DIN EN IEC 62127-1

DIN

ICS 11.040.60; 17.140.50

Einsprüche bis 2022-05-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62127-1:2013-11

Entwurf

Ultraschall – Hydrophone – Teil 1: Messung und Charakterisierung von medizinischen Ultraschallfeldern bis zu 40 MHz (IEC 87/747/CD:2020); Text Deutsch und Englisch

Ultrasonics –
Hydrophones –
Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz (IEC 87/747/CD:2020);
Text in German and English

Ultrasons –
Hydrophones –
Partie 1: Mesurage et caractérisation des champs ultrasoniques médicaux jusqu'à 40 MHz (IEC 87/747/CD:2020);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-03-04 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 197 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 87/747/CD:2020-09 „Ultrasonics – Hydrophones – Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD 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 IEC/TC 87 „Ultrasonics“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC. Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

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.

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. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62127-1:2013-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die obere Frequenzgrenze von 40 MHz wurde aufgehoben;

b) die Definitionen der Empfindlichkeit von Hydrophonen wurden geändert, um Empfindlichkeiten als komplexwertige Größen zu erkennen;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

c) Details zur Dekonvolution von Wellenformen wurden hinzugefügt. Verfahren und Anforderungen für Breitband-Messungen wurden geändert;

d) Verfahren zur Korrektur der räumlichen Mittelung wurden angepasst;

e) Anhang D, Anhang E und das Literaturverzeichnis wurden aktualisiert, um die Änderungen der normativen Teile zu unterstützen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Inhalt

Seite

Einleitung ... 8

1 Anwendungsbereich und Zweck ... 9

2 Normative Verweisungen ... 9

3 Begriffe und Symbole ... 10

4 Liste der Formelzeichen (Symbole) ... 32

5 Messanforderungen ... 34

5.1 Anforderungen an Hydrophone und Verstärker ... 34

5.1.1 Einleitung ... 34

5.1.2 Allgemeines ... 34

5.1.3 Empfindlichkeit eines Hydrophons ... 34

5.1.4 Richtungsempfindlichkeit eines Hydrophons ... 35

5.1.5 Wirksamer Hydrophonradius ... 35

5.1.6 Wahl der Größe eines aktiven Hydrophonelements ... 35

5.1.7 Bandbreite ... 36

5.1.8 Linearität ... 39

5.1.9 Hydrophonsignalverstärker ... 39

5.1.10 Kabellänge und Verstärker für Hydrophone ... 40

5.2 Anforderungen an die Positionierung und Wasserbäder ... 40

5.2.1 Allgemeines ... 40

5.2.2 Positionierungssysteme ... 40

5.2.3 Wasserbad ... 41

5.3 Anforderungen an die Systeme zur Datenerfassung und -analyse ... 43

5.4 Empfehlungen für die zu charakterisierenden Ultraschallgeräte ... 43

6 Messverfahren ... 43

6.1 Allgemeines ... 43

6.2 Vorbereitung und Ausrichtung ... 43

6.2.1 Vorbereitung ... 43

6.2.2 Ausrichtung eines Ultraschallwandlers und eines Hydrophons ... 44

6.3 Messung ... 44

6.4 Analyse ... 44

6.4.1 Korrekturen bezüglich eingeschränkter Bandbreite und räumlicher Auflösung ... 44

6.4.2 Messunsicherheiten ... 44

7 Bündelcharakterisierung ... 44

7.1 Allgemeines ... 44

7.2 Primäre Druckparameter ... 46

7.2.1 Allgemeines ... 46

7.2.2 Positiver und negativer Spitzenschalldruck ... 47

7.2.3 Räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks ... 47

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

7.2.4 Lokaler Verzerrungsparameter ... 48
7.3 Aus dem Schalldruck abgeleitete Intensitätsparameter ... 48
7.3.1 Allgemeines ... 48
7.3.2 Intensitätsparameter auf Grundlage des Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks ... 49
8 Anforderungen für bestimmte Ultraschallfelder ... 52
8.1 Allgemeines ... 52
8.2 Diagnostische Felder ... 52
8.2.1 Vereinfachte Verfahren und Anleitungen ... 52
8.2.2 Diagnostikgeräte mit gepulsten Schallwellen ... 52
8.2.3 Diagnostische Dauerschallgeräte ... 53
8.3 Therapeutische Felder ... 53
8.3.1 Physiotherapiegeräte ... 53
8.3.2 Therapeutische Ultraschallfelder hoher Intensität ... 54
8.3.3 Nicht fokussierte und schwach fokussierte Druckpulse ... 55
8.4 Chirurgische Felder ... 55
8.4.1 Lithotripter und Druckpulsquellen für andere therapeutische Zwecke ... 55
8.4.2 Chirurgische Anwendungen bei niedrigen Frequenzen ... 55
8.5 Felder von anderen medizinischen Anwendungen ... 56
9 Übereinstimmungserklärung ... 56
9.1 Allgemeines ... 56
9.2 Wahrscheinliche Höchstwerte ... 56
9.3 Probenahme ... 57
Anhang A (informativ) Allgemeine Begründung ... 58
Anhang B (informativ) Hydrophone und Positionierung ... 60
B.1 Allgemeines ... 60
B.2 Betrachtungen zur elektrischen Belastung ... 60
B.3 Hydrophonsignalverstärker ... 60
B.4 Kabellänge und Verstärker für Hydrophone ... 60
B.5 Wandlerpositionierung ... 61
B.6 Ausrichtung der Hydrophone ... 62
B.7 Auskleidungsmaterial für das Wasserbad ... 62
B.8 Empfehlungen für die zu charakterisierenden Ultraschallgeräte ... 62
B.9 Hydrophonarten ... 63
B.9.1 Keramische Nadel-Hydrophone ... 63
B.9.2 PVDF-Nadelhydrophone ... 63
B.9.3 PVDF-Membranhydrophone ... 63
B.9.4 Faseroptische und optische Hydrophone ... 64
B.9.5 Relative Leistungsfähigkeit der verschiedenen Hydrophonarten ... 65
B.10 Typische Spezifikationsdaten für Hydrophone ... 66
Anhang C (informativ) Schalldruck und Intensität ... 67

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anhang D (informativ) Umrechnung von Spannung in Druck ... 69
D.1 Allgemeines ... 69
D.2 Entfaltungsverfahren bei Hydrophonmessungen ... 70
D.3 Umrechnung der Daten zwischen zweiseitigen und einseitigen Spektren ... 71
D.4 Anwendung der Hydrophon-Kalibrierdaten ... 72
D.4.1 Interpolation der Kalibrierdaten ... 72
D.4.2 Extrapolation der Kalibrierdaten ... 72
D.4.3 Regularisierungsfilter ... 73
D.5 Einfluss des Entfaltungsprozesses auf die Messdauer ... 74
D.6 Validierung der Umsetzung der Entfaltung ... 75
Anhang E (informativ) Korrektur der räumlichen Mittelung ... 76
E.1 Lineare und quasilineare Felder ... 76
E.2 Nichtlinear verzerrte Breitband-Wellenformen ... 78
Anhang F (informativ) Akustische Ausgangsparameter für medizinische Mehrfachmodus-Ultraschallfelder bei Nichtvorhandensein einer Abtastfeldsynchronisation ... 80
F.1 Allgemeines ... 80
F.2 Derzeitige Philosophie ... 80
F.3 Bedarf für einen alternativen Ansatz ... 81
F.4 Vorgeschlagener Ansatz ... 81
F.4.1 Alternative Philosophie ... 81
F.4.2 Alternative Parameter ... 82
F.5 Messverfahren ... 84
F.5.1 Allgemeines ... 84
F.5.2 Spitzendrücke ... 84
F.5.3 Zeitlicher Mittelwert der Intensität ... 84
F.5.4 Frequenz ... 84
F.5.5 Leistung ... 85
F.6 Diskussion ... 85
F.6.1 Zusammenhang mit anderen bestehenden Normen ... 85
F.6.2 Vorteile ... 86
F.6.3 Nachteile ... 86
Anhang G (informativ) Ausbreitungsmedium und Entgasung ... 87
Anhang H (informativ) Spezifische Ultraschallfelder ... 88
H.1 Diagnostische Felder ... 88
H.1.1 Hilfreiche Zusammenhänge zwischen akustischen Parametern ... 88
H.1.2 Diagnostikgeräte mit gepulsten Schallwellen ... 88
H.1.3 Diagnostische Dauerschallgeräte ... 89
H.2 Therapeutische Felder ... 90
H.2.1 Physiotherapiegeräte ... 90
H.2.2 Geräte mit hochintensivem therapeutischem Ultraschall ... 90

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

H.2.3 Nicht fokussierte und schwach fokussierte Druckpulse ... 90
H.3 Chirurgische Felder ... 90
H.3.1 Lithotripter ... 90
H.3.2 Chirurgische Anwendungen bei niedrigen Frequenzen ... 91
Anhang I (informativ) Beurteilung der Messunsicherheit in den mit Hydrophonen ermittelten akustischen Größen ... 92
I.1 Allgemeines ... 92
I.2 Gesamtunsicherheit (erweiterte Unsicherheit) ... 92
I.3 Allgemein übliche Quellen der Messunsicherheit ... 92
Anhang J (informativ) Systeme für Wandler- und Hydrophonpositionierung ... 94
Anhang K (informativ) Bündelbreitenmittelpunktverfahren ... 95
Literaturhinweise ... 96

Bilder

Bild 1 – Schematische Darstellung der verschiedenen Ebenen und Linien in einem Ultraschallfeld (siehe auch IEC 61828) ... 13
Bild 3 – Verschiedene Aperturen und Ebenen für einen Wandler von unbekannter Geometrie [IEC 61828]. 29
Bild 4 – Parameter zur Beschreibung eines Beispiels eines fokussierenden Wandlers mit bekannter Geometrie [IEC 61828, geändert] ... 30
Bild 2 – Schematische Darstellung des Verfahrens zur Bestimmung der Pulsdauer ... 46
Bild D.1 – Flussdiagramm des Entfaltungsverfahrens bei Hydrophonmessungen ... 70
Bild D.2 – Beispiel für eine Wellenform-Entfaltung ... 74
Bild J.1 – Schematische Darstellung der Freiheitsgrade des Ultraschallwandlers und des Hydrophons ... 94

Tabellen

Tabelle 1 – Geeignete akustische Parameter für verschiedenen Typen von medizinischen Ultraschallgeräten ... 45
Tabelle B.1 – Typische Spezifikationsdaten für Hydrophone, angegeben für den Fall von 1 MHz [67] ... 66
Tabelle C.1 – Eigenschaften von destilliertem oder entionisiertem Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur [69] ... 68
Tabelle D.1 – Verfahren zur Umrechnung eines zweiseitigen Spektrums in ein einseitiges Spektrum ... 71
Tabelle D.2 – Verfahren zur Umrechnung eines einseitigen Spektrums in ein zweiseitiges Spektrum ... 72
Tabelle F.1 – In IEC-Normen definierte Hauptparameter ... 80
Tabelle F.2 – Liste der Parameter, die zu verwenden oder wegzulassen sind ... 82
Tabelle K.1 – dB-Bündelbreitenpegel zur Bestimmung der Mittelpunkte ... 95

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Einleitung

Der Hauptzweck dieses Teils von IEC 62127 ist die Definition verschiedener akustischer Parameter, die auf Basis von Hydrophon-Messungen zum Festlegen und Charakterisieren von Ultraschallfeldern, die sich in Flüssigkeiten, insbesondere in Wasser, ausbreiten, verwendet werden können. Hierzu werden Messverfahren beschrieben, die zum Bestimmen dieser Parameter angewendet werden können. Normen zu Messungen, die auf spezielle Geräte bezogen sind, zum Beispiel die Normen IEC 61689, IEC 61157, IEC 61847 oder IEC 62359, können für angemessene akustische Parameter auf diese Norm verweisen. In IEC 62359 werden einige zusätzliche Messverfahren für gedämpfte Parameter und Indizes beschrieben, die die spezifischen Anforderungen hinsichtlich der Charakterisierung der akustischen Ausgangsgrößen von Ultraschalldiagnostikgeräten nach IEC 60601-2-37 betreffen.

Die dieser Norm zu Grunde liegende Philosophie ist die Spezifikation des Schallfeldes in Form von Schalldruckparametern, wobei bei Verwendung von Hydrophonen zum Charakterisieren des Felds der Schalldruck die primäre Messgröße darstellt.

In dieser Internationalen Norm sind Intensitätsparameter festgelegt, die jedoch als abgeleitete Größen anzusehen sind, die nur unter bestimmten Annahmen bezüglich des gemessenen Ultraschallfeldes aussagekräftig sind.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Ultraschall – Hydrophone – Teil 1: Messung und Charakterisierung von medizinischen Ultraschallfeldern bis zu 40 MHz

1 Anwendungsbereich und Zweck

Dieser Teil von IEC 62127 legt Verfahren für die Anwendung von kalibrierten **Hydrophonen** zum Messen der von medizinischen Ultraschallgeräten erzeugten Schallfelder in Flüssigkeiten fest, einschließlich **Bandbreite**-Kriterien und Anforderungen an den Kalibrierfrequenzbereich in Abhängigkeit vom Spektralgehalt der zu charakterisierenden Felder.

Die Zielsetzungen dieser Internationalen Norm sind:

- die Definition einer Gruppe von akustischen Parametern, die auf einer physikalisch zuverlässigen Grundlage gemessen werden können;
- die Definition einer zweiten Gruppe von Parametern, die unter bestimmten Annahmen aus diesen Messungen abgeleitet werden können und abgeleitete Intensitätsparameter genannt werden;
- die Festlegung eines Messverfahrens, das für die Bestimmung von Schalldruckparametern angewendet werden kann;
- die Definition der Bedingungen, unter denen die Messungen von akustischen Parametern mit kalibrierten **Hydrophonen** durchgeführt werden können;
- die Festlegung von Verfahren für die Korrektur bezüglich der durch die Verwendung von **Hydrophonen** mit endlicher **Bandbreite** und endlicher Größe des aktiven Elements hervorgerufenen Einschränkungen und für die Schätzung der zugehörigen Unsicherheiten.

ANMERKUNG 1 In dieser Norm werden SI-Einheiten verwendet. Bei der Festlegung bestimmter Parameter, wie z. B. **Bündelflächen** und Intensitäten, kann es praktisch sein, Dezimalvielfache oder Dezimalteile zu verwenden. Beispielsweise kann die **Bündelfläche** in cm² angegeben sein und die Intensität in W/cm² oder mW/cm².

ANMERKUNG 2 Das **Hydrophon** (wie definiert) darf vom piezoelektrischen oder optischen Typ sein.

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 60050-801:1994, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electroacoustics*

IEC 60565-1, *Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration of Hydrophones, Part 1: Procedures for free-field calibration*

IEC 60565-2, *Underwater acoustics – Hydrophones – Calibration of Hydrophones, Part 2: Procedures for low frequency pressure calibration*

IEC 61828, *Ultrasonics – Focusing transducers – Definitions and measurement methods for the transmitted fields*

IEC/TS 61949, *Ultrasonics – Field characterisation – In situ exposure estimation in finite-amplitude ultrasonic beams*

IEC 62127-2, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 2: Calibration for ultrasonic fields up to 40 MHz*

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

IEC/TR 62781, *Ultrasonics – Conditioning of water for ultrasonic measurements*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

IEC/TS 63081, *Ultrasonics – Methods for the characterization of the ultrasonic properties of materials*

ISO 16269-6:2005, *Statistical interpretation of data – Part 6: Determination of statistical tolerance intervals*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 98-3-SP2:2011, *Supplement 2 – Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995) – Extension to any number of output quantities*

ANMERKUNG Die folgenden Dokumente stützen sich auf die richtige Anwendung dieses Dokuments.

IEC 61157, *Standard means for the reporting of the acoustic output of medical diagnostic ultrasonic equipment*

IEC 62359, *Ultrasonics – Field characterization – Test methods for the determination of thermal and mechanical indices related to medical diagnostic ultrasonic fields*

IEC 60601-2-37, *Medical electrical equipment – Part 2-37: Particular requirements for the safety of ultrasonic medical diagnostic and monitoring equipment*

IEC 61689, *Ultrasonics – Physiotherapy systems – Performance requirements and methods of measurement in the frequency range 0,5 MHz to 5 MHz*

IEC 63009, *Ultrasonics - Physiotherapy systems – Field specifications and methods of measurement in the frequency range 20 kHz to 500 kHz*

IEC 60601-2-5 *Medical electrical equipment – Part 2-5: Particular requirements for the safety of ultrasonic physiotherapy equipment*

IEC/TS 62556, *Ultrasonics – Field characterization – Specification and measurement of field parameters for high intensity therapeutic ultrasound (HITU) transducers and systems*

IEC/TS 62937, *Measurement of ultrasound field parameters at high pressure therapeutic levels in water*

IEC/TS 62900, *Ultrasonics – Field Characterisation – measurement-based simulation in water and other media*

IEC 60601-2-62, *Medical electrical equipment – Part 2-62: Particular requirements for the basic safety and essential performance of high intensity therapeutic ultrasound (HITU) equipment*

IEC 61846, *Ultrasonics – Pressure pulse lithotripters – Characteristics of fields*

IEC 61847, *Ultrasonics – Surgical systems – Measurement and declaration of the basic output characteristics*

EN 45502-1, *Implants for surgery – Active implantable medical devices – Part 1: General requirements for safety, marketing and for information to be provided by the manufacturer.*

3 Begriffe und Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 62127-2, IEC 62127-3 und die folgenden Begriffe. Dies schließt auch ein, dass Definitionen in Bezug auf Themen dieses Dokuments in bestimmten Normen über medizinische Ultraschallgeräte genutzt werden.

3.1
Schallpulsform
zeitliche Wellenform (Kurvenverlauf) des **Augenblickswertes des Schalldrucks** an einem gegebenen Punkt des Schallfeldes, über eine so lange Zeitspanne angezeigt, dass alle wichtigen akustischen Angaben in einem einzigen Puls oder Tonburst enthalten sind oder bei Dauerschall in einem oder mehreren Wellenzügen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der zeitliche Kurvenverlauf entspricht einer Darstellung (z. B. Oszilloskopdarstellung oder

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Gleichung) des **Augenblickswertes des Schalldrucks**.

3.2
akustische Wiederholperiodendauer
arp
Pulswiederholperiodendauer bei nichtautomatischen Abtastsystemen und **Wiederholperiodendauer der Abtastung** bei automatischen Abtastsystemen; entspricht dem zeitlichen Abstand zwischen korrespondierenden Punkten von aufeinanderfolgenden Schwingungsperioden bei Dauerschallsystemen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **akustische Wiederholperiodendauer** wird in Sekunden (s) angegeben.

3.3
akustische Frequenz
akustische Arbeitsfrequenz
Frequenz eines akustischen Signals auf der Grundlage der Beobachtung der Ausgangsspannung eines **Hydrophons**, das in einem Schallfeld an der Position angeordnet ist, die dem **räumlichen und zeitlichen Spitzenwert des Schalldrucks** entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Signal wird entweder nach dem **Nulldurchgangsverfahren** oder einem Spektralanalysenverfahren analysiert. Akustische Arbeitsfrequenzen sind in 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 und 3.3.5 definiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: In einer Vielzahl von Fällen ist die vorliegende Definition nicht sehr hilfreich bzw. zweckmäßig, was insbesondere für **Breitbandwandler** gilt. In diesem Fall sollte eine vollständige Beschreibung des Frequenzspektrums angegeben werden, um jegliche frequenzabhängige Korrektur am Signal vornehmen zu können.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die **akustische Frequenz** wird in Hertz (Hz) angegeben.

3.3.1
akustische Arbeitsfrequenz beim Nulldurchgang
f_{awf}
Anzahl n aufeinanderfolgender Schwingungshalbperioden (unabhängig von der Polarität) geteilt durch das Zweifache der Zeit zwischen dem Beginn der ersten Schwingungshalbperiode und dem Ende der n-ten Schwingungshalbperiode

Anmerkung 1 zum Begriff: Keine der n Schwingungshalbperioden sollte Anzeichen einer Phasenänderung zeigen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Messung sollte an den Anschlusspunkten im Empfänger durchgeführt werden, die so nah wie möglich am Empfangswandler (**Hydrophon**) und in allen Fällen vor der Gleichrichtung liegen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Diese Frequenz wird nach dem in IEC/TR 60854 festgelegten Verfahren bestimmt.

Anmerkung 4 zum Begriff: Diese Frequenz ist nur für Dauerschallsysteme vorgesehen.

3.3.2
arithmetischer Mittelwert der akustischen Arbeitsfrequenz
f_{awf}
das arithmetische Mittel der zahlenmäßig am weitesten auseinanderliegenden Frequenzen f_1 und f_2 innerhalb eines Bereiches von 3-mal f_1, bei denen der Pegel des Schalldruckspektrums 3 dB unter dem Spitzenpegel liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Frequenz ist lediglich für Systeme mit gepulsten Schallwellen vorgesehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es wird vorausgesetzt, dass $f_1 < f_2$.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wenn f_2 sich nicht im Bereich von < 3 f_1 befindet, ist f_2 als niedrigste Frequenz über diesem Bereich zu verstehen, bei dem der Pegel des Schalldruckspektrums 3 dB unter dem Spitzenpegel liegt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.3.3
pegelbewertete akustische Arbeitsfrequenz
f_{awf}
Frequenz, die mit dem spektralen Schalldruckbetrag in dem Frequenzbereich, in dem der Pegel des Schalldruckspektrums 3 dB oder mehr unter dem Spitzenpegel liegt, bewertet wurde

$$f_{awf} = \frac{\int f|P(f)|\mathrm{d}f}{\int |P(f)|\mathrm{d}f} \quad \text{mit} \quad |P(f)| = \begin{cases} |P(f)| & \text{wenn } P_{\mathrm{dB}}(f) \geq \max P_{dB}(f) - 3\mathrm{dB} \\ 0 & \text{ansonsten} \end{cases} \tag{1}$$

Dabei ist

f die Frequenz des Schalldruckspektrums;

$|P(f)|$ der Betrag des komplexwertigen Spektrums der **Schallpulsform**;

$P_{dB}(f)$ das Schalldruckpegelspektrum, gegeben durch

$$P_{\mathrm{dB}}(f) = 20\log_{10}\left(\frac{|P(f)|}{P_{\mathrm{ref}}}\right) \ \mathrm{dB} \ \text{with} \ P_{\mathrm{ref}} = 1 \ \mathrm{Pa}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Frequenz ist lediglich für Systeme mit gepulsten Schallwellen vorgesehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Integrale in (1) sind endliche (bestimmte) Integrale, die vom Minimum bis zum Maximum des erfassten Signalspektrum bestimmt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Beschränkung auf diesen Bereich mit Schalldruckpegeln gleich oder größer als –3 dB des Spitzenpegels ist erforderlich, um den Einfluss von höheren Oberschwingungsfrequenzen auf die **akustische Arbeitsfrequenz** zu vermeiden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die Definition nach 3.3.3 führt zu stabileren Ergebnissen für die **akustische Arbeitsfrequenz** als die Definition in 3.3.2, wenn es Spitzenwerte im Schalldruckspektrum gibt, die nahe dem –3-dB-Schwellenwert liegen. Dies ist insbesondere für die Bestimmung der herabgesetzten Feldparameter, wie in IEC 62359 gefordert, relevant, wobei ein einziger Minderungsfaktor (Derating-Faktor) in Abhängigkeit von der **akustische Arbeitsfrequenz** angewendet wird.

3.3.4
akustische Spitzenpulsfrequenz
f_p
akustische Arbeitsfrequenz des Pulses mit dem größten **negativen Spitzenschalldruck**, gemessen am Punkt des Höchstwerts des **negativen Spitzenschalldrucks**

3.3.5
zeitlicher Mittelwert der akustischen Frequenz
f_t
akustische Arbeitsfrequenz des zeitlich gemittelten Schalldruckspektrums der am Punkt des höchsten **zeitlichen Mittelwerts der Intensität** gemessenen Schallsignale

3.4
Azimutalachse
durch die Schnittmenge der **Azimutalebene** und der **Quellen-Aperturebene** (Messung) oder der **Wandleraperturebene** (Konstruktion) gebildete Achse

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

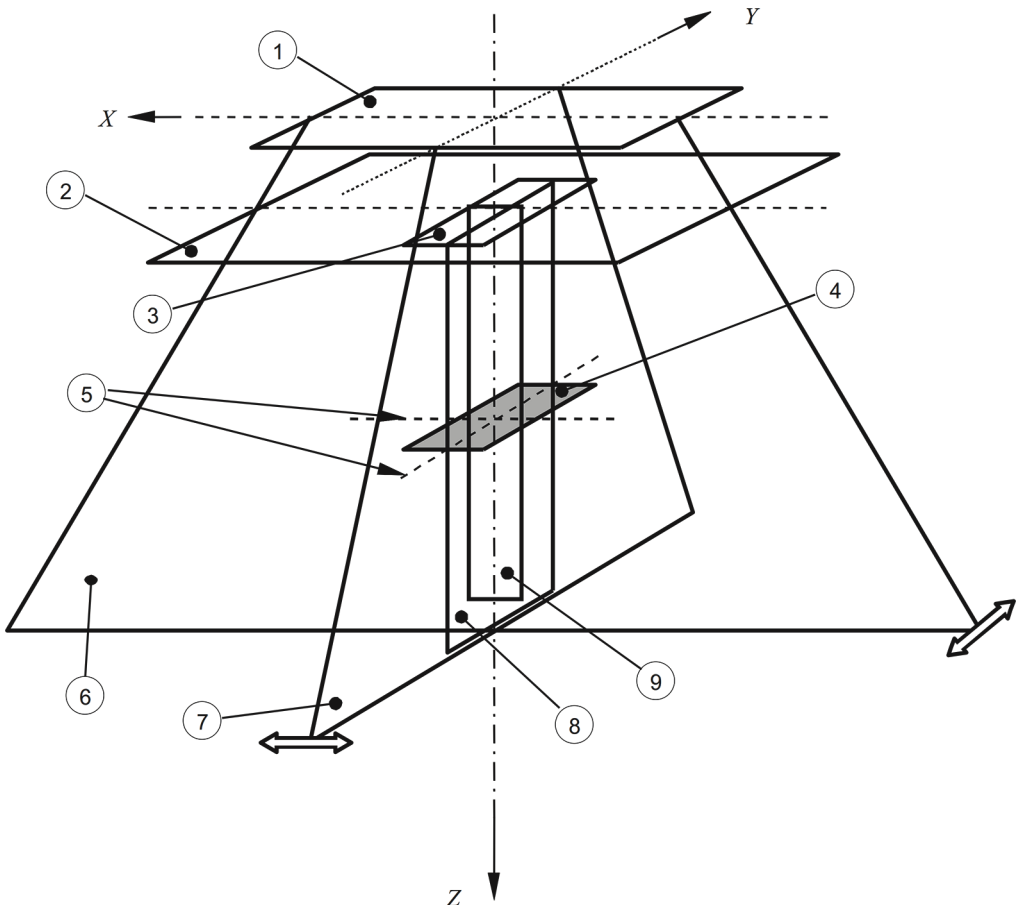


Bild 1 – Schematische Darstellung der verschiedenen Ebenen und Linien in einem Ultraschallfeld (siehe auch IEC 61828)

Legende

X	Azimutalachse
Y	Höhenachse
Z	Bündelachse
1	äußere Wandlertemperatur
2	Quellenaperturebene
3	Aperturebene
4	Bündelflächenebene
5	Bündelbreitenlinien
6	Azimutalebene/Abtastebene
7	Höhenebene
8	Längsebene
9	Hauptlängsebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.5
Azimutalebene
die **Abtastebene** bei einem abtastenden **Ultraschallwandler** bzw. die **Hauptlängsebene** bei einem nichtabtastenden **Ultraschallwandler**

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.6
Bandbreite
BW
Differenz zwischen den zahlenmäßig am weitesten auseinanderliegenden Werten f_1 und f_2, bei denen der Pegel des Schalldruckspektrums 3 dB kleiner als der Spitzenpegel ist, an einem bestimmten Punkt im Schallfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Bandbreite** wird in Hertz (Hz) angegeben.

3.7
Bündelfläche
$A_{b,6}$, $A_{b,20}$
Fläche in einer festgelegten Ebene senkrecht zur **Bündelachse**, die alle Punkte enthält, in denen das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** größer als ein festgelegter Anteil des Höchstwertes des **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** in dieser Ebene ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Ist die Lage der Ebene nicht gegeben, ist es die Ebene, die durch den Punkt verläuft, der dem Höchstwert des **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** im gesamten Schallfeld entspricht.

Anmerkung 2 zum Begriff: In einer Vielzahl von Situationen wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ in der oben angegebenen Definition überall durch eine im linearen Zusammenhang stehende Größe ersetzt, zum Beispiel

a) im Falle eines Dauerschallsignals wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ ersetzt durch „Mittelwert des quadrierten Schalldrucks“ nach IEC 61689,

b) in Fällen, bei denen die Signalsynchronisation mit dem Abtastfeld nicht möglich ist, darf der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ ersetzt werden durch „**zeitlicher Mittelwert der Intensität**“.

Anmerkung 3 zum Begriff: Einige festgelegte Anteile sind 0,25 für die –6-dB- und 0,01 für die –20-dB-Bündelfläche.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die **Bündelfläche** wird in Quadratmeter (m²) angegeben.

Anmerkung 5 zum Begriff: Definition aus IEC 61828:2001, modifiziert.

3.8
Bündelachse
Gerade, die durch die **Bündelmittelpunkte** von zwei Ebenen verläuft, die senkrecht zu der Gerade stehen, die den Punkt des maximalen **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** mit dem Mittelpunkt der **äußeren Wandlerapertur** verbindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lage der ersten Ebene entspricht der Lage derjenigen Ebene, die das maximale **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** enthält oder, alternativ betrachtet, einer Ebene, die eine einzelne, in der fokalen Fraunhofer-Zone liegende Hauptkeule enthält. Die Lage der zweiten Ebene befindet sich so weit wie praktisch möglich von der ersten Ebene entfernt und verläuft parallel zur ersten Ebene mit den gleichen orthogonalen Abtastlinien (x- und y-Achse), wie für die erste Ebene verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: In einer Vielzahl von Situationen wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ in der oben angegebenen Definition durch eine im linearen Zusammenhang stehende Größe ersetzt, zum Beispiel

a) im Falle eines Dauerschallsignals wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ ersetzt durch „Mittelwert des quadrierten Schalldrucks“ nach IEC 61689,

b) in Fällen, bei denen die Signalsynchronisation mit dem Abtastfeld nicht möglich ist, darf der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ ersetzt werden durch „**zeitlicher Mittelwert der Intensität**“.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 4 zum Begriff: Definition aus IEC 61828:2001, modifiziert.

3.9
Bündelmittelpunkt
Punkt, in dem sich zwei durch die **Bündelbreitenmittelpunkte** zweier orthogonaler Ebenen, xz und yz, gehende Linien in der gleichen Bündelflächenebene, der xy-Ebene, senkrecht zu ihren jeweiligen Bündelbreitenlinien schneiden

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition aus IEC 61828:2001, modifiziert.

3.10
Bündelbreitenmittelpunkt
linearer Mittelwert der Lage der Mittelpunkte der **Bündelbreiten** in einer Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Mittelwert wird über so viele Pegel für die **Bündelbreite** in Tabelle K.1 bestimmt, wie der Signalpegel erlaubt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.11
Bündelbreite
w_6, w_{12}, w_{20}
größter Abstand zwischen zwei Punkten auf einer festgelegten Achse senkrecht zur **Bündelachse**, an denen das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** seinen Höchstwert auf der **Bündelachse** um einen festgelegten Betrag unterschreitet

Anmerkung 1 zum Begriff: In einer Vielzahl von Situationen wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ in der oben angegebenen Definition durch eine im linearen Zusammenhang stehende Größe ersetzt, zum Beispiel

a) im Falle eines Dauerschallsignals wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ ersetzt durch „Mittelwert des quadrierten Schalldrucks“ nach IEC 61689,

b) in Fällen, bei denen die Signalsynchronisation mit dem Abtastfeld nicht möglich ist, kann der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ ersetzt werden durch „**zeitlicher Mittelwert der Intensität**“.

Anmerkung 2 zum Begriff: Häufig angewendete **Bündelbreiten** sind bei –6 dB, –12 dB und –20 dB unterhalb des Höchstwertes festgelegt. Die Dezibel-Berechnung bedeutet die Verwendung des 10-Fachen vom Logarithmus der Verhältnisse der Integrale.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die **Bündelbreite** wird in Meter (m) angegeben.

Anmerkung 4 zum Begriff: Definition aus IEC 61828:2001, leicht modifiziert.

3.12
Breitbandwandler
Wandler, der einen Schallpuls erzeugt, dessen **Bandbreite** größer als die **akustische Arbeitsfrequenz** ist

3.13
mittlere (zentrale) Abtastlinie
bei automatischen Abtastsystemen die **Ultraschallabtastlinie**, die der Symmetrieachse der **Abtastebene** am nächsten liegt

3.14
diametrale Bündelabtastung
Reihe von Messungen der **Hydrophon**-Ausgangsspannung, die während der Bewegung des **Hydrophons** entlang einer Geraden, die durch einen Punkt auf der **Bündelachse** und in einer Richtung senkrecht zur **Bündelachse** verläuft, durchgeführt wird

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **diametrale Bündelabtastung** kann sich über verschiedene Abstände auf jeder Seite der **Bündelachse** erstrecken

3.15
Abstand z_r

z_r

Abstand entlang der **Bündelachse** zwischen der Ebene, in der der **negative Spitzenschalldruck** liegt, und der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Abstand** z_r wird in Meter (m) angegeben.

3.16
Abstand z_c

z_c

Abstand entlang der **Bündelachse** zwischen der Ebene, in der der **positive Spitzenschalldruck** liegt, und der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Abstand** z_c wird in Meter (m) angegeben.

3.17
Abstand z_{ppsi}

z_{ppsi}

Abstand entlang der **Bündelachse** zwischen der Ebene, in der der Höchstwert des **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** liegt, und der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Abstand** z_{ppsi} wird in Meter (m) angegeben.

3.18
Abstand z_{spta}

z_{spta}

Abstand entlang der **Bündelachse** zwischen der Ebene, in der der **räumliche Spitzen- und zeitliche Mittelwert der Intensität** liegt, und der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Praxis ist dieser Abstand gleich dem Abstand z_{ppsi}.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Abstand** z_{spta} wird in Meter (m) angegeben.

3.19
Abstand z_{offset}

z_{offset}

Abstand entlang der **Bündelachse** zwischen der Ebene, die die aktive Oberfläche des **Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe** enthält, und der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Abstand** z_{offset} wird in Meter (m) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition mit modifiziertem Symbol aus IEC 61828:2001 übernommen.

3.20
elektrische Lastimpedanz

$\underline{Z}_L$

komplexe elektrische Eingangsimpedanz (bestehend aus einem Realteil und einem Imaginärteil), an die das Ausgangskabel der **Hydrophoneinheit** angeschlossen ist oder angeschlossen werden soll

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **elektrische Lastimpedanz** wird in Ohm (Ω) angegeben.

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

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.21
wirksamer Hydrophonradius
a_h, a_{h3}, a_{h6}
Radius eines Empfangs-**Hydrophons** mit starrer Piezoscheibe, das eine vorhergesagte Funktion der **Richtungsempfindlichkeit** mit einem Öffnungswinkel gleich dem beobachteten Öffnungswinkel hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Öffnungswinkel wird bei einem festgelegten Pegel unterhalb des Spitzenwertes der **Richtungsempfindlichkeits**-Funktion bestimmt. Für die festgelegten Pegel von 3 dB und 6 dB werden die Radien als a_{h3} bzw. a_{h6} bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **wirksame Hydrophonradius** wird in Meter (m) angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Radius ist üblicherweise eine Funktion der Frequenz. Bezüglich repräsentativer Versuchsdaten siehe [1].

Anmerkung 4 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 62127-3.

3.22
wirksamer Radius eines nicht fokussierenden Ultraschallwandlers
a_t
Radius eines idealen Kolbenmembran-**Ultraschallwandlers**, der eine vorausgesagte axiale Schalldruckverteilung hat, die der beobachteten axialen Schalldruckverteilung über einen axialen Abstand bis mindestens über den letzten axialen Höchstwert hinaus annähernd gleich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **wirksame Radius eines nicht fokussierenden Ultraschallwandlers** wird in Meter (m) angegeben.

3.23
Höhenachse
Linie in der **Quellenaperturebene** (Messung) oder **Wandleraperturebene** (Konstruktion), die senkrecht zur **Azimutalachse** ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.24
Höhenebene
Längsebene, die die **Höhenachse** enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.25
Empfindlichkeit bei Last am Kabelende
$\underline{M}_L(f)$
<eines **Hydrophons** oder einer **Hydrophoneinheit**> Quotient aus der Fourier-Transformierten des **Hydrophon**-Spannungs-Zeit-Signals, $\Phi(u_L(t))$, am Ende eines integrierten Kabels oder Ausgangssteckers eines **Hydrophons** oder einer **Hydrophoneinheit** bei Anschluss an eine festgelegte **elektrische Lastimpedanz** und der Fourier-Transformierten der **Schallpulsform**, $\Phi(p(t))$, im ungestörten Freifeld einer ebenen Welle am Ort des **Bezugszentrums** des **Hydrophons**, wenn das **Hydrophon** entfernt worden wäre

$$\underline{M}_L(f) = \frac{F(u_L(t))}{F(p(t))} \quad (2)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Empfindlichkeit bei Last am Kabelende** ist ein komplexwertiger Parameter. Ihr Betrag wird in Volt je Pascal (V/Pa) angegeben, ihr Phasenwinkel wird in Grad angegeben und stellt die Phasendifferenz zwischen

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

der elektrischen Spannung und dem Schalldruck dar.

3.26
Empfindlichkeit bei Leerlauf am Kabelende
$\underline{M}_c(f)$
<eines **Hydrophons**> Quotient aus der Fourier-Transformierten des **Hydrophon**-Leerlaufspannungs-Zeit-Signals, $\Phi(u_c(t))$, am Ende eines integrierten Kabels oder Ausgangssteckers eines **Hydrophons** und der Fourier-Transformierten der **Schallpulsform**, $\Phi(p(t))$, im ungestörten Freifeld einer ebenen Welle am Ort des **Bezugszentrums** des **Hydrophons**, wenn das **Hydrophon** entfernt worden wäre

$$\underline{M}_C(f) = \frac{F(u_C(t))}{F(p(t))} \tag{3}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Empfindlichkeit bei Leerlauf am Kabelende** ist ein komplexwertiger Parameter. Ihr Betrag wird in Volt je Pascal (V/Pa) angegeben, ihr Phasenwinkel wird in Grad angegeben und stellt die Phasendifferenz zwischen der elektrischen Spannung und dem Schalldruck dar.

3.27
äußere Wandlerapertur
Teil der Oberfläche des **Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe**, die Ultraschall in das Ausbreitungsmedium aussendet

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Oberfläche steht entweder direkt in Berührung mit dem Patienten oder ist in Kontakt mit dem Patienten über einen Schallweg durch Wasser oder eine andere Flüssigkeit.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.28
Fernfeld
Bereich des Feldes, in dem $z > z_T$ entlang der **Bündelachse** ist, für ebene, nicht fokussierende Wandler

Anmerkung 1 zum Begriff: Im **Fernfeld** breitet sich der Schalldruck von einem Punkt auf oder nahe der strahlenden Oberfläche sphärisch divergent aus. Damit ist der durch die Schallquelle erzeugte Druck umgekehrt proportional zum Abstand von dieser Schallquelle.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „**Fernfeld**“ wird in dieser Internationalen Norm nur im Zusammenhang mit nicht fokussierenden Ultraschallwandlern verwendet. Bei fokussierenden Wandlern gilt für die verschiedenen Teile des übertragenen Feldes eine andere Terminologie (siehe IEC 61828).

Anmerkung 3 zum Begriff: Wenn die Form der Wandlerapertur verschiedene **Übergangsabstände** erzeugt, wird der am weitesten vom Wandler entfernte verwendet.

3.29
geometrischer Hydrophonradius
a_g
Radius, der durch die Maße des aktiven **Hydrophon**elements definiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **geometrische Hydrophonradius** wird in Meter (m) angegeben.

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

3.30
Hydrophon
Wandler, der zu Wasserschall-Signalen analoge elektrische Signale erzeugt

[QUELLE: IEV 801-32-26]

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.31
Hydrophoneinheit
Kombination aus **Hydrophon** und **Hydrophon-Vorverstärker**

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 62127-3.

3.32
Hydrophon-Vorverstärker
aktives elektronisches Gerät, das an ein bestimmtes **Hydrophon** angeschlossen ist bzw. angeschlossen werden soll und die Ausgangsimpedanz des **Hydrophons** verringert

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein **Hydrophon-Vorverstärker** benötigt eine Versorgungsspannung (oder Versorgungsspannungen).

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Hydrophon-Vorverstärker** kann einen Vorwärts-Spannungsübertragungsfaktor von weniger als eins haben, d. h. er muss nicht unbedingt ein Spannungsverstärker im engeren Sinne sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 62127-3.

3.33
Augenblickswert des Schalldrucks
$p(t)$
in einem bestimmten Punkt im Schallfeld der Unterschied zwischen dem Druck, der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden ist, und dem Umgebungsdruck (siehe auch IEV 801-01-19)

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Augenblickswert des Schalldrucks** wird in Pascal (Pa) angegeben.

3.34
Augenblickswert der Intensität
$I(t)$
Schallenergie, die je Zeiteinheit in der Ausbreitungsrichtung der Schallwelle je Flächeneinheit senkrecht zu dieser Richtung zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Punkt eines Schallfelds übertragen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Augenblickswert der Intensität** ist das Produkt des **Augenblickswerts des Schalldrucks** und der Teilchengeschwindigkeit. Es ist schwierig, die Intensität im Frequenzbereich des Ultraschalls zu messen. Für die in dieser Internationalen Norm angeführten Messzwecke und unter Bedingungen mit ausreichendem Abstand von der **äußeren Wandlerapertur** (mindestens ein Wandlerdurchmesser oder ein entsprechendes Wandlermaß im Falle eines nicht kreisförmigen Wandlers) kann der **Augenblickswert der Intensität** durch den **Augenblickswert der abgeleiteten Intensität** angenähert werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Augenblickswert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.35
Längsebene
von der **Bündelachse** und einer festgelegten orthogonalen Achse definierte Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.43.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.36
mittlerer Scheitelwert des Schalldrucks
p_m
arithmetischer Mittelwert des **negativen Spitzenschalldruck** (Spitzenwertes des Schallunterdrucks) und des **positiven Spitzenschalldrucks**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **mittlere Scheitelwert des Schalldrucks** wird in Pascal (Pa) angegeben.

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC/TS 61949.

3.37
Nahfeld
Bereich des Feldes, in dem $z < z_T$ entlang der **Bündelachse** ist, für ebene, nicht fokussierende Wandler

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei kreisförmigen ebenen Wandlern liegt dieser Bereich in einem geringeren Abstand als $A_{ob}/\pi\lambda$, wobei A_{ob} die **Fläche des Ausgangsbündels** und λ die Wellenlänge des Ultraschalls der entsprechenden **akustischen Arbeitsfrequenz** ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn die Form der Wandlerapertur verschiedene **Übergangsabstände** erzeugt, muss der am nächsten zum Wandler liegende verwendet werden.

3.38
lokaler Verzerrungsparameter
σ_q

Index, der die Vorhersage einer nichtlinearen Verzerrung des Ultraschalls für einen bestimmten **Ultraschallwandler** erlaubt und als σ_q folgendermaßen bestimmt werden kann:

$$\sigma_q = z p_m \frac{2\pi f_{awf} \beta}{\rho \cdot c^3} \frac{1}{\sqrt{F_a}} \quad (4)$$

Dabei ist

z der axiale Abstand vom betrachteten Punkt zur Wandleraustrittsfläche;

p_m der **mittlere Scheitelwert des Schalldrucks** an dem Punkt im akustischen Feld, der dem **räumlichen und zeitlichen Spitzenwert des Schalldrucks entspricht**;

β der Parameter der Nichtlinearität ($\beta = 1 + B/2A = 3{,}5$ für reines Wasser bei 20 °C);

f_{awf} die **akustische Arbeitsfrequenz**;

F_a der **lokale Flächenfaktor**.

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn das Sendesystem ein interne Vorlaufstrecke hat, die ein Wasser- oder wasseräquivalentes Ausbreitungsmedium nutzt, erhöht der mit der Vorlaufstrecke verbundene Abstand zwischen dem Wandlerelement und der Austrittsfläche des Wandlers die zu berücksichtigende tatsächliche Weglänge z. Der Nennabstand zwischen dem Schnittpunkt der **Bündelachse** mit dem Kristall und der Austrittsfläche des Wandlers kann verwendet werden.

[QUELLE: IEC/TS 61949:2007, Begriff 3.12, geändert – Der Text des Begriffs wurde grundlegend verändert, die Gleichung ist jedoch unverändert; Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

3.39
Betriebsmodi

3.39.1
Kombinationsmodus
Betriebsart eines Systems mit der Kombination von mehr als einem **Einzelmodus**

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für **Kombinationsmoden** sind Echtzeit-B-Modus kombiniert mit M-Modus (B + M), Echtzeit-B-Modus kombiniert mit gepulstem Doppler (B + D), Farb-M-Modus (cM), Echtzeit-B-Modus kombiniert mit M-Modus und gepulstem Doppler (B + M + D), Echtzeit-B-Modus kombiniert mit Echtzeit-Dopplermodus zur Strömungsdarstellung (B + rD), d. h. Strömungsdarstellung, bei der verschiedene Typen von akustischen Pulsen verwendet werden, um die Doppler-Information und die bildgebende Information zu erzeugen.

3.39.2
Einzelmodus
Betriebsart eines medizinischen Ultraschalldiagnostikgerätes, bei der der **Ultraschallwandler** oder die **Ultraschallwandlerelementgruppe** zu dem Zweck angeregt werden, nur ein diagnostisches Verfahren anzuwenden

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Beispiele für **Einzelmoden** sind A-Modus (A), M-Modus (M), statischer B-Modus (sB), Echtzeit-B-Modus (B), Dauerschall-Doppler (cwD), gepulster Doppler (D), statischer Dopplermodus zur Strömungsdarstellung (sD) und Echtzeit-Dopplermodus zur Strömungsdarstellung (rD), die nur einen Typ von akustischem Puls verwenden.

3.39.3
eingeschlossener Modus
Kombinationsmodus mit geringeren akustischen Ausgangswerten (p_r und I_{spta}) als diejenigen, die einem festgelegten **Einzelmodus** entsprechen

3.39.4
nicht abtastender Modus
Betriebsart eines Systems, bei der mit einer Folge von Ultraschallpulsen **Ultraschallabtastlinien** erzeugt werden, die demselben akustischen Pfad folgen

3.39.5
abtastender Modus
Betriebsart eines Systems, bei der mit einer Folge von Ultraschallpulsen **Ultraschallabtastlinien** erzeugt werden, die nicht demselben akustischen Pfad folgen

3.40
Fläche des Ausgangsbündels
A_{ob}
Fläche des Ultraschallbündels, ermittelt aus der –12-dB-**Bündelfläche** an der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Zwecke der Messgenauigkeit kann die –12-dB-**Fläche des Ausgangsbündels** aus Messungen bei einem so gewählten Abstand ermittelt werden, dass diese Fläche so nah wie möglich am Äußeren des Wandlers und, falls möglich, nicht mehr als 1 mm davon entfernt positioniert ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Kontaktwandlern kann diese Fläche als geometrische Fläche des **Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe** übernommen werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die **Fläche des Ausgangsbündels** wird in Quadratmeter (m²) angegeben.

3.41
Maße des Ausgangsbündels
X_{ob}, Y_{ob}
Maße des Ultraschallbündels (–12-dB-**Bündelbreite**) in festgelegten Richtungen senkrecht zueinander und senkrecht zur **Bündelachse** und an der **äußeren Wandlerapertur**

Anmerkung 1 zum Begriff: Aus Gründen der Messgenauigkeit können die –12-dB-**Maße des Ausgangsbündels** aus Messungen in einem so nah wie möglich zur Austrittsfläche des Wandlers gewählten Abstand, möglichst nicht mehr als 1 mm zur Austrittsfläche, abgeleitet werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Kontaktwandlern können die geometrischen Maße des **Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe** als Maße des Ausgangsbündels verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die **Maße des Ausgangsbündels** werden in Meter (m) angegeben.

3.42
Ausgangsintensität des Bündels
I_{ob}
zeitlich gemittelte Ausgangsleistung geteilt durch die **Fläche des Ausgangsbündels**

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Ausgangsintensität des Bündels** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.43
Spitzenschalldruck
p_r (oder p_-) oder p_c (oder p_+)
entweder der **positive Spitzenschalldruck** oder der **negative Spitzenschalldruck**

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Spitzenschalldruck** wird in Pascal (Pa) angegeben.

3.44
negativer Spitzenschalldruck
p_r (oder p_-)
höchster Wert des Betrags des negativen **Augenblickswertes des Schalldrucks** in einem Schallfeld oder in einer vorgegebenen Ebene während einer **akustischen Wiederholperiodendauer**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **negative Spitzenschalldruck** wird als positive Zahl ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **negative Spitzenschalldruck** wird in Pascal (Pa) angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Definition des **negativen Spitzenschalldrucks** gilt auch für den Begriff des Spitzen-Unterdrucks, der ebenfalls in der Literatur verwendet wird.

3.45
positiver Spitzenschalldruck
p_c (oder p_+)
höchster positiver **Augenblickswert des Schalldrucks** in einem Schallfeld oder in einer vorgegebenen Ebene während einer **akustischen Wiederholperiodendauer**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **positive Spitzenschalldruck** wird in Pascal (Pa) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Definition des **positiven Spitzenschalldrucks** gilt auch für den Begriff des Spitzenüberdrucks, der ebenfalls in der Literatur verwendet wird.

3.46
Hauptlängsebene
die **Ebene**, die die **Bündelachse** und die kleinste –6-dB-**Bündelbreite** enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei rechteckigen **Ultraschallwandlern** ist es die Ebene parallel zu ihrer längsten Seite.

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.59.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.47
Pulsmittelwert der Intensität
I_{pa}
Quotient aus **Pulsintegral der Intensität** und **Pulsdauer** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff gilt für Pulse und Bursts.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Pulsmittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter ausgegeben (W/m²).

3.48
Pulsdauer
t_d
das 1,25-Fache der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten, bei denen das Zeitintegral des quadrierten **Augenblickswertes des Schalldrucks** 10 % und 90 % seines Endwerts erreicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Endwert des Zeitintegrals des quadrierten **Augenblickswertes des Schalldrucks** entspricht dem **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die **Pulsdauer** wird in Sekunden (s) angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe Bild 2.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.49
Pulsintegral der Intensität
pii
Zeitintegral des **Augenblickswertes der Intensität** an einer bestimmten Stelle in einem Schallfeld, integriert über die **Schallpulsform**

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die in dieser Internationalen Norm angeführten Messzwecke ist das **Pulsintegral der Intensität** proportional zum **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das **Pulsintegral der Intensität** wird in Joule je Quadratmeter (J/m²) angegeben.

3.50
Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks
ppsi
Zeitintegral über das Quadrat des **Augenblickswertes des Schalldrucks** an einer bestimmten Stelle in einem Schallfeld, integriert über die **Schallpulsform**

Anmerkung 1 zum Begriff: Das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** wird in Quadratpascal-Sekunden (Pa²s) angegeben.

3.51
Pulswiederholperiodendauer
prp
Zeitspanne zwischen äquivalenten Punkten aufeinanderfolgender Pulse oder Tonbursts der Pulse, die ein **Einzelmodus** umfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Pulswiederholperiodendauer** wird in Sekunden (s) angegeben.

3.52
Pulswiederholfrequenz
prr
Kehrwert der **Pulswiederholperiodendauer**

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Pulswiederholfrequenz** wird in Hertz (Hz) angegeben.

3.53
Effektivwert des Schalldrucks
p_{rms}
Effektivwert des **Augenblickswertes des Schalldrucks** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Mittelwert sollte, sofern nicht anders festgelegt, über eine ganzzahlige Anzahl von **akustischen Wiederholperiodendauern** ermittelt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Effektivwert des Schalldrucks** wird in Pascal (Pa) angegeben.

3.54
Abtastfläche
A_s
bei automatischen Abtastsystemen die Fläche auf einer festgelegten Ebene (oder Oberfläche), die aus allen Punkten innerhalb der **Bündelfläche** von jeglichem die Oberfläche während der Abtastung durchlaufenden Bündel besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Die festgelegte Ebene (oder Oberfläche) hat die gleiche Form wie die **äußere Wandlerapertur**.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die **Abtastfläche** wird in Quadratmetern (m²) angegeben.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.55
Quellenaperturebene
Messebene, die möglichst nahe an der **äußeren Wandlerapertur** so liegt und senkrecht zur **Bündelachse** ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.67.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.56
Abtastebene
bei automatischen Abtastsystemen eine Ebene, die alle **Ultraschallabtastlinien** enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einigen Abtastsystemen besteht die Möglichkeit, das Ultraschallbündel in zwei Richtungen zu steuern. In diesem Fall gibt es keine **Abtastebene**, die diese Definition erfüllt. Es kann jedoch hilfreich sein, eine durch die Hauptsymmetrieachse des **Ultraschallwandlers** und senkrecht zur Wandleraustrittsfläche verlaufende Ebene (oder eine anderen geeignete Ebene) als der **Abtastebene** gleichwertig zu betrachten.

3.57
Wiederholperiodendauer der Abtastung
srp
Zeitspanne zwischen gleichen Punkten in zwei aufeinanderfolgenden Abtastfeldern, Sektoren oder Abtastungen, nur für automatische Abtastsysteme mit einer periodischen Abtastfolge geltend

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Norm wird allgemein angenommen, dass sich eine einzelne Abtastlinie nach einer definierten Anzahl Schallpulse genau wiederholt. Im Fall eines **Ultraschallwandlers** oder einer **Ultraschallwandlerelementgruppe**, der bzw. die den Ultraschall ohne jegliche Wiederholsequenz aussendet, wird es nicht möglich sein, einen Abtastmodus nach den Beschreibungen in dieser Norm zu charakterisieren. Wenn keine Synchronisation erreicht werden kann, kann der in Anhang F beschriebene Ansatz hilfreich sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die **Wiederholperiodendauer der Abtastung** wird in Sekunden (s) angegeben.

3.58
Abtastwiederholfrequenz
srr
Kehrwert der **Wiederholperiodendauer der Abtastung**

Anmerkung 1 zum Begriff: Die **Abtastwiederholfrequenz** wird in Hertz (Hz) angegeben.

3.59
räumlicher und zeitlicher Mittelwert der Intensität
I_{sata}
gleich dem **zeitlichen Mittelwert der Intensität**, je nach vorliegendem Fall über die **Abtastfläche** oder **Bündelfläche** gemittelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **räumliche und zeitliche Mittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.60
räumlicher Spitzen- und Pulsmittelwert der Intensität
I_{sppa}
Höchstwert des **Pulsmittelwerts der Intensität** in einem Schallfeld oder in einer vorgegebenen Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **räumliche Spitzen- und Pulsmittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.61
räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks
p_{spr}
Höchstwert des **Effektivwerts des Schalldrucks** in einem Schallfeld oder in einer vorgegebenen Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **räumliche Spitzenwert des Effektivschalldrucks** wird in Pascal (Pa) angegeben.

3.62
räumlicher Spitzen- und zeitlicher Mittelwert der Intensität
I_{spta}
Höchstwert des **zeitlichen Mittelwerts der Intensität** in einem Schallfeld oder in einer vorgegebenen Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Systemen im **Kombinationsmodus** ist es ausreichend, wenn das Zeitintervall, über das der zeitliche Mittelwert genommen wird, irgendeine Periode einschließt, während der ein Abtasten nicht stattfindet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **räumliche Spitzen- und zeitliche Mittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.63
räumlicher und zeitlicher Spitzenwert des Schalldrucks
p_{sptp}
größerer Wert (Betrag) des **positiven Spitzenschalldrucks** oder des **negativen Spitzenschalldrucks**

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **räumliche und zeitliche Spitzenwert des Schalldrucks** wird in Pascal (Pa) angegeben.

3.64
räumlicher und zeitlicher Spitzenwert der Intensität
I_{sptp}
Höchstwert des **zeitlichen Spitzenwerts der Intensität** in einem Schallfeld oder in einer vorgegebenen Ebene

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **räumliche und zeitliche Spitzenwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.65
zeitlicher Mittelwert der Intensität
I_{ta}
zeitlicher Mittelwert des **Augenblickswertes der Intensität** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Der zeitliche Mittelwert sollte über eine ganzzahlige Anzahl von **akustischen Wiederholperiodendauern** ermittelt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: (Bezogen auf Ultraschalldiagnostiksysteme) Im Prinzip ist der **zeitliche Mittelwert der Intensität** ein Mittelwert über eine relativ langes Zeitintervall. Bei nicht abtastenden Betriebsarten sollte der **Augenblickswert der Intensität** über eine oder mehrere **Pulswiederholperiodendauern** gemittelt werden. Bei abtastenden Betriebsarten sollte der **Augenblickswert der Intensität** über eine oder mehrere **Wiederholperiodendauern der Abtastung** in einem festgelegten Betriebsmodus gemittelt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der **zeitliche Mittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.66
zeitlicher Spitzenwert der Intensität
I_{tp}
zeitlicher Höchstwert des **Augenblickswertes der Intensität** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **zeitliche Spitzenwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.67
zeitlicher Spitzenwert des Schalldrucks
p_{tp}
Höchstwert des Betrags des **Augenblickswertes des Schalldrucks** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **zeitliche Spitzenwert des Schalldrucks** wird in Pascal (Pa) angegeben.

3.68
Wandleraperturebene
Ebene, die orthogonal zur **Bündelachse** des ungesteuerten Bündels oder, bei einem automatischen Scanner, zur Symmetrieachse der **Azimutalebene** verläuft und physisch an den **Ultraschallwandler** grenzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn der **Ultraschallwandler** flach ist, ist die Ebene koplanar mit der strahlenden Fläche des **Ultraschallwandlers**; ist er konkav, berührt die Ebene die Peripherie der strahlenden Fläche; ist er konvex, verläuft die Ebene tangential zum Mittelpunkt der strahlenden Fläche im Berührungspunkt (siehe Bild 1).

Anmerkung 2 zum Begriff: Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.72.

3.69
Schallkopf
diejenigen Teile eines medizinischen Ultraschalldiagnostikgerätes, die den **Ultraschallwandler** und/oder die **Ultraschallwandlerelementgruppe** umfassen, zusammen mit dazugehörigen Komponenten, wie z. B. einer akustischen Linse, einem Abstandshalter usw.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der **Schallkopf** kann üblicherweise von der **Ultraschall-Gerätekonsole** abgetrennt werden.

3.70
Ultraschall-Gerätekonsole
elektronische Einheit, mit der der **Schallkopf** verbunden ist

3.71
Ultraschallabtastlinie
bei abtastenden Systemen die **Bündelachse** entweder für eine bestimmte **Ultraschallwandlerelementgruppe** oder für eine bestimmte Anregung eines **Ultraschallwandlers** oder einer **Ultraschallwandlerelementgruppe**

Anmerkung 1 zum Begriff: Hier bezieht sich die **Ultraschallabtastlinie** auf den Weg akustischer Pulse und nicht auf eine Linie im Bild auf dem Wiedergabebildschirm eines Systems.

Anmerkung 2 zum Begriff: In dieser Norm wird allgemein angenommen, dass sich eine einzelne Abtastlinie nach einer definierten Anzahl Schallpulse genau wiederholt. Im Fall eines **Ultraschallwandlers** oder einer **Ultraschallwandlerelementgruppe**, der bzw. die den Ultraschall ohne jegliche Wiederholsequenz aussendet, wird es nicht möglich sein, einen Abtastmodus nach den Beschreibungen in dieser Norm zu charakterisieren. Wenn keine Synchronisation erreicht werden kann, kann der in Anhang F beschriebene Ansatz hilfreich sein.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Fall, dass eine Einzelanregung Ultraschallbündel erzeugt, die sich entlang mehr als einer **Bündelachse** ausbreiten, bleibt unberücksichtigt.

3.72
Abstand der Ultraschallabtastlinien
s_s
bei automatischen Abtastsystemen der Abstand zwischen den Schnittpunkten von zwei aufeinanderfolgenden **Ultraschallabtastlinien** des gleichen Typs und einer vorgegebenen Linie in der **Abtastebene**

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierbei wird angenommen, dass aufeinanderfolgende **Ultraschallabtastlinien** räumlich benachbart sind, was nicht bei allen Typen von Abtasteinrichtungen zutrifft.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Abstand der **Ultraschallabtastlinien** wird in Meter (m) angegeben.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

3.73
Ultraschallwandler
Gerät, das im Ultraschallfrequenzbereich elektrische Energie in mechanische Energie und/oder umgekehrt mechanische Energie in elektrische Energie umwandeln kann

3.74
Ultraschallwandlerelement
Element eines **Ultraschallwandlers**, das zum Erzeugen eines Schallsignals angeregt wird

3.75
Ultraschallwandlerelementgruppe
Gruppe von Elementen eines **Ultraschallwandlers**, die zusammen angeregt werden, um ein Schallsignal zu erzeugen

3.76
Maße der Ultraschallwandlerelementgruppe
Maße der Oberfläche der Gruppe von Elementen einer **Ultraschallwandlerelementgruppe** einschließlich des Abstands zwischen den Elementen, wodurch die Gesamtmaße wiedergegeben werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maße der **Ultraschallwandlerelementgruppe** werden in Meter (m) angegeben.

3.77
Unsicherheit
dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnten

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement [2], 2.2.3.

3.78
Augenblickswert der abgeleiteten Intensität
Quotient des quadrierten **Augenblickswerts des Schalldrucks** und der Schall-Kennimpedanz des Mediums zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Punkt im akustischen Feld

$$I(t) = \frac{p(t)^2}{\rho c} \tag{5}$$

Dabei ist

$p(t)$ der **Augenblickswert des Schalldrucks**;

ρ die Dichte des Mediums;

c die Schallgeschwindigkeit im Medium.

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die in dieser Internationalen Norm angeführten Messzwecke ist der **Augenblickswert der abgeleiteten Intensität** eine Annäherung an den **Augenblickswert der Intensität**.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für Messungen sehr nah am Wandler sollte eine erhöhte **Unsicherheit** berücksichtigt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der **Augenblickswert der abgeleiteten Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.79
lokaler Flächenfaktor
F_a
Quadratwurzel des Verhältnisses der **Quellenaperturfläche** zur **Bündelfläche** am betrachteten Punkt

$$F_a = \sqrt{\frac{A_{SAeff}}{A_b}} \tag{6}$$

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Die relevante lokale **Bündelfläche** A_b ist diejenige, für die das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** mehr als das 0,135-Fache (d. h. das 1/e²-Fache) des höchsten Wertes im Querschnitt beträgt

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn das Schallbündel-Profil im betrachteten Abstand näherungsweise gaußförmig ist und die Fläche beim –6-dB-Pegel, $A_{b,6}$, bekannt ist, kann die lokale **Bündelfläche** berechnet werden mit $A_b = A_{b,6}/0{,}69$: (0,69 = 3 ln(10)/10): $F_a = \sqrt{\frac{0{,}69 A_{SAeff}}{A_{b,6}}}$.

[QUELLE: IEC/TS 61949:2007, Begriff 3.11 geändert – Quellenapertur wurde durch Quellenaperturfläche ersetzt; die Formel für den allgemeinen Fall wurde hinzugefügt, der zweite Satz der ursprünglichen Definition wurde in eine Anmerkung 1 zum Begriff verschoben; der dritte Satz der ursprünglichen Definition wurde in eine Anmerkung 2 zum Begriff verschoben und enthält weitere Einzelheiten und das Formelzeichen für die –6-dB-**Bündelfläche** wurde geändert, um Übereinstimmung mit Abschnitt 4 herzustellen.]

3.80
Anzahl der Pulse je Ultraschallabtastlinie
n_{pps}
die Anzahl der akustischen Pulse, die entlang einer bestimmten **Ultraschallabtastlinie** wandern

Anmerkung 1 zum Begriff: Hier bezieht sich **Ultraschallabtastlinie** auf den Pfad der akustischen Pulse auf einer bestimmten **Bündelachse** in abtastenden und **nicht abtastenden Modi**.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Wert kann bei der Berechnung jedes beliebigen zeitlichen Ultraschallmittelwertes von **Hydrophon**-Messungen verwendet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Nachfolgend ist ein Beispiel für die **Anzahl der Pulse je Ultraschallabtastlinie** und die **Anzahl der Ultraschallabtastlinien** (zeigt das Ende eines Rahmens) dargestellt: 1 2 3 4; 1 2 3 4; 1 2 3 4… n_{pps} = 1; n_{sl} = 4
1 1 2 2 3 3 4 4; 1 1 2 2 3 3 4 4; … n_{pps} = 2; n_{sl} = 4
1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4; 1 1 1 1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4; … n_{pps} = 4; n_{sl} = 4
1 1 2 2 3 3 4 4 1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 4 4; 1 1 2 2 3 3 4 4 1 1 1 2 2 2 3 3 3 4 4 4; … n_{pps} = 5; n_{sl} = 4 (innerhalb eines Rahmens müssen die Pulse entlang jeder Linie nicht zusammenhängend auftreten).

Anmerkung 4 zum Begriff: Innerhalb eines Rahmens müssen nicht alle Abtastlinien denselben n_{pps}-Wert haben. Ein Beispiel ist: 1 2 2 3 3 4; 1 2 2 3 3 4; … avg n_{pps} = 1,5; max n_{pps} = 2; n_{sl} = 4

[QUELLE: IEC 61157:2007/Änderung 1—, Begriff 3.45 modifiziert – das vierte Beispiel in der Anmerkung 3 zum Begriff wurde korrigiert und das letzte Beispiel wurde in eine Anmerkung 4 zum Begriff verschoben.]

3.81
Anzahl der Ultraschallabtastlinien
n_{sl}
Anzahl der Ultraschallabtastlinien, die während einer **Abtastwiederholperiode** erzeugt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Zahl kann bei der Berechnung der zeitlichen Mittelwerte für abtastende Modi aus **Hydrophon**-Messungen verwendet werden.

[QUELLE: IEC 61157-2007:Änderung 1—, Begriff 3.46]

3.82
Quellenaperturfläche
A_{SAeff}
eine äquivalente Aperturfläche für einen **Ultraschallwandler** mit unbekannten Eigenschaften, gemessen als Fläche des Bereichs innerhalb der Kontur des –20 dB **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** in der Messebene (Quellenaperturebene), die der **äußeren Wandlerapertur** so nahe wie möglich ist

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

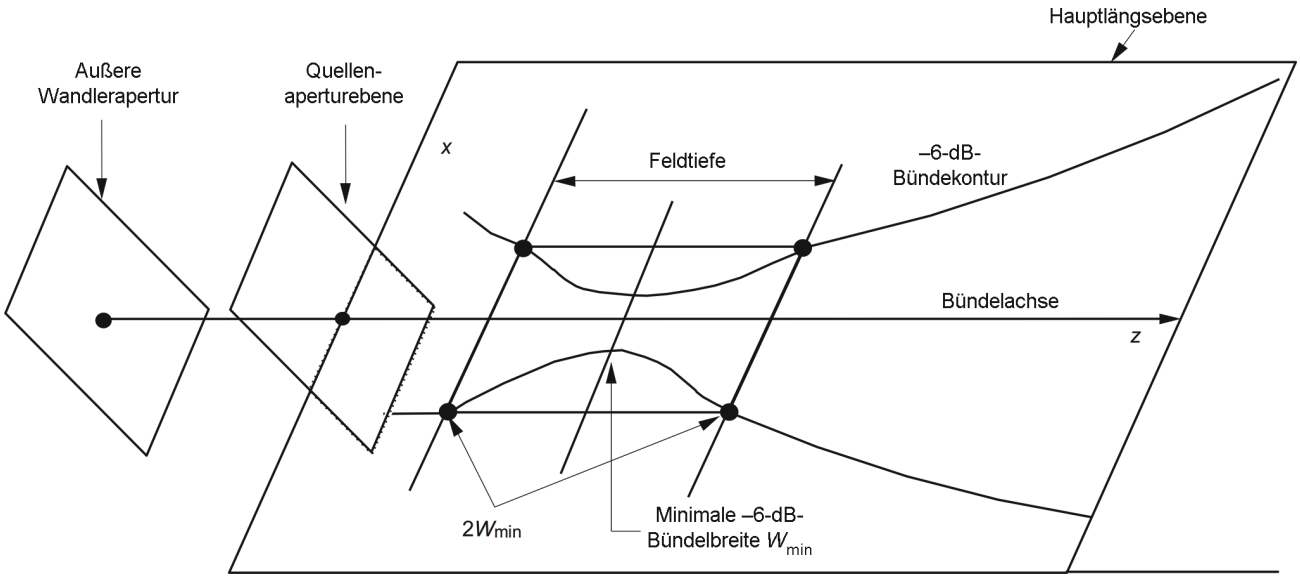


Bild 3 – Verschiedene Aperturen und Ebenen für einen Wandler von unbekannter Geometrie [IEC 61828]

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Fällen, in denen es aufgrund einer internen Vorstrecke einen beträchtlichen Abstand zwischen dem Wandlerkristall und der Austrittsfläche gibt, kann die Nennsendefläche der Quelle für die Berechnung des **lokalen Verzerrungsparameters** σ_q verwendet werden

Anmerkung 3 zum Begriff: Die **Quellenaperturfläche** wird in Quadratmeter (m²) angegeben.

3.83
Quellenaperturbreite
L_{SA}
in einer festgelegten **Längsebene** die größte –20-dB-**Bündelbreite** entlang der Schnittlinie zwischen der bezeichneten **Längsebene** und der **Quellenaperturebene**

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe IEC 61828:2001, Bild 2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die **Quellenaperturbreite** wird in Meter angegeben (m).

[QUELLE: IEC 61828:2006, Begriff 4.2.68, modifiziert – Zwei Anmerkungen wurden hinzugefügt.]

3.84
räumlicher und Pulsmittelwert der Intensität
I_{sapa}
über die **Bündelfläche** für den betreffenden **Ultraschallwandler** oder die betreffende **Ultraschallwandlerelementgruppe** gemittelter **Pulsmittelwert der Intensität** eines **Ultraschallwandlers** oder einer **Ultraschallwandlerelementgruppe**

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Burst ist auch als Puls zu verstehen.

Anmerkung 2 zum Begriff: **Der räumliche und Pulsmittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m²) angegeben.

3.85
Zeitfenstermittelwert der Intensität
$I_{w,\Delta t/s}(t)$
über ein Zeitfenster Δt gemittelter zeitabhängiger Wert des **Augenblickswerts der Intensität** nach folgender Gleichung:

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

$$I_{w,\Delta t/s}(t) = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-\Delta t/2}^{t+\Delta t/2} I(t')\ dt' \qquad (7)$$

Dabei ist

$I(t)$ der **Augenblickswert der Intensität**;

$\Delta t/s$ der numerische Wert des beweglichen Zeitfensters in Sekunden;

t' die Integrationsvariable.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der zeitabhängige **Zeitfenstermittelwert der Intensität** für eine Zeitfensterbreite von 20 s wird beispielsweise als $I_{w,20}(t)$ bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der **Zeitfenstermittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter ausgegeben (W/m²).

3.86
Wandleraperturbreite
L_{TA}
volle Breite der Wandlerapertur entlang einer festgelegten Achse orthogonal zur **Bündelachse** des ungesteuerten Bündels in der Mitte des Wandlers

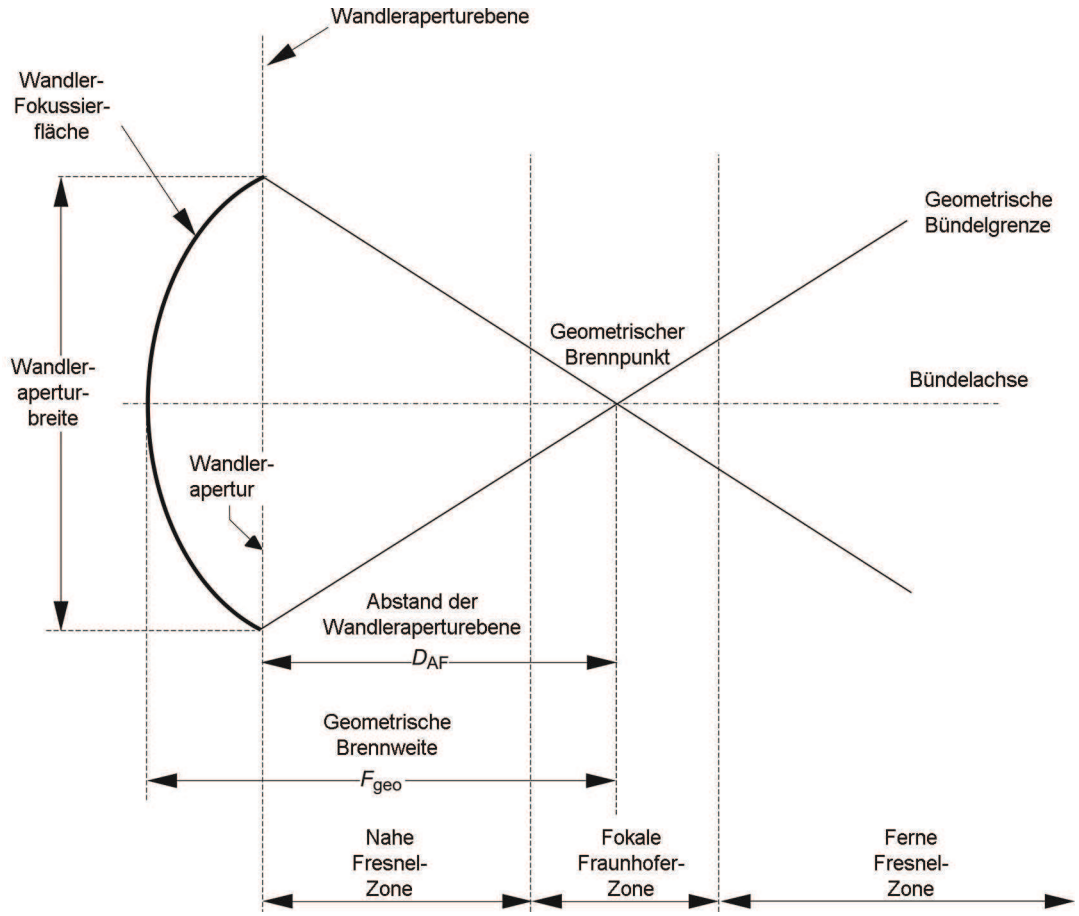


Bild 4 – Parameter zur Beschreibung eines Beispiels eines fokussierenden Wandlers mit bekannter Geometrie [IEC 61828, geändert]

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 4.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die **Wandleraperturbreite** wird in Meter (m) angegeben.

[QUELLE: IEC 61828:2006, Begriff 4.2.74, geändert – Zwei Anmerkungen wurden hinzugefügt und der

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Ausdruck „in der Mitte des Wandlers“ wurde in die Definition eingefügt.]

3.87
Übergangsabstand
z_T
der **Übergangsabstand** ist für eine gegebene **Längsebene** auf der Grundlage der Wandlerkonstruktion (wenn bekannt) definiert oder wird durch Messung bestimmt:

a) anhand der Konstruktion: der **Übergangsabstand** ist die äquivalente Fläche der **Ultraschallwandleraperturbreite** dividiert durch π multipliziert mit der **effektiven Wellenlänge** λ;

b) für Messungen ist der **Übergangsabstand** die äquivalente Fläche der **Quellenaperturbreite** dividiert durch π multipliziert mit der **effektiven Wellenlänge**.

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Anwendung des Verfahrens a) an einem nichtapodisierten **Ultraschallwandler** mit Kreis-Symmetrie um die **Bündelachse** ist die äquivalente Fläche πa^2, wobei a der Radius ist. Daher ist der **Übergangsabstand** $z_T = a^2/\lambda$. Für das erste Beispiel eines quadratischen **Ultraschallwandlers** ist die äquivalente Fläche $(L_{TA})^2$, wobei L_{TA} die **Wandleraperturbreite** in der **Längsebene** ist. Daher ist der **Übergangsabstand** für beide orthogonalen **Längsebenen**, die die Seiten oder **Wandleraperturbreiten** enthalten, $z_T = (L_{TA})^2/(\pi\lambda)$. Für das zweite Beispiel für einen rechteckigen **Ultraschallwandler** mit den **Wandleraperturbreiten** L_{TA1} und L_{TA2} ist die äquivalente Fläche für die erste lineare **Wandleraperturbreite** zu Berechnungszwecken der **Übergangsabstand** der entsprechenden Längsebene $(L_{TA1})^2$, wobei L_{TA1} die **Wandleraperturbreite** in dieser **Längsebene** ist. Daher ist der **Übergangsabstand** für diese Ebene $z_{T1} = (L_{TA1})^2/(\pi\lambda)$. Für die orthogonale **Längsebene**, die die andere **Wandleraperturbreite** L_{TA2} enthält, ist die äquivalente Fläche für die andere zur Berechnung des **Übergangsabstandes** für die zugehörige **Längsebene** $(L_{TA2})^2$, wobei L_{TA2} die **Wandleraperturbreite** in dieser **Längsebene** ist. Daher ist der **Übergangsabstand** für diese Ebene $z_{T2} = (L_{TA2})^2/(\pi\lambda)$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei der Anwendung des Verfahrens b) für Messungen in einer Längsebene wird die **Quellenaperturbreite** L_{SA} in derselben Ebene verwendet in $z_T = (L_{SA})^2/(\pi\lambda)$.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der **Übergangsabstand** wird in Meter (m) angegeben.

[QUELLE: IEC 61828:2006, Begriff 4.2.75, geändert – Es besteht ein bedeutender Unterschied in der Gestaltung und dem Inhalt der Definition.]

3.88
Schallkopf
Baugruppe, die einen **Ultraschallwandler** und zusätzliche Teile für die lokale Applikation von **Ultraschall** am Patienten enthält

[QUELLE: IEC 60601-2-5:2009, Begriff 201.3.214, geändert – Eine Anmerkung aus dem Original gestrichen.]

3.89
Übertragungsmaß bei Last am Kabelende
Empfindlichkeitspegel bei Last am Kabelende
$M_{L,dB}$
<eines **Hydrophons** oder einer **Hydrophoneinheit**> zwanzigfacher dekadischer Logarithmus des Quotienten aus dem Betrag der **Empfindlichkeit bei Last am Kabelende**, $|\underline{M}_L(f)|$, und einer Referenzempfindlichkeit M_{ref}

Anmerkung 1 zum Begriff: $M_{L,dB} = 20\log_{10}\frac{|M_L|}{M_{ref}}\,dB.$

Anmerkung 2 zum Begriff: Gewöhnlich verwendete Werte der Referenzempfindlichkeit M_{ref} sind 1 V/µPa oder 1 V/Pa.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das **Übertragungsmaß bei Last am Kabelende** wird in Dezibel (dB) angegeben.

3.90
Bezugszentrum
Bezugsmittelpunkt
<eines **Hydrophons**> Punkt auf, in oder nahe einem **Hydrophon**, für den die elektroakustischen Eigenschaften des **Hydrophons** definiert sind

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Anmerkung 1 zum Begriff: Sofern nichts anderes festgelegt ist, entspricht das **Bezugszentrum** häufig dem geometrischen Zentrum des **Hydrophons**.

[QUELLE: IEC 60565-2:2019, Begriff 3.12, modifiziert – Ergänzung des Zusammenhangs <eines **Hydrophons**>.]

4 Liste der Formelzeichen (Symbole)

a_h	wirksamer Hydrophonradius
a_g	geometrischer Hydrophonradius
a_t	wirksamer Radius eines nicht fokussierenden Ultraschallwandlers
a_{h3}, a_{h6}	wirksame Radien des aktiven Elements eines Hydrophons, bestimmt aus Messungen der Richtungsempfindlichkeit bei den –3-dB- und –6-dB-Pegeln
a_{max}	Höchstwert des effektiven Radius für eine bestimmte Hydrophon-Anwendung
arp	akustische Wiederholperiodendauer
$A_{b,6}$, $A_{b,20}$	Bündelfläche bezogen auf –6-dB-Bündelfläche und –20-dB-Bündelfläche
A_g	geometrische Fläche eines Ultraschallwandlers
A_{ob}	Fläche des Ausgangsbündels
A_s	Abtastfläche
A_{SAeff}	Quellenaperturfläche
BW	Bandbreite
c	Schallgeschwindigkeit in der Flüssigkeit (üblicherweise Wasser)
C	Kapazität eines Hydrophons am Kabelende
C_{el}	parallele Eingangskapazität einer elektrischen Last
f_{awf}	akustische Frequenz, akustische Arbeitsfrequenz
f_p	akustische Spitzenpulsfrequenz
f_t	zeitlicher Mittelwert der akustischen Frequenz
F_a	lokaler Flächenfaktor
I	Augenblickswert der Intensität
I_{ob}	Ausgangsintensität des Bündels
I_{pa}	Pulsmittelwert der Intensität
I_{sapa}	räumlicher und Pulsmittelwert der Intensität
I_{sata}	räumlicher und zeitlicher Mittelwert der Intensität
I_{sppa}	räumlicher Spitzen- und Pulsmittelwert der Intensität
I_{ta}	zeitlicher Mittelwert der Intensität
I_{tp}	zeitlicher Spitzenwert der Intensität
I_{spta}	räumlicher Spitzen- und zeitlicher Mittelwert der Intensität
I_{sptp}	räumlicher und zeitlicher Spitzenwert der Intensität
$I_{w,\Delta t/s}$	Zeitfenstermittelwert der Intensität
k	$2\pi/\lambda$
K_{sa}	Korrekturfaktor für die räumliche Mittelung
L_{TA}	Wandleraperturbreite
L_{SA}	Quellenaperturbreite

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

$\underline{M}_c(f)$	Empfindlichkeit bei Leerlauf am Kabelende
$\underline{M}_L(f)$	Empfindlichkeit bei Last am Kabelende
$M_{L,dB}(f)$	Übertragungsmaß bei Last am Kabelende
n_{pps}	Anzahl der Pulse je Ultraschallabtastlinie
n_{sl}	Anzahl der Ultraschallabtastlinien je Bild für die räumliche Verteilung
p	Augenblickswert des Schalldrucks
pii	Pulsintegral der Intensität
$ppsi$	Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks
p_m	mittlerer Scheitelwert des Schalldrucks
p_{tp}	zeitlicher Spitzenwert des Schalldrucks
prr	Pulswiederholfrequenz
prp	Pulswiederholperiodendauer
p_{spr}	räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks
p_{sptp}	räumlicher und zeitlicher Spitzenwert des Schalldrucks
p_{rms}	Effektivwert des Schalldrucks
p_c (p_+)	positiver Spitzenschalldruck
p_r (p_-)	negativer Spitzenschalldruck
P	Gesamtultraschallleistung
P_{beam}	Gesamtleistung, die von einer akustischen Abtastlinie ausgesendet wird
R_{bh}	Verhältnis der –6 dB Bündelbreite zum effektiven Hydrophondurchmesser
s_s	Abstand der Ultraschallabtastlinien
srp	Wiederholperiodendauer der Abtastung
srr	Abtastwiederholfrequenz
t_d	Pulsdauer
$\underline{U}_L(f)$	Hydrophonspannung am Kabelende
v	Augenblickswert der Teilchengeschwindigkeit (Schallschnelle)
X_{ob}, Y_{ob}	Maße des Ausgangsbündels
z	Abstand zwischen einem Hydrophon und einem Ultraschallwandler
z_c	Abstand z_c
z_{offset}	Abstand z_{offset}
z_{ppsi}	Abstand z_{ppsi}
z_r	Abstand z_r
z_{spta}	Abstand z_{spta}
z_T	Übergangsabstand
$\underline{Z}_h$	komplexe elektrische Ausgangsimpedanz eines Hydrophons oder einer Hydrophoneinheit
$\underline{Z}_L$	elektrische Lastimpedanz
β	Nichtlinearitätsparameter
θ	Einfallswinkel einer Ultraschallwelle bezüglich der Hydrophonachse (θ_3, θ_6: mit speziellem Bezug auf für 3 dB und 6 dB definierte Pegel)
λ	Schallwellenlänge in einer Flüssigkeit
ρ	Dichte des Mediums (üblicherweise Wasser)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

σ_q lokaler Verzerrungsparameter

ω ($2\pi f_{awf}$) Kreisfrequenz

w_6, w_{12}, w_{20} Bündelbreite bei Pegeln von –6 dB und –12 dB und –20 dB

5 Messanforderungen

5.1 Anforderungen an Hydrophone und Verstärker

5.1.1 Einleitung

Um ein **Hydrophon** und einen Verstärker, die für die Art der durchzuführenden Messungen geeignet sind, zu wählen, muss sichergestellt sein, dass die ausgewählten Geräte folgenden Anforderungen genügen. Die in diesem Abschnitt gestellten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des **Hydrophons** gelten zusätzlich zu denjenigen an **Hydrophone** in IEC 62127-3 bzw. ersetzen diese.

5.1.2 Allgemeines

Im gesamten Text dieser Norm wird davon ausgegangen, dass ein **Hydrophon** ein Gerät ist, das so auf Schallwellen anspricht, dass die Ausgangsspannung proportional zum Schalldruck ist (siehe IEV 801-32-26). Im Allgemeinen ist diese Beziehung frequenzabhängig, und der **Augenblickswert des Schalldrucks** $p(t)$ steht, wenn $\underline{M}_L(f)$ die **Hydrophonempfindlichkeit bei Last am Kabelende** (siehe 3.25 und Anhang C) ist, dementsprechend mit der gemessenen Spannung am Kabelende, $u_L(t)$, in folgendem Zusammenhang:

$$p(t) = \Phi^{-1}\left[U_L(f) \;/\; M_L(f)\right] \tag{8}$$

Dabei ist

Φ^{-1} das Formelzeichen für die inverse Fourier-Transformation;

$\underline{U}_L(f)$ das Ergebnis der Fourier-Transformation von $u_L(t)$.

ANMERKUNG 1 Bezüglich der Umsetzung dieses Verfahrens siehe Anhang D.

ANMERKUNG 2 Für die mathematische Vollständigkeit muss Gleichung (8) einen Realteil-Operator Re auf der rechten Seite der Gleichung enthalten. Für die an dieser Stelle relevanten Arten von Spektren sollten die Zeitbereichsdaten mit Ausnahme eines möglichen konstanten numerischen Restes keine Imaginärteile enthalten, weshalb Re in dieser Formel im gesamten Dokument weggelassen wird.

Wenn das **Hydrophon** oder die **Hydrophoneinheit** die an eine Schmalbandnäherung gestellten Anforderungen erfüllt, wie in 5.1.7.1 festgelegt, kann der **Augenblickswert des Schalldrucks** folgendermaßen bestimmt werden:

$$p(t) = u_L(t) \;/\; \left|M_L\left(f_{awf}\right)\right| \tag{9}$$

Dabei ist

$|\underline{M}_L(f_{awf})|$ der Betrag der **Hydrophonempfindlichkeit bei Last am Kabelende** bei der **akustischen Arbeitsfrequenz**.

5.1.3 Empfindlichkeit eines Hydrophons

Wenn kein **Hydrophon**-Vorverstärker verwendet wird, muss die Empfindlichkeit des **Hydrophons** auf die **Empfindlichkeit bei Last am Kabelende** bezogen und für die besonderen elektrischen Lastbedingungen bestimmt werden (siehe 3.20).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Wenn ein **Hydrophon**-Vorverstärker verwendet wird, muss sich die Empfindlichkeit des **Hydrophons** auf die **Empfindlichkeit bei Last am Kabelende** beziehen, die für die bestimmte **Hydrophoneinheit** gilt.

ANMERKUNG 1 Das in IEC 62127-3 beschriebene Verfahren kann für die Bestimmung der **Empfindlichkeit bei Last am Kabelende** angewendet werden, vorausgesetzt, die **Hydrophonempfindlichkeit bei Leerlauf am Kabelende** ist bekannt.

ANMERKUNG 2 Bezüglich tabellierter Beispiele für Spezifikationsparameter siehe B.10.

5.1.4 Richtungsempfindlichkeit eines Hydrophons

Die Richtungsempfindlichkeit des **Hydrophons** muss bekannt sein.

Die Symmetrie der Richtungsempfindlichkeit muss IEC 62127-3 entsprechen.

ANMERKUNG Es bestehen zwei Gründe, warum die Richtungsempfindlichkeit eines **Hydrophon**s bekannt sein muss. Erstens kann sie als Teil der in Anhang B beschriebenen Verfahren zur Feldcharakterisierung notwendig sein, in welchem Fall die Richtungsempfindlichkeit bei der entsprechenden **akustischen Arbeitsfrequenz** bekannt sein sollte. Zweitens wird die Richtungsempfindlichkeit zum Ableiten des **wirksamen Hydrophonradius** verwendet.

5.1.5 Wirksamer Hydrophonradius

Der **wirksame Hydrophonradius** muss bekannt sein und nach dem in IEC 62127-3 beschriebenen Verfahren bestimmt werden.

5.1.6 Wahl der Größe eines aktiven Hydrophonelements

5.1.6.1 Allgemeines

Die Wahl des **wirksamen Hydrophonradius** für eine bestimmte Anwendung muss auf folgenden Überlegungen beruhen:

Der wirksame Radius des Elements sollte idealerweise mit einem Viertel der akustischen Wellenlänge vergleichbar oder kleiner als dieser Wert sein, damit Phasen- und Amplitudenänderungen nicht wesentlich zu Messunsicherheiten beitragen.

Auf Grund der breiten Typpalette von **Ultraschallwandlern** ist es nicht möglich, eine einfache Beziehung zwischen der optimalen wirksamen Elementgröße des **Hydrophons** und Parametern wie **Ultraschallwandler**-Maße, Schallwellenlänge und Abstand vom **Ultraschallwandler** aufzustellen. Im **Fernfeld** ist es jedoch vernünftig, das oben angeführte Kriterium nicht so streng auszulegen. Bei kreisförmigen **Ultraschallwandlern** darf das folgende Kriterium als Richtlinie für die Bestimmung des Höchstwerts des wirksamen Radius a_{max} eines aktiven **Hydrophon**-Elements angewendet werden. a_{max} ist gegeben durch [3]:

$$a_{\max} = \frac{\lambda}{8a_1}\left(l^2 + a_1^2\right)^{1/2} \tag{10}$$

Dabei ist

a_1 der wirksame Radius des **Ultraschallwandlers**;

l der Abstand zwischen dem **Hydrophon** und der Austrittsfläche des **Ultraschallwandlers**;

λ die der **akustischen Arbeitsfrequenz** entsprechende Schallwellenlänge.

Siehe [3] und [4].

Bei einem fokussierten **Ultraschallwandler** darf obige Gleichung ebenfalls angewendet werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Bei einem **Ultraschallwandler** mit einem nicht-kreisförmigen Element darf die oben angegebene Gleichung immer noch angewendet werden, wenn a_1 durch die Hälfte des größten **Ultraschallwandler**-Maßes oder größten Maßes der **Ultraschallwandlerelementgruppe** ersetzt wird.

Die Anforderungen an die Größe des aktiven **Hydrophon**-Elements sind für Messungen der von Physiotherapiesystemen erzeugten Ultraschallfelder nicht so streng (siehe 8.3.1).

Bezüglich repräsentativer Versuchsdaten siehe [1].

5.1.6.2 Effekt der räumlichen Mittelung

Die praktische Anforderung hinsichtlich eines angemessenen Signal-Rausch-Verhältnisses oder andere Überlegungen können die Anwendung eines **Hydrophons** mit einer größeren Elementgröße als der oben empfohlenen nahelegen. In diesem Fall sollte bei der Interpretation von Messungen sorgfältig vorgegangen werden, da piezoelektrische **Hydrophone** phasenempfindliche Detektoren sind, die den komplexen Schalldruck über die Fläche ihrer aktiven Elemente integrieren.

Wenn das **Hydrophon** von der Position des stärksten Empfangssignals in irgendeine Richtung senkrecht zur **Bündelachse** um einen Betrag gleich dem **wirksamen Hydrophonradius** verschoben wird, sollte die Abnahme in der Signalstärke weniger als 1 dB betragen. Ist dies nicht der Fall, sollten Korrekturen bezüglich der räumlichen Mittelwertbildung vorgenommen werden. Siehe Anhang E.

Genauere Korrekturmaßnahmen können durch Anwendung von Beugungskorrekturen durchgeführt werden, siehe [3, 4, 5, 6].

Der Effekt der räumlichen Mittelwertbildung darf auch durch räumliche Entfaltung der **Hydrophon**-Apertur berücksichtigt werden, wie in [7, 8, 9] vorgeschlagen. Das Verfahren kann jedoch in praktischen Fällen durch Probleme hinsichtlich des Signal-Rausch-Verhältnisses in Mitleidenschaft gezogen werden.

Bei nichtlinearen Breitband-**Schallpulsformen** sollte das in E.2 beschriebene Verfahren der inversen Spektralfilterung angewendet werden, um Korrekturen bezüglich der räumlichen Mittelwertbildung vorzunehmen.

5.1.7 Bandbreite

5.1.7.1 Schmalbandnäherung

Schmalbandnäherungen müssen als angemessen angesehen werden, wenn der **lokale Verzerrungsparameter** weniger als 0,5 beträgt (siehe 7.2.4).

In diesem Fall ist es ausreichend, den Empfindlichkeitswert bei der **akustischen Arbeitsfrequenz** als repräsentativen Empfindlichkeitswert für alle betrachten Frequenzen anzusehen.

ANMERKUNG 1 Bei der Messung von Schmalband-Schallsignalen wird angenommen, dass alle signifikanten Frequenzanteile im Signal bei Frequenzen nahe der **akustischen Arbeitsfrequenz** liegen. In diesem Fall werden geringe Schwankungen in der **Hydrophonempfindlichkeit bei Last am Kabelende** auftreten.

ANMERKUNG 2 Die oben angeführten vereinfachenden Annahmen können auch angewendet werden, wenn Schallfelder mit einem breiteren Frequenzgehalt zu messen sind, vorausgesetzt, die **Hydrophonempfindlichkeit bei Last am Kabelende** zeigt lediglich begrenzte Schwankungen über den zum genauen Wiedergeben des Schallsignals notwendigen Frequenzbereich.

Wenn der Wert des **lokalen Verzerrungsparameters** 0,5 überschreitet (siehe 7.2.4), muss das **Übertragungsmaß bei Last am Kabelende** des **Hydrophons** oder der **Hydrophoneinheit** über den Frequenzbereich (f) von einer Oktave unterhalb bis zu drei Oktaven oberhalb der **akustischen Arbeitsfrequenz** um weniger als ± 3 dB abweichen, wobei der 0-dB-Bezugspunkt bei der **akustischen Arbeitsfrequenz** f_{awf} liegt. Dementsprechend gilt:

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

$$f_{awf}/2 \leq f \leq 8\ f_{awf} \tag{11}$$

$$M_{L,dB}\left(f_{awf}\right) - 3\ \text{dB} \leq M_{L,dB}\left(f\right) \leq M_{L,dB}\left(f_{awf}\right) + 3\ \text{dB} \tag{12}$$

Dabei ist $M_{L,dB}\left(f\right) = 20\log_{10}\frac{M_L(f)}{M_0}$ dB und $M_0 = 1\frac{\text{V}}{\text{Pa}} \geq$

ANMERKUNG 3 Es gibt eine wissenschaftliche Rechtfertigung für die Anwendung eines erweiterten Bereiches von $f_{awf}/16 \leq f \leq 8\ f_{awf}$ (d. h. 4 Oktaven unterhalb bis 3 Oktaven oberhalb f_{awf}) auf Grundlage von [5] und [6] (siehe auch [10 und [11] sowie Anhang A). Experimentell bestimmte **Hydrophon**-Kalibrierdaten sind jedoch möglicherweise nur für eine begrenzte **Bandbreite** verfügbar, z. B. für 1 MHz bis 100 MHz. Um zu entscheiden, ob die Schmalbandnäherung nach den Glecihungen (11) und (12) angemessen ist, kann erforderlichenfalls die Extrapolation des **Hydrophon**-Frequenzgangs als ein alternatives Verfahren in der in 5.1.7.2.2, einschließlich Anmerkungen 1, 2 und 3 und in Anhang D beschriebenen Art und Weise für Breitband-Messungen angewendet werden.

Wenn Anforderungen der Schmalbandnäherung nicht erfüllt sind, muss dem Breitband-Messverfahren in 5.1.7.2 gefolgt werden.

Nach der 1. Ausgabe von IEC 62127-1 durchgeführte Messungen berücksichtigen möglicherweise nur Frequenzbeiträge bis zu 40 MHz. Die geänderten Anforderungen der Ausgabe 2 bedeuten nicht, dass derartige Messungen aus der Vergangenheit für Ausgangsmessungen an Geräten, die bereits nach Ausgabe 1 charakterisiert wurden, wiederholt werden müssen. Erforderlichenfalls darf in derartigen Fällen der systematische Fehler der begrenzten Bandbreite durch einen zusätzlichen Unsicherheitsbeitrag zugeordnet werden.

5.1.7.2 Breitband-Messungen

5.1.7.2.1 Allgemeines

Wenn die Anforderungen an eine Schmalbandnäherung nicht erfüllt werden können, wird die **Unsicherheit** der Messung auf Grund der begrenzten Bandbreite und frequenzabhängigen Empfindlichkeitsschwankung des **Hydrophons** unvertretbar groß und muss die Umrechnung der Spannung in Druck mittels der frequenzabhängigen Empfindlichkeit des **Hydrophons** und des Frequenzgehaltes der **Schallpulsform** vorgenommen werden. Das auf der Entfaltung der erfassten Wellenform mit dem **Hydrophon**-Frequenzgang beruhende und an dieser Stelle und in Anhang D beschriebene Breitband-Messverfahren bringt genauere Ergebnisse hervor. Für die Durchführung der Entfaltung müssen bestimmte Aspekte der Aufbereitung der Hydrophon-Kalibrierdaten, der Regularisierungsfilterung der Signalspektren und der Bestimmung der Unsicherheit nach den folgenden Unterabschnitten berücksichtigt werden.

5.1.7.2.2 Entfaltungs-Bandbreite

Die Anwendung der Gleichung (6) zum Bestimmen der **Schallpulsform** erfordert die komplexe Division des Spannungsspektrums $\underline{U_L}(f)$ durch die Empfindlichkeit $\underline{M_L}(f)$. Für diese mathematische Operation müssen die Datensätze zusammenpassen, z. B. müssen der Frequenzschritt und -bereich beider Spektren gleich sein. Das Frequenzinkrement von $\underline{U_L}(f)$ hängt von der Länge der erfassten **Schallpulsform** (Auffüllen mit Nullen (Zero Padding) eingeschlossen, sofern zutreffend) ab, und der Frequenzbereich erstreckt sich von 0 bis zu der mit der angewendeten Abtastrate verbundenen Nyquist-Frequenz. Experimentell bestimmte **Hydrophon**-Kalibrierdaten für $\underline{M_L}(f)$ können jedoch andere Frequenzschritte und -bereiche ergeben. Erforderlichenfalls können Kalibrierdaten zwischen für das **Hydrophon** verfügbaren aufeinanderfolgenden Empfindlichkeitsdatenpunkten interpoliert werden (siehe Anhang D). Falls notwendig, darf die Extrapolation von $\underline{M_L}(f)$ angewendet werden, um Frequenzen f einzubeziehen, die außerhalb des bereitgestellten Kalibrierbereiches liegen, und zwar höchstens von unterhalb der Hälfte der **akustischen Arbeitsfrequenz** in Richtung null und oberhalb vom Vierfachen der **akustischen Arbeitsfrequenz** oder, falls weniger, von 100 MHz bis zur Nyquist-Frequenz f_{Nyquist}, z. B. für $0 \leq f < f_{awf}/2$ und für min [$4\ f_{awf}$, 100 MHz] $< f \leq f_{\text{Nyquist}}$. Nähere Angaben über die zur angemessenen Extrapolation angestellten Überlegungen sind in D.4.2 enthalten.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

ANMERKUNG 1 Der maximale untere Grenzwert von 100 MHz für die Extrapolation bei höheren Frequenzen in der vorstehend gestellten Anforderung setzt die Verfügbarkeit von Hydrophon-Kalibrierzertifikaten bis 100 MHz zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments voraus. Wenn nur ein geringerer oberer Grenzwert zur Verfügung steht, kann praxishalber dieser Grenzwert dafür angewendet werden.

ANMERKUNG 2 In letzter Zeit wurden sekundäre Pulskalibrierverfahren entwickelt [12, 45], die vom Hydrophon-Anwender zum Bestimmen der Empfindlichkeit des jeweiligen Hydrophons in Frequenzbereichen, für die kein Kalibrierdienst zur Verfügung steht, angewendet werden können. Die gleichen Verfahren können im Allgemeinen für die Extrapolation von Hydrophon-Kalibrierdaten und zum Überprüfen der Übereinstimmung mit der Schmalbandnäherung durch die Gleichungen (11) und (12) angewendet werden.

ANMERKUNG 3 Bei einigen Hydrophon-Typen darf die Schwankung der Empfindlichkeit bei höheren Frequenzen aus den mit niedrigeren Frequenzen erhaltenen Kalibrierdaten vorausgesagt werden. Zum Beispiel kann die Empfindlichkeit oberhalb der Resonanzfrequenz eines Membran-Hydrophons einem vorhersagbaren Trend folgen. In derartigen Fällen kann die Empfindlichkeitsvorhersage anstelle direkter Messungen angewendet werden, solange die mit der Vorhersage verbundene Unsicherheit berücksichtigt wird; hierfür werden Kalibriermessungen an ähnlichen Hydrophonen über den gesamten Frequenzbereich der getroffenen Vorhersage herangezogen.

5.1.7.2.3 Regularisierung

Die Entfaltung ist mathematisch ausgedrückt ein inkorrekt gestelltes inverses Problem, das in dem diskreten Zeitbereich zu einem schlecht konditionierten Schätzungsproblem führt [13, 14]. Zum Beispiel kann das erfasste **Hydrophon**-Signal bei sehr hoher Frequenz noch einen gewissen Rauschbeitrag beinhalten, die Empfindlichkeit aber nahezu null sein. Gleichung (8) führt dann zu einer starken Auswirkung von derartigem Rauschen bei der Entfaltung; bezüglich eines Wellenform-Beispiels siehe Anhang D. Um Wellenformen mit einem vertretbaren Gesamtrauschen zu erhalten, ist im Allgemeinen eine Tiefpassfilterung notwendig; diese verringert auch das Auftreten von Gibbs-Oszillationen. Bei Einbeziehung einer derartigen Regularisierung erweitert sich Gleichung (8) zu:

$$p(t) = \mathrm{F}^{-1}\left(\underline{LP}(f) \cdot \frac{\underline{U}_\mathrm{L}(f)}{\underline{M}_\mathrm{L}(f)} \right) \sqrt{} \tag{13}$$

wobei $\underline{LP}(f)$ die komplexwertige Tiefpassfilterfunktion ist. Für die Entfaltung von **Hydrophon**-Signalen können andere Filterfunktionen angewendet werden [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. Da jede Tiefpassfilterung eine zusätzliche Begrenzung der **Bandbreite** erzeugt und dadurch möglicherweise Spitzendruckteile der Wellenform abgeschnitten werden, muss die Filtergrenzfrequenz so wie groß möglich gehalten werden, während immer noch für genügend Rauschunterdrückung gesorgt ist, um vertretbare Unsicherheiten für die Wellenformparameter zu erhalten. Die –3-dB-Grenzfrequenz der Tiefpassfilterung muss das 8-Fache der aus dem Schalldruckspektrum ohne Tiefpassfilterung bestimmten **akustischen Arbeitsfrequenz** f_awf oder mehr betragen.

ANMERKUNG 1 In Messsituationen mit stabiler Pulswiederholung kann die Hochfrequenz-Rauschunterdrückung durch zunehmende Signal-Mittelwertbildung verbessert werden.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen beeinflusst die **Bandbreiten**-Verringerung von nichtlinear verzerrten Ultraschall-Wellenformen durch zusätzlich Tiefpassfilterung den positiven Spitzenschalldruck stärker als den negativen Spitzenschalldruck und die abgeleiteten Intensitätsdaten.

ANMERKUNG 3 Bei nichtlinear verzerrten Wellenformen mit hoher Amplitude von therapeutischem Ultraschall hoher Intensität oder Lithotripsie-Ultraschall mit bis zu 100 Oberschwingungen sind größere Grenzfrequenzen als das 8-Fache der **akustischen Arbeitsfrequenz** notwendig, um das Abschneiden von Teilen der positiven Spitzenschalldruckkurve und mit der Regularisierung verbundene übermäßige Beiträge zur systematischen **Unsicherheit** zu vermeiden. Spezifikationen sind in 8.3.2 angegeben.

ANMERKUNG 4 Eine übliche Wahl für den in vielen Anwendungen ausreichenden numerischen Filtertyp hat die Form $\underline{LP}(f) = 1 \Big/ \left(1 + \frac{if}{f_\mathrm{g}} \right)^2$, wobei $i = \sqrt{-1}$ und f_g die –6-dB-Grenzfrequenz (Eckfrequenz) bezeichnet. Die –3-dB-Eckfrequenz entspricht dann etwa f_g/1,555 [17].

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

ANMERKUNG 5 Grundsätzlich kann die Wahl des Regularisierungsfilters und der Grenzfrequenz durch Optimierung der Gesamt-**Unsicherheit** der entfalteten Wellenform, einschließlich der teilweise konkurrierenden Rausch- und Regularisierungskomponenten unterstützt werden [14].

ANMERKUNG 6 Von den in 7.2.1 aufgeführten Parametern wird der **positive Spitzenschalldruck** wahrscheinlich am ehesten von der Wahl des Regularisierungsfilters beeinflusst.

5.1.7.2.4 Schätzung der Unsicherheit für das Breitband-Messverfahren

Auf Grund der Anwendung der Fouriertransformierten und inversen Fouriertransformierten, der Regularisierungsfilterung und der komplexwertigen **Hydrophon**-Kalibrierdaten kann die Schätzung der **Unsicherheit** für das Breitband-Messverfahren weniger unkompliziert erscheinen als in anderen Situationen. Eine GUM-entsprechende Bewertung der **Unsicherheit** (ISO/IEC Guide 98-3, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*, und Beiblatt 2, *Extension to any number of output quantities* [siehe Abschnitt 2]) kann unter Anwendung geschlossener Ausdrücke für die Unsicherheitspropagation (Fehlerfortpflanzung) durchgeführt werden, wenn diskrete Fouriertransformierte und inverse Fouriertransformierte angewendet werden und ein quelloffenes Software-Werkzeug (Open-Source-Softwaretool) GUM2DFT verfügbar ist [21]. Das Verfahren ermöglicht zum Beispiel die für den Betrag und die Phase im Frequenzbereich bereitgestellten frequenzabhängigen Unsicherheiten der **Hydrophon**-Kalibrierdaten in den Zeitbereich zu propagieren.

Die Einführung einer zusätzlichen numerischen Tiefpassfilterung für die Regularisierung des Entfaltungsproblems bringt einen zusätzlichen **Unsicherheits**-Beitrag in das Mess- und Datenauswertungsverfahren ein. Der Einfluss des eingeführten systematischen Fehlers kann beispielsweise durch Berücksichtigung einer stetigen Oberschrankenfunktion im Frequenzbereich für das Druckamplitudenspektrum auf Grundlage eines einfachen Ansatzes mit einparametrischen Basisfunktionen und Einbringen zusätzlicher Vorkenntnisse, wie monoton abnehmende Spektralanteile mit einer Frequenz, die für nichtlinear verzerrte **Schallpulsformen** erwartet wird, und typischer Signatur des Hochfrequenzrauschens im Unterschied zum Wellenformsignal-Beitrag, quantitativ bewertet werden [14].

5.1.8 Linearität

Der lineare Übertragungsbereich entsprechend der Definition in IEC 62127-3 sollte bis 5 MPa reichen.

Der obere Grenzwert des bekannten dynamischen Bereichs muss angegeben werden, insbesondere, wenn er kleiner als 5 MPa ist.

5.1.9 Hydrophonsignalverstärker

Hydrophon-Verstärker müssen die folgenden Leistungsanforderungen erfüllen.

Für alle Verstärker:

Die Verstärkung des Verstärkers muss zulassen, dass die **Hydrophoneinheit** die in 5.1.7 gestellten Anforderungen erfüllen kann.

Das Übertragungsmaß darf nicht mehr als 0,5 dB je 100 kHz Frequenzerhöhung innerhalb des gegebenen **Frequenzbands** abweichen. Die Anforderung kann durch die Benutzung einer geeigneten Darstellung des Frequenzverhaltens, das alle wichtigen Einzelheiten der Frequenzabhängigkeit erklärt, überprüft werden.

Die Linearität mit dem Eingangssignal über einen dynamischen Bereich von 50 dB muss ± 0,3 dB betragen.

Das gemessene, von der **Hydrophoneinheit** erzeugte spektrale Rauschen muss hinreichend gering sein, um die Durchführung von Messungen mit einem angemessenen Signal-Rausch-Verhältnis für jede Frequenz innerhalb der betrachteten **Bandbreite** zu erlauben.

Folgende Leistungsparameter müssen festgelegt sein:

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

- die Verstärkung als Funktion der Frequenz;
- die Eingangsimpedanz als Funktion der Frequenz, entweder die realen und imaginären Anteile ($\underline{Z}_L$) (siehe 3.20) oder die äquivalenten Parallelwiderstands- und Kapazitätskomponenten;
- die Ausgangsimpedanz.

Zusätzliche Anforderungen an Differenzverstärker:

Die oben angeführten Impedanzanforderungen müssen mit der Ausnahme gelten, dass die Impedanz zwischen den beiden aktiven Eingängen gemessen wird.

Die Gleichtaktunterdrückung muss über den Frequenzbereich von 1 Oktave unterhalb bis 2 Oktaven oberhalb von f_{awf} mindestens 40 dB (bezogen auf den Eingang) betragen. Siehe [22, 23].

5.1.10 Kabellänge und Verstärker für Hydrophone

Es muss ein Anschlusskabel mit einer solchen Länge und charakteristischen Impedanz gewählt werden, dass sichergestellt ist, dass die elektrische Resonanz im Anschlusskabel die festgelegte **Bandbreite** des **Hydrophons** oder der **Hydrophoneinheit** nicht beeinflusst. Des Weiteren muss das Kabel angemessen abgeschlossen sein.

Um die Auswirkung der Resonanz im Anschlusskabel zu minimieren, muss die Länge des **Hydrophon**-Kabels (in Metern) viel geringer als $50/(f_{awf} + BW_{20})$ sein, wobei f_{awf} die **akustische Arbeitsfrequenz** in MHz und BW_{20} die –20-dB-Bandbreite in MHz des **Hydrophon**-Signals ist. In den meisten Fällen sollte eine Kabellänge von ≤ 15 cm angemessen sein, siehe [24].

ANMERKUNG 1 Es sollte auf die Angemessenheit der Ausgangsimpedanz des **Hydrophons**/Verstärkers in Bezug auf die Eingangsimpedanz der angeschlossenen Messeinrichtung geachtet werden.

ANMERKUNG 2 In Anhang D sind Verfahren angegeben, die für die Korrektur der Auswirkungen der endlichen **Bandbreite** des **Hydrophons**/Verstärkers auf die Wellenformen, die einer Verzerrung durch nichtlineare Ausbreitung unterliegen, angewendet werden können.

5.2 Anforderungen an die Positionierung und Wasserbäder

5.2.1 Allgemeines

Es gibt verschiedene mögliche Systeme, die für das Anbringen des **Ultraschallwandlers** und **Hydrophons** verwendet werden können. Die allgemeinen Leistungsanforderungen an derartige Systeme werden nachfolgend beschrieben und sind als Optimallösung für die Zwecke dieser Norm zu betrachten. Alternative Positionierungssysteme dürfen verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Gleichwertigkeit mit den in diesem Unterabschnitt beschriebenen Systemen nachgewiesen ist.

Anhang J zeigt ein Beispiel für eine einfache Anordnung von Wasserbehälter, **Ultraschallwandler** und **Hydrophon**, mit dem lediglich die Koordinatenachsen und Freiheitsgrade, auf die in dieser Norm Bezug genommen wird, dargestellt werden sollen.

5.2.2 Positionierungssysteme

5.2.2.1 Wandlerpositionierung

Der untersuchte **Ultraschallwandler** muss so von einem Positionierungssystem getragen werden, dass die Austrittsfläche im Wasserbad vollständig eingetaucht ist und sich in gewissem Abstand zu jeglicher benachbarten Oberfläche, zum Beispiel einer Wasser-Luft-Grenzfläche, befindet, damit an dieser Oberfläche reflektierter Ultraschall nicht das Hauptempfangssignal stört. Für den Fall, dass die Oberfläche parallel zur **Bündelachse** verläuft, muss folgendes Kriterium erfüllt sein.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Wenn z der Abstand zwischen dem aktiven Element eines **Hydrophons** und der Austrittsfläche eines **Ultraschallwandlers** ist und t die Zeit zwischen dem Ankommen des direkten Pulses am **Hydrophon** und dem Ende der Messerfassungsdauer, dann muss der Mindestabstand h zwischen der **Bündelachse** und der reflektierenden Oberfläche folgendermaßen bestimmt werden:

$$\left(z^2 + 4h^2\right)^{1/2} - z > c\ t \tag{14}$$

Es ist vorzuziehen, den Wandler einzutauchen anstatt eine Membran zwischen der Austrittsfläche des **Ultraschallwandlers** und dem Wasserbad zu verwenden. Wenn jedoch eine Membran notwendig ist, dann sollte diese Membran so dünn wie praktisch umsetzbar sein und so nahe wie möglich an der Frontoberfläche des **Ultraschallwandlers** angeordnet werden. Die enge akustische Kopplung sollte durch Verwendung eines Kopplungsmittels auf Wasserbasis sichergestellt werden, wobei darauf zu achten ist, Luftblasen zu vermeiden. Die Messwerte der Schallparameter sollten bezüglich der Übertragungsverluste der Membran korrigiert werden.

5.2.2.2 Hydrophonpositionierung

Das **Hydrophon** muss im Koordinaten-Positionierungssystem so angeordnet werden, dass die Richtung der höchsten Empfindlichkeit des **Hydrophons** annähernd parallel zur vorausgesagten Richtung der **Bündelachse** des zu vermessenden **Ultraschallwandlers** ist.

ANMERKUNG Um auf Reflexion von Ultraschall an der Oberfläche von Membran-**Hydrophonen** beruhende Auswirkungen auf die in Dauerschallfeldern vorgenommenen Messungen zu vermeiden, darf das **Hydrophon** geneigt werden. Das Neigen stellt sicher, dass der reflektierte Ultraschall entweder nicht den Wandler wesentlich stört oder anschließend nicht von der Wandleraustrittsfläche unter Erzeugung von Interferenzeffekten reflektiert wird. In Anhang B sind zwei Verfahren beschrieben, die zur Bestimmung der erforderlichen Neigung angewendet werden.

5.2.2.3 Räumliche Positionierung

Das **Hydrophon** und/oder der **Ultraschallwandler** muss/müssen so von einem Positionierungssystem getragen werden, dass sie relativ zueinander an jedem gewünschten Punkt innerhalb eines Raumes mit folgenden Freiheitsgraden positioniert werden können:

a) räumliche Positionierung entlang dreier orthogonaler Achsen (x, y und z genannt), von denen eine (als z-Achse bezeichnet) der **Bündelachse** des aktiven **Ultraschallwandler**-Elements entspricht.

b) um Positionen wieder herstellen zu können, sollten alle Translations- und Rotationssysteme mit Positionsanzeige versehen sein;

c) die Wiederholpräzision der Positionierung sollte 0,10 λ oder 0,05 mm, je nachdem, welcher Wert kleiner ist, sein.

ANMERKUNG 1 Nach der Ausrichtung sollte die z-Achse parallel zur **Bündelachse** des **Ultraschallwandlers** verlaufen.

ANMERKUNG 2 Es ist möglich, die Anforderung an die Reproduzierbarkeit für viele Messungen zu „lockern“. Eine vernünftige Basis ist es, die Präzision des Positionierungssystems mit dem Durchmesser des aktiven **Hydrophon**-Elements in Beziehung zu setzen. In der Richtung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Ultraschalls ist eine 10 % des Durchmessers des aktiven **Hydrophon**-Elements entsprechende Genauigkeit üblicherweise angemessen, wogegen in der Richtung parallel zur Ausbreitungsrichtung eine dem Durchmesser des aktiven Elements entsprechende Genauigkeit üblicherweise ausreicht.

5.2.3 Wasserbad

5.2.3.1 Allgemeines

Die Größe des Messbehälters muss so sein, dass der **Ultraschallwandler** und das **Hydrophon** relativ zueinander um eine ausreichend große Strecke bewegt werden können, um die Positionierung des aktiven **Hydrophon**-Elements an jedem Punkt im Schallfeld, an dem Messungen erforderlich sind, zuzulassen.

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um auf Reflexion an irgendeinem Teil im Wasserbad oder an dessen Wänden beruhende Auswirkungen auf die Messung zu minimieren (siehe auch 5.2.3.2).

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

In einer Parallelrichtung zur **Bündelachse** bei nichtautomatischen Abtastsystemen oder zur Symmetrieachse der **Azimutalebene** bei automatischen Abtastsystemen sollte sich die Wandung des Wasserbads in einem Abstand zum **Ultraschallwandler** befinden, der wesentlich größer (30 % bis 100 %) als der maximale Trennabstand zwischen dem **Ultraschallwandler** und dem **Hydrophon** ist.

In einer Richtung senkrecht zur Bündelachse bei nichtautomatischen Abtastsystemen bzw. zur Symmetrieachse der **Azimutalebene** bei automatischen Abtastsystemen sollte sich die Wandung des Wasserbads in einem Abstand befinden, der wesentlich größer (30 % bis 100 %) als der Höchstabstand des **Hydrophons** von der **Bündelachse** bei nichtautomatischen Abtastsystemen ist bzw. von einer extremen (äußeren) Abtastlinie bei automatischen Abtastsystemen.

ANMERKUNG 1 Die Größe des **Hydrophons** sollte ebenfalls bedacht werden; so kann bei Membran-**Hydrophonen** eine größere Breite in Senkrechtrichtung zur **Bündelachse** erforderlich sein.

ANMERKUNG 2 Das Kriterium für die Wahl der Größe des Wasserbads, auf das oben verwiesen wird, ist für kürzere **Pulsdauern** als 10 µs angemessen. Bei längeren **Pulsdauern** siehe 5.2.2.1 und [25].

5.2.3.2 Auskleidungsmaterial

Die Messungen sollten unter Bedingungen durchgeführt werden, die annähernd einem akustischen Freifeld entsprechen. Im Fall von **Ultraschallwandlern**, die unter Dauerschallbedingungen angeregt werden, sollten Schallabsorber angeordnet werden, um möglichst viel des auf die Wandung des Wasserbads auftreffenden Ultraschalls abzufangen. Bei gepulsten **Ultraschallwandlern** und bei Anwendung von Techniken mit torgesteuerten Signalen zum Erfassen des **Hydrophon**-Signals ist es nicht wesentlich, Absorber zu verwenden. Oft ist es jedoch ratsam, Absorber an den Wänden des Wasserbads an bestimmten Positionen so anzubringen, dass sie das auftreffende Hauptschallfeld des **Ultraschallwandlers** abfangen.

Die folgenden Prüfungen können zum Bestimmen der Notwendigkeit von akustischen Absorbern angewendet werden:

Ein anwendbares Kriterium ist, dass akustische Absorber verwendet werden sollten, wenn reflektierter Ultraschall den allgemeinen Hintergrundrauschpegel des **Hydrophon**-Signals gleichmäßig erhöht oder wenn in der „Nähe“ des Hauptempfangssignals **Hydrophon**-Störsignale nachgewiesen werden.

Eine geeignete Prüfung auf Vorhandensein von Störsignalen besteht in der Veränderung des Abstandes zwischen dem **Ultraschallwandler** und dem **Hydrophon** während das Signal mit einem Oszilloskop überwacht wird. Bei einigen Störsignalen wird beobachtet, dass sie sich mit mindestens der zweifachen Geschwindigkeit des direkten Empfangssignals verschieben, andere werden, verglichen mit dem **Ultraschallwandler**-**Hydrophon**-Abstand, in einem inkorrekten Zeitfenster empfangen. Diese Prüfung ist nur an gepulsten Systemen durchführbar.

Bei Dauerschallanregung ist es notwendig, die Änderungen und Verzerrung des Hauptsignals bei der Bewegung des **Ultraschallwandlers** zu verfolgen. In vielen Fällen kann auch ein teilweises Stehwellenmuster beobachtet werden.

Die Freifeldbedingungen sind hinreichend erfüllt, wenn das Gesamtecho um mehr als 25 dB vermindert ist. Zum Überprüfen der Übereinstimmung bezüglich der Echoreduzierung durch das Auskleidungsmaterial des Wasserbehälters können mit diesem Abschnitt verschiedene Prüfungen angewendet werden. Ein Beispiel, das zur Überprüfung der verwendeten Absorber- oder Streumaterialien angewendet werden darf, ist in Anhang B angeführt.

5.2.3.3 Wasserbeschaffenheit

Bei Messungen in Feldern mit hohen Schalldrücken oder an **Ultraschallwandlern** mit Dauerschall hoher Leistung können Kavitationseffekte wesentlich sein, so dass in diesem Fall entgastes Gas verwendet werden sollte (für Anleitung siehe Anhang G).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Als Wasser sollte destilliertes oder entionisiertes Wasser mit bekannter Temperatur verwendet werden. Wenn ein **Hydrophon** mit einer elektrisch nicht abgeschirmten Einschichtmembran (Polyvinylidenfluorid (PVDF)) verwendet wird, sollte die elektrische Leitfähigkeit des Wassers weniger als 5 µS cm^{-1} betragen.

5.3 Anforderungen an die Systeme zur Datenerfassung und -analyse

Die Übertragungscharakteristik des Datenerfassungs- und Datenanalysesystems muss angemessen sein, um sicherzustellen, dass bei dessen Anwendung in Kombination mit dem **Hydrophon**, Vorverstärker und Verstärker die in 5.1.6 bis 5.1.9 an die Kombination gestellten Anforderungen erfüllt werden.

5.4 Empfehlungen für die zu charakterisierenden Ultraschallgeräte

Wenn die Abtastung in automatischen Abtastsystemen „eingefroren“ werden kann, sollten geeignete akustische Messungen vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass keine wesentliche Abweichung zwischen einem „eingefrorenem“ Bündel und einem Abtastbündel besteht.

ANMERKUNG 1 Diese Untersuchung ist nicht belanglos und hängt von der Art des Abtastsystems ab. Außerdem ist die wahre Bestimmung von zeitlich gemittelten Parameterwerten für ein „eingefrorenes“ Bündel nicht möglich.

Wenn kein auf die Anregung des **Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe** synchronisiertes elektrisches Signal zur Verfügung steht, dürfen alternative Verfahren zum Erhalt eines derartigen Triggersignals angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Derartige alternative Verfahren schließen die Verwendung einer äußeren elektromagnetischen Aufnahmespule oder eines im Ultraschallfeld angeordneten zusätzlichen akustischen Sensors ein. Siehe [26], [27] und [28].

In dem Fall, dass ein **Ultraschallwandler** oder eine **Ultraschallwandlerelementgruppe** Ultraschall ohne jegliche Wiederholsequenz aussendet, wird es nicht möglich sein, das Messsystem in der in dieser Norm beschriebenen Weise zu synchronisieren. In Anhang F ist eine Teilmenge von akustischen Messungen beschrieben, die sich größtenteils auf Sicherheitsaspekte beziehen und hilfreich sein können, wenn keine Synchronisierung erreicht werden kann.

Jedes System, dass die akustischen Ausgangsgrößen des **Ultraschallwandlers** als Reaktion auf die Änderung der akustischen Impedanz regelt, sollte ausgeschaltet werden. Wenn dies nicht realisierbar ist, sollte eine zusätzliche Mess**unsicherheit** berücksichtigt werden.

6 Messverfahren

6.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt und in Abschnitt 7 beschriebenen Verfahren sind diejenigen, die für die Charakterisierung von Ultraschallfeldern mit piezoelektrischen **Hydrophonen** geeignet sind. Es dürfen andere, auf der Anwendung von piezoelektrischen **Hydrophonen** beruhende Verfahren angewendet werden, vorausgesetzt, die Gleichwertigkeit mit den in diesem Abschnitt beschriebenen Techniken ist nachgewiesen.

6.2 Vorbereitung und Ausrichtung

6.2.1 Vorbereitung

Im Falle vollständigen Eintauchens kann es notwendig sein, verschiedene Teile des **Ultraschallwandlers** abzudichten, um das Eindringen von Wasser, insbesondere an der Kabeleintrittsstelle, zu verhindern. Hierbei sollten Ratschläge des Herstellers eingeholt werden.

Vor der Verwendung sollten die Oberflächen des **Ultraschallwandlers** und des **Hydrophons** auf Verunreinigungen überprüft werden. Bei vorhandener Verunreinigung sollten die Oberflächen entsprechend den Herstellerempfehlungen gereinigt werden. Jegliche vom Hersteller angegebenen oder vom Anwender als notwendig ermittelten speziellen Vorkehrungen, wie z. B. das Eintauchen eines **Hydrophons** für eine bestimmte

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Dauer vor der Verwendung, für den zuverlässigen Gebrauch des **Hydrophons** oder **Ultraschallwandlers** sollten getroffen werden.

Beim Einbringen des **Ultraschallwandlers** sowie des **Hydrophons** in das Wasser sollte darauf geachtet werden, dass alle Luftblasen von den aktiven Flächen entfernt werden. Im Verlauf der Messungen sollte durch regelmäßige Überprüfungen sichergestellt werden, dass keine Luftblasen vorhanden sind.

6.2.2 Ausrichtung eines Ultraschallwandlers und eines Hydrophons

Die *z*-Achse des **Hydrophons**, die der Richtung höchster Empfindlichkeit entspricht, muss so ausgerichtet werden, dass sie parallel zur Ausbreitungsrichtung des Ultraschalls verläuft. In IEC 61828 ist ein geeignetes Ausrichtungsverfahren angegeben.

6.3 Messung

Die Messungen werden mit einer geeigneten **Hydrophoneinheit** durchgeführt. An jedem Punkt erfolgt die Beobachtung lang genug, dass ein vollkommen repräsentativer Teil des akustischen Signals aufgenommen ist. Dies entspricht üblicherweise weniger als eine Sekunde.

Es muss sichergestellt sein, dass die **Bandbreite**, Abtastrate und/oder zeitliche Auflösung des Erfassungssystems ausreichend ist (sind), um das **Hydrophon**-Signal richtig wiederzugeben.

ANMERKUNG 1 In jüngster Zeit sind Oszilloskope neuer Technologie und moderne digitale Erfassungskarten (Digitizerkarten) erhältlich, die eine Erfassung und Analyse äußerst langer Aufnahmelängen erlauben. Im Allgemeinen stellt die Verwendung einer derartigen Messeinrichtung wahrscheinlich den flexibelsten Weg zur Bestimmung aller notwendigen Parameter dar.

ANMERKUNG 2 Da nicht länger vorausgesetzt wird, dass sich das akustische Signal wiederholen wird, ist die Äquivalentzeiterfassung nicht möglich, und dementsprechend wird die digitale Einzelschuss-**Bandbreite** ausreichend sein müssen, um das **Hydrophon**-Signal genau wiederzugeben.

6.4 Analyse

6.4.1 Korrekturen bezüglich eingeschränkter Bandbreite und räumlicher Auflösung

Wenn die Messungen durch eine begrenzte **Bandbreite** (siehe 5.1.7) oder durch Kabelresonanzen (siehe 5.1.10) beeinflusst wird, müssen Korrekturen vorgenommen werden. Wenn die Schmalband-Anforderungen (siehe 5.1.7.1) nicht erfüllt sind, muss das Entfaltungsverfahren angewendet werden (siehe 5.1.7.2).

Wenn die Messwerte durch Effekte der räumlichen Mittelwertbildung, wie in 5.1.6.2 beschrieben, beeinflusst sind, müssen Korrekturen vorgenommen werden. Die Korrekturen müssen entsprechend den in Anhang E angegebenen Verfahren vorgenommen werden.

6.4.2 Messunsicherheiten

Bei der Bewertung und Angabe der **Messunsicherheit** in der Kalibrierung muss der in ISO *Guide to the expression of uncertainty in measurement* (siehe Abschnitt 2) angegebenen Anleitung gefolgt werden.

Zu weiteren Einzelheiten zur Bewertung der Unsicherheiten siehe Anhang I.

7 Bündelcharakterisierung

7.1 Allgemeines

Tabelle 1 liefert eine Anleitung bezüglich der akustischen Parameter, die zum Festlegen der akustischen Ausgangsgrößen der verschiedenen Typen von Ultraschallgeräten verwendet werden können.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Tabelle 1 – Geeignete akustische Parameter für verschiedenen Typen von medizinischen Ultraschallgeräten

Gerätetyp		Primäre Druck-parameter	Abgeleitete Inten-sitätsparameter	Andere Parameter
Puls-Echo	– statisch	1, 2	4 bis 6	7, 8, 10 bis 16, 18 bis 20
	– automatische Abtastung	1, 2	4 bis 6	7, 8, 10 bis 20
Doppler	– vaskulär	1[a], 2	4 bis 6	7, 10, 11, 14, 18, 19
	– Fetalherz	1[a], 2	4 bis 6	7, 10, 11, 14, 18, 19
	– gepulst	1, 2	4 bis 6	7, 8, 10 bis 16, 18 bis 20
Therapie	– Dauerschall (physikalisch)	1[a], 2, 3	5, 6	7, 9, 12, 14, 18, 19
	– Tonburst	1[a], 2, 3	4 bis 6	7, 9, 12, 14 bis 16, 18, 19

ANMERKUNG Die Legende zur Tabelle lautet wie folgt:

	Ab-schnitt			Ab-schnitt	
1	3.45	Positiver Spitzenschalldruck	8	3.11	Bündelbreite
2	3.44	Negativer Spitzenschalldruck	9	3.7	–20-dB-Bündelfläche
3	3.53	Effektivwert des Schalldrucks	10	3.7	–6-dB-Bündelfläche
4	3.60	Räumlicher Spitzen- und Pulsmittel-wert der Intensität	11	3.41	–12-dB-Maße des Ausgangsbün-dels
5	3.62		12	3.38	Lokaler Verzerrungsparameter
6	3.59	Räumlicher Spitzen- und zeitlicher Mittelwert der Intensität	13	3.1	Schallpulsform
7	7.3.2.4	Räumlicher und zeitlicher Mittelwert der Intensität	14	3.15	Position eines der Parameterwerte
			15	3.48	Pulsdauer
		Abgeleitete Ultraschallleistung (oder aus IEC 61161)	16	3.52	Pulswiederholfrequenz
			17	3.57	Abtastwiederholfrequenz
			18	3.3	Akustische Arbeitsfrequenz
			19	3.75	Ultraschallwandlerelementgruppe
			20	3.76	Maße der Ultraschallwandlerele-mentgruppe

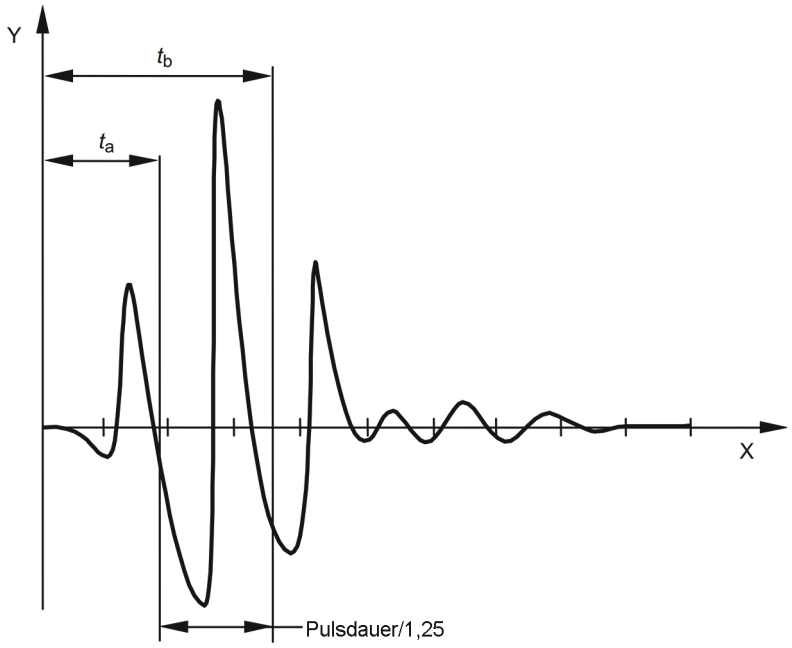
[a] Für diese Art der Anwendung wird angenommen dass der positive Spitzenschalldruck und der negative Spitzenschalldruck von gleicher Größenordnung sind.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

Die folgenden Unterabschnitte 7.2.2 usw. behandeln die Bestimmung einiger der primären Druckparameter.

ANMERKUNG Hinsichtlich einer schematischen Darstellung einiger der Pulsparameter siehe Bild 2.



Legende

t_a	Dauer, um 10 % des Wertes von *ppsi* zu erreichen
t_b	Dauer, um 90 % des Wertes von *ppsi* zu erreichen
X	Zeit
Y	Druck

Bild 2 – Schematische Darstellung des Verfahrens zur Bestimmung der Pulsdauer

7.2 Primäre Druckparameter

7.2.1 Allgemeines

Bei nach 5.2.2, 5.2.3 und 6.2 angebrachtem **Ultraschallwandler** und **Hydrophon** kann jeder der folgenden Parameter nach den Definitionen, wie in Abschnitt 3 festgelegt, bestimmt werden.

ANMERKUNG Wenn Messungen durchgeführt werden, um eine individuelle Norm (zum Beispiel IEC 62359 oder IEC 61157) zu erfüllen, sind die erforderlichen Parameter jene, die in jener Norm festgelegt sind.

Im Fall von in einer bestimmten Ebene durchgeführten Messungen muss die Lage der Ebene in Bezug zur Austrittsfläche des **Ultraschallwandlers** angegeben werden, und die im Prüfbericht angegeben Werte müssen mit der Anmerkung versehen werden, dass sie lediglich diese Ebene wiedergeben.

- –6-dB-**Bündelbreite**;
- –12-dB-**Bündelbreite**;
- –20-dB-**Bündelfläche**;
- –6-dB-**Bündelfläche**;
- **Maße des Ausgangsbündels**;
- **Abtastfläche**;

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

- Lage des **räumlichen und zeitlichen Spitzenwerts des Schalldrucks**;
- Lage des Maximums des **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks**;
- Lage des **räumlichen Spitzen- und zeitlichen Mittelwerts der Intensität**;
- **Abstand der Ultraschallabtastlinien**;
- **Maße der Ultraschallwandlerelementgruppe**;
- **Pulswiederholfrequenz**;
- **Abtastwiederholfrequenz**;
- **Pulsdauer**;
- **arithmetischer Mittelwert der akustischen Arbeitsfrequenz** oder **pegelbewertete akustische Arbeitsfrequenz**;
- **Schallpulsform**;
- **lokaler Verzerrungsparameter**;
- **positiver Spitzenschalldruck**;
- **negativer Spitzenschalldruck**;
- **räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks**.

ANMERKUNG Der **arithmetische Mittelwert der akustischen Arbeitsfrequenz** ist gleich der Mittenfrequenz in [29].

7.2.2 Positiver und negativer Spitzenschalldruck

Es muss eine systematische Suche durchgeführt werden, um den Punkt oder die Punkte des **positiven Spitzenschalldrucks** und des **negativen Spitzenschalldrucks** zu lokalisieren.

ANMERKUNG Besonders interessante Bereiche sind diejenigen, in denen auf der **Bündelachse** Höchst- oder Mindestwerte dieser Druckgröße liegen.

Der **positive Spitzenschalldruck** sollte zusammen mit einer Beschreibung jedes verwendeten Regularisierungsfilters angegeben werden (siehe 5.1.7.2.3, ANMERKUNG 6). Diese Beschreibung sollte mindestens die –3-dB-Eckfrequenz des Regularisierungsfilters angeben.

7.2.3 Räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks

Es muss eine systematische Suche durchgeführt werden, um den Punkt des **räumlichen Spitzenwerts des Effektivschalldrucks** zu lokalisieren.

ANMERKUNG 1 Besonders interessante Bereiche sind diejenigen, in denen auf der **Bündelachse** Höchst- oder Mindestwerte dieser Druckgröße liegen.

Die Messungen müssen über eine ganzzahlige Anzahl **akustischer Wiederholperiodendauern** durchgeführt werden und alle Teile der **akustischen Wiederholperiodendauer** einschließen, wenn Ultraschall auf dem **Hydrophon** auftrifft.

Im Fall von abtastenden Modi ist es zur Bestimmung des **Effektivwerts des Schalldrucks** über die **Abtastwiederholperiodendauer** wichtig, das Empfangssignal von aufeinanderfolgenden **Ultraschallabtastlinien** zu messen. Dieses Empfangssignal entspricht den Anregungen von aufeinanderfolgenden **Ultraschallwandlerelementgruppen** bei Multielement-**Ultraschallwandlern** bzw. von aufeinanderfolgenden Rotations-**Ultraschallabtastlinien** bei Sektorscannern oder Phasenarrayscannern.

Bei Ultraschallgeräten, die Kurzpulswellen aussenden, ist es angemessener, das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** zu bestimmen (siehe 7.3.2).

ANMERKUNG 2 Bei den derzeit verfügbaren **Hydrophonen** kann es wesentlich sein, das **Hydrophon** um seine senkrecht zur **Azimutalebene** verlaufende Achse zu drehen, um das Empfangssignal in jedem Fall zu maximieren.

AVA Documents Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

7.2.4 Lokaler Verzerrungsparameter

Die Ausbreitung von Ultraschall in Wasser bei den in medizinischen Ultraschallfeldern häufig anzutreffenden Schalldrücken und Frequenzen ist kein linearer Prozess, und die **Schallpulsform** ist dementsprechend oft verzerrt. In Feldern mit Beugungseffekten bestehen zwischen dem **positiven Spitzenschalldruck** und dem **negativen Spitzenschalldruck** erhöhte Unterschiede. Um die Bedeutung der Verzerrung für die Charakterisierung von Ultraschallfeldern zu bestimmen, kann der Grad der nichtlinearen Ausbreitung durch Berechnung des **lokalen Verzerrungsparameters** σ_q (siehe 3.38) nach IEC/TS 61949 quantitativ bestimmt werden.

Die folgenden Bereiche können festgelegt werden:

a) $\sigma_q < 0{,}5$ bedeutet, dass geringe lineare Verzerrung aufgetreten ist. Die Amplitude bei f_{awf} unterscheidet sich um weniger als 5 % vom Wert bei Nichtvorhandensein nichtlinearer Effekte.

b) $0{,}5 \leq \sigma_q \leq 1{,}5$ bedeutet, dass beträchtliche Verzerrung aufgetreten ist. Es sollte ein Breitband-**Hydrophon** mit einer Empfindlichkeit, die den Anforderungen nach 5.1.7.1 entspricht, verwendet werden. Die Amplitude in einem um f_{awf} zentrierten halben Oktavband wird sich vom Wert bei Nichtvorhandensein nichtlinearer Effekte um 5 % bis 25 % unterscheiden.

c) $\sigma_q > 1{,}5$ bedeutet, dass beträchtliche Verzerrung sowie Dämpfung bei f_{awf} aufgetreten ist. Es sollte ein Breitband-**Hydrophon** wie in b) verwendet werden. Die Amplitude in einem um f_{awf} zentrierten halben Oktavband wird sich vom Wert bei Nichtvorhandensein nichtlinearer Effekte um mehr als 25 % unterscheiden.

ANMERKUNG 1 In b) und c) der obigen Liste können die Schalldruckspektren $\Phi(p(t))$ einen beträchtlichen Anteil im Frequenzbereich enthalten, der einem Vielfachen der akustischen Arbeitsfrequenz entspricht, und bei der Wellenform-Entfaltung (siehe 5.1.7.2) werden Breitband-Kalibrierdaten des **Hydrophons** benötigt.

7.3 Aus dem Schalldruck abgeleitete Intensitätsparameter

7.3.1 Allgemeines

Da **Hydrophone** den Schalldruck messen, ist es angebracht, die Spezifikation der auf **Hydrophon**-Messungen beruhenden Größen auf Grundlage des Schalldrucks anzugeben. Dementsprechend müssen die in 7.2 und in den Begriffsdefinitionen (Abschnitt 3) angegebenen Parameter die bevorzugten Parameter für die Spezifikation sein.

Unter solchen Bedingungen, dass die Annahme der Ausbreitung einer ebenen fortschreitenden Welle berechtigt ist, können die gemessenen Parameter des **Augenblickswertes des Schalldrucks** in wahre Intensitäten umgerechnet werden. Wenn dies erfolgt, muss deutlich angegeben werden, dass die Näherung der ebenen fortschreitenden Welle angewendet wurde.

In diesem Fall wird der **Augenblickswert der Intensität** durch den **Augenblickswert der abgeleiteten Intensität**, $I(t)$, mit der folgenden Gleichung angenähert:

$$I(t) = p(t)^2 / \rho c \tag{15}$$

Dabei ist

ρ die Dichte von Wasser;

c die Schallgeschwindigkeit in Wasser (siehe Anhang B).

Die folgenden Intensitätsparameter dürfen aus den Druckparametern bestimmt werden:

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

– **räumlicher und zeitlicher Spitzenwert der Intensität** $I_{sptp} = (p_{sptp})^2/\rho c$ (16)

– **räumlicher Spitzen- und zeitlicher Mittelwert der Intensität** $I_{spta} = (p_{spr})^2/\rho c$ (17)

– **räumlicher und Pulsmittelwert der Intensität** I_{sapa}

– **räumlicher und zeitlicher Mittelwert der Intensität** I_{sata}

– **Zeitfenstermittelwert der Intensität** $I_{w,\Delta t/s}(t)$.

Die für die Bestimmung der ersten beiden Parameter angewendeten Verfahren müssen denen ähnlich sein, die für die äquivalenten Schalldruckparameter angewendet werden. In diesem Fall muss der an jedem Punkt im Schallfeld aufgezeichnete Parameter jedoch das Quadrat des **Augenblickswertes des Schalldrucks** sein.

ANMERKUNG Wenn der **lokale Verzerrungsparameter** 0,5 überschreitet, können die Umrechnungen der gemessenen Druckparameter in Intensitäten möglicherweise ungültig bzw. nicht ausreichend genau sein [30].

7.3.2 Intensitätsparameter auf Grundlage des Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks

7.3.2.1 Pulsdauer

Die **Pulsdauer** ist gleich dem 1,25-Fachen der Anstiegszeit von 10 % bis 90 % des Zeitintegrals des quadrierten **Augenblickswertes des Schalldrucks**. Die Zeitpunkte t_a und t_b, bei denen das Zeitintegral 10 % bzw. 90 % des **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** beträgt, ergeben sich aus folgenden Gleichungen:

$$\frac{1}{M^2}\int_{t_1=0}^{t_a} u^2(t)\,\mathrm{dt} = 0{,}1\,ppsi \text{ und} \tag{18}$$

$$\frac{1}{M^2}\int_{t_1=0}^{t_b} u^2(t)\,\mathrm{dt} = 0{,}9\,ppsi \tag{19}$$

Dabei ist

M der allgemeine Term der **Hydrophon**-Empfindlichkeit;

$u(t)$ die gemessene Ausgangsspannung des **Hydrophons**.

Die **Pulsdauer** muss dann folgendermaßen berechnet werden:

$$t_d = 1{,}25(t_b - t_a). \tag{20}$$

7.3.2.2 Räumlicher Spitzen- und Pulsmittelwert der Intensität

Der **räumliche Spitzen- und Pulsmittelwert der Intensität** muss mit dem Höchstwert des auf der **Bündelachse** gemessenen **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** wie folgt berechnet werden:

$$I_{sppa} = \frac{1}{t_d \rho c}\,ppsi \tag{21}$$

Dabei ist

ρ die Dichte von Wasser;

c die Schallgeschwindigkeit in Wasser (siehe Anhang B);

ρc die spezifische akustische Impedanz von reinem Wasser (= 1,48 x 10^6 kg m^{-2} s^{-1} bei 20 °C);

t_d die **Pulsdauer**.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04

7.3.2.3 Räumlicher Spitzen- und zeitlicher Mittelwert der Intensität

Für den **nicht abtastenden Modus** wird der **räumliche Spitzen- und zeitliche Mittelwert der Intensität** mit dem Höchstwert des **Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks** in einem einzelnen Bündel berechnet:

$$I_{\mathrm{spta}} = \frac{prr}{\rho c} \max_{z} [\, ppsi(z) \,] \tag{22}$$

Dabei ist

prr der Höchstwert der **Pulswiederholfrequenz** des **nicht abtastenden Modus**.

Bei einem **abtastenden Modus** (z. B. automatischer B-Modus) muss der Wert von I_{spta} einschließlich des Beitrags der überlappenden **Ultraschallabtastlinien** gemessen werden. Dies bedeutet, dass mehrere **Pulsintegrale des quadrierten Schalldrucks** durch die Summe der **Pulsintegrale des quadrierten Schalldrucks** als Daten verarbeitet werden:

$$Sppsi = \ldots + n_{\mathrm{pps,c-2}} ppsi_{\mathrm{c-2}} + n_{\mathrm{pps,c-1}} ppsi_{\mathrm{c-1}} + n_{\mathrm{pps,c}} ppsi_{\mathrm{c}} + n_{\mathrm{pps,c+1}} ppsi_{\mathrm{c+1}} + n_{\mathrm{pps,c+2}} ppsi_{\mathrm{c+2}} \ldots \tag{23}$$

Dabei ist

$ppsi_c$ das zur **mittleren Abtastlinie** gehörende **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**;

$ppsi_{c+1}$, $ppsi_{c-1}$, usw. das bzw. die **Pulsintegral(e) des quadrierten Schalldrucks** der aufeinanderfolgenden benachbarten **Ultraschallabtastlinien** mit abnehmenden Werten;

$n_{pps,c+1}$, $n_{pps,c-1}$, usw. die Anzahl der Wiederholpulse je **Ultraschallabtastlinie**.

Aus der **Abtastwiederholfrequenz** und der Anzahl der **Ultraschallabtastlinien** wird der **Abstand der Ultraschallabtastlinien** bei der Tiefe, in der der Höchstwert von I_{spta} gefunden wird, berechnet. Alternativ darf der **Abstand der Ultraschallabtastlinien** durch Abtasten des **Hydrophons** in Abtastrichtung und Messen der Abstände zwischen den bei der Abtastung gefunden Maxima ermittelt werden.

Mit diesem **Abstand der Ultraschallabtastlinien** kann der Beitrag der benachbarten **Ultraschallabtastlinien** aus den Ergebnissen der seitlichen Linienabtastung in der **Abtastebene** berechnet werden. Bei der Summenbildung der $ppsi$-Werte werden alle beitragenden **Ultraschallabtastlinien** über eine ausreichend lange Zeitspanne berücksichtigt, um alle wesentlichen akustischen Informationen einzubeziehen.

Der **räumliche Spitzen- und zeitliche Mittelwert der Intensität** für den **abtastenden Modus** ergibt sich dann zu

$$I_{\mathrm{spta}} = \frac{srr}{\rho c} \max_{z} [\, Sppsi(z) \,] \tag{24}$$

Dabei ist

srr der Höchstwert der **Abtastwiederholfrequenz** des **abtastenden Modus**.

7.3.2.4 Abgeleitete Ultraschallleistung

Wenn die Bestimmung der gesamten Ultraschallleistung P eines stationären Einzelbündels mittels Flächenabtastung durchgeführt wird, muss dies mit einem kalibrierten **Hydrophon** nach IEC 62127-2 und auf Grundlage folgender Gleichung durchgeführt werden:

$$P = \iint_{S} I_{\mathrm{ta}}(x,y)\, \mathrm{d}x\mathrm{d}y \tag{25}$$

Dabei ist

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 62127-1:2022-04