

DIN EN 62127-1

ICS 17.140.50; 11.040.60

Ersatz für
DIN EN 62127-1:2008-06 und
DIN EN 62127-1
Berichtigung 1:2009-03
Siehe Anwendungsbeginn

**Ultraschall –
Hydrophone –
Teil 1: Messung und Charakterisierung von medizinischen
Ultraschallfeldern bis zu 40 MHz
(IEC 62127-1:2007 + Cor. :2008 + A1:2013);
Deutsche Fassung EN 62127-1:2007 + A1:2013**

Ultrasonics –
Hydrophones –
Part 1: Measurement and characterization of medical ultrasonic fields up to 40 MHz
(IEC 62127-1:2007 + Cor. :2008 + A1:2013);
German version 62127-1:2007 + A1:2013

Ultrasons –
Hydrophones –
Partie 1: Mesurage et caractérisation des champs ultrasoniques médicaux jusqu'à 40 MHz
(CEI 62127-1:2007 + Cor. :2008 + A1:2013);
Version allemande 62127-1:2007 + A1:2013

Gesamtumfang 95 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2007-09-01 angenommene Europäische Norm und die am 2013-03-15 angenommene Änderung A1 als DIN-Norm ist 2013-11-01.

Für DIN EN 62127-1:2008-06 und DIN EN 62127-1 Berichtigung 1:2009-03 besteht eine Übergangsfrist bis 2016-03-15.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62127-1/A1:2010-08.

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 87 „Ultrasonics“ erarbeitet.

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

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

5

Die Änderungen von IEC 62127-2 Cor. 1:2008 sind eingearbeitet und am linken Rand mit einer senkrechten Linie und „C1“ gekennzeichnet.

Die Änderungen von A1 sind eingearbeitet und am linken Rand mit einer senkrechten Linie gekennzeichnet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62127-1:2008-06 und DIN EN 62127-1 Berichtigung 1:2009-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Im gesamten Dokument wurden Verbesserungen im Bereich der Rechtschreibung durchgeführt.
- b) Normative Verweisungen wurden aktualisiert.
- c) Begriffe wurden mit denen in der DIN EN 62127-2 harmonisiert.
- d) Normative Abschnitte wurden durch Anmerkungen ergänzt, um diese dem Stand der Technik anzupassen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61101: 1994-12

DIN EN 61102: 1994-12

DIN EN 62092: 2002-11

DIN EN 62127-1: 2008-06

DIN EN 62127-1 Berichtigung 1: 2009-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-801:1994	^a	–
–	IEC 60050-802	^a	–
–	IEC 60469-1:1987	DIN IEC 60469-1:1991-05	–
EN 60565	IEC 60565	DIN EN 60565	–
EN 60601-2-5:2000	IEC 60601-2-5:2000 ersetzt durch:	DIN EN 60601-2-5 (VDE 0750-2-5):2001-12	VDE 0750-2-5
–	IEC 60601-2-5:2009	–	–
EN 60601-2-37	IEC 60601-2-37	DIN EN 60601-2-37 (VDE 0750-2-37)	VDE 0750-2-37
EN 61157:2007	IEC 61157:2007	DIN EN 61157:2008-07	–
EN 61161:2007	IEC 61161:2006	DIN EN 61161:2007-09	–
EN 61689	IEC 61689	DIN EN 61689 (VDE 0754-3)	VDE 0754-3
EN 61828	IEC 61828	DIN EN 61828	–
EN 61846	IEC 61846	DIN EN 61846	–
EN 61847	IEC 61847	DIN EN 61847	–
CLC/TS 61949	IEC/TS 61949:2007	DIN CLC/TS 61949 (VDE V 0754-2):2010-03	VDE V 0754-2
EN 62127-2	IEC 62127-2	DIN EN 62127-2	–
EN 62127-3	IEC 62127-3	DIN EN 62127-3	–
EN 62359	IEC 62359	DIN EN 62359	–
–	IEC/TS 62781	–	–
–	ISO 16269-6:2005	DIN ISO 16269-6:2009-10	–
–	ISO/IEC Guide 98-3	–	–

^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: <http://www.dke.de/dke-iev>.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 61949 (VDE V 0754-2):2010-03, *Ultraschall – Charakterisierung von Feldern – Schätzung der In-situ-Expositionswerte in Ultraschallbündeln mit finiten Amplituden (IEC/TS 61949:2007); Deutsche Fassung CLC/TS 61949:2008*

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

DIN EN 60601-2-5 (VDE 0750-2-5):2001-12, *Medizinische elektrische Geräte – Teil 2-5: Besondere Festlegungen für die Sicherheit von Ultraschall-Physiotherapiegeräten (IEC 60601-2-5:2000); Deutsche Fassung EN 60601-2-5:2000*

DIN EN 60601-2-37 (VDE 0750-2-37), *Medizinische elektrische Geräte – Teil 2-37: Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Ultraschallgeräten für die medizinische Diagnose und Überwachung*

DIN EN 61157:2008-07, *Normverfahren für die Angabe der akustischen Ausgangsgrößen von medizinischen Ultraschalldiagnostikgeräten (IEC 61157:2007); Deutsche Fassung EN 61157:2007*

DIN EN 61161:2007-09, *Ultraschall – Leistungsmessung – Schallfeldkraft-Waagen und Anforderungen an ihre Funktionseigenschaften (IEC 61161:2006); Deutsche Fassung EN 61161:2007*

DIN EN 61689 (VDE 0754-3), *Ultraschall – Physiotherapiesysteme – Feldspezifikation und Messverfahren im Frequenzbereich von 0,5 MHz bis 5 MHz*

DIN EN 61828, *Ultraschall – Fokussierende Wandler – Definitionen und Messverfahren für die erzeugten Felder*

DIN EN 61846, *Ultraschall – Druckpuls-Lithotripter – Feldcharakterisierung*

DIN EN 61847, *Ultraschall – Chirurgische Systeme – Messung und Deklaration der grundlegenden Ausgangsgrößen*

DIN EN 62127-2, *Ultraschall – Hydrophone – Teil 2: Kalibrierung für Ultraschallfelder bis zu 40 MHz*

DIN EN 62127-3, *Ultraschall – Hydrophone – Teil 3: Eigenschaften von Hydrophonen zur Verwendung in Ultraschallfeldern bis zu 40 MHz*

DIN EN 62359, *Ultraschall – Charakterisierung von Feldern – Prüfverfahren für die Ermittlung des thermischen und des mechanischen Index bezogen auf medizinische Ultraschalldiagnostikfelder*

DIN IEC 60469-1:1991-05, *Impulstechnik – Impulsbegriffe und -definitionen; Identisch mit IEC 60469-1:1987*

DIN ISO 16269-6:2009-10, *Statistische Auswertung von Daten – Teil 6: Ermittlung von statistischen Anteilsbereichen (ISO 16269-6:2005); Text Deutsch und Englisch*

Ultraschall –
Hydrophone –
Teil 1: Messung und Charakterisierung von medizinischen
Ultraschallfeldern bis zu 40 MHz
(IEC 62127-1:2007 + A1:2013)

Ultrasonics –
Hydrophones –
Part 1: Measurement and characterization of
medical ultrasonic fields up to 40 MHz
(IEC 62127-1:2007 + A1:2013)

Ultrasons –
Hydrophones –
Partie 1: Mesurage et caractérisation des
champs ultrasoniques médicaux jusqu'à 40 MHz
(CEI 62127-1:2007 + A1:2013)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2007-09-01 und die A1 am 2013-03-15 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

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

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

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

CENELEC

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

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2013 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62127-1:2007 + A1:2013 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 87/352/CDV, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62127-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 87 „Ultrasonics“, wurde dem IEC-CENELEC Parallelen Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 2007-09-01 als EN 62127-1 angenommen.

EN 62127-1, EN 62127-2 und EN 62127-3 werden gleichzeitig veröffentlicht. Zusammengefasst ersetzen diese Europäischen Normen EN 61101:1993, EN 61102:1993 + A1:1994, EN 61220:1995 und EN 62092:2001.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2008-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2010-09-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62127-1:2007 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

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

IEC 60601-2-37	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60601-2-37:2001 (nicht modifiziert).
IEC 61157	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61157:1994 (nicht modifiziert).
IEC 61161	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61161:2007 (nicht modifiziert).
IEC 62359	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62359:2005 (nicht modifiziert).

Vorwort zu A1

Der Text des Dokuments 87/518/FDIS, die zukünftige Änderung 1 für die Ausgabe 1 der IEC 62127-1, erarbeitet vom IEC/TC 87 „Ultrasonics“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62127-1:2007/A1:2013 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2013-12-15
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2016-03-15

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62127-1:2007/A1:2013 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In den Literaturhinweisen der EN 62127-1:2007 ist die bestehende Verweisung auf IEC 61157 durch die folgende zu ersetzen:

IEC 61157:2007 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61157:2007 (nicht modifiziert).

In den Literaturhinweisen der EN 62127-1:2007 ist die folgende neue Verweisung hinzuzufügen:

IEC/TS 61949:2007 ANMERKUNG Harmonisiert als CLC/TS 61949:2008 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Vorwort zu A1	3
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Symbole	9
4 Liste der Formelzeichen	30
5 Messanforderungen.....	32
5.1 Anforderungen an Hydrophone und Verstärker	32
5.1.1 Einleitung.....	32
5.1.2 Allgemeines	32
5.1.3 Empfindlichkeit eines Hydrophons	33
5.1.4 Richtungsempfindlichkeit eines Hydrophons	33
5.1.5 Wirksamer Hydrophonradius.....	33
5.1.6 Wahl der Größe eines aktiven Hydrophonelements	33
5.1.7 Bandbreite	34
5.1.8 Linearität.....	35
5.1.9 Hydrophonsignalverstärker	35
5.1.10 Hydrophon-Kabellänge und Verstärker.....	36
5.2 Anforderungen an die Positionierung und Wasserbäder	36
5.2.1 Allgemeines	36
5.2.2 Positionierungssysteme	37
5.2.3 Wasserbad	38
5.3 Anforderungen an die Systeme zur Datenerfassung und -analyse	39
5.4 Empfehlungen für die zu charakterisierenden Ultraschallgeräte	39
6 Messverfahren.....	40
6.1 Allgemeines.....	40
6.2 Vorbereitung und Ausrichtung.....	40
6.2.1 Vorbereitung.....	40
6.2.2 Ausrichtung eines Ultraschallwandlers und eines Hydrophons	40
6.3 Messung	40
6.4 Analyse.....	41
6.4.1 Korrekturen bezüglich eingeschränkter Bandbreite und räumlicher Auflösung	41
6.4.2 Messunsicherheiten	41
7 Bündelcharakterisierung.....	41
7.1 Allgemeines	41
7.2 Primäre Druckparameter	43

	Seite
7.2.1 Allgemeines.....	43
7.2.2 Positiver und negativer Spitzenschalldruck	44
7.2.3 Räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks	44
7.2.4 Lokaler Verzerrungsparameter	44
7.2.5 Intensitätsparameter auf Grundlage des Augenblickswertes des Schalldrucks	45
7.2.6 Intensitätsparameter auf Grundlage des Pulsintegrals des quadrierten Schalldrucks	46
7.2.7 Abgeleitete Ultraschalleistung	47
8 Anforderungen für bestimmte Ultraschallfelder.....	48
8.1 Allgemeines.....	48
8.2 Diagnostische Felder	48
8.2.1 Vereinfachte Verfahren und Anleitungen	48
8.2.2 Diagnostikgeräte mit gepulsten Schallwellen.....	49
8.2.3 Dauerschall-Diagnostikgeräte	50
8.3 Therapeutische Felder	50
8.3.1 Physiotherapiegeräte	50
8.3.2 Hyperthermie.....	51
8.4 Chirurgische Felder.....	51
8.4.1 Lithotripter und Druckpulsquellen für andere therapeutische Zwecke.....	51
8.4.2 Chirurgische Anwendungen bei niedrigen Frequenzen.....	51
8.5 Felder von anderen medizinischen Anwendungen	51
9 Übereinstimmungserklärung	51
9.1 Allgemeines.....	51
9.2 Wahrscheinliche Höchstwerte.....	52
9.3 Probennahme.....	53
Anhang A (informativ) Allgemeine Begründung	54
Anhang B (informativ) Hydrophone und Positionierung	56
Anhang C (informativ) Schalldruck und Intensität	62
Anhang D (informativ) Umrechnung von Spannung in Druck	64
Anhang E (informativ) Korrektur der räumlichen Mittelung	69
Anhang F (informativ) Akustische Ausgangsparameter für medizinische Mehrfachmodus- Ultraschallfelder bei Nichtvorhandensein einer Abtastfeldsynchronisation	72
Anhang G (informativ) Ausbreitungsmedium und Entgasung	79
Anhang H (informativ) Spezifische Ultraschallfelder	80
Anhang I (informativ) Beurteilung der Messunsicherheit in den mit Hydrophonen ermittelten akustischen Größen	83
Anhang J (informativ) Systeme für Wandler- und Hydrophonpositionierung	85
Anhang K (informativ) Bündelbreite-Mittelpunktverfahren	86
Literaturhinweise	87
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	91

Bilder

Bild 1 – Schematische Darstellung der verschiedenen Ebenen und Linien in einem Ultraschallfeld (siehe auch IEC 61828).....	11
Bild 3 – Verschiedene Aperturen und Ebenen für einen Wandler von unbekannter Geometrie [IEC 61828].....	27
Bild 4 – Parameter zur Beschreibung eines Beispiels eines fokussierenden Wandlers mit bekannter Geometrie [IEC 61828, geändert]	29
Bild 2 – Schematische Darstellung des Verfahrens zur Bestimmung der Pulsdauer.....	43
Bild D.1 – Ein Flussdiagramm des Entfaltungsverfahrens bei Hydrophonmessungen	65
Bild D.2 – Beispiel einer Wellenform-Entfaltung.....	68
Bild J.1 – Schematische Darstellung der Freiheitsgrade des Ultraschallwandlers und des Hydrophons	85

Tabellen

Tabelle 1 – Geeignete akustische Parameter für verschiedenen Typen von medizinischen Ultraschallgeräten.....	42
Tabelle B.1 – Typische Spezifikationsdaten für Hydrophone, angegeben für den Fall von 1 MHz	61
Tabelle C.1 – Eigenschaften von destilliertem oder entionisiertem Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur	63
Tabelle D.1 – Verfahren zur Umrechnung eines zweiseitigen Spektrums in ein einseitiges Spektrum.....	66
Tabelle D.2 – Verfahren zur Umrechnung eines einseitigen Spektrums in ein zweiseitiges Spektrum.....	67
Tabelle F.1 – In IEC-Normen definierte Hauptparameter.....	73
Tabelle F.2 – Liste der Parameter, die zu gebrauchen oder wegzulassen sind	74
Tabelle K.1 – dB-Bündelbreitenpegel zur Bestimmung der Mittelpunkte	86

Einleitung

Hauptzweck des vorliegenden Teils der 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.

Die dieser Internationalen Norm zu Grunde liegende Philosophie ist die Spezifikation des Schallfeldes in Form von Schalldruckparametern, wobei bei Verwendung von **Hydrophonen** zum Charakterisieren des Feldes 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.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62127 legt Verfahren für die Anwendung von kalibrierten **Hydrophonen** zum Messen der von medizinischen Ultraschallgeräten, die im Frequenzbereich bis 40 MHz arbeiten, erzeugten Schallfelder in Flüssigkeiten fest.

Die Zielsetzungen dieser Internationalen Norm sind:

- die Definition einer Gruppe von akustischen Parametern, die auf einer physikalisch zuverlässigen Basis 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 im Frequenzbereich bis 40 MHz 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.

ANMERKUNG 1 In dieser Norm werden SI-Einheiten verwendet. Bei der Spezifikation bestimmter Parameter, wie z. B. **Bündelflächen** und Intensitäten, kann es praktisch sein, Dezimalvielfache oder Dezimalteile zu verwenden. Zum Beispiel können die **Bündelfläche** in cm^2 und Intensitäten in W/cm^2 oder mW/cm^2 angegeben werden.

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

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 50(801):1994, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 801: Acoustics and electro-acoustics*

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

IEC/TR 60854:1986, *Methods of measuring the performance of ultrasonic pulse-echo diagnostic equipment*

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

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

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

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

IEC 62127-2, *Ultrasonics – Hydrophones – Part 2: Calibration of hydrophones to be used in ultrasonic fields up to 40 MHz*

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

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

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

ANMERKUNG Die folgenden Normen sind auf den richtigen Gebrauch dieses Dokuments angewiesen.

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

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 Angaben in einem einzigen Puls oder Tonburst enthalten sind oder bei Dauerschall in einem oder mehreren Wellenzügen

ANMERKUNG 1 Der zeitliche Kurvenverlauf entspricht einer Darstellung (z. B. Oszilloskopdarstellung oder 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 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 Das Signal wird entweder nach dem **Nulldurchgangsverfahren** oder einem Spektralanalysenverfahren analysiert. **Akustische Arbeitsfrequenzen** sind in 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 und 3.3.4 definiert.

ANMERKUNG 2 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 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 Keine der n aufeinanderfolgenden Schwingungshalbperioden sollte Anzeichen einer Phasenänderung zeigen.

ANMERKUNG 2 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 Diese Frequenz wird nach dem in IEC/TR 60854 festgelegten Verfahren bestimmt.

ANMERKUNG 4 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 die Höhe des Schalldruckspektrums 3 dB unter der größten Amplitude liegt

ANMERKUNG 1 Lediglich für Systeme mit gepulsten Schallwellen vorgesehen.

ANMERKUNG 2 Es wird vorausgesetzt, dass $f_1 < f_2$.

ANMERKUNG 3 Wenn f_2 sich nicht im Bereich $< 3f_1$ befindet, ist f_2 als niedrigste Frequenz über diesem Bereich zu verstehen, bei dem die Höhe des Schalldruckspektrums 3 dB unter der höchsten Amplitude liegt.

3.3.3

akustische Spitzenpulsfrequenz

f_p

arithmetischer Mittelwert der akustischen Arbeitsfrequenz des Pulses mit dem größten **negativen Spitzenschalldruck**, gemessen am Punkt des Höchstwerts des **negativen Spitzenschalldrucks**

ANMERKUNG Die **akustische Spitzenpulsfrequenz** wird in Hertz (Hz) angegeben.

3.3.4

zeitlicher Mittelwert der akustischen Frequenz

f_t

arithmetischer Mittelwert der akustischen Arbeitsfrequenz des zeitlich gemittelten Schalldruckspektrums des am Punkt des höchsten **zeitlichen Mittelwerts der Intensität** gemessenen Schallsignals

ANMERKUNG Der **zeitliche Mittelwert der akustischen Frequenz** wird in Hertz (Hz) angegeben.

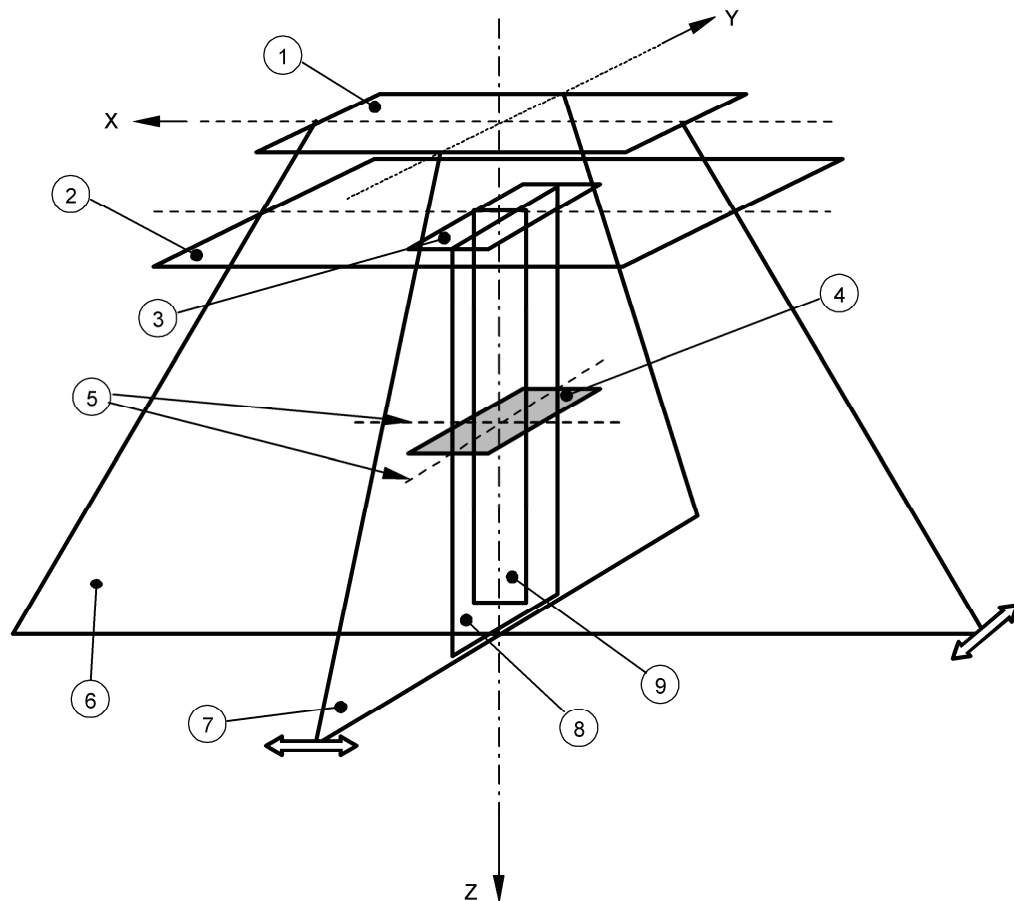
3.4

Azimutalachse

Achse, die durch die Schnittmenge der **Azimutalebene** und der **Quellenaperturbene** (Messung) bzw. der **Wandleraperturbene** (Konstruktion) gebildet wird

ANMERKUNG 1 Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 1.



Legende

X **Azimutalachse**

Y **Höhenachse**

Z **Bündelachse**

1 äußere Wandlertemperatur

2 **Quellenapertureebene**

3 Apertureebene

4 Bündelflächenebene

5 Bündelbreitenlinien

6 **Azimutalebene/Abtastebene**

7 **Höhenebene**

8 **Längsebene**

9 **Hauptlängsebene**

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

3.5

Azimutalebene

die **Abtastebene** bei einem abtastenden **Ultraschallwandler** bzw. die **Hauptlängsebene** bei einem nicht-abtastenden **Ultraschallwandler**

ANMERKUNG 1 Übernommen aus IEC 61828:2001.

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 1.

3.6

Bandbreite

BW

Differenz zwischen den zahlenmäßig am weitesten auseinanderliegenden Werte f_1 und f_2 , bei denen die Amplitude des Schalldruckspektrums 3 dB kleiner als der Spitzenwert ist, an einem bestimmten Punkt im Schallfeld

ANMERKUNG 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 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 In einer Vielzahl von Situationen wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ in der oben stehenden 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“ gemäß 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 3 Einige festgelegte Anteile sind 0,25 für die –6-dB- und 0,01 für die –20-dB-Bündelfläche.

ANMERKUNG 4 Die **Bündelfläche** wird in Quadratmeter (m^2) angegeben.

ANMERKUNG 5 Definition aus IEC 61828:2001, überarbeitet.

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 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 In einer Vielzahl von Situationen wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ in der oben stehenden 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“ gemäß 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 3 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 4 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 schneiden

ANMERKUNG Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.10

Bündelbreitenmittelpunkt

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

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

ANMERKUNG 2 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 In einer Vielzahl von Situationen wird der Begriff „**Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**“ in der oben stehenden 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“ gemäß 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 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 Die **Bündelbreite** wird in Meter (m) angegeben.

ANMERKUNG 4 Definition aus IEC 61828:2001, leicht modifiziert.

3.12

Breitbandwandler

ein Wandler, der einen Schallpuls erzeugt, dessen **Bandbreite** größer als der **arithmetische Mittelwert der 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

ANMERKUNG 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 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 Der Abstand z_c wird in Meter (m) angegeben.

3.17

Abstand z_{ppi}

z_{ppi}

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

ANMERKUNG Der Abstand z_{ppi} wird in Meter (m) angegeben.

3.18

Abstand z_{spta}

z_{spta}

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

ANMERKUNG 1 In der Praxis ist dieser Abstand gleich dem Abstand z_{ppi} .

ANMERKUNG 2 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 Der Abstand z_{offset} wird in Meter (m) angegeben.

ANMERKUNG 2 Definition mit modifiziertem Symbol aus IEC 61828:2001 übernommen.

3.20

elektrische Lastimpedanz

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 Die **elektrische Lastimpedanz** wird in Ohm (Ω) angegeben.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus IEC 62127-3.

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

ANMERKUNG 2 Der **wirksame Hydrophonradius** wird in Meter (m) angegeben.

ANMERKUNG 3 Der Radius ist üblicherweise von der Frequenz abhängig. Für repräsentative experimentelle Daten siehe [1].

ANMERKUNG 4 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 Der **wirksamer Radius eines nicht fokussierenden Ultraschallwandlers** wird in Meter (m) angegeben.

3.23

Höhenachse

Elevationsachse

Linie in der **Quellenaperturbene** (Messung) oder **Wandleraperturbene** (Konstruktion), die senkrecht zur **Azimutalachse** verläuft

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.24

Höhenebene

Elevationsebene

Längsebene, die die **Höhenachse** enthält

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus IEC 61828:2001.

3.25

Empfindlichkeit bei Last am Kabelende

Empfindlichkeit eines Hydrophons (oder einer Hydrophoneinheit) bei Last am Kabelende

$M_L(f)$

Verhältnis des Augenblickswertes der Spannung am Ende eines integrierten Kabels oder Ausgangssteckers eines **Hydrophons** oder einer **Hydrophoneinheit** bei Anschluss an eine festgelegte elektrische Impedanz zum **Augenblickswert des Schalldrucks** im ungestörten Freifeld einer ebenen Welle am Ort des Bezugsmittelpunktes des **Hydrophons**, wenn das **Hydrophon** entfernt worden wäre

ANMERKUNG 1 Die **Empfindlichkeit bei Last am Kabelende** wird in Volt je Pascal (V/Pa) angegeben.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus IEC 62127-3.

3.26

Empfindlichkeit bei Leerlauf am Kabelende

Empfindlichkeit eines Hydrophons bei Leerlauf am Kabelende

$M_C(f)$

Verhältnis des Augenblickswertes der Leerlaufspannung am Ende eines integrierten Kabels oder Ausgangssteckers eines **Hydrophons** zum **Augenblickswert des Schalldrucks** im ungestörten Freifeld einer ebenen Welle am Ort des Bezugsmittelpunktes des **Hydrophons**, wenn das **Hydrophon** entfernt worden wäre

ANMERKUNG 1 Die **Empfindlichkeit bei Leerlauf am Kabelende** wird in Volt je Pascal (V/Pa) angegeben.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus IEC 62127-3.

3.27

äußere Wandlerapertur

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

ANMERKUNG 1 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 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 3 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 Ultraschallwandler

ANMERKUNG 1 Im **Fernfeld** scheint der Schalldruck kugelförmig von einem Punkt auf oder nahe der strahlenden Oberfläche divergierend auszugehen. Damit ist der durch die Schallquelle erzeugte Druck umgekehrt proportional zum Abstand von dieser Schallquelle.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „**Fernfeld**“ wird in dieser Internationalen Norm nur im Zusammenhang mit nicht fokussierenden Ultraschallwandlern verwendet. Bei fokussierenden Wandlern werden die verschiedenen Teile des erzeugten Feldes anders bezeichnet (siehe IEC 61828).

ANMERKUNG 3 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 Hydrophonelements definiert ist

ANMERKUNG 1 Der **geometrische Hydrophonradius** wird in Meter (m) angegeben.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus 62127-3.

3.30

Hydrophon

Wandler, der als Reaktion auf in Wasser übertragene Schallsignale elektrische Signale erzeugt

[IEV 801-32-26, mod.]

3.31

Hydrophoneinheit

Kombination aus **Hydrophon** und **Hydrophon-Vorverstärker**

ANMERKUNG 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 Ein **Hydrophon-Vorverstärker** benötigt eine Versorgungsspannung (oder Versorgungsspannungen).

ANMERKUNG 2 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 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 801-21-19)

ANMERKUNG 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 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 Der **Augenblickswert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.35

Längsebene

die Ebene, die von der **Bündelachse** und einer festgelegten orthogonalen Achse definiert ist

ANMERKUNG 1 Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.43.

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 1.

3.36

mittlerer Scheitelwert des Schalldrucks

p_m

der arithmetischere Mittelwert aus dem **negativen Spitzenschalldruck** und dem **positiven Spitzenschalldruck**

ANMERKUNG Definition übernommen aus IEC 61949.

3.37

Nahfeld

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

ANMERKUNG 1 Bei kreisförmigen ebenen Ultraschallwandlern 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 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:

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

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**.

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

3.39 Betriebsmodi

3.39.1

Kombinationsmodus

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

ANMERKUNG 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

ANMERKUNG 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

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

3.39.5

abtastender Modus

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

ANMERKUNG Die Pulsfolge besteht nicht notwendigerweise aus identischen Pulsen. So wird zum Beispiel die Anwendung von mehreren Fokalzonen als **abtastender Modus** betrachtet.

3.40

Fläche des Ausgangsbündels

A_{ob}

Fläche des Ultraschallbündels, ermittelt aus der **–12-dB-Fläche des Ausgangsbündels** an der **äußeren Wandlerapertur**

ANMERKUNG 1 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 Bei Kontaktwandlern kann diese Fläche als geometrische Fläche des **Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe** übernommen werden.

ANMERKUNG 3 Die **Fläche des Ausgangsbündels** wird in Quadratmeter (m^2) 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 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 Bei Kontaktwandlern können die geometrischen **Maße des Ultraschallwandlers** oder der **Ultraschallwandlerelementgruppe** als **Maße des Ausgangsbündels** verwendet werden.

ANMERKUNG 3 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 Die **Ausgangsintensität des Bündels** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.43

Spitzenschalldruck

p_r (oder p_-) oder p_c (oder p_+)

entweder der **positive Spitzenschalldruck** oder der **negative Spitzenschalldruck**

ANMERKUNG 1 Der Begriff wird für Relativbestimmungen verwendet.

ANMERKUNG 2 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 Der **negative Spitzenschalldruck** wird als positive Zahl ausgedrückt.

ANMERKUNG 2 Der **negative Spitzenschalldruck** wird in Pascal (Pa) angegeben.

ANMERKUNG 3 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 Der **positive Spitzenschalldruck** wird in Pascal (Pa) angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Definition des **positiven Spitzenschalldrucks** gilt auch für den Begriff des Spitzen-Überdrucks, der ebenfalls in der Literatur verwendet wird.

3.46 Hauptlängsebene

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

ANMERKUNG 1 Bei Rechteck-**Ultraschallwandlern** ist sie die parallel zur längsten Seite der Wandler verlaufende Ebene.

ANMERKUNG 2 Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.59.

ANMERKUNG 3 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 Dieser Begriff gilt für Pulse und Bursts.

ANMERKUNG 2 Der **Pulsmittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter ausgegeben (W/m^2).

3.48 Pulsdauer

t_d

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

ANMERKUNG 1 Der Endwert des Zeitintegrals des quadrierten **Augenblickswertes des Schalldrucks** entspricht dem **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks**.

ANMERKUNG 2 Die **Pulsdauer** wird in Sekunden (s) angegeben.

ANMERKUNG 3 Siehe Bild 2.

3.49 Pulsintegral der Intensität

p_{ii}

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

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

ANMERKUNG 2 Das **Pulsintegral der Intensität** wird in Joule je Quadratmeter (J/m^2) 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 Das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** wird in Quadratpascal-Sekunden (Pa^2s) angegeben.

3.51

Pulswiederholperiodendauer

prp

Zeitspanne zwischen äquivalenten Punkten aufeinanderfolgender Pulse oder Tonbursts

ANMERKUNG 1 Dies gilt für nichtautomatische Enelement-Abtastsysteme und für automatische Abtastsysteme.

ANMERKUNG 2 Die **Pulswiederholperiodendauer** wird in Sekunden (s) angegeben.

3.52

Pulswiederholfrequenz

prf

Kehrwert der **Pulswiederholperiodendauer**

ANMERKUNG 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 Der Mittelwert sollte, sofern nicht anderweitig festgelegt, über eine ganzzahlige Anzahl von **akustischen Wiederholperiodendauern** ermittelt werden.

ANMERKUNG 2 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 Die festgelegte Ebene (oder Oberfläche) hat die gleiche Form wie die **äußere Wandlerapertur**.

ANMERKUNG 2 Die **Abtastfläche** wird in Quadratmetern (m^2) angegeben.

3.55

Quellenaperturbene

Messebene, die möglichst nahe an der **äußeren Wandlerapertur** liegt und senkrecht zur **Bündelachse** verläuft

ANMERKUNG 1 Definition übernommen aus IEC 61828:2001, 4.2.67.

ANMERKUNG 2 Siehe Bild 1.

3.56

Abtastebene

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

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 2 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 In der vorliegenden 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, könnte der in Anhang F beschriebene Ansatz hilfreich sein.

ANMERKUNG 2 Die **Wiederholperiodendauer der Abtastung** wird in Sekunden (s) angegeben.

3.58

Abtastwiederholfrequenz

srr
Kehrwert der **Wiederholperiodendauer der Abtastung**

ANMERKUNG 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 Der **räumliche und zeitliche Mittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) 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 Der **räumliche Spitzen- und Pulsmittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.61

räumlicher Spitzenwert des Effektivschalldrucks

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

ANMERKUNG 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 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 Der **räumliche Spitzen- und zeitlicher Mittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.63 räumlicher und zeitlicher Spitzenwert des Schalldrucks

p_{sptp}

größerer Wert (Betrag) des **positiven Spitzenschalldrucks** oder des **negativen Spitzenschalldrucks**

ANMERKUNG 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 Der **räumliche und zeitliche Spitzenwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.65 zeitlicher Mittelwert der Intensität

I_{ta}

zeitlicher Mittelwert des **Augenblickswertes der Intensität** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

ANMERKUNG 1 Der zeitliche Mittelwert sollte über eine ganzzahlige Anzahl von **akustischen Wiederholperiodendauern** ermittelt werden.

ANMERKUNG 2 (Bezogen auf Ultraschall diagnostiksysteme) Im Prinzip ist der **zeitliche Mittelwert der Intensität** ein Mittelwert über eine relativ langes Zeitintervall. Für nicht selbständig abtastende Systeme sollte der **Augenblickswert der Intensität** über eine oder mehrere **Pulswiederholperiodendauern** gemittelt werden. Für selbständig abtastende Systeme sollte der **Augenblickswert der Intensität** über eine oder mehrere **Abtastwiederholungen** in einem festgelegten Arbeitsmodus gemittelt werden.

ANMERKUNG 3 Der **zeitliche Mittelwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.66 zeitlicher Spitzenwert der Intensität

I_{tp}

zeitlicher Höchstwert des **Augenblickswertes der Intensität** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

ANMERKUNG Der **zeitliche Spitzenwert der Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) angegeben.

3.67 zeitlicher Spitzenwert des Schalldrucks

p_{tp}

Höchstwert des Betrags des **Augenblickswertes des Schalldrucks** an einem bestimmten Punkt in einem Schallfeld

ANMERKUNG 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 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.

ANMERKUNG 2 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 Der **Schallkopf** kann üblicherweise von der **Ultraschall-Gerätekonzole** abgetrennt werden.

3.70

Ultraschall-Gerätekonzole

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

ANMERKUNG 2 In der vorliegenden 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, könnte der in Anhang F beschriebene Ansatz hilfreich sein.

ANMERKUNG 3 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 Hierbei wird angenommen, dass aufeinanderfolgende **Ultraschallabtastlinien** räumlich benachbart sind, was nicht bei allen Typen von Abtasteinrichtungen zutrifft.

ANMERKUNG 2 Der **Abstand der Ultraschallabtastlinien** wird in Meter (m) angegeben.

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 Die **Maße der Ultraschallwandlerelementgruppe** werden in Meter (m) angegeben.

C1

3.77

Messunsicherheit

dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden könnte

ANMERKUNG Siehe auch ISO *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* [3], 2.2.3.

3.78

Augenblickswert der abgeleiteten Intensität

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

$$I(t) = \frac{p(t)^2}{\rho c} \quad (1)$$

Dabei ist

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

ρ die Dichte des Mediums;

c die Schallgeschwindigkeit im Medium.

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

ANMERKUNG 2 Für Messungen sehr nah am Wandler sollte eine erhöhte Unsicherheit berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 3 Der **Augenblickswert der abgeleiteten Intensität** wird in Watt je Quadratmeter (W/m^2) ausgedrückt.

3.79

lokaler Flächenfaktor

F_a

Quadratwurzel des Verhältnisses der **Quellenaperturfläche** zur **Bündelfläche** am betrachteten Punkt. Die betrachtete lokale **Bündelfläche**, A_b , ist diejenige, für die das **Pulsintegral des quadrierten Schalldrucks** größer als das 0,135-Fache (also $1/e^2$) des Maximalwerts im Querschnitt ist.

$$F_a = \sqrt{\frac{0,69 A_{SAeff}}{A_{b,-6dB}}} \quad (24)$$