

DIN EN 60500

ICS 17.140.50

Einsprüche bis 2016-04-26

Entwurf

**Unterwasserakustik –
Hydrophone –
Eigenschaften von Hydrophonen im Frequenzbereich von 1 Hz bis
500 kHz
(IEC 87/579/CDV:2015);
Deutsche Fassung FprEN 60500:2015**

Underwater acoustics –
Hydrophones –
Properties of hydrophones in the frequency range 1 Hz to 500 kHz
(IEC 87/579/CDV:2015);
German version FprEN 60500:2015

Acoustique sous-marine –
Hydrophones –
Propriétés des hydrophones dans la bande de fréquences de 1 Hz à 500 kHz
(IEC 87/579/CDV:2015);
Version allemande FprEN 60500:2015

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-02-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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 dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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 44 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 60500:2015 „Unterwasserakustik – Hydrophone – Eigenschaften von Hydrophonen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 500 kHz“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 87/579/CDV:2015 „Underwater acoustics – Hydrophones – Properties of hydrophones in the frequency range 1 Hz to 500 kHz“ unverändert in den Entwurf FprEN 60500:2015 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 87 „Ultrasonics“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GUK 821.3 „Medizinische Ultraschallgeräte“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

**Unterwasserakustik –
Hydrophone –
Eigenschaften von Hydrophonen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 500 kHz**

Inhalt

	Seite
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe	3
4 Liste der Symbole	9
5 Merkmale von Hydrophonen	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Grundlegende Anforderungen	10
5.3 Empfindlichkeit	11
5.4 Frequenzantwort	11
5.4.1 Angegebenes Betriebs-Frequenzband	11
5.4.2 Frequenzabhängigkeit	11
5.5 Richtungsempfindlichkeit	11
5.6 Dynamikbereich	12
5.6.1 Linearität und Überlast-Druckpegel	12
5.6.2 Pegel des äquivalenten Geräuschdrucks	12
5.6.3 Erforderliche Bedingungen	12
5.7 Elektrische Anforderungen	12
5.7.1 Elektromagnetische Störung	12
5.7.2 Elektrische Eigenschaften	13
5.8 Mechanische Anforderungen	13
5.9 Umgebungsaspekte	13
5.10 Stabilität	13
5.10.1 Temperaturstabilität	13
5.10.2 Statische Druckstabilität	14
5.10.3 Zeitliche Stabilität	14
6 Informationen, die vom Hersteller zu liefern sind	14
6.1 Frequenz	14
6.2 Empfindlichkeit	14
6.3 Richtungsempfindlichkeit	14
6.4 Sensorelement	14
6.5 Elektrische Eigenschaften	15
6.6 Mechanische Eigenschaften	15
6.7 Umgebungsfaktoren	15
6.8 Stabilität	15

	Seite
6.9 Zusätzliche Punkte für Hydrophone mit Vorverstärker.....	15
Anhang A (informativ) Spezifikation für die Auswahl von Hydrophonen	16
A.1 Einführung	16
A.2 Anforderungen für die Empfindlichkeit	16
A.3 Anforderungen an das Eigenrauschen.....	17
A.4 Anforderungen an den Frequenzgang	17
A.5 Anforderungen an die Richtungsempfindlichkeit.....	18
A.6 Anforderungen an den Dynamikbereich.....	18
A.7 Anforderungen an die elektrische Verbindung	19
A.8 Anforderungen an die Stabilität	19
A.8.1 Temperaturstabilität.....	19
A.8.2 Stabilität gegenüber statischem Druck.....	19
A.8.3 zeitliche Stabilität.....	19
Literaturhinweise.....	21
Bilder	
Bild 1 – Polarkoordinatensystem	4

Einleitung

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm IEC 60500 spezifiziert die wesentlichen Merkmale und Eigenschaften von **Hydrophonen** im Frequenzbereich 1 Hz bis 500 kHz und legt fest, wie diese Merkmale zu berichten sind. Der Anwendungsbereich deckt keine Anforderungen an Leistungsmerkmale für spezifische **Hydrophon**-Typen oder für spezifische **Hydrophon**-Anwendungen ab. In einem informativen Anhang (Anhang A) wird jedoch eine Anleitung für die Auswahl eines **Hydrophons** mit geeigneten Leistungsmerkmalen für eine bestimmte Anwendung gegeben.

Diese Norm ist anwendbar auf:

- **Hydrophone** mit piezoelektrischen Sensoren, die dafür bestimmt sind, auf Schalldruck im Wasser zu antworten und akustische Signale Unterwasser zu messen;
- **Hydrophone**, die benutzt werden für Messungen von Schalldruck in sinusförmigen, gepulsten (einschließlich gesteuerter Ton-Bursts), oder Breitband-Unterwasser-Schallfeldern;
- **Hydrophone**, die zur Anwendung bei der Eichung anderer **Hydrophone** bestimmt sind;
- **Hydrophone** mit oder ohne integrierten **Vorverstärker**.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

IEC 60050-561, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 561: Piezoelectric devices for frequency control and selection*

IEC 60050-801, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics*

IEC 60565:2006, *Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration in the frequency range 0,01 Hz to 1 MHz*

IEC 62127-2:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz Amendment 1:2013*.

IEC 62127-3:2007, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 3: Properties of hydrophones for ultrasonic fields up to 40 MHz*

ISO 266:1997, *Acoustics – Preferred frequencies*

ISO 18405:2016, *Underwater acoustics – Terminology*

JCGM 100:2008, *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. (Joint publication by BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. In dieser Norm sind alle Spannungen, Ströme und Schalldrücke als Effektivwerte ausgedrückt, wenn nichts anderes gesagt wird.

3.1

Polarkoordinatensystem

System, das benutzt wird, um die **Richtungsempfindlichkeit** des **Hydrophons** darzustellen

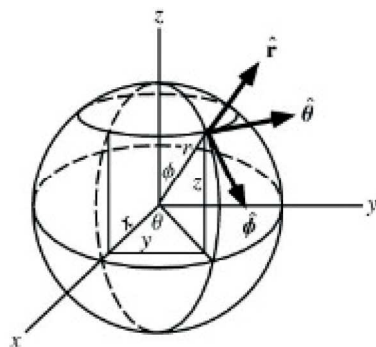


Bild 1 – Polarkoordinatensystem

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begriffe „horizontale **Richtungsempfindlichkeit**“ und „vertikale **Richtungsempfindlichkeit**“ werden oft benutzt für die Darstellung der **Richtungsempfindlichkeit** in der xy-Ebene und der xz- (oder yz-)Ebene.

Anmerkung 2 zum Begriff: „+z“ stimmt überein mit einer Achse des **Hydrophons**, „-z“ ist in der Richtung der **Hydrophon**-Leitung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert von IEC 60565.

3.2

Kapazität am Ende der Leitung

C_H

Die elektrische **Kapazität** eines **Hydrophons**, die am Ende der integrierten Leitung bei einer Frequenz gemessen wird, die weit unterhalb jeglicher ausgeprägten Resonanz liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Kapazität am Ende der Leitung** wird in Farad ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Frequenz wird zusammen mit der **Kapazität am Ende der Leitung** angegeben. Die **Kapazität am Ende der Leitung** wird üblicherweise bei einer Frequenz von 1 kHz gemessen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert von IEC 60050-561.

3.3

Beugungsfaktor

Quadratwurzel des Verhältnisses aus mittlerem Quadrat des momentanen Schalldrucks, gemittelt über denjenigen Teil des **Hydrophons**, der dazu vorgesehen ist, eine ankommende ebene Schalldruckwelle aus einer bestimmten Richtung zu empfangen, zum mittleren Quadrat des momentanen Schalldrucks des freien Schallfelds, der am **Bezugszentrum** des **Hydrophons** vorhanden wäre, wenn das **Hydrophon** entfernt würde

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition modifiziert von IEC 60565.

3.4

Richtungsempfindlichkeit

Beschreibung der Empfindlichkeit eines **Hydrophons**, üblicherweise in grafischer Form, als Funktion der Ausbreitungsrichtung der ankommenden ebenen Schalldruckwelle durch das **Bezugszentrum** bei einer festgelegten Frequenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Muster der **Richtungsempfindlichkeit** wird üblicherweise in Form eines 2-dimensionalen Graphen gezeigt. Die Skalierung des Graphen kann der Empfindlichkeitspegel oder der Relativwert bezogen auf die Empfindlichkeit in einer bestimmten Richtung sein (oft die Richtung der Hauptachse). Die Relativwerte werden manchmal in Dezibel als relative Werte der Richtungsempfindlichkeit ausgedrückt. Siehe Bild 1 für die Beschreibung eines Polarkoordinatensystems.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.5

Dynamikbereich

Zwanzigmal der Logarithmus zur Basis 10 des Verhältnisses des maximalen Schalldrucks bei einem spezifizierten Frequenzband, der einen unverzerrten **Hydrophon**-Output erzeugt, zum Rauschpegel am **Hydrophon** im entsprechenden Frequenzband

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Dynamikbereich** wird in Dezibel (dB) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.6

Elektrische Impedanz eines Hydrophons

Z

Komplexe Größe, deren Betrag das Verhältnis ist aus der Größe der der Spannung, die an den **elektrischen Anschlüssen** eines **Hydrophons** angelegt wird, zur Größe des resultierenden Stroms; deren Argument ist der Phasenunterschied zwischen der momentanen Spannung und dem momentanen Strom bei einer spezifizierten Frequenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Elektrische Impedanz eines Hydrophons** wird in Ohm (Ω) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Weil die **Elektrische Impedanz eines Hydrophons** vom hydrostatischen Druck, von der Wassertemperatur und von der Länge der am **Hydrophon** angebrachten Leitung abhängt, sollten diese Parameter sowie die Frequenz und die **elektrischen Anschlüsse**, an denen die **Elektrische Impedanz** gemessen wird, spezifiziert werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.7

Elektrische Anschlüsse eines Hydrophons

Anschlüsse, an denen die **Leerlaufspannung** eines **Hydrophons** gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.8

Leitungsende

Spezifikation, die sich auf das Ende der integrierten Ausgangs-Leitung eines **Hydrophons** mit oder ohne integrierten **Vorverstärker** bezieht

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das **Hydrophon** nicht mit einer integrierten Ausgangs-Leitung versehen ist, bezieht sich die Spezifikation auf den Ausgangs-Stecker, der fest mit dem **Hydrophon** verbunden ist, nicht auf eine zusätzliche Verlängerungs-Leitung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 62127-3.

3.9

Ableitwiderstand am Leitungsende

R_L

Verhältnis der Spannung an den **elektrischen Anschlüssen** eines **Hydrophons** zum Gleichstrom, der durch diese Anschlüsse fließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Ableitwiderstand am Leitungsende** wird in Ohm (Ω) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der Spannung, die für die Bestimmung des **Ableitwiderstands am Leitungsende** benutzt wird, sollte angegeben werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 62127-2:A1.

3.10

Geräuschdruck bei äquivalenter Bandbreite

p_w

Verhältnis der Geräuschspannung im entsprechenden Frequenzband, die, in Abwesenheit von Schalldruck oder von Druckfluktuationen am **Hydrophon** Eingang, an den **elektrischen Anschlüssen** des **Hydrophons** vorhanden ist, zu seiner Empfindlichkeit in einem spezifizierten Frequenzband

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Äquivalente Geräuschdruck** wird in Pascal (Pa) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.11

Spektraldichte des Äquivalenten Geräuschdrucks

p_s

Ist gleich dem Geräuschdruck bei äquivalenter Bandbreite, wenn die Bandbreite 1 Hz ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Spektraldichte des Äquivalenten Geräuschdrucks** wird ausgedrückt in $\text{Pa Hz}^{-1/2}$

3.12

Pegel des Geräuschdrucks bei äquivalenter Bandbreite

Zwanzig Mal der Logarithmus zur Basis 10 des Verhältnisses von **Geräuschdruck bei äquivalenter Bandbreite** eines **Hydrophons** p_w zu einem Referenzdruck p_0

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Pegel des Geräuschdrucks bei äquivalenter Bandbreite** eines **Hydrophons** wird in Dezibel (dB) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert des Referenzdrucks p_0 ist $1 \mu\text{Pa}$.

3.13

freies Schallfeld

Schallfeld in einem homogenen und isotropen Medium, in dem die Wirkungen der Begrenzungen vernachlässigbar sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen von IEC 60565.

3.14

Komplexe Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit

M_f

Komplexe Größe, deren Betrag die **Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit** ist und deren Argument der **Phasenwinkel** der Empfindlichkeit ist; dies gilt für eine festgelegte Frequenz und eine festgelegte Schalleinfallsrichtung bei der Position des **Referenzzentrums** des **Hydrophons**, wenn das **Hydrophon** aus dem Schallfeld entfernt wurde

3.15

Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit

M_f

Betrag der **Komplexen Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit**, der gleich dem Verhältnis aus **Leerlaufspannung** am **Leitungsende** eines **Hydrophons** zum Schalldruck für eine festgelegte Frequenz und eine festgelegte Richtung des Einfalls einer ebenen Schallwelle bei der Position des **Referenzzentrums** des **Hydrophons**, wenn das **Hydrophon** aus dem **Schallfeld** entfernt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit** wird in Volt pro Pascal, V/Pa, ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Antwort“ wird manchmal anstatt des Begriffs „Empfindlichkeit“ benutzt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Schalldruck und die elektrische Spannung müssen in gleicher Weise ausgedrückt werden (z. B. werden beide als Momentan Werte oder als RMS Werte, etc. ausgedrückt).

Anmerkung 4 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.16

Freifeld-Leerlaufübertragungsmaß

zwanzigfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der **Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit** M_f zu einer Referenzempfindlichkeit M_{ref}

Anmerkung 1 zum Begriff: Das **Freifeld-Leerlaufübertragungsmaß** wird in Dezibel (dB) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der Referenzempfindlichkeit M_{ref} ist gleich 1V/ μ Pa.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.17

Hydrophon

Elektroakustischer Wandler, der elektrische Signale erzeugt als Antwort auf im Wasser erzeugte Drucksignale

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein **Hydrophon** ist dafür konstruiert, um prinzipiell auf Unterwasser-Schalldruck zu antworten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Allgemein kann ein **Hydrophon** auch ein elektrisches Signal als Antwort auf nicht-akustische Druckschwankungen erzeugen (z. B. Schwankungen, die in einer turbulenten Grenzschicht während Bedingungen eines großen Wasserflusses bestehen).

Anmerkung 3 zum Begriff: **Hydrophon**-Typen sind Referenz-**Hydrophone** und Mess-**Hydrophone**. Mess-**Hydrophone** werden bei allgemeinen Messungen von Schallfeldern benutzt; Referenz-**Hydrophone** werden prinzipiell für Eichzwecke benutzt (z. B. beim Vergleich von Eichungen mit Mess-**Hydrophonen**).

Anmerkung 4 zum Begriff: **Hydrophone** werden prinzipiell als Hör-Geräte benutzt, aber bei reziproker Eichung wird ein **Hydrophon** als reziproker Wandler benutzt; es funktioniert nicht nur als **Hydrophon**, sondern auch als Strahler (Schallquelle).

Anmerkung 5 zum Begriff: Ein **Hydrophon**, das in ein digitales Aufnahmesystem integriert ist, wird manchmal als „digitales **Hydrophon**“ bezeichnet; die Kombination wird jedoch am besten als Mess-System betrachtet, nicht nur als **Hydrophon** alleine.

Anmerkung 6 zum Begriff: Wenn ein **Hydrophon** an einen Ladungsverstärker angeschlossen ist, wird die Empfindlichkeit des **Hydrophons** manchmal als Ladungsempfindlichkeit beschrieben, was in Bezug steht zur Spannungsempfindlichkeit des **Hydrophons** durch seine elektrische Kapazität. Die Ladungsempfindlichkeit wird weniger häufig benutzt als die Spannungsempfindlichkeit, wird aber manchmal bei sehr niedrigen Frequenzen vorgezogen.

Anmerkung 7 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.18

ungerichtete Empfindlichkeit

Richtungsempfindlichkeit eines **Hydrophons**, die Änderungen zeigt, die kleiner als eine vorgegebene Toleranzgrenze sind, wenn die Richtung des einfallenden Schalls geändert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **ungerichtete Empfindlichkeit** in einem zweidimensionalen Raum kann in nur einer Ebene auftreten, während ein **Hydrophon** in drei Dimensionen in allen Ebenen durch das **Referenzzentrum** ungerichtet sein kann. Siehe Bild 1 für die Beschreibung eines Polarkoordinatensystems.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Toleranzgrenze sollte festgelegt sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.19

Leerlaufspannung eines Hydrophons

U_H

Spannung an den **elektrischen Anschlüssen** eines **Hydrophons**, wenn kein Strom durch die Anschlüsse fließt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Leerlaufspannung eines Hydrophons** wird in Volt (V) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 60565.

3.20

Überlast-Druckpegel

zwanzigfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses aus dem Schalldruck, der, wenn er auf das **Hydrophon** angelegt wird, eine verzerrte Ausgangsspannung mit festgelegten Kriterien (Linearität) verursacht, zu einem Referenz-Schalldruck bei einer festgelegten Frequenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert des Referenz-Schalldrucks ist 1 µPa.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Toleranzkriterien für die Verzerrung sollten festgelegt werden.

3.21

Phasenwinkel

Argument der **Komplexen Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit**, der gleich ist der Phasendifferenz zwischen der momentanen **Leerlaufspannung** am **Leitungsende** eines **Hydrophons**, und dem momentanen Schalldruck bei spezifizierter Frequenz und spezifizierter Richtung des Schalleinfalls einer ebenen Schallwelle bei der Position des **Referenz-Zentrums** des **Hydrophons** im ungestörten **freien Schallfeld**, wenn das **Hydrophon** entfernt wurde

3.22

Vorverstärker

Aktives elektronisches Element, das oft in eine besondere **Hydrophon**-Konstruktion integriert ist und das den Ausgangswiderstand des **Hydrophons** verringert und das das Ausgangssignal des **Hydrophons** verstärkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein **Vorverstärker** benötigt eine elektrische Spannungsversorgung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Vorverstärker** kann einen Spannungsübertragungsfaktor von weniger als eins haben, d. h. er braucht nicht notwendigerweise ein Spannungsverstärker im engen Sinn zu sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wenn ein Differenzverstärker als **Vorverstärker** benutzt wird, wird seine Verstärkung üblicherweise als differentielle Ausgangsverstärkung bezeichnet; diese ist um den Faktor 2 höher als für einen einseitig geerdeten Vorverstärker (6 dB höherer Pegel). Die Empfindlichkeit der **Hydrophon/Vorverstärker** Kombination wird dann als Differential- Ausgangsempfindlichkeit bezeichnet.

Anmerkung 4: Definition modifiziert aus IEC 62127-3.

3.23

Druckempfindlichkeit eines Hydrophons

M_p

Verhältnis der Ausgangsspannung zum Schalldruck, gemittelt über das aktive Element des **Hydrophons**, das für den Empfang von Schall vorgesehen ist, bei einer festgelegten Frequenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Druckempfindlichkeit eines Hydrophons** wird in Volt pro Pascal, V/Pa, ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Antwort“ wird manchmal anstatt „Empfindlichkeit“ benutzt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.24

Druckempfindlichkeitspegel

Zwanzigfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses aus der **Druckempfindlichkeit** M_p und einer Referenzempfindlichkeit M_{ref}

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Druckempfindlichkeitspegel** wird in Dezibel (dB) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der Referenzempfindlichkeit M_{ref} ist gleich 1V/μPa.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition übernommen von IEC 60565.

3.25

Hauptachse

Bezugsrichtung, die als Ursprung für die Polarkoordinaten dient, das für die Beschreibung der Richtungsempfindlichkeit des **Hydrophons** benutzt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen wird als **Hauptachse** die Struktur-Symmetrieachse oder die Richtung der maximalen Empfindlichkeit gewählt. Siehe Bild 1 für die Beschreibung des Polarkoordinatensystems.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Richtung der maximalen Empfindlichkeit kann mit der Schallfrequenz variieren.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.26

Referenzzentrum

Ein Punkt innerhalb oder nahe bei einem **Hydrophon**, auf den die geometrischen elektroakustischen Eigenschaften des **Hydrophons** bezogen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das **Referenzzentrum** korrespondiert oft mit dem geometrischen Zentrum des **Hydrophons**, wenn nichts anderes gesagt wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition modifiziert aus IEC 60565.

3.27

Schalldruck

p

Differenz zwischen dem momentanen Gesamtdruck und dem Druck, der bei nicht vorhandenem Schall existieren würde

Anmerkung 1 zum Begriff: Schalldruck wird in Pascal ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition modifiziert aus ISO 18405.

3.28

Unsicherheit (der Messung)

Parameter, der dem Ergebnis einer Messung zugeordnet wird und der die Streuung der Werte kennzeichnet, die dieser Messung vernünftigerweise zugeordnet werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen aus JCGM 100:2008. Siehe auch den ISO Guide für den Ausdruck der **Unsicherheit** in Messungen.

4 Liste der Symbole

C_H Kapazität am Leitungsende

f Frequenz

$\underline{M}_f$ Komplexe Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit

M_f	Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit
M_p	Druckempfindlichkeit eines Hydrophons
p	Schalldruck
p_w	Geräuschdruck bei äquivalenter Bandbreite
p_s	Spektraldichte des äquivalenten Geräuschdrucks
R	Widerstand
R_L	Ableitwiderstand am Leitungsende
U_H	Leerlaufspannung eines Hydrophons
Z	Elektrische Impedanz eines Hydrophons

5 Merkmale von Hydrophonen

5.1 Allgemeines

Die **Hydrophone**, die in der Unterwasser-Akustik benutzt werden, sind üblicherweise piezoelektrisch, mit oder ohne **Vorverstärker**. Um die Leistungsfähigkeit eines **Hydrophons** vollständig zu charakterisieren, sind folgende Informationen erforderlich. Die Information, die vom Hersteller geliefert werden soll, ist in Abschnitt 6 zusammengefasst.

5.2 Grundlegende Anforderungen

Das Folgende muss kurz angegeben werden:

- das grundlegende physikalische Prinzip des Umwandlungsprozesses;
- das Material des Elementes, seine Form und seine Größe;
- die elektrische Kapazität des Sensorelementes;
- der Typ, die Konfiguration und die Gesamtgröße des **Hydrophons**;
- für ein **Hydrophon** mit **Vorverstärker** sollte folgendes angegeben werden: einfaches Schaltbild, Anforderungen an die Spannungsversorgung, die Verbindungen des **Vorverstärkers**;
- Die Position des **Referenzzentrums** des **Hydrophon**-Elements innerhalb des Gesamt-**Hydrophon**-Körpers (wichtig für Überlegungen der Phasenmessung);
- die geeichte Richtungsempfindlichkeit des **Hydrophons**;
- die Frequenz der Grundwellen-Resonanz des **Hydrophon**-Sensorelements;
- die Leitungslänge des **Hydrophons**;
- das Gewicht mit oder ohne Leitung;
- die Seriennummer und die Modellnummer des Herstellers;
- die **Hydrophon**-Empfindlichkeit, einschließlich von Frequenzabhängigkeiten über den Bereich der Arbeitsfrequenz.

Wenn Phaseninformation gefordert wird, sollte der Phasenwinkel der Empfindlichkeit (was gleich ist dem Argument der komplexen **Hydrophon**-Empfindlichkeit) zusätzlich zur Größe der Empfindlichkeit (was gleich ist dem Betrag der komplexen **Hydrophon**-Empfindlichkeit) angegeben werden, sowie die Frequenzabhängigkeit des Phasenwinkels.

5.3 Empfindlichkeit

Die **Hydrophon**-Empfindlichkeit muss in S.I. Einheiten von Volt pro Pascal (V/Pa) oder in zugelassenen Untereinheiten innerhalb der S.I. Konvention ausgedrückt werden. Es muss angegeben werden, ob der genannte Empfindlichkeitswert als **Freifeld-Leerlauf-Empfindlichkeit** oder als **Druckempfindlichkeit** verstanden wird.

Die **Unsicherheit** der angegebenen Empfindlichkeit sollte genannt werden.

Bei einem **Hydrophon** mit **Vorverstärker** sollte die Verstärkung des **Vorverstärkers** mit Frequenzgang angegeben werden.

Der Empfindlichkeitspegel des **Hydrophons** sollte in dB ausgedrückt werden, und der Referenzwert der Empfindlichkeit sollte angegeben werden.

Die Frequenz oder der Frequenzbereich für den die Empfindlichkeit gilt, muss angegeben werden. Die Methoden, mit denen die Empfindlichkeit und ihre **Unsicherheit** gewonnen wurden, sollte beschrieben werden.

Eine empfohlene Eichperiode sollte in der Gebrauchsanweisung angegeben werden. Diese Empfehlung sollte befolgt werden, wenn nichts anderes in spezifischen Normen der Geräteanwendung gesagt wird.

ANMERKUNG 1 Eine Eichperiode von einem Jahr wird in den meisten Fällen angebracht sein.

ANMERKUNG 2 Der Wert der Referenzempfindlichkeit bei Berechnung des Empfindlichkeitspegels ist $1\text{V}/\mu\text{Pa}$.

5.4 Frequenzantwort

5.4.1 Angegebenes Betriebs-Frequenzband

Das Betriebsfrequenzband für das **Hydrophon** soll angegeben werden, indem die untere und obere Frequenzgrenze genannt wird. Die Empfindlichkeit des **Hydrophons** sollte über das angegebene Frequenzband gleichförmig sein mit einer Toleranz, die ebenfalls angegeben werden sollte.

5.4.2 Frequenzabhängigkeit

Die Empfindlichkeit oder der Empfindlichkeitspegel des **Hydrophons** als Funktion der Frequenz muss entweder graphisch oder als Liste von Werten angegeben werden, und zwar über einen Frequenzbereich, der zumindest das Frequenzband enthält, das in 5.4.1 genannt wurde. Wenn die Empfindlichkeit als Liste von Werten oder als diskrete Punkte in einem Graphen angegeben wird, sollte der Frequenzabstand zwischen benachbarten Werten klein genug sein, sodass alle wichtigen Details der Frequenzabhängigkeit gezeigt werden, und dass der Empfindlichkeitspegel zwischen benachbarten Punkten nicht zu sehr variiert.

Wenn die Empfindlichkeitsantwort als eine Liste von absoluten Empfindlichkeitswerten angegeben wird, kann die Empfindlichkeitsangabe nach 5.3 entfallen.

ANMERKUNG 1 Die Frequenzantwort kann von den elektrischen Lastbedingungen abhängen.

ANMERKUNG 2 Wenn in einer praktischen Anwendung das **Hydrophon** mit nachfolgenden elektronischen Komponenten wie z. B. ein Verstärker, ein A/D Wandler etc. benutzt wird, dann wird die Frequenzantwort des Gesamtsystems auch durch die Frequenzantwort dieser zusätzlichen Komponenten beeinflusst [1].

5.5 Richtungsempfindlichkeit

Üblicherweise wird die **Richtungsempfindlichkeit** des **Hydrophons** bei den vier an meisten benutzten Frequenzen des unter 5.4.1 genannten Frequenzbereichs angegeben, in Übereinstimmung mit ISO 266. Die **Richtungsempfindlichkeit** nahe der Grundfrequenz sollte auch angegeben werden, wenn diese Grundfrequenz innerhalb des angegebenen Betriebs-Frequenzbandes liegt. Die Methode, die zur Bestimmung der **Richtungsempfindlichkeit** benutzt wird, sollte angegeben werden.

Jeder der resultierenden **Richtungsempfindlichkeiten**, die aus den Messungen gewonnen wurden, sollten angegeben werden.

5.6 Dynamikbereich

5.6.1 Linearität und Überlast-Druckpegel

Der lineare Bereich des **Hydrophons** sollte angegeben werden, d. h. der Druckbereich, innerhalb dessen sich das **Hydrophon** entsprechend der unten angegebenen Bedingung linear verhält.

Die Bedingung ist folgende: Wenn in einem Graphen der Ausgangsspannung am **Leitungsende** gegen den Schalldruck eine gerade Linie durch den Ursprung so gezogen werden kann, dass über einen bestimmten Druckbereich die aktuellen Spannungswerte vom linearen Zusammenhang nur innerhalb einer spezifizierten Toleranz abweichen, dann ist dieser Bereich der lineare Bereich des **Hydrophons**. Wenn der aktuelle Spannungswert von der Geraden um mehr als die spezifizierte Toleranz abweicht, wird dieser Druckpegel als **Überlast-Druckpegel** bezeichnet. Dies sollte für alle Frequenzen innerhalb des in 5.4.1 genannten Frequenzbandes gelten.

ANMERKUNG 1 Die Toleranzkriterien für die Linearität müssen spezifiziert werden.

5.6.2 Pegel des äquivalenten Geräuschdrucks

Der Wert des **Pegels des äquivalenten Geräuschdrucks** des **Hydrophons** muss angegeben werden.

ANMERKUNG 1 Normalerweise hängt der **Pegel des äquivalenten Geräuschdrucks** des **Hydrophons** ab vom elektrischen Rauschpegel an den elektrischen Anschlüssen des **Vorverstärkers** und von der Empfindlichkeit des **Hydrophons**.

ANMERKUNG 2 Die Anforderung an den **Pegel des äquivalenten Geräuschdrucks** des **Hydrophons** hängt von der Umgebung ab, in der das **Hydrophon** benutzt wird [2, 3].

5.6.3 Erforderliche Bedingungen

Der **Dynamikbereich** des **Hydrophons** wird üblicherweise in dB ausgedrückt. Der dynamische Druckbereich, in dem das **Hydrophon** benutzt werden kann, sollte mindestens folgende Bedingungen erfüllen:

- keine mechanische oder elektrische Beschädigung des **Hydrophons**;
- keine Sättigung des Ausgangssignals; das Ausgangssignal sollte unterhalb des Wertes liegen, der dem **äquivalenten Überlast-Druckpegel** entspricht;
- Das Ausgangssignal sollte oberhalb des Wertes liegen, der dem **äquivalenten Geräuschdruck-Pegel** entspricht.

ANMERKUNG 1 Ausgangssättigung bedeutet, dass ein Druckinkrement am **Hydrophon**, das nicht null ist, zu keiner Spannungsänderung führt.

5.7 Elektrische Anforderungen

5.7.1 Elektromagnetische Störung

Informationen oder Ratschläge, wie die Auswirkungen von elektromagnetischen Störungen minimiert werden können, sollte zur Verfügung gestellt werden. Die Konstruktion der Struktur und der elektrischen Schaltung des **Hydrophons** sollte so überlegt werden, dass die Auswirkung von elektrischen Übersprech-Störungen minimiert wird.