

DIN EN ISO 4373



ICS 17.120.20

Entwurf

Einsprüche bis 2021-08-18
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 4373:2009-01

**Hydrometrie –
Geräte zur Wasserstandsmessung (ISO/DIS 4373:2021);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 4373:2021**

Hydrometry –
Water level measuring devices (ISO/DIS 4373:2021);
German and English version prEN ISO 4373:2021

Hydrometrie –
Appareils de mesure du niveau de l'eau (ISO/DIS 4373:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO 4373:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-06-18 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 naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

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

Gesamtumfang 68 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 4373:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 113 „Hydrometry“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 318 „Hydrometrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 0119-01-05 AA „Hydrometrie (CEN/TC 318, ISO/TC 113)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

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

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

IEC 60529	siehe	DIN EN 60529
ISO 772	siehe	DIN EN ISO 772

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 4737:2009-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einarbeitung von Verbesserungen bei Wasserstandsmessgeräten;
- b) die Verwendung von Quecksilber wurde aus der Norm entfernt;
- c) Aufteilung des alten Anhangs A in drei neue separate Anhänge A, B und C;
- d) im neuen Anhang A wurden die heute häufiger verwendeten elektronischen Techniken in den Vordergrund gerückt, um sie stärker hervorzuheben;
- e) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN ISO 772, *Hydrometrie — Begriffe und Symbole*

<i>Titel de:</i>	Hydrometrie — Geräte zur Wasserstandsmessung (ISO/DIS 4373:2021)
<i>Titel en:</i>	Hydrometry — Water level measuring devices (ISO/DIS 4373:2021)
<i>Titel fr:</i>	Hydrometrie — Appareils de mesure du niveau de l'eau (ISO/DIS 4373:2021)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Spezifikation der Messgeräte	8
4.1 Leistungsparameter	8
4.2 Leistungsklassifizierung	8
4.3 Maximale Änderungsgeschwindigkeit	10
4.4 Umgebung	10
4.4.1 Allgemeines	10
4.4.2 Temperatur	10
4.4.3 Relative Luftfeuchte	10
4.5 Zeitmessung	11
4.5.1 Allgemeines	11
4.5.2 Digitale Zeitmessung	11
4.5.3 Analoge Zeitmessung	11
5 Aufzeichnung	11
5.1 Schreiber	11
5.2 Datenerfassungsgeräte	11
6 Gehäuseschutzart	12
7 Installation	12
8 Wartung	12
9 Ermittlung der Messunsicherheit	13
9.1 Allgemeines	13
9.2 Ermittlungsmethode A	13
9.3 Ermittlungsmethode B	13
9.4 Unsicherheit bei niedrigen Stufenbedingungen	14
9.5 Bezugspunkt der Wasserstandsmessung	14
9.6 Kombinieren der Unsicherheiten aus Primärmessungen	14
Anhang A (informativ) Typen von Wasserstandsmessgeräten	16
A.1 Echolot, Radargeräte	16
A.1.1 Beschreibung	16
A.1.2 Stärken	17
A.1.3 Schwächen	17
A.1.4 Unsicherheit	18
A.2 Echoortung, akustische Instrumente	18
A.2.1 Instrumente mit Schallweg in Luft	18
A.2.2 Geräte mit Schallweg im Wasser	19
A.3 Mechanische Schwimmer- und Gegengewichtspegel	20
A.3.1 Beschreibung	20

A.3.2	Stärken	20
A.3.3	Schwächen.....	20
A.3.4	Unsicherheit.....	21
A.4	Druckluftpegel.....	22
A.4.1	Bedienungsprinzip.....	22
A.4.2	Beschreibung	22
A.4.3	Stärken	24
A.4.4	Schwächen.....	24
A.4.5	Unsicherheit.....	24
A.5	Elektrische Druckwandler	24
A.5.1	Beschreibung	24
A.5.2	Stärken	24
A.5.3	Schwächen.....	24
A.5.4	Unsicherheit.....	25
A.6	Systeme mit Nutzung elektrischer Eigenschaften	25
A.6.1	Systeme zur Messung der elektrischen Kapazität.....	25
A.6.2	Systeme zur Widerstandsmessung (direkt)	25
A.6.3	Systeme zur Widerstandsmessung (indirekt)	26
A.7	Höchstwasserstandspegel.....	26
A.7.1	Beschreibung	26
A.7.2	Stärken	27
A.7.3	Schwächen.....	27
A.7.4	Unsicherheit.....	27
A.8	Latten- und Schrägpegel	28
A.8.1	Beschreibung	28
A.8.2	Werkstoffe.....	29
A.8.3	Stärken	29
A.8.4	Schwächen.....	29
A.8.5	Unsicherheit.....	29
Anhang B (informativ) Manuell betätigte Messgeräte.....		30
B.1	Draht- oder Bandgewichtpegel	30
B.1.1	Beschreibung	30
B.1.2	Werkstoffe.....	30
B.1.3	Stärken	30
B.1.4	Schwächen.....	30
B.1.5	Unsicherheit.....	30
B.2	Haken- und Stechpegel.....	30
B.2.1	Beschreibung	30
B.2.2	Werkstoffe.....	31
B.2.3	Stärken	31
B.2.4	Schwächen.....	31
B.2.5	Unsicherheit.....	31
B.3	Kabellichtlot.....	31
B.3.1	Beschreibung	31
B.3.2	Werkstoffe.....	32
B.3.3	Stärken	32
B.3.4	Schwächen.....	32
B.3.5	Unsicherheit.....	32
Anhang C (informativ) Aufzeichnungsgeräte.....		33
C.1	Analoge Geräte	33
C.1.1	Beschreibung	33
C.1.2	Stärken	33
C.1.3	Schwächen.....	33
C.1.4	Unsicherheit.....	33

C.2	Digitale Geräte	33
C.2.1	Allgemeines	33
C.2.2	Beschreibung.....	33
C.2.3	Stärken	34
C.2.4	Schwächen.....	34
C.2.5	Unsicherheit	34
	Literaturhinweise.....	35

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 4373:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 113 „Hydrometry“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 318 „Hydrometrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 4373:2008 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 4373:2021 wurde von CEN als prEN ISO 4373:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

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

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

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

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

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 113, *Hydromety*, Unterkomitee SC 5, *Instruments, equipment and data management*, erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 4373:2008), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Einarbeitung von Verbesserungen bei Wasserstandsmessgeräten;
- die Verwendung von Quecksilber wurde aus der Norm entfernt;
- Aufteilung des alten Anhangs A in drei neue separate Anhänge A, B und C;
- im neuen Anhang A wurden die heute häufiger verwendeten elektronischen Techniken in den Vordergrund gerückt, um sie stärker hervorzuheben.

Einleitung

Die Messung des Pegels der Wasseroberfläche ist in der Hydrometrie u.a. zur Bestimmung von Durchflussmengen sehr wichtig. Informationen über Wasserstände werden auch in der betrieblichen Wasserwirtschaft für die Auslegung von Deichen, für Sturmflutwarndienste und die Führung der Schifffahrt verwendet. ISO 4373:2008 befindet sich in der Überarbeitung, da es seit der Veröffentlichung der Norm im Jahr 2008 zahlreiche Verbesserungen bei Wasserstandsmessgeräten gab.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die funktionellen Anforderungen an die Messgeräteausrüstung zum Messen des Pegels der Wasseroberfläche (Höhe des Wasserstandes), vor allem zur Bestimmung des Durchflusses, fest.

Die vorliegende Internationale Norm wird durch einen Anhang ergänzt, der einen Leitfaden zu gegenwärtig verfügbaren Messgerätetypen zur Wasserstandsmessung und die damit verbundene Messunsicherheit enthält (siehe Anhang A).

Diese Norm umfasst sowohl kontaktbasierte als auch kontaktlose Messverfahren. Die kontaktlosen Verfahren stehen nicht in direktem Materialkontakt mit der Wasseroberfläche, sondern messen die Höhe des Wasserstandes mit Ultraschall oder elektromagnetischen Wellen.

2 Normative Verweisungen

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

ISO 772, *Hydrometry — Vocabulary and symbols*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 10: Classification of hazardous areas*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 772.

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

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

4 Spezifikation der Messgeräte

4.1 Leistungsparameter

Die Leistungsparameter eines Wasserstandsmessgerätes werden durch die Klassifizierungskategorien Messunsicherheit, Messbereich, Temperaturbereich und relative Luftfeuchte beschrieben. Somit kann die Gesamtleistung des Gerätes durch wenige charakterisierende Parameter in drei Ziffern zusammengefasst werden.

4.2 Leistungsklassifizierung

Geräte zur Wasserstandsmessung sind in Übereinstimmung mit den Leistungsklassen in Tabelle 1 zu klassifizieren, die für die zu erreichende Auflösung und für die geforderten Grenzwerte der Messunsicherheit in den festgelegten Messbereichen verantwortlich sind. Unter Messbereich versteht man die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstand, der gemessen werden kann. Bei der Messung von kurzen Bereichen mit Geräten der Klasse 1 und 2 liegt die Unsicherheit bei wenigen Millimetern und ist nur schwer zu erreichen.

Es sollte deutlich gemacht werden, ob diese Leistungsgrade nur durch den Einsatz spezieller Werkanlagen, z. B. die Installation in Messschächten, auch Pegelbrunnen genannt, erreicht werden können.

Tabelle 1 — Leistungsklassen von Geräten zur Wasserstandsmessung

Klasse	Auflösung	Bereich	Nennunsicherheit
Leistungsklasse 1	$\leq 1 \text{ mm}$	$\leq 1,0 \text{ m}$	$< \pm 0,1 \%$ des Bereichs
	$\leq 2 \text{ mm}$	$\leq 5,0 \text{ m}$	
	10 mm	$\leq 20 \text{ m}$	
Leistungsklasse 2	$\leq 2 \text{ mm}$	$\leq 1,0 \text{ m}$	$< \pm 0,3 \%$ des Bereichs
	$\leq 5 \text{ mm}$	$\leq 5,0 \text{ m}$	
	$\leq 20 \text{ mm}$	$\leq 20 \text{ m}$	
Leistungsklasse 3	$\leq 10 \text{ mm}$	$\leq 1,0 \text{ m}$	$< \pm 1 \%$ des Bereichs
	$\leq 50 \text{ mm}$	$\leq 5,0 \text{ m}$	
	$\leq 200 \text{ mm}$	$\leq 20 \text{ m}$	

Der Hersteller muss das physikalische Prinzip des Messgerätes angeben, damit der Anwender die Eignung des Gerätes für die vorgesehene Umgebung beurteilen kann. In Tabelle 2 sind die verschiedenen physikalischen Prinzipien von Betriebswasserstandsmessgeräten, die in der Praxis eingesetzt werden, mit ihren Eigenschaften aufgeführt. Diese verschiedenen Techniken werden in Anhang A ausführlicher beschrieben.

Tabelle 2 — Eigenschaften von Betriebswasserstandsmessgeräten

Gerät	Typ	Geeignet für kontinuierliche Messung	Typischer Messbereich	Typische Auflösung
Mechanische Geräte	Schwimmerpegel	Ja	20 m	10 mm
	Höchstwasserstandpegel	Nein	15 m	10 mm - 20 mm
	Latten- und Schrägpegel	Ja	10 m	10 mm - 20 mm
Elektrische Geräte	Druckluftpegel	Ja	30 m	2 mm - 10 mm
	Druckwandler	Ja	20 m	10 mm
	Kapazitätsmesser	Ja	15 m	10 mm
	Widerstandsmesser	-	15 m	10 mm
Kontaktlose Geräte	Radar/Laser	Ja	10 m - 50 m	1 mm
	Ultraschall (durch Luft)	Ja	3 m - 30 m	1 mm - 2 mm
	Ultraschall (durch Wasser)	Ja	3 m - 30 m	2 mm - 5 mm

4.3 Maximale Änderungsgeschwindigkeit

Da Wasserstände in einigen Anwendungen schnell ansteigen und fallen können, muss der Hersteller bei der Bereitstellung einer Eignungsanleitung für mechanische Geräte auf dem Datenblatt der Gerätespezifikation und im Betriebshandbuch Folgendes angeben:

- a) die maximale Geschwindigkeit der Änderung des Wasserstandes, der das Messgerät ohne Beschädigung folgen kann;
- b) die maximale Geschwindigkeit der Änderung des Wasserstandes, die das Messgerät ohne eine Veränderung der Kalibrierung tolerieren kann;
- c) die Ansprechzeit des Messgeräts. Die Ansprechzeit ist das Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt, an dem der Pegelsensor einer sprunghaften Änderung des Flüssigkeitsstandes ausgesetzt ist, und dem Zeitpunkt, an dem die Messwerte die Grenzen eines Bandes überschreiten (und innerhalb dieses Bandes bleiben), welches durch die 90 % und die 110 % der Differenz zwischen dem Anfangs- und dem Endwert der sprunghaften Änderung definiert ist. Die Ansprechzeit sollte so kurz sein, dass das Gerät auch den schnellsten relevanten Änderungen des Wasserstandes folgen kann, z. B. Gezeiten und Flutwellen. Die Ansprechzeit sollte nicht zu kurz sein. Deshalb ist es bei vielen elektronischen Geräten möglich, die Ansprechzeit durch die Einstellung bestimmter Parameter im Gerät zu vergrößern. Dies kann z. B. sinnvoll sein, um die schnellen Ausschläge, die durch kurze Wellen verursacht werden, zu dämpfen. Solche schnellen Störungen sind auf lokale hydraulische Phänomene zurückzuführen und sind daher nicht repräsentativ für den Wasserstand über einen großen Abschnitt des Gewässers. Die lokal angeregten Störungen sind daher möglichst zu verwerfen.

4.4 Umgebung

4.4.1 Allgemeines

Geräte zur Wasserstandsmessung müssen in den in 4.4.2 bzw. 4.4.3 angegebenen Bereichen von Temperatur bzw. relativer Luftfeuchte arbeiten.

4.4.2 Temperatur

Geräte zur Wasserstandsmessung müssen innerhalb der folgenden Umgebungsluft-Temperaturklassen arbeiten:

Temperaturklasse 1	– 30 °C bis + 55 °C;
Temperaturklasse 2	– 10 °C bis + 50 °C;
Temperaturklasse 3	0 °C bis + 50 °C.

4.4.3 Relative Luftfeuchte

Geräte zur Wasserstandsmessung müssen innerhalb der folgenden Klassen der relativen Luftfeuchte arbeiten:

Klasse 1 der relativen Luftfeuchte:	5 % bis 95 % einschließlich Kondensation;
Klasse 2 der relativen Luftfeuchte:	10 % bis 90 % einschließlich Kondensation;
Klasse 3 der relativen Luftfeuchte:	20 % bis 80 % außer Kondensation.

4.5 Zeitmessung

4.5.1 Allgemeines

Sofern die Zeitmessung, entweder analog oder digital, Bestandteil der Messgerätespezifikation ist, muss das angewendete Verfahren der Zeitmessung auf dem Messgerät sowie im Betriebshandbuch deutlich angegeben werden.

ANMERKUNG Es ist allgemein bekannt, dass die digitale Zeitmessung potentiell genauer als die analoge Zeitmessung ist.

Wenn mehrere Rohdatenproben zusammengefügt werden, um zu einem zeitlich gemittelten Messwert zu gelangen, sollte außerdem klar angegeben werden, für welchen Zeitpunkt das Endergebnis gilt. Bevorzugt wird diese Zeitangabe genau in der Mitte des Mittelungszeitfensters, da dieser Zeitpunkt am repräsentativsten ist. Viele kommerziell erhältliche Erfassungsgeräte fügen jedoch Zeit- und Datenstempel am Anfang oder am Ende des Mittelungszeitfensters hinzu.

4.5.2 Digitale Zeitmessung

Die Messunsicherheit der in Geräten zur Wasserstandsmessung eingesetzten digitalen Zeitmessgeräte muss am Ende einer Zeitspanne von 30 Tagen und unter den in 4.4 festgelegten Umgebungsbedingungen innerhalb von ± 60 s liegen.

4.5.3 Analoge Zeitmessung

Die Messunsicherheit der in Geräten zur Wasserstandsmessung eingesetzten analogen Zeitmessgeräte muss am Ende einer Zeitspanne von 30 Tagen und unter den in 4.4 festgelegten Umgebungsbedingungen innerhalb von ± 5 min liegen.

5 Aufzeichnung

5.1 Schreiber

Wenn ein Schreiber als die Primärdatenquelle verwendet wird, müssen die Auflösungs- und Unsicherheitsparameter die Maßänderungen des aufzeichnenden Mediums infolge atmosphärischer Variablen berücksichtigen.

ANMERKUNG Schreiber wurden weitestgehend durch Services zur Datenerfassung ersetzt. Jedoch werden sie noch als Sicherungseinheiten oder zur schnellen visuellen Bewertung von Durchflussveränderungen vor Ort verwendet.

5.2 Datenerfassungsgeräte

Ein Datenerfassungsgerät muss in der Lage sein, mindestens den Messwert und den Zeitstempel zu speichern. Das Datenerfassungsgerät muss in der Lage sein, mindestens das Äquivalent von vier Ziffern je Messung und mindestens das Äquivalent von neun Ziffern für den Zeitstempel zu speichern.

ANMERKUNG Die oben genannte Angabe von neun Ziffern für den Zeitstempel basiert auf dem Format DDYYHHMM (Tag, Jahr, Stunde, Minute).

Sofern ein Datenerfassungsgerät die Schnittstellenelektronik einschließt, müssen sich Auflösung und Messunsicherheit auf den gespeicherten Wert beziehen.

6 Gehäuseschutzart

Die Leistung der Gehäuseschutzart muss hinsichtlich des IP-Klassifikationssystems nach IEC 60529 angegeben werden. Es ist anzugeben, ob Teile mit Wasserkontakt für den Kontakt mit Wasser geeignet sind oder nicht. Nationale Vorschriften und Verordnungen über wassergefährdende Stoffe sind zu beachten. Es ist anzugeben, ob die Einrichtung in einer potenziell explosiven Umgebung nach IEC 60079-10 angewendet werden darf oder nicht.

7 Installation

Der Hersteller muss eindeutige Anweisungen für die Installation von Geräten zur Wasserstandsmessung zur Verfügung stellen.

Das Wasserstandsmessgerät muss eine deutlich sichtbare Referenzmarke haben, mit der das Gerät an den örtlichen Pegelbezugspunkt angebunden werden kann.

Wenn eine Schwimmermessanlage mit einem Schwallrohr ausgestattet ist, sollte der Durchmesser des horizontalen Einlaufrohrs oder der Öffnung zum Schwallrohr etwa zehnmal kleiner sein als der Durchmesser des Schwallrohrs selbst, um Störungen durch das wellige Wasser im Hauptkanal ausreichend zu reduzieren.

Außerdem sollten die vertikalen zylindrischen Rohre, in denen sich der Schwimmer auf und ab bewegen kann, mindestens 10 cm breiter als der Schwimmerdurchmesser sein und genau entlang der örtlichen Vertikalen errichtet werden, um eine freie Bewegung des Schwimmers über den gesamten Bereich zu gewährleisten.

Es ist sicherzustellen, dass ein kontaktloser Sensor so aufgestellt wird, dass sein Strahl senkrecht zur Wasseroberfläche steht. Kontaktlose Sensoren müssen auf starren und gut gesicherten Halterungen installiert werden, um eine Bewegung des Sensors zu verhindern, die Fehler in die Messung einbringen könnte. Es sollte ein freier Weg von der Sensorfläche zur Wasseroberfläche vorhanden sein, frei von Hindernissen, die zu falschen Reflexionen führen könnten. Viele kontaktlose Messgeräte verfügen über eine Signaldiagnose, die dem Anwender bei der Inbetriebnahme des Geräts hilft.

Eine sorgfältige Auswahl der Messtechnik ist erforderlich, wenn Schaum oder Blasen auf der Wasseroberfläche vorhanden sein können (siehe Anhang A).

8 Wartung

Es sind klare Anweisungen zur ordnungsgemäßen Wartung des Messgerätes zu geben. Dazu gehören auch regelmäßige Inspektionen und ggf. regelmäßige Kalibrierungen. Es ist wichtig, dass die Messungen von installierten Geräten regelmäßig überprüft werden und, wenn nötig, sollte das Gerät neu kalibriert werden. Die Gründe, warum eine Neukalibrierung notwendig sein könnte, variieren je nach Gerätetyp, können aber sein: Änderung des Bezugspunkts, Dehnung des Kabels, Drift der Elektronik, usw.

Die Wartung muss die regelmäßige Überprüfung der Referenzmarke(n) des Messgeräts mit dem Bezugspunkt des Messgeräts beinhalten. Die Häufigkeit der Überprüfung der Referenzmarke/des Bezugspunkts hängt von der Stabilität der Messgerätestruktur ab.

Der Umfang der erforderlichen Wartung hängt vom Gerätetyp und den Standortbedingungen ab. Anhang A enthält grundlegende Wartungsüberlegungen für jeden Gerätetyp.

ANMERKUNG Die oben genannten Wartungshinweise gelten nicht nur für das Messgerät, sondern auch für alle Nebeneinrichtungen (z. B. Zulaufleitungen und Schwallrohre), die den ordnungsgemäßen Betrieb einer Pegelmessstation beeinflussen können.

9 Ermittlung der Messunsicherheit

9.1 Allgemeines

Die Unsicherheit eines aus Primärmessungen abgeleiteten Wertes kann entstehen durch:

- a) die Schwankung des gemessenen Wertes (verrauschte Schwankungen aufgrund von z. B. Wellen auf der Wasseroberfläche oder durch Rauschen in elektronischen Systemen); oder
- b) Auflösung des Messvorganges (Auflösungsvermögen des Sensors oder des menschlichen Auges);
- c) allmähliche Abweichung von der ursprünglichen Kalibrierung aufgrund der Empfindlichkeit und Variabilität der Umgebungsbedingungen, z. B. Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck usw.;
- d) allmähliche Abweichung von der ursprünglichen Kalibrierung aufgrund der Empfindlichkeit und Variabilität der elektrischen Bedingungen, z. B. Versorgungsspannung, Versorgungsfrequenz usw.;
- e) allmähliche Verschiebung der vertikalen Position der Messgerätestruktur und daraus resultierende Abweichung von der letzten Bezugspunktkontrolle (dies wird in 9.5 näher erläutert).

Zwei Ermittlungsmethoden, Typ A und Typ B, werden im *Guide to the expression of uncertainty in measurement (Leitfaden zur Bestimmung von Messunsicherheiten)* [1] beschrieben, um die Streuung von Werten mit der Wahrscheinlichkeit der „Genauigkeit“ zum Mittelwert in Beziehung zu setzen.

9.2 Ermittlungsmethode A

Die Ermittlungsmethode A bestimmt die Unsicherheit direkt aus der Standardabweichung einer großen Anzahl von Messungen. Es ist anzumerken, dass bei der Verteilung dieser Ergebnisse es sich um keine Gaußsche handeln muss. Ermittlungsmethoden A können ohne weiteres aus kontinuierlichen Messungen berechnet werden, wenn die Streuung nicht durch Hysterese des Messprozesses maskiert ist. Natürlich muss die Streuung die Auflösung des Messprozesses deutlich übersteigen.

Ein anderer Ansatz für eine Typ-A-Schätzung könnte darin bestehen, die Messwerte von zwei Wasserstandsmessstationen im gleichen Gewässer in sehr geringem Abstand zueinander zu vergleichen. Bei genauer Betrachtung der Differenz zwischen den beiden benachbarten Stationen lässt sich ein zufällig schwankendes Signal erkennen, das den kombinierten Effekt der beiden Einzelunsicherheiten an beiden Pegelmessstationen darstellt. Wenn die beiden Stationen baugleich sind und ihre Unsicherheiten unkorreliert sind, ist die kombinierte Varianz doppelt so groß wie die Varianz jeder einzelnen Station. Daher kann die Standardabweichung jeder Station berechnet werden, indem die Standardabweichung im zufälligen Teil der Wasserstandsdifferenz zwischen beiden Stationen durch die Quadratwurzel aus 2 dividiert wird.

Eine weitere Typ-A-Schätzung ist der Vergleich von instrumentellen Wasserstandsmessungen und manuellen Beobachtungen mit Hilfe von Referenzmessgeräten wie Lattenpegeln, Schrägpegeln, Haken von Drahtgewichtspegeln.

9.3 Ermittlungsmethode B

Bei der Ermittlungsmethode B wird einem Messprozess, bei dem keine ausreichend große Anzahl von Messungen zur Verfügung steht, oder einer Messung mit definierten Grenzwerten der Auflösung zugeordnet. Zum Definieren einer Typ-B-Unsicherheit werden die oberen und unteren Grenzwerte der Streuung oder die oberen und unteren Grenzwerte der Auflösung verwendet, um die Grenzwerte eines Wahrscheinlichkeitsdiagramms festzulegen, dessen Form ausgewählt wird, um die Streuung darzustellen, d. h. gleichförmige Streuungen würden eine rechtwinklige Verteilung haben; Streuungen mit den meisten Messungen um den Mittelwert herum würden eine dreieckige Verteilung aufweisen. Die Zuweisung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen wird im Anhang A beschrieben.

Das Verhältnis zwischen der Unsicherheit von Primärmessungen und dem Wert der Unsicherheit des Ergebnisses wird aus der Gleichung abgeleitet, die das Verhältnis zwischen dem Wert dieses Ergebnisses und dessen Primärmessungen definiert. Zum Beispiel könnte die Primärmessung für einen kontaktlosen Sensor die gemessene Laufzeit sein, die zwischen Senden und Empfangen eines Echos von der Wasseroberfläche vergeht. Jede Unsicherheit bei der Messung dieser Laufzeit führt zu einer korrelierten Unsicherheit des resultierenden Wasserstandes. Der Zusammenhang wird durch die oben genannte Formel beschrieben.

Im Falle des Wasserstandes ist dessen Verhältnis zur Primärmessung im Allgemeinen linear. Empfindlichkeiten, die die Abhängigkeiten der Unsicherheit des Ergebnisses von der Unsicherheit der einzelnen Primärmessungen beschreiben, sind die partiellen Ableitungen des Wertes des Ergebnisses in Bezug auf jede Primärmessung.

9.4 Unsicherheit bei niedrigen Stufenbedingungen

Es ist wichtig, sich daran zu erinnern, dass bei der Messung des Pegels die absolute Unsicherheit, ausgedrückt als Prozentsatz des Wasserstandsbereichs, im schlimmsten Fall zu einer relativen Unsicherheit bei der Bestimmung des Pegels bei niedrigen Werten des Pegels führt. Zum Beispiel beträgt die Unsicherheit $\pm 1\%$ des Bereichs und der lokale Bereich des Wasserstands beträgt zwei Meter. Dann gibt es eine absolute Unsicherheit in allen Wasserstandsmessungen von ± 2 cm. Dies führt zu einer relativen Unsicherheit, ausgedrückt als Prozentsatz des Wasserstands, die groß wird, wenn der Wasserstand sinkt. Daher wird es zunehmend schwieriger, niedrige Wasserstände mit ausreichender relativer Genauigkeit zu messen.

Dies ist von großer Bedeutung in Situationen, in denen Durchflussinformationen aus lokalen Pegelmessungen abgeleitet werden. Niedrige Durchflüsse sind mit niedrigen Pegelständen verbunden und niedrige Durchflüsse sind daher schwer mit ausreichender relativer Genauigkeit zu messen. Dies sollte bei der Konstruktion von Geräten für diesen Zweck berücksichtigt werden.

9.5 Bezugspunkt der Wasserstandsmessung

Bei der Wasserstandsmessung handelt es sich nicht um eine absolute Messung; sie bezieht sich stets auf einen Bezugspunkt, z. B. einen örtlichen Höhenfestpunkt oder die Höhenlage einer Wehrkrone. Es ist daher unbedingt erforderlich, dass das Pegelmessgerät eine eindeutige und präzise Höhenmarkierung enthält (z. B. die Oberseite des Flansches eines Radarsensors), mit der es genau auf eine örtliche Bezugshöhe referenziert werden kann. Die zum Bezugspunkt zugehörige Messunsicherheit sollte mit der Unsicherheit der Wasserstandsmessung, kombiniert werden, die in 9.6 näher beschrieben wird.

Wenn die Wasserstandsmessung in einem weiten Gebiet aussagekräftig sein soll, damit sie mit benachbarten Wasserstandsmessstationen verglichen werden kann, sollte darauf geachtet werden, alle lokalen Bezugshöhen zueinander in Beziehung zu setzen oder, anders ausgedrückt, eine einheitliche regionale Bezugsebene zu schaffen. Wenn die Wasserstände zur Ableitung von Strömungseigenschaften über ein großes Gebiet gemessen werden, ist es vorzuziehen, alle lokalen Bezugshöhen in einem so genannten geodätischen oder gravitativ äquipotentiellen Bezugsrahmen zu koppeln. Dabei sollten natürlich alle lokalen Bezugshöhen regelmäßig auf ein Absinken oder Ansteigen gegenüber der regionalen geodätischen Gesamtebene überprüft werden. Die erforderliche Prüfhäufigkeit an jeder Station hängt von der vertikalen Stabilität der lokalen Bezugsebene in Abhängigkeit von der Zeit ab.

9.6 Kombinieren der Unsicherheiten aus Primärmessungen

Für die Bestimmung der Unsicherheit U des Wasserstandes ist es notwendig, die Unsicherheiten u aller Primärmessungen statistisch zu kombinieren, womit angenommen wird, dass die Unsicherheiten unkorreliert sind.

$$U_{(\text{Wasserstand})} = \sqrt{u_{(\text{Höhe des Bezugspunktes})}^2 + u_{(\text{Messwert des Wasserstandes})}^2} \quad (1)$$

Dies veranschaulicht die Methode zur Berücksichtigung der Unsicherheit des Bezugspunktwertes des Referenzpegels. Andere Komponenten der Messunsicherheit werden auf die gleiche Weise addiert, indem ihr quadrierter Wert in den Quadratwurzel Ausdruck aufgenommen wird.

Unsicherheiten werden als Standardunsicherheiten, bezogen auf die Standardabweichung der Ausbreitungsverteilung, bewertet und zusammengefasst. Es kann jedoch ein Erweiterungsfaktor k angewendet werden, um eine erweiterte Unsicherheit mit einem höheren Vertrauensniveau anzugeben. Üblicherweise beträgt der Erweiterungsfaktor k 2, was zu einem Vertrauensniveau von ca. 95 % führt.

Anhang A (informativ)

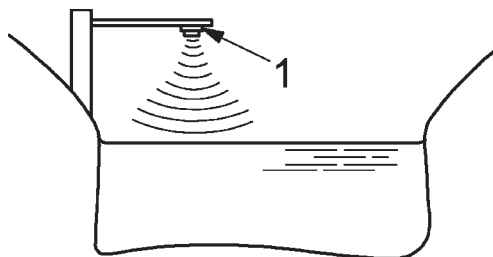
Typen von Wasserstandsmessgeräten

A.1 Echolot, Radargeräte

A.1.1 Beschreibung

Ein abwärtsgerichtetes Radargerät (Bild A.1) ist in der Lage, die relative Position einer Wasseroberfläche unter der Radarantenne zu bestimmen, indem es den vertikalen Abstand zwischen ihnen misst. Es besteht aus einem Mikrowellensender und -empfänger (kurz Sendeempfänger), einer Form der Modulation, mit der die Zeit zwischen dem Aussenden eines Signals und dem Empfang des Echos von der Luft/Wasser-Grenzfläche gemessen werden kann, sowie der Umrechnung der verstrichenen Zeit in die Entfernung unter Verwendung der Lichtgeschwindigkeit. Die Modulation, die zur Erfassung der anvisierten Wasseroberfläche verwendet wird, kann ein kurzer Impuls oder ein kontinuierliches Signal sein, das in der Frequenz moduliert wird. Die Höhe des Wasserstandes wird abgeleitet, indem die gemessene Distanz (d. h. der Abstand zwischen der Schallwandlerfläche und der Wasseroberfläche) vom Pegelbezugspunkt subtrahiert wird, wobei unter Pegelbezugspunkt die Höhe des Schallwandlers über dem Kartenbezugspunkt zu verstehen ist.

Der gemessene Wasserstand bezieht sich auf die vom Strahl abgedeckte Fläche. Der Durchmesser dieser Fläche in Metern kann mit Hilfe der Zwei-Wege-Strahlungsbreite (in Radiant) der Antenne multipliziert mit der vertikalen Entfernung in Metern geschätzt werden. Dies kann in der Größenordnung von 1 Meter liegen, wenn sich das Radargerät 10 Meter über der Wasseroberfläche befindet.



Legende

1 Sendeempfänger

Bild A.1 — Ultraschallwasserstandsmessung über eine Strecke in der Luft

Die Frequenz der verwendeten elektromagnetischen Wellen liegt meist in der Größenordnung von 10 GHz, manchmal werden aber auch andere Frequenzen verwendet. Das Prinzip der elektromagnetischen Echoortung wird manchmal auch bei viel höheren Frequenzen bis in den Bereich des sichtbaren Lichts eingesetzt. Anstelle einer Antenne, die von einer Mikrowellenquelle gespeist wird, wird jedoch ein optischer oder infraroter Laser verwendet.

Wenn die absolute Höhe des Wasserspiegels gemessen werden soll, muss der Anwender den Nullpegel genau kennen. Oft wird dieser Nullpegel durch einen Marker an der Außenseite des Radars angezeigt. Diese Markierung muss verwendet werden, um einen Höhenbezugspunkt auf die lokale Wasserstandsmessung zu übertragen.

Unter sehr exponierten Bedingungen, wie z. B. an einem großen See oder in Küstennähe, können hohe brechende Wellen auftreten, die die Wasserstandsmessung stören können. Unter solchen Bedingungen ist es ratsam, die Radarmessung in einem geschlossenen zylindrischen Gehäuse zu platzieren, das sie vor den

rauen Bedingungen draußen abschirmt. Die Ablagerung von Sedimenten in einem solchen Gehäuse kann verhindert werden, indem der Boden eines solchen Schutzgehäuses vollständig offen gelassen wird. Wenn die Gefahr des Einfrierens besteht, sollte ein solches Gehäuse beheizt werden.

Wenn es sich in einem Schutzgehäuse befindet, gilt die elektromagnetische Freiraumbedingung nicht mehr und folglich wird die Gruppengeschwindigkeit kleiner als die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Da diese Gruppengeschwindigkeit die Geschwindigkeit ist, mit der sich die Information ausbreitet und der Abstand gemessen wird, sollte darauf geachtet werden, dass diese geringere Geschwindigkeit bei der Berechnung des Abstands zwischen dem Radar und der Wasseroberfläche berücksichtigt wird. Der Reduktionsfaktor der Ausbreitungsgeschwindigkeit ist abhängig vom Durchmesser des zylindrischen Gehäuses und kann mit der Standard-Zylinderwellenleitertheorie berechnet werden. Der Durchmesser muss auf jeden Fall größer als die halbe Radarwellenlänge sein, da sonst die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen nicht möglich ist.

A.1.2 Stärken

Ein Radar-Echoortungsgerät wird über Wasser montiert und ist daher für die Wartung leicht zugänglich. Es hat keine beweglichen Teile und ist nicht anfällig für Verschmutzungen durch im Wasser befindliche Unkräuter und Ablagerungen. Die Temperatur der Luftsäule, durch die das Signal läuft, hat keinen Einfluss auf die Messung. Auch Niederschlag und/oder Wind beeinflussen die Messung nicht. Darüber hinaus durchdringt das Radar die meisten Oberflächenschäume und liefert einen genauen Messwert für den Wasserstand. Ein Radar-Echoortungsgerät kann im freien Raum ohne Beruhigungsstrecke arbeiten, wenn das Wasser ruhig genug ist und hat eine Genauigkeit von 0,1 % der Reichweite.

A.1.3 Schwächen

Ein Echoortungsgerät muss in der Regel an einem Arm montiert werden, der über die Strömung hinausragt, um sicherzustellen, dass der konische Strahl nicht auf Kanalwände trifft. Alle blockierenden Objekte im Radarstrahl können die Wasserstandsmessung behindern.

Die meisten Radargeräte haben einen Bereich, der oft als „tote Zone“ oder „Austaststrecke“ bezeichnet wird, in dem sie die Wasseroberfläche nicht erfassen können. Sie erstreckt sich typischerweise zwischen 100 mm und 300 mm unterhalb der Sensorfläche. Dies liegt daran, dass der Mikrowellenempfänger für eine kurze Zeit von der Antenne elektrisch isoliert ist, nachdem der Sender einen elektromagnetischen Impuls ausgesendet hat. Dies dient dem Zweck, den empfindlichen Empfänger vor dem starken Sendeimpuls zu schützen. In diesem isolierten Zustand kann der Empfänger das reflektierte Signal nicht erkennen. Der Anwender muss diese vom Hersteller angegebene Austaststrecke bei der Berechnung des höchsten zu messenden Wasserstandes berücksichtigen.

Radargeräte haben in der Regel einen hohen Energiebedarf (mehrere Watt) und müssen daher unter Umständen an ein Stromnetz angeschlossen werden. Manchmal wird es jedoch auch mit Batterien betrieben, die von Solarzellen aufgeladen werden.

Wenn Kurzwellen auf der Wasseroberfläche vorhanden sind, neigt das Radar dazu, das Echo von den glatten, konkav geformten und daher stark reflektierenden Wellentälern aufzunehmen, anstatt von den rauen, stacheligen Wellenbergen, die die einfallende Radarwelle in alle Richtungen streuen und eine geringe Reflexion ergeben. Das Ergebnis ist, dass der Wasserstand etwas niedriger gemessen wird als der tatsächliche Wasserstand.

Radaranlagen sind potentiell anfällig für Vandalismus.

A.1.4 Unsicherheit

Echolotgeräte, die Radar verwenden, zeigen eine Streuung, bei der die meisten Messungen um den Mittelwert kumuliert sind. Die Unsicherheitsverteilung ähnelt daher einer Dreiecksform, so dass Gleichung (A.1) gilt:

$$u(x_{\text{mittel}}) = \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{(x_{\text{max}} - x_{\text{min}})}{2} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist:

x_{max} die erkennbare Obergrenze;

x_{min} die erkennbare Untergrenze.

BEISPIEL Wenn aus der Inspektion die erkennbare Obergrenze 0,150 und die erkennbare Untergrenze 0,140 ist, dann ist die beste Schätzung 0,145 mit einer Unsicherheit von 0,002.

A.2 Echoortung, akustische Instrumente

A.2.1 Instrumente mit Schallweg in Luft

A.2.1.1 Beschreibung

Ein Gerät, dessen Schallweg in der Luft verläuft (Bild A.1), hat einen akustischen Wandler/Empfänger, der oberhalb des maximalen Wasserstandes montiert ist, einen Ultraschallimpuls aussendet und das Echo dieses Impulses von der Wasser/Luft-Grenzfläche empfängt.

Die verstrichene Zeit zwischen Senden und Empfangen wird mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit in Luft in eine Entfernung umgerechnet. Die Schallgeschwindigkeit in Luft ist jedoch stark von der Lufttemperatur abhängig und es ist eine Technik zur Kompensation dieses Effekts erforderlich. Entweder wird die Lufttemperatur direkt gemessen, oder es wird ein Referenzbalken in einem bekannten Abstand unterhalb des Schallwandlers angebracht.

Schließlich wird die Höhe des Wasserstands abgeleitet, indem der gemessene Abstand (d. h. der Abstand zwischen Schallwandlerfläche und Wasseroberfläche) von der Höhe des Schallwandlers über dem Kartennullpunkt subtrahiert wird.

A.2.1.2 Stärken

Da ein Gerät mit Schallweg in der Luft oberhalb der Wasseroberfläche montiert ist, kann es für Wartungsarbeiten leichter erreicht werden. Es ist nicht in direktem Kontakt mit dem Wasser und hat keine beweglichen Teile.

A.2.1.3 Schwächen

Die Ausrichtung des akustischen Geräts ist wegen der engen Strahlenausbreitung schwierig. Daher können die Schallwandlerköpfe nicht bündig mit dem Rand des Wasserkörpers montiert werden, sondern müssen etwas versetzt werden. Jegliche blockierenden Objekte im Schallstrahl können die Wasserstandsmessungen behindern.

Wenn Oberflächenschaum vorhanden ist, kann das Ultraschallsignal von diesem Schaum und nicht von der eigentlichen Wasseroberfläche reflektiert werden, was zu einem zu hohen gemessenen Wasserstand führt.

Akustische Messgeräte haben einen Bereich, der oft als „tote Zone“ oder „Austastdistanz“ bezeichnet wird, in dem sie die Wasseroberfläche nicht erkennen können. Sie erstreckt sich typischerweise zwischen 100 mm

und 300 mm unterhalb der Sensorfläche, weil der Schallwandler nach dem Aussenden eines Ultraschallimpulses noch eine kurze Zeit lang nachschwingt. In diesem schwingenden Zustand kann er das reflektierte Signal nicht zuverlässig erfassen. Der Anwender muss diese Austastdistanz bei der Berechnung des höchsten zu messenden Wasserstandes berücksichtigen.

Es ist potenziell anfällig für Vandalismus.

Der Temperatursensor misst die Temperatur nur an einer Stelle. Temperaturgradienten über die Länge des Ultraschallstrahls führen zu Fehlern. Diese können bei niedrigem Wasserstand groß sein, wenn der Abstand zur Wasseroberfläche groß ist. Die Verwendung eines Sonnenschutzes über dem Sensor kann die Unsicherheit aufgrund von Umwelteinflüssen an exponierten Stellen verringern.

Darüber hinaus ist bekannt, dass (starke) Winde den akustischen Strahl beeinträchtigen und es somit schwierig ist, genaue und zuverlässige Messwerte des Wasserstands zu erhalten. Eine Lösung könnte darin bestehen, die akustische Ausrüstung in einem Schutzgehäuse unterzubringen, aber das erhöht die Kosten. Außerdem kann jedes Objekt, das den akustischen Strahl blockiert, die Wasserstandsmessungen behindern.

A.2.1.4 Unsicherheit

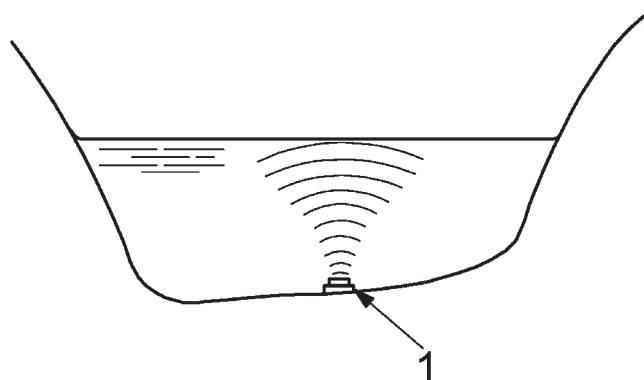
Akustische Geräte haben eine dreieckige Unsicherheitsverteilung, so dass Gleichung (A.1) gilt.

A.2.2 Geräte mit Schallweg im Wasser

A.2.2.1 Beschreibung

Ein Gerät mit Schallweg im Wasser (Bild A.2) besteht aus einem akustischen Wandler/Empfänger, einem Mittel zur Messung der Zeit, die zwischen dem Senden des Impulses und dem Empfang des Echos von der Wasser/Luft-Grenzfläche vergeht, und einer Möglichkeit, diese Zeit in eine Entfernung umzurechnen. Das Gerät wird so niedrig wie möglich montiert, um einen möglichst niedrigen Wasserstand messen zu können. Es sollte auch darauf geachtet werden, dass bei höherem Wasserstand keine Gefahr der Reflexion an Gerinneanten besteht.

Die Schallgeschwindigkeit im Wasser ist stark proportional zur Temperatur und es ist eine Technik zur Kompensation dieses Effekts erforderlich. Entweder wird die Wassertemperatur direkt gemessen, oder es kann ein Referenzbalken in einem bekannten Abstand über dem Schallwandler angebracht werden.



Legende

1 Sendeempfänger

Bild A.2 — Ultraschallwasserstandsmessung über eine Strecke im Wasser