DIN EN IEC 60565-2

ICS 17.140.50

Mit DIN EN IEC
60565-1:2021-09
Ersatz für
DIN EN 60565:2007-08
Siehe Anwendungsbeginn

Wasserschall – Hydrophone – Kalibrierung von Hydrophonen – Teil 2: Verfahren für niederfrequente Druckkalibrierung (IEC 60565-2:2019); Deutsche Fassung EN IEC 60565-2:2019

Underwater acoustics –
Hydrophones –
Calibration of hydrophones –
Part 2: Procedures for low frequency pressure calibration
(IEC 60565-2:2019);
German version EN IEC 60565-2:2019

Acoustique sous-marine –
Hydrophones –
Étalonnage des hydrophones –
Partie 2: Procédures pour l'étalonnage à basse pression de fréquence
(IEC 60565-2:2019);
Version allemande EN IEC 60565-2:2019

Gesamtumfang 58 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2019-10-24 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2022-01-01.

Für DIN EN 60565:2007-08 besteht eine Übergangsfrist bis 2022-10-24.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60565-2:2017-10.

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom IEC/TC 87 „Ultrasonics“ erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC .

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „http://webstore.iec.ch“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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.

Fettgedruckte Wörter im Text sind Begriffe, die in Abschnitt 3 definiert sind.

Hinweis: Entgegen des fehlenden Ersatzvermerks auf der EN-Titelseite wird mit Erscheinen dieser Norm (zusammen mit der bereits erschienenen Norm DIN EN IEC 60565-1:2021-09) DIN EN 60565:2007-08 zurückgezogen. Siehe hierzu auch die Abschnitte Anwendungsbeginn und Änderungen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60565:2007-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Aufteilung der zweiten Fassung dieser Norm in zwei Teile, Teil 1: Verfahren für die Freifeld-Kalibrierung und Teil 2: Verfahren für niederfrequente Druckkalibrierung, und die vorliegende Norm ist Teil 2;

b) Hinzufügung eines relativen Kalibrierverfahrens zu Abschnitt 8: Kalibrierung mittels piezoelektrischer Kompensation;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

c) Hinzufügung eines relativen Kalibrierverfahrens zu Abschnitt 11: Kalibrierung mit einer schwingenden Säule;

d) Hinzufügung von Abschnitt 12: Kalibrierung mit einem Dehnungsmesswandler.

e) Anhang A: Ersatzschaltung des Anregungssystems für die Kalibrierung mit einer schwingenden Säule, wurde gestrichen.

f) 9.6, 9.7 und 9.8 wurden in einen neuen Anhang A: Moderne Kalibrierverfahren mit akustischen Kopplern, verschoben.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60565: 2007-08

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

– Leerseite –

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENE

EN IEC 60565-2

November 2019

ICS 17.140.50

Deutsche Fassung

Wasserschall – Hydrophone – Kalibrierung von Hydrophonen – Teil 2: Verfahren für niederfrequente Druckkalibrierung (IEC 60565-2:2019)

Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration of hydrophones – Part 2: Procedures for low frequency pressure calibration (IEC 60565-2:2019)

Acoustique sous-marine – Hydrophones – Étalonnage des hydrophones – Partie 2: Procédures pour l'étalonnage à basse pression de fréquence (IEC 60565-2:2019)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2019-10-24 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Europäisches Vorwort[N1]

Der Text des Dokuments 87/720/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 60565-2, erarbeitet vom IEC/TC 87 „Ultrasonics“ wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 60565-2:2019 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

-	spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss	(dop):	2020-07-24
-	spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen	(dow):	2022-10-24

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60565-2:2019 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60565:2006	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60565:2007 (nicht modifiziert)

[N1] Nationale Fußnote: Ein Ersatzvermerk auf der EN-Titelseite muss aufgenommen werden: Teilweiser Ersatz für EN 60565:2007. Im Europäischen Vorwort muss der Absatz: „Dieses Dokument ersetzt zusammen mit EN IEC 60565-1:2020 das folgende Dokument: EN 60565:2007.“ ergänzt werden.

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Anhang ZA
(normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: www.cenelec.eu.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050-801	–	International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics	–	–
IEC 60500	2017	Underwater acoustics – Hydrophones – Properties of hydrophones in the frequency range 1 Hz to 500 kHz	EN 60500	2017

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... 6

Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen ... 7

Einleitung ... 12

1 Anwendungsbereich ... 13

2 Normative Verweisungen ... 13

3 Begriffe ... 13

4 Symbole ... 17

5 Kalibrierverfahren ... 18

5.1 Kurzbeschreibung ... 18

5.2 Feldbegrenzungen ... 19

5.3 Schematische Übersicht der Verfahren ... 19

5.4 Angabe der Ergebnisse ... 19

5.5 Intervalle für die Rekalibrierung ... 19

5.6 Erwägungen bezüglich Temperatur und Druck bei der Kalibrierung ... 20

5.7 Vorbereitung der Wandler ... 20

6 Elektrische Messungen ... 20

6.1 Signalart ... 20

6.2 Erdung ... 20

6.3 Messung der Ausgangsspannung des Hydrophons ... 20

6.3.1 Allgemeines ... 20

6.3.2 Elektrische Belastung durch das Messgerät ... 20

6.3.3 Elektrische Belastung durch Verlängerungskabel ... 21

6.3.4 Übersprechen und akustische Interferenzen ... 21

6.3.5 Eingebauter Vorverstärker ... 21

6.4 Messung des Senderstroms ... 21

7 Kalibrierung durch hydrostatische Anregung ... 21

7.1 Allgemeines ... 21

7.2 Kurzbeschreibung ... 22

7.2.1 Bestimmung des Wechseldrucks ... 22

7.2.2 Bestimmung des Korrekturfaktors ... 23

7.2.3 Bestimmung der äquivalenten Höhe ... 23

7.2.4 Berechnung der Druckempfindlichkeit des Hydrophons ... 25

7.3 Entwurf des Schwingungssystems ... 25

7.4 Alternatives Verfahren für hydrostatische Anregung ... 25

7.5 Messunsicherheit ... 26

8 Kalibrierung durch piezoelektrische Kompensation ... 26

8.1 Allgemeines ... 26

8.2 Kurzbeschreibung ... 26

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

8.2.1 Bestimmung des Schalldrucks ... 26
8.2.2 Bestimmung der charakteristischen Konstante ... 27
8.2.3 Berechnung der Druckempfindlichkeit des Hydrophons ... 28
8.3 Entwurf der Kalibrierkammer ... 28
8.3.1 Allgemeines ... 28
8.3.2 Kammer für tiefe Frequenzen ... 28
8.3.3 Kammer für hohe Frequenzen ... 28
8.4 Praktische Einschränkungen des Verfahrens der piezoelektrischen Kompensation ... 29
8.5 Relatives Kalibrierverfahren ... 30
8.6 Messunsicherheit ... 30
9 Reziprozitätskalibrierung mit dem akustischen Kuppler ... 30
9.1 Allgemeines ... 30
9.2 Kurzbeschreibung ... 31
9.2.1 Theorie der Reziprozität des akustischen Kopplers ... 31
9.2.2 Verfahren der Reziprozitätskalibrierung ... 31
9.2.3 Berechnung der Übertragungsimpedanz ... 32
9.2.4 Bestimmung der akustischen Nachgiebigkeit ... 32
9.3 Begrenzung der Reziprozität des akustischen Kopplers ... 33
9.3.1 Frequenzgrenze ... 33
9.3.2 Hydrophonbezogene Einschränkungen ... 33
9.4 Messung ... 33
9.4.1 Allgemeines ... 33
9.4.2 Auftreten von Interferenzeffekten ... 33
9.4.3 Überprüfung der Reziprozität ... 33
9.4.4 Überprüfung der Linearität ... 34
9.5 Messunsicherheit ... 34
10 Kalibrierung mit einem Pistonphon ... 35
10.1 Allgemeines ... 35
10.2 Kurzbeschreibung ... 35
10.2.1 Bestimmung des Schalldrucks ... 35
10.2.2 Bestimmung der Nachgiebigkeit des Mediums ... 35
10.2.3 Berechnung der Druckempfindlichkeit ... 36
10.3 Einschränkungen ... 36
10.4 Relative Kalibrierung ... 37
10.4.1 Vergleich mit einem Referenzwandler ... 37
10.4.2 Vergleich mit einem Luft-Wasser-Pistonphon ... 37
10.5 Messunsicherheit ... 38
11 Kalibrierung mit einer schwingenden Säule ... 38
11.1 Allgemeines ... 38
11.2 Kurzbeschreibung ... 38

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

11.2.1 Allgemeines ... 38
11.2.2 Darstellung des Drucks ... 39
11.2.3 Bestimmung der Empfindlichkeit ... 40
11.3 Messbedingungen ... 41
11.3.1 Mechanische Bedingungen ... 41
11.3.2 Akustische Bedingungen ... 41
11.4 Relatives Kalibrierverfahren ... 42
11.5 Messunsicherheit ... 43
12 Kalibrierung mit statischem Druckwandler ... 43
12.1 Allgemeines ... 43
12.2 Kurzbeschreibung ... 43
12.2.1 Theorie der Kalibrierung mittels statischem Druck ... 43
12.2.2 Bestimmung der Empfindlichkeit des statischen Druckwandlers ... 44
12.2.3 Berechnung der Druckempfindlichkeit ... 45
12.3 Einschränkungen ... 45
12.4 Messunsicherheit ... 45
Anhang A (informativ) Moderne Kalibrierverfahren mit akustischen Kopplern ... 46
A.1 Allgemeines ... 46
A.2 Akustische Koppler Kalibrierung mit einem Referenzkoppler mit zwei reziproken Wandlern und einem Zusatzkoppler mit denselben beiden Wandlern und einem zu kalibrierenden Hydrophon ... 47
A.2.1 Allgemeines ... 47
A.2.2 Theorie ... 47
A.3 Akustische Koppler Kalibrierung mit einem Referenzkoppler mit zwei reziproken Wandlern und einem Zusatzkoppler mit denselben beiden Wandlern, einem zu kalibrierenden Hydrophon und einer Schallquelle ... 49
A.3.1 Allgemeines ... 49
A.3.2 Theorie ... 49
A.4 Akustische Koppler Kalibrierung mit einem Koppler, einem reziproken Wandler, einem Sender, dem zu kalibrierenden Hydrophon und einem Zusatzkörper mit bekannter Nachgiebigkeit ... 50
A.4.1 Allgemeines ... 50
A.4.2 Theorie ... 51
Anhang B (informativ) Beurteilung der Messunsicherheit bei der tieffrequenten Druckkalibrierung von Hydrophonen ... 54
B.1 Allgemeines ... 54
B.2 Bewertung der Messunsicherheit nach Typ A ... 54
B.3 Bewertung der Messunsicherheit nach Typ B ... 54
B.4 Angegebene Messunsicherheit ... 54
B.5 Übliche Quellen der Messunsicherheit ... 55
Literaturhinweise ... 57

Bilder

Bild 1 – Darstellung der Kalibrierung durch hydrostatische Anregung ... 22

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Bild 2 – Schematische Darstellung der Kalibrierung durch piezoelektrische Kompensation..... 27
Bild 3 – Darstellung der Kammer für hohe Frequenzen..... 29
Bild 4 – Reziprozitätskoppler mit drei Wandlern: einem Sender P, einem reziproken Wandler T und dem zu kalibrierenden Hydrophon H..... 31
Bild 5 – Vergleichskalibrierung mit dem Pistonphon mit einem kalibrierten Hydrophon..... 38
Bild 6 – Darstellung der Kalibrierung mit einer schwingenden Säule..... 39
Bild 7 – Darstellung der Vergleichskalibrierung mit einer schwingenden Säule..... 42
Bild 8 – Vergleichskalibrierung mit statischem Druckwandler..... 44
Bild A.1 – Referenzkoppler mit zwei Wandlern: einem Sender P und einem reziproken Wandler T..... 48
Bild A.2 – Zusatzkoppler mit drei Wandlern: einem Sender P, einem reziproken Wandler T und dem zu kalibrierenden Hydrophon H..... 48
Bild A.3 – Zusatzkoppler mit vier Wandlern: einem Sender P, einem reziproken Wandler T, einer Schallquelle S und dem zu kalibrierenden Hydrophon H..... 50
Bild A.4 – Schematische Darstellung des Messsystems..... 51

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Einleitung

Der Zweck dieses Dokuments ist, Verfahren für niederfrequente Druckkalibrierungen von **Hydrophonen** im Frequenzbereich von 0,01 Hz bis mehrere Kilohertz festzulegen.

Um die Richtigkeit der Kalibrierungen sicherzustellen, sind die zu kalibrierenden **Hydrophone** „starre“ **Hydrophone** von geringer Größe im Vergleich zur Wellenlänge des Schalls sowie bei der Kalibrierung schwingungsunempfindlich.

Dieses Dokument enthält Kurzbeschreibungen, Verfahrensanweisungen und **Messunsicherheiten** zu physikalischen Kalibrierungen, wie z. B. mittels hydrostatischer Anregung, piezoelektrischer Kompensation, **Pistonphon**, **schwingender Säule**, Dehnungsmesswandler usw., sowie zu Reziprozitätskalibrierungen in akustischen **Kopplern**. Die Kalibrierungen werden nach einem dieser Verfahren durchgeführt, je nachdem welcher Grundsatz anzuwenden ist und welche Begrenzungen für das Schallfeld und den Frequenzbereich gelten.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60565 legt die Verfahren für die niederfrequente Druckkalibrierung von **Hydrophonen** bei vom Kalibrierverfahren abhängigen Frequenzen von 0,01 Hz bis mehrere Kilohertz fest.

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).

IEC 60050-801, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics* (verfügbar unter http://www.electropedia.org/)

IEC 60500:2017, *Underwater acoustics – Hydrophones – Properties of the hydrophone in the frequency range 1 Hz to 500 kHz*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-801, IEC 60500:2017 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter http://www.electropedia.org/
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter http://www.iso.org/obp

3.1
Koppler
Gerät, das aus einer starren flüssigkeitsgefüllten Kammer besteht, in die Wandler und **Hydrophone** eingesetzt werden können, deren Größtmaß im Verhältnis zur Wellenlänge klein ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird die Benennung „kleine Kammer“ austauschbar mit „Koppler“ verwendet.

[QUELLE: IEC 60565:2006 [1][1], 3.3, modifiziert – In der Definition wurde „mit kleinen Abmessungen“ durch „deren Größtmaß im Verhältnis zur Wellenlänge klein ist“ ersetzt.]

3.2
Beugungsfaktor
Verhältnis aus dem Effektivwert des Schalldrucks, gemittelt über denjenigen Teil des **Hydrophons**, der dazu vorgesehen ist, eine ankommende ebene Schalldruckwelle aus einer bestimmten Richtung zu empfangen, zum Effektivwert des Schalldrucks des freien Schallfelds, der an der Position des Bezugszentrums des **Hydrophons** vorhanden wäre, wenn das **Hydrophon** entfernt würde

Anmerkung 1 zum Begriff: Die räumliche Mittelwertbildung wird zuerst durchgeführt und dann die zeitliche.

[QUELLE: IEC 60500:2017, 3.3, modifiziert – In der Definition wurde „the root-mean-square sound pressure“ ersetzt durch „the root-mean-square value of the sound pressure,“ (betrifft nur die englische Fassung) und wurde „am Bezugszentrum“ geändert zu „an der Position des Bezugszentrums“.]

[1] Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

3.3
elektrische Übertragungsimpedanz
$\underline{Z}_{PH}$
<eines Wandlerpaares in einem Koppler> Quotient aus der Fouriertransformierten der Leerlaufspannung $\Im(U_H(t))$ über den elektrischen **Hydrophon**-Anschlussklemmen und der Fouriertransformierten des elektrischen Stroms $\Im(I_P(t))$ durch den **Sender**, wenn **Sender** und **Hydrophon** in einem **Koppler** angeordnet sind

$$\underline{Z}_{PH} = \frac{\Im\left(U_H(t)\right)}{\Im\left(I_P(t)\right)} \quad (1)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **elektrische Übertragungsimpedanz** ist ein komplexer Parameter. Der Betrag der **elektrischen Übertragungsimpedanz** wird in Ohm, Ω, angegeben. Der Phasenwinkel wird in Grad angegeben und stellt die Phasendifferenz zwischen der **Hydrophon**-Spannung und dem **Sender**-Strom dar.

Anmerkung 2 zum Begriff: Weil die **elektrische Übertragungsimpedanz** von den Feldbedingungen, vom hydrostatischen Druck, von der Wassertemperatur und von der Länge der am Wandler angebrachten Leitung abhängt, werden diese Parameter sowie die Frequenz und die elektrischen Anschlüsse, an denen die elektrische Impedanz gemessen wird, festgelegt.

[QUELLE: IEC 60565:2006 1, 3.10, modifiziert – In der Benennung wurde „Wandlerpaar“ gestrichen. Der Geltungsbereich <eines Wandlerpaares in einem Koppler> wurde hinzugefügt. In der Definition wurde „komplexes Verhältnis des Augenblickswertes der Leerlaufspannung U_H“ ersetzt durch „Quotient aus der Fouriertransformierten der Leerlaufspannung $\Im(U_H(t))$“, „zum Augenblickswert des Stroms I_P“ ersetzt durch „der Fouriertransformierten des elektrischen Stroms $\Im(I_P(t))$“ und „wenn **Sender** und **Hydrophon** in einem Freifeld mit ihren gleich ausgerichteten Hauptachsen gegenüberstehend angeordnet sind“ ersetzt durch „wenn **Sender** und **Hydrophon** in einem **Koppler** angeordnet sind“.]

3.4
Hydrophon
elektroakustischer Wandler, der zu im Wasser erzeugten Druck**signalen** analoge elektrische Spannungen erzeugt

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 Kalibrierzwecke benutzt (z. B. beim Vergleich von Kalibrierungen mit Mess-**Hydrophonen**).

Anmerkung 4 zum Begriff: **Hydrophone** werden prinzipiell als Empfänger benutzt, aber bei der Reziprozitätskalibrierung wird ein **Hydrophon** als **reziproker Wandler** benutzt; es funktioniert nicht nur als **Hydrophon**, sondern auch als **Sender** (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.

[QUELLE: IEC 60500:2017, 3.17, modifiziert – In der Definition wurde „elektrische **Signale**“ ersetzt durch „elektrische Spannungen“.]

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

3.5
Pistonphon
Gerät mit einem starren Kolben, der reproduzierbar mit bekannter Frequenz und festem Hub hin und her bewegt werden kann, wodurch ein bekannter Schalldruck in einer geschlossenen kleinen Kammer erzeugt wird

[QUELLE: IEC 60565:2006, 3.20, modifiziert – Änderung gilt nur für die englische Fassung.]

3.6
Druckempfindlichkeit
$\underline{M}_\mathrm{p}$
<eines **Hydrophons**> Quotient aus der Fourier-Transformierten des **Signals** der **Hydrophon**-Leerlaufspannung, $\Im(U_\mathrm{H}(t))$, und der Fourier-Transformierten des über das aktive Element des **Hydrophons** gemittelten Schalldruck-**Signals** $\Im(\mathrm{p(t)})$ bei einer festgelegten Frequenz

$$\underline{M}_\mathrm{p} = \frac{\Im\left(U_\mathrm{H}(t)\right)}{\Im\left(p(t)\right)} \tag{2}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Hydrophon-Druckempfindlichkeit** ist ein komplexer Parameter. Der Betrag der Druckempfindlichkeit eines **Hydrophons** wird in Volt je Pascal, V/Pa, angegeben. Der Phasenwinkel der Empfindlichkeit wird in Grad angegeben und ist die Phasendifferenz zwischen der elektrischen Spannung und dem Schalldruck.

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

Anmerkung 3 zum Begriff: Das aktive Element des **Hydrophons** ist das elektroakustische Element des **Hydrophons**, das schalldruckempfindlich ist.

[QUELLE: IEC 60500:2017, 3.23, modifiziert – In der Definition wurde „Verhältnis des Effektivwerts der Ausgangsspannung“ ersetzt durch „Quotient aus der Fourier-Transformierten des **Signals** der **Hydrophon**-Leerlaufspannung, $\Im(U_\mathrm{H}(t))$,“ und es wurde „zum Effektivwert des über das aktive Element des Hydrophons, das für Schallempfang vorgesehen ist, gemittelten Schalldrucks„ ersetzt durch “und der Fourier-Transformierten des über das aktive Element des **Hydrophons** gemittelten Schalldruck-**Signals** $\Im(\mathrm{p(t)})$“. Die Beschreibung des aktiven Elements des **Hydrophons** wurde in eine Anmerkung zum Begriff verschoben.]

3.7
Druckempfindlichkeitspegel
L_M
zwanzigfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses des Betrags der **Druckempfindlichkeit**, $|\underline{M}_\mathrm{p}|$, zu einer Bezugs-Druckempfindlichkeit M_ref, in Dezibel

$$L_\mathrm{M} = 20\ \log_{10}\frac{|\underline{M}_\mathrm{p}|}{M_\mathrm{ref}}\,\mathrm{dB} \tag{3}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert der Bezugs-Druckempfindlichkeit M_ref ist gleich 1 V/µPa.

[QUELLE: IEC 60500:2017, 3.24, modifiziert – In der Definition wurde vor „der **Druckempfindlichkeit**“ „des Betrags“ und nach „M_ref“ „, in Dezibel“ hinzugefügt.]

3.8
Sender
elektroakustischer Wandler, der zu elektrischen **Signalen** analoge Wasserschall-**Signale** erzeugt

[QUELLE: IEC 60565:2006 [1], 3.37]

3.9
Verhältnis der spezifischen Wärmen
γ
Verhältnis der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und konstantem Volumen

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei trockener Luft und einer Temperatur von 0 °C bis 17 °C ist γ = 1,40.

3.10
reziproker Wandler
linearer, passiver und reversibler elektroakustischer Wandler, dessen Wandlerkoeffizienten in beiden Richtungen gleich sind

[QUELLE: IEC 60565:2006 [1], 3.24, modifiziert – In der Definition wurde „Wandler“ durch „elektroakustischer Wandler“ ersetzt und „, dessen Wandlerkoeffizienten in beiden Richtungen gleich sind“ am Ende der Definition hinzugefügt.]

3.11
Signal
festgelegte zeitveränderliche Größe, wie elektrischer Strom, elektrische Spannung, Schalldruck, Schallausschlag, oder andere Feldgröße von Interesse

[QUELLE: ISO 18405:2017 [2], 3.1.5.8]

3.12
Sende-Stromübertragungskoeffizient
$\underline{S}_{\mathrm{I,T}}$
<eines Wandlers in einem Koppler> Quotient aus der Fourier-Transformierten des Schalldruck-**Signals**, $\Im(p(t))$, und der Fourier-Transformierten des elektrischen Strom-**Signals**, $\Im(I(t))$, durch einen in den **Koppler** eingesetzten Wandler T bei einer festgelegten Frequenz

$$\underline{S}_{\mathrm{I,T}} = \frac{\Im\left(p(t)\right)}{\Im\left(I(t)\right)} \tag{4}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Sende-Stromübertragungskoeffizient** wird in der Einheit Pascal je Ampere, Pa/A, angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Anders als bei der Freifeld-Kalibrierung ist hier kein Abstandsterm erforderlich.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Schalldruck-**Signal** wird in einem **Koppler** als gleichförmig angenommen.

[QUELLE: IEC 60565:2006 [1], 3.36, modifiziert – In der Benennung wurde „Sende-Stromübertragungskoeffizient eines Wandlers in einer kleinen Kammer“ durch „**Sende-Stromübertragungskoeffizient**“ ersetzt. Der Geltungsbereich <eines Wandlers in einem **Koppler**> wurde hinzugefügt. In der Definition wurde „in einer kleinen Kammer“ ersetzt durch „in einem Koppler“ und „zu dem durch die elektrischen Anschlussklemmen eines Wandlers innerhalb der Kammer bei einer bestimmten Frequenz fließenden Strom“ in „durch einen in den **Koppler** eingesetzten Wandler ersetzt. Außerdem wurde „Strom“ durch „der Fourier-Transformierten des elektrischen Strom-**Signals**, $\Im((t))$“ und „Verhältnis des Schalldrucks (gleichförmig angenommen)“ durch „Quotient aus der Fourier-Transformierten des Schalldruck-**Signals**, $\Im(p(t))$“ ersetzt.]

3.13
Messunsicherheit
<einer Messung> nicht-negativer Parameter, der die Streuung der Größenwerte kennzeichnet, die einer Messgröße auf Basis der verwendeten Informationen zugeordnet werden

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007 [3], 2.26]

3.14
schwingende Säule
Gerät, in dem eine Wassersäule in einem vertikal angeordneten zylindrischen Behälter in Schwingung versetzt wird und einen von der Tiefe abhängigen Schalldruck in der Wassersäule erzeugt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Länge der Säule ist im Vergleich zur Wellenlänge des Schalls in Wasser ausreichend klein.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

Das Querschnittsmaß der Säule ist im Vergleich zu ihrer Länge klein.

[QUELLE: IEC 60565:2006 [1], 3.38]

3.15
Wellenzahl
k
Kehrwert der akustischen Wellenlänge, multipliziert mit 2π

$$k = 2\pi / \lambda \tag{5}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Wellenzahl** wird in der Einheit je Meter, m^{-1} angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: In verschiedenen Gebieten der Physik kann der Begriff **Wellenzahl** entweder als $2\pi/\lambda$ oder $1/\lambda$, angesehen werden, in der technischen Akustik wird jedoch $2\pi/\lambda$ bevorzugt. Dieser Begriff ist in IEC 60050-103:2009, 103-10-12, als „Kreis**wellenzahl**“ (Kreisrepetenz) angegeben.

[QUELLE: IEC 60050-726:1982 [4], 726-05-02, modifiziert – In der Definition wurden „Kehrwert der Wellenlänge im Wellenleiter oder“ und „einer ebenen Welle“ gestrichen und es wurden „akustischen“ sowie „multipliziert mit 2π“ vor bzw. nach „Wellenlänge“ hinzugefügt.]

4 Symbole

C_t	akustische Nachgiebigkeit der Kammer
C_M	Nachgiebigkeit des Mediums
c	Schallgeschwindigkeit in Wasser
c_f	Schallgeschwindigkeit in einem Fluid
d	Tiefe oder Abstand des **Hydrophons**
d_{jk}	piezoelektrischer Modul des Gehäusematerials
E	Youngscher Modul
f	Frequenz
g	Fallbeschleunigung
h	Verschiebung des Wasserspiegels im offenen Gefäß
H_e	äquivalente Höhe
ΔH	Änderung des Wasserstandes
I_P	Strom durch den **Sender**
I_T	Strom durch den Wandler
I_c	Kompensationsstrom durch den Null**sender**
K	charakteristische Konstante des piezoelektrischen Nullwandlers
K_0	Korrekturfaktor für den hydrostatischen Druck
k	**Wellenzahl**
L	Länge der Säule oder des **Kopplers**
L_M	**Druckempfindlichkeitspegel** des **Hydrophons**
M_H	Empfindlichkeit des **Hydrophons**
M_p	**Druckempfindlichkeit**
M_T	Empfindlichkeit des statischen Druckwandlers
M_M	Empfindlichkeit des Mikrofons

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01

p	Schalldruck
p_s	statischer Druck
Q	mechanischer Gütefaktor
r	Radius der Wandlerschale
S_P	**Sende-Stromübertragungskoeffizient** eines **Senders** in einem **Koppler**
S_T	**Sende-Stromübertragungskoeffizient** eines Wandlers in einem **Koppler**
U_C	Kompensationsspannung
U_H	Leerlaufspannung am **Hydrophon**
U_M	Leerlaufspannung am Mikrophon
U_{PH}	Leerlaufspannung am **Hydrophon** mit einem **Sender** als Schallquelle
U_{PT}	Leerlaufspannung am Wandler mit einem **Sender** als Schallquelle
U_{TH}	Leerlaufspannung am **Hydrophon** mit einem Wandler als Schallquelle
U_R	Leerlaufspannung an einem Referenz-**Hydrophon**
$\underline{u}$	Schallfluss
V_b	Volumen des Zusatzkörpers
V_t	Gesamtvolumen
ΔV	Volumenänderung
x_0	Schwingungsamplitude
Z	enthält alle Terme, die Übertragungsimpedanzen einbeziehen
$\underline{Z}_{AI}$	akustische Impedanz
$\underline{Z}_{PH}$	**elektrische Übertragungsimpedanz** von **Sender** und **Hydrophon** in einem **Koppler**
$\underline{Z}_{PT}$	**elektrische Übertragungsimpedanz** von **Sender** und Wandler in einem **Koppler**
$\underline{Z}_{TH}$	**elektrische Übertragungsimpedanz** von Wandler und **Hydrophon** in einem **Koppler**
$\underline{Z}_{TP}$	**elektrische Übertragungsimpedanz** von Wandler zu **Sender** in einem **Koppler**
γ	**Verhältnis der spezifischen Wärmen**
ρ	Dichte des Wassers
ρ_f	Dichte des Fluids
σ	Poissonscher Modul
ω	Kreisfrequenz
ω_r	Resonanzkreisfrequenz

5 Kalibrierverfahren

5.1 Kurzbeschreibung

a) Absolute Kalibrierung

Kalibrierung ohne einen Referenzwandler.

b) Relative Kalibrierung

Kalibrierung mit einem kalibrierten Referenzwandler.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: DIN EN IEC 60565-2:2022-01