenen abgestrahlten Geräuschpegel.....	8
4.1 Messverfahren	8
4.2 Berechnung des Quellpegels aus dem nach ISO 17208-1 gemessenen und berechneten abgestrahlten Geräuschpegel.....	8
4.3 Berechnung des Quellpegels aus mehreren Prüfdurchläufen	9
5 Messunsicherheit.....	9
6 Besondere Anforderungen an die Dokumentation des Geräuschquellpegels	10
6.1 Allgemeines	10
6.2 Besondere Parameter	10
Anhang A (informativ) Korrekturgleichungen für den von einem Schiff abgestrahlten Geräuschquellpegel unter Berücksichtigung des Lloyd's-Mirror-Effektes	11
A.1 Monopol-Quelle	11
A.2 Punktförmige Quelle nahe der Oberfläche unter Berücksichtigung des Lloyd's-Mirror-Effektes	11
A.3 Korrekturgleichung für ein Hydrophon.....	13
A.4 Korrekturgleichung für 3 Hydrophone nach ISO 17208-1.....	16
A.5 Datenfenster-Mittelung.....	19
A.7 Frequenz-Mittelung	20
Anhang B (informativ) Korrekturgleichungen für den von Schiffen abgestrahlten Geräuschquellpegel für Messungen, die von ISO 17208-1 abweichen.....	21
B.1 Messverfahren	21
B.2 Berechnung des Quellpegels	22
Literaturhinweise.....	23

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/DIS 17208-2:2018 ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-02-04 AA „akustische Belastung im Meer“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 17208	siehe	DIN ISO 17208
ISO 18406-2:2017	siehe	DIN ISO 18406:2018-08*)
IEC 60565	siehe	DIN EN 60565
IEC 61260-1	siehe	DIN EN 61260-1

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60565, *Wasserschall — Hydrophone — Kalibrierung im Frequenzbereich von 0,01 Hz bis 1 MHz*

DIN EN 61260-1, *Elektroakustik — Bandfilter für Oktaven und Bruchteile von Oktaven — Teil 1: Anforderungen*

DIN ISO 17208, *Unterwasserakustik — Physikalische Größen und Verfahren zur Beschreibung und Messung des Wasserschalls von Schiffen*

DIN ISO 18406:2018-08, *Unterwasserakustik — Messung des abgestrahlten Wasserschalls bei der Schlagrammung von Pfählen (ISO 18406:2017)*

*) Die Referenznorm ISO 18406-2:2017 ist nicht korrekt und müsste ISO 18406:2017 sein.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43, *Acoustics*, SC 3, *Underwater acoustics* erarbeitet.

Einleitung

Dieses Dokument wurde als Antwort auf die von der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation (en: International Maritime Organization) (IMO) und ihrem Ausschuss für den Schutz der Meeresumwelt (en: Marine Environment Protection Committee) (MEPC) gestellte Forderung nach einer Internationalen Norm für die Messung des von Schiffen abgestrahlten Wasserschalls entwickelt. In diesem Dokument wird der von dem zu prüfenden Schiff abgestrahlte Schall hinsichtlich eines akustischen Quellpegels beschrieben.

Die wissenschaftliche Forschung bezüglich der Auswirkung von Wasserschall auf das Meeres-Ökosystem macht es erforderlich, zuverlässige akustische Ausgabedaten für häufige Quellen wie z. B. auf der Wasseroberfläche fahrende Schiffe zu sammeln. Diese Daten dürfen von entsprechenden Organisationen, wie z. B. Forschungsinstituten, durch Messungen auf See unter Anwendung der in Teil 1 dieser Norm beschriebenen Messmethodik gewonnen werden. Die Methodik und Messkonfiguration reichen aus, um technisch solide akustische Daten zu ergeben, sind jedoch auch für Endnutzer geeignet, um die Messungen vor Ort im Meer ohne Zugang zu großen feststehenden Geräuschspektren durchzuführen.

Es sollte beachtet werden, dass die Messung des von Schiffen abgestrahlten Wasserschalls von verschiedenen Bedingungen bezüglich des zu prüfenden Schiffes und seiner Umgebung abhängt. Insbesondere die Geschwindigkeit, der Tiefgang und die Betriebsbedingungen des Motors/der Motoren des Schiffes beeinflussen den Pegel des abgestrahlten Wasserschalls. Wellen, Strömung, Tiefe, Temperatur und Salzgehalt des Wassers beeinflussen ebenfalls die Ausbreitung von Wasserschall. Die Meeresoberfläche und der Meeresboden können Schallwellen reflektieren. Geräuschquellen in der Umgebung, wie z. B. Verkehr, Industrie, biologische, geologische oder meteorologische Geräusche können ebenfalls die Messung des vom Ziel-Schiff abgestrahlten Wasserschalls stören.

In diesem Dokument wird der nach ISO 17208-1 in Tiefwasser gemessene abgestrahlte Geräuschpegel in einen Monopol-Quellpegel umgerechnet. Die Gleichungen für die Umrechnung werden ausgehend von der Annahme abgeleitet, dass die Oberfläche eine perfekte Druckentlastungsgrenze ist.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren zur Berechnung von Monopol-Quellpegeln durch Umrechnung von abgestrahlten Geräuschpegelwerten fest, die in Tiefwasser nach ISO 17208-1 oder direkt aus Messungen in Tiefwasser mit spezifischer Hydrophoneometrie gewonnen wurden. Für Messungen in Tiefwasser nach ISO 17208-1 wird eine angepasste Gleichung zur Korrektur der in diesem Dokument ermittelten abgestrahlten Geräuschpegelwerte für die Umrechnung in den Quellpegel bereitgestellt. Die Gleichungen für die Umrechnung werden ausgehend von der Annahme abgeleitet, dass die Oberfläche eine perfekte Druckentlastungsgrenze ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 17208, *Underwater acoustics — Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships*

IEC 60565, *Underwater acoustics — Hydrophones — Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz*

IEC 61260-1, *Electroacoustics Octave-band and fractional-octave-band filters — Part 1: Specifications*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes müssen die folgenden Begriffe nach ISO 18405:— angewendet werden: Schalldruck, Schalldruckpegel, effektiver Schalldruckpegel, Quellpegel, Ausbreitungsdämpfung. Begriffe, die in der vorgenannten Norm nicht festgelegt sind, werden nachstehend für die Anwendung dieser Norm festgelegt.

3.1

Flachwasser

Wassertiefe von weniger als 150 m oder von weniger als dem 1,5fachen der Gesamtlänge des zu prüfenden Schiffes, je nachdem, welcher Wert kleiner ist

3.2

Tiefwasser

Wassertiefe von mehr als 150 m oder von mehr als dem 1,5fachen der Gesamtlänge des zu prüfenden Schiffes, je nachdem, welcher Wert kleiner ist

3.3

gemittelte Korrektur der Ausbreitungsdämpfung

ΔPL

Differenz der Gesamtausbreitungsdämpfung in Tiefwasser, einschließlich des Effekts der Reflexion an der Wasseroberfläche und der unter Anwendung von $10 \lg(r/r_0)^2$ dB berechneten Ausbreitungsdämpfung, bei Mittelung über eine Anzahl von Messstellen nach $17208-110 \lg(r/r_0)^2$ dB ist die Ausbreitungsdämpfung bei einer kugelförmigen Ausbreitung und ohne Absorption, wobei r = der Abstand vom Bezugspunkt des gemessenen Schiffs zum Hydrophon ist; und r_0 = der Bezugsabstand = 1 m

3.4

Punkt des kleinsten Passierabstands

CPA

(en: closest point of approach)

Punkt, an dem der horizontale Abstand (während eines Prüflaufes) zwischen dem Bezugspunkt am zu messenden Schiff und dem/den Hydrophon(en) am geringsten ist

3.5

Einzelmesswertkorrektur der Ausbreitungsdämpfung

$\Delta PL(m,n)$

Differenz der Ausbreitungsdämpfung in Tiefwasser, einschließlich des Effekts der Reflexion an der Wasseroberfläche und der Ausbreitungsdämpfung, ausschließlich berechnet unter Anwendung von kugelförmiger Ausbreitung für das Hydrophon n und den Messlauf m

3.6

abgestrahlter Geräuschpegel

RNL

L_{RN}

(en: radiated noise level)

Pegel des Produktes aus dem Abstand von einem Schiffs-Bezugspunkt einer Schallquelle r und dem effektiven Schalldruckpegel $p_{RMS}(r)$ des Fernfelds bei diesem Abstand für einen spezifischen Referenzwert

Anmerkung 1 zum Begriff: $L_{RN} = 20 \lg(p_{RMS}/p_0)$ dB + $20 \lg(r/r_0)$ dB.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der abgestrahlte Geräuschpegel wird in Dezibel (dB) angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Bezugswert für den Druck (p_0) ist 1 μ Pa. Der Bezugswert für den Abstand (r_0) ist 1 m. Der kombinierte RNL-Bezugswert $p_0 r_0$ ist 1 μ Pa·m.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der resultierende Pegel wird als „ L_{RN} , dB re 1 μ Pa·m“ angegeben. Diese Bezeichnung ersetzt den früher verwendeten „ L_p , dB re 1 μ Pa @ 1 m“.

Anmerkung 5 zum Begriff: RNL variiert im Fernfeld sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Dieses Verfahren legt einen um die Position des Hydrophons gemittelten azimuthalen Sektor fest und eine über die vertikale Höhe gemittelte Größe aus der Seitenansicht um den Bezugspunkt des Schiffes.

3.7

Tiefe der Quelle

d_s

für die Umrechnung in den Quellpegel verwendete Tiefe des Schiffsbezugspunktes, der als Ursprungspunkt des Schalls betrachtet wird. Die Tiefe der Quelle ist wie folgt festgelegt [13]

$$d_s = 0,7 D_t \quad (C.1)$$

Dabei ist

D_t der tatsächliche Tiefgang.

4 Umrechnung des Schallquellpegels aus dem in Tiefwasser gemessenen abgestrahlten Geräuschpegel

4.1 Messverfahren

Nach ISO 17208-1 werden drei Hydrophone zur Messung des Wasserschalls angewendet. Die drei Hydrophone werden vertikal in der Wassersäule in Tiefen positioniert, die aus Nennwinkeln von 15°, 30° und 45° von der Meeresoberfläche bei einem Abstand gleich dem Nennabstand am Punkt des kleinsten Passierabstands (CPA) resultieren. d_{CPA} ist festgelegt als 100 m oder als eine Gesamtlänge des Schiffes, je nachdem, welcher Wert größer ist. Die Geometrie der Hydrophone bezieht sich auf ISO 17208-1, Bild 1.

4.2 Berechnung des Quellpegels aus dem nach ISO 17208-1 gemessenen und berechneten abgestrahlten Geräuschpegel

In diesem Dokument wird der in Tiefwasser gemessene abgestrahlte Geräuschpegel in den Quellpegel umgerechnet.

Der in Tiefwasser gemessene abgestrahlte Geräuschpegel wird in den Quellpegel umgerechnet. Die Gleichung für die Umrechnung wird ausgehend von der Annahme hergeleitet, dass die Oberfläche eine ideale Druckentlastungsgrenze ist, siehe Anhang A. Die in Literaturhinweis [14] aufgeführte Auswirkung des Windes auf die Oberfläche wird in diesen Gleichungen nicht berücksichtigt.

Wenn der abgestrahlte Geräuschpegel L_{RN} nach ISO 17208-1 in Tiefwasser gemessen und berechnet wurde, und die Messwerte über die nach dem vorgenannten Dokument geforderten Depressionswinkel von 15°, 30° und 45° gemittelt wurden, kann der Quellpegel L_{S} aus dem Endergebnis für den abgestrahlten Geräuschpegel berechnet werden, indem eine gemittelte Korrektur ΔPL wie in Gleichung (1) gezeigt angewendet wird:

$$L_{\text{S}} = L_{\text{RN}} + \Delta PL \quad (1)$$

Die Korrektur ΔPL ist in Gleichung (2) dargestellt:

$$\Delta PL = -10 \log_{10} \left(\frac{2(kd_{\text{s}})^4 + 14(kd_{\text{s}})^2}{14 + 2(kd_{\text{s}})^2 + (kd_{\text{s}})^4} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

Dabei ist

$k = 2\pi f/c$ (rad/m)	die Schallwellenzahl;
f (Hz)	die Mittenfrequenz des Terzbandes;
d_{s} (m)	die Tiefe des Schiffsbezugspunktes, der als Ursprungspunkt des Schalls betrachtet wird;
c (m/s)	die Schallgeschwindigkeit in Wasser.

Die Herleitung dieser Gleichung, ihre Unsicherheit und alternative Formulierungen werden im informativen Anhang A bereitgestellt.

4.3 Berechnung des Quellpegels aus mehreren Prüfdurchläufen

Um zufriedenstellendere und genauere Messdaten zu erhalten, werden in der Praxis mehrere Prüfdurchläufe durchgeführt. Die Messwerte für den abgestrahlten Geräuschpegel aus mehreren Prüfdurchläufen können korrigiert werden, so dass sich ein mittlerer Quellpegel für Prüfdurchlauf m ergibt:

$$\bar{L}_S = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M 10^{\left(\frac{L_S(m)}{10} \right)} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

5 Messunsicherheit

Die vorgeschlagene Umrechnung des gemessenen abgestrahlten Geräuschpegels in einen Quellpegel hat das Ziel, Eingangswerte für Schallausbreitungsmodelle mit großer Reichweite bereitzustellen, die auf der Beschreibung einer Monopol-Schallquelle beruhen. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass die von einem an der Wasseroberfläche fahrenden Schiff im Fernfeld abgestrahlten Geräusche annähernd als abgestrahlte Geräusche von einer ungerichteten punktförmigen Quelle unter der Meeresoberfläche beschrieben werden können. Es wird anerkannt, dass die von einem Schiff abgestrahlten Geräusche durch mehrere Quellmechanismen erzeugt werden, welche grob in Geräuschquellen aufgrund von Maschinen, aufgrund der Schiffsschraube und hydrodynamische Geräuschquellen eingeteilt werden können. Jede Quelle hat ihre eigene Lage im Schiff und ihr eigenes Frequenzspektrum. Darüber hinaus wirkt die Wasseroberfläche um das Schiff herum wie ein starker Schallreflektor. Folglich ist ein an der Wasseroberfläche fahrendes Schiff eine gerichtete Schallquelle, sowohl in der vertikalen als auch der horizontalen Ebene, und diese Richtcharakteristik ist frequenzabhängig. Diese Auswirkungen werden für die Anwendung dieser Norm weitgehend vernachlässigt. Nur die Wechselwirkung mit der Wasseroberfläche, die als *Lloyd's-Mirror*-Effekt bekannt ist, wird in der vorgeschlagenen Beschreibung des Schiffs als Monopol-Schallquelle in einem bestimmten Abstand unter der Meeresoberfläche berücksichtigt. Zu diesem Zweck wird eine einzige frequenzunabhängige Tiefe der Quelle gefordert. Der angegebene Schallpegel sollte zusammen mit der Tiefe der Quelle für eine angemessene Verbindung zur Schallausbreitungsmodellierung angegeben werden.

Die Unsicherheit des angegebenen Schallpegels ist eine Kombination aus

- 1) der Unsicherheit des gemessenen abgestrahlten Geräuschpegels, wie nach ISO 17208-1:2016 quantifiziert,
- 2) der Unsicherheit der Gleichung für die Umrechnung [Gleichung (2)], und
- 3) der Unsicherheit, die mit der geforderten Beschreibung des Schiffs als eine Monopol-Schallquelle unter der Meeresoberfläche verbunden ist.

Die kombinierte erweiterte Messunsicherheit der Werte des abgestrahlten Geräuschpegels (RNL) ist in ISO 17208-1 angegeben. Die kombinierte Unsicherheit wird in tiefe, mittlere und hohe Frequenzbereiche unterteilt. Die Unsicherheitswerte sind 5 dB für die tieffrequenten Terzbänder (10 Hz bis 100 Hz), 3 dB für die mittelfrequenten Terzbänder (125 Hz bis 16 000 Hz) und 4 dB für die hochfrequenten Terzbänder (> 20 000 Hz). Diese Werte werden als charakteristische Werte für anwendbare Terzbänder angegeben. Die Schätzwerte werden zur Anleitung als repräsentative Werte bereitgestellt und sollten nicht als genau betrachtet werden.

Die Unsicherheit der Umrechnungsgleichung [Gleichung (2)] ergibt sich aus der Unsicherheit des Parameters kd_s und der Unsicherheit der Anpassung der Korrekturgleichung an die vollständige Gleichung für den Lloyd's-Mirror-Effekt. Da die Tiefe der Quelle d_s vorausgesetzt wird, wird die Unsicherheit von kd_s durch die Unsicherheit der angenommenen Schallgeschwindigkeit ermittelt. Eine maximale Unsicherheit der Schallgeschwindigkeit von 10 % führt zu einer Unsicherheit der Umrechnung von weniger als 1 dB. Die Unsicherheit der angepassten Umrechnungsgleichung bezüglich der vollständigen Gleichung beträgt in nahezu allen Terzbändern weniger als 2 dB¹⁾.

Die mit der geforderten Beschreibung des Schiffs als Monopol-Schallquelle unter der Meeresoberfläche verbundene Unsicherheit hängt von den Besonderheiten des zu prüfenden Schiffs ab und kann nicht allgemein quantifiziert werden. Mehr Informationen werden durch die künftige Anwendung des vorgeschlagenen Umrechnungsverfahrens zur Verfügung stehen. Es wird empfohlen, dass Anwender dieses Teils von ISO 17208 ihre eigene Bewertung der Unsicherheit bestimmen, indem sie veröffentlichte Erfahrungen mit der Anwendung der Norm und der in den Literaturhinweisen zur Angabe der Messunsicherheit ((ISO/IEC Guide 98-3) beschriebenen Verfahren nutzen.

6 Besondere Anforderungen an die Dokumentation des Geräuschquellpegels

6.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Dokumentation müssen ISO 17208-1 entsprechen. Einige Parameter, die für die Umrechnung des Quellpegels von Bedeutung sind, sind in 6.2 aufgeführt.

6.2 Besondere Parameter

- 1) Tiefe der Quelle;
- 2) Schallgeschwindigkeit;
- 3) angewendete Umrechnungsgleichung.

1) Mit einer Ausnahme: die Differenz zwischen den Terzband-Mittelwerten der Näherungsgleichung und der vollständigen Gleichung beträgt in dem Frequenzband, in dem $kd_s \approx 13,6$ ist, etwa 6 dB.

Anhang A (informativ)

Korrekturgleichungen für den von einem Schiff abgestrahlten Geräuschquellpegel unter Berücksichtigung des Lloyd's-Mirror-Effektes

Der Quellpegel wird für eine Monopol-Quelle in einem Freifeld festgelegt. Eine Monopol-Quelle nahe der Meeresoberfläche in Tiefwasser könnte als Dipol-Quelle betrachtet werden, für die der RNL (abgestrahlter Geräuschpegel) in einen Quellpegel umgerechnet werden kann.

A.1 Monopol-Quelle

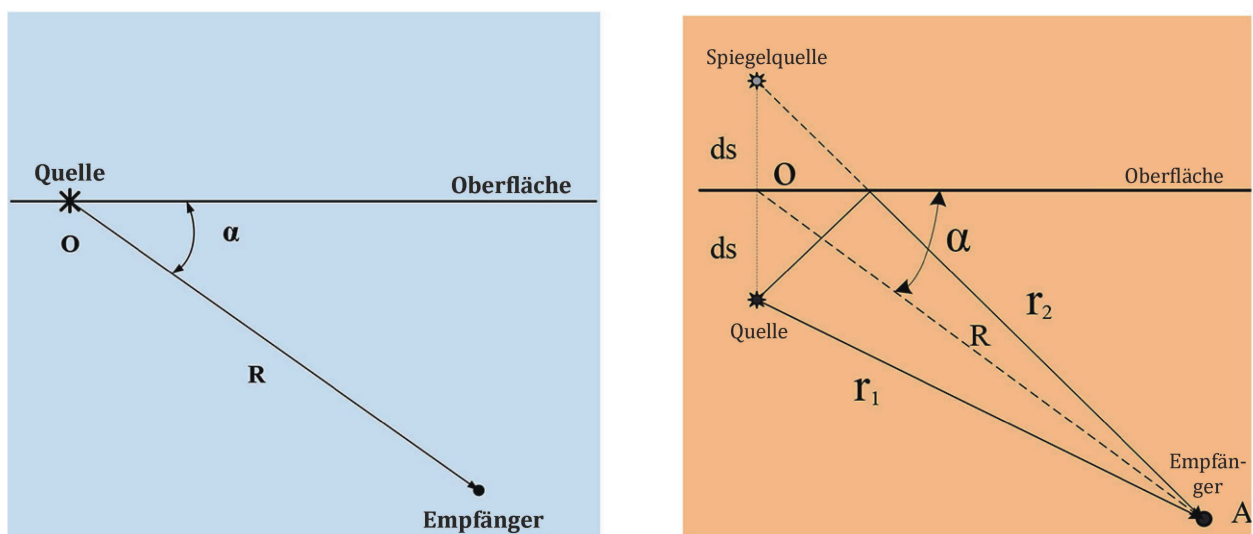


Bild 1 — Monopol Quelle und Lloyd's Mirror Effekt

In einem Freifeld breitet sich der Schalldruck einer Monopol-Quelle kugelförmig aus. Der Quellpegel kann aus dem an einem Empfänger im Fernfeld gemessenen Schalldruckpegel umgerechnet werden.

$$L_S = L_{RN} = L_p + 20 \lg(R/r_0) \text{ dB} \quad (\text{A.1})$$

Wenn L_S der Quellpegel (in dB re $1 \mu\text{Pa} \cdot \text{m}$) ist, ist L_p der gemessene Schalldruckpegel im Abstand R im Fernfeld der Quelle, und $r_0 = 1 \text{ m}$ ist der Bezugsabstand.

A.2 Punktförmige Quelle nahe der Oberfläche unter Berücksichtigung des Lloyd's-Mirror-Effektes

Wenn die Meeresoberfläche eine ideale akustische Druckentlastungsgrenze ist, bildet eine punktförmige Quelle nahe der Meeresoberfläche eine Dipol-Quelle, die den Lloyd's-Mirror-Effekt berücksichtigt [4], [10].

Der abgestrahlte Schalldruck einer Monopol-Quelle im Freifeld ist:

$$p = \frac{|A|}{R} e^{j(\omega t - kR)} \quad (\text{A.2})$$

Der abgestrahlte Schalldruck einer Dipol-Quelle ist:

$$p = \left(\frac{e^{jkr_1}}{r_1} - \frac{e^{jkr_2}}{r_2} \right) |A| e^{j(\omega t)} \quad (\text{A.3})$$

Anhand von Bild 2 könnten r_1 und r_2 näherungsweise wie folgt geschrieben werden:

$$r_1 = R - d_s \sin \alpha \quad (\text{A.4})$$

$$r_2 = R + d_s \sin \alpha \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

d_s die Tiefe der Quelle;

R der Abstand zwischen dem Empfänger und dem geometrischen Mittelpunkt zwischen Quelle und Spiegelquelle.

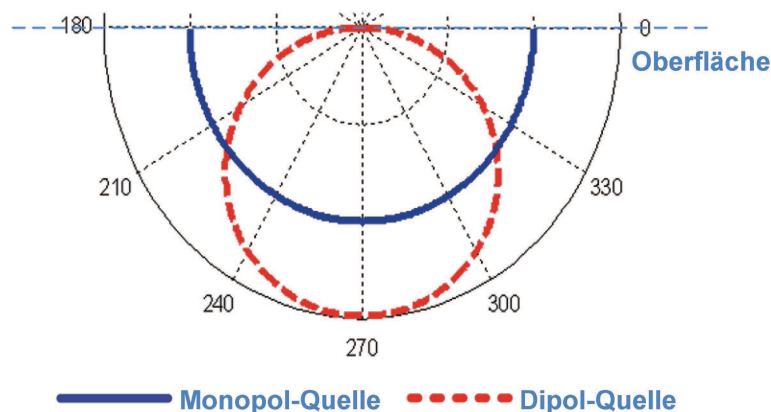
Der Schalldruck im Schallfeld der Dipol-Quelle ist:

$$\begin{aligned} p &\approx \frac{|A|}{R} e^{j(\omega t - kR)} (e^{jkd_s \sin \alpha} - e^{-jkd_s \sin \alpha}) = \frac{|A|}{R} e^{j(\omega t - kR)} (-2j \sin(kd_s \sin \alpha)) \\ &= \frac{-2j|A|}{R} \sin(kd_s \sin \alpha) e^{j(\omega t - kR)} \end{aligned} \quad (\text{A.6})$$

Wenn d_s gering ist und $2kd_s \ll 1$, kann Gleichung (A.6) wie folgt vereinfacht werden:

$$p = \frac{-2jkd_s |A|}{R} \sin \alpha \cdot e^{j(\omega t - kR)} \quad (\text{A.7})$$

Das Schallfeld einer Monopol-Quelle in einem Freifeld ist ungerichtet; jedoch hat das Schallfeld der Dipol-Quelle in der Richtung senkrecht zur Meeresoberfläche einen Höchstwert. Somit wird die Schallleistung in der vertikalen Richtung abgestrahlt, so dass, falls der Neigungswinkel der Hydrophone weniger als 45° beträgt, der empfangene Druckpegel kleiner ist als bei einem Schallfeld einer Monopol-Quelle mit kugelförmiger Ausbreitung. Deshalb sollte der empfangene Pegel hinsichtlich der Reflexionen an der Oberfläche korrigiert werden, um den Quellpegel zu erhalten.



$D_s = 10 \text{ m}, f = 20 \text{ Hz}, L = 250 \text{ m}$

Bild 2 — Richtcharakteristik einer Monopol Quelle und einer Dipol Quelle

A.3 Korrekturgleichung für ein Hydrophon

Die Ausbreitungsdämpfung PL in einem Schallfeld mit Dipol-Quelle ist festgelegt als:

$$N_{PL} = -20 \lg \left(r_0 \left| \frac{e^{-jkr_1}}{r_1} - \frac{e^{-jkr_2}}{r_2} \right| \right) \text{ dB} \quad (\text{A.8})$$

Dabei ist

r_1 der Abstand zwischen Quelle und Empfänger;

r_2 der Abstand zwischen Spiegelquelle und Empfänger.

Der Quellpegel einer Schallquelle nahe der Oberfläche in Tiefwasser unter Berücksichtigung des Lloyd's-Mirror-Effektes ist:

$$L_S = L_p + N_{PL} \quad (\text{A.9})$$

Der nach ISO 17208-1 angegebene abgestrahlte Geräuschpegel ist

$$L_{RN} = L_p + 20 \lg(R/r_0) \text{ dB} \quad (\text{A.10})$$

Daher wird der Korrekturfaktor ΔPL zu Gleichung (A.10) hinzu addiert, um den abgestrahlten Geräuschpegel einer Schallquelle nahe der Oberfläche in den Quellpegel umzurechnen:

$$L_S = L_{RN} + \Delta PL \quad (\text{A.11})$$

Ausgehend von Gleichung (A.9) und Gleichung (A.11) wird der Korrekturfaktor ΔPL wie folgt geschrieben:

$$\Delta PL = N_{PL} - 20 \lg \left(\frac{R}{r_0} \right) \text{ dB} = 20 \lg \left(\frac{\frac{1}{R}}{\left| \frac{e^{-jkr_1}}{r_1} - \frac{e^{-jkr_2}}{r_2} \right|} \right) \text{ dB} \quad (\text{A.12})$$

Unter Anwendung von Gleichung (A.6) wird Gleichung (A.12) wie folgt vereinfacht:

$$\Delta PL = 20 \lg \left(\frac{1}{2 \sin(kd_s \sin \alpha)} \right) \text{ dB} = -10 \lg(4 \sin^2(kd_s \sin \alpha)) \text{ dB} \quad (\text{A.13})$$

Wenn angenommen wird, dass $d_s = 4\text{m}$ ist, wenn die Frequenz $f < 10\text{ kHz}$ beträgt, stimmen die Schmalband-Kurven von Gleichung (A.12) und Gleichung (A.13) weitgehend überein. Wenn $kd_s < 5$ ist, stimmt die Terzband-Kurve des Korrekturfaktors mit der Schmalband-Kurve überein; wenn $kd_s > 5$ ist, nähert sich die Terzband-Kurve bei einer hohen Frequenzspanne an einen konstanten Wert (3 dB) an. Die Simulationsergebnisse stimmen mit der physikalischen Erscheinung überein, dass sich bei einer hohen Frequenzspanne die Schallleistung für zwei separate Quellen verdoppelt.

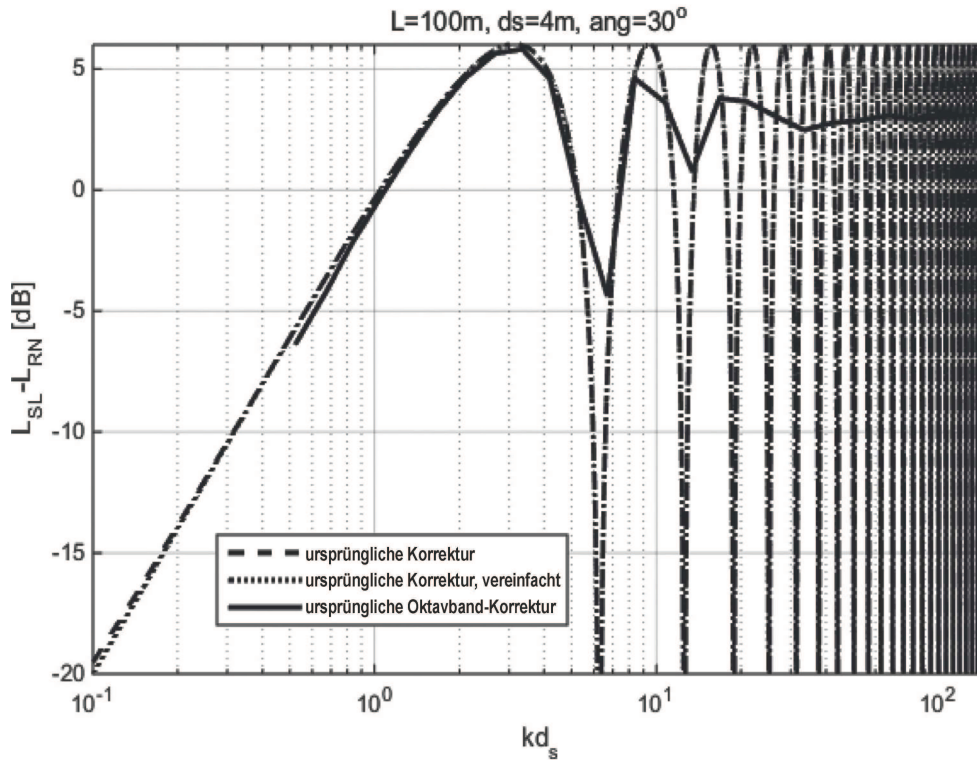


Bild 3 — Vergleich von Korrekturkurven ΔPL ($d_s = 4\text{m}$)

Um die Kurve zu vereinfachen, wird der Korrekturfaktor der hohen Frequenzspanne auf einen konstanten Wert (3 dB) gezwungen. Um die Kurve des Übergangs von einer niedrigen Frequenz zu einer hohen Frequenz lückenlos anzuerkennen, sollte die Zwischenfrequenz die folgende Bedingung erfüllen:

$$4 \sin^2(kd_s \sin \alpha) = 2 \quad (\text{A.14})$$

Somit ist:

$$\frac{1 - \cos(2kd_s \sin \alpha)}{2} = \frac{1}{2} \quad (\text{A.15})$$

Um Gleichung (A.15) zu erfüllen, ist die Anforderung an kd_s :

$$\cos(2kd_s \sin \alpha) = 0 \quad (\text{A.16})$$

$$2kd_s \sin \alpha = \frac{2n-1}{2} \pi, n \geq 1 \quad (\text{A.17})$$

$$kd_s \sin \alpha = \frac{2n-1}{4} \pi, n \geq 1 \quad (\text{A.18})$$

Gleichung (A.19) wird von Christ de Jong eingeführt [13]:

$$\Delta PL = \begin{cases} -10 \log_{10}(4 \sin^2(kd_s \sin \alpha)) & kd_s \sin \alpha \leq \frac{3\pi}{4} \\ -10 \log_{10} 2 & kd_s \sin \alpha \leq \frac{3\pi}{4} \end{cases} \quad (\text{A.19})$$