

DIN EN ISO 748



ICS 17.120.20

Ersatz für
DIN EN ISO 748:2008-02

**Hydrometrie –
Durchflussmessung in offenen Gerinnen mittels
Fließgeschwindigkeitsmessgeräten (ISO 748:2021);
Deutsche Fassung EN ISO 748:2021**

Hydrometry –
Measurement of liquid flow in open channels –
Velocity area methods using point velocity measurements (ISO 748:2021);
German version EN ISO 748:2021

Hydrométrie –
Mesurage du débit des écoulements à surface libre –
Méthodes d'exploration du champ des vitesses utilisant le mesurage de la vitesse par point
(ISO 748:2021);
Version allemande EN ISO 748:2021

Gesamtumfang 57 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 748:2021) 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 119-01-05 AA „Hydrometrie (CEN/TC 318, ISO/TC 113)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

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

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

ISO 772	siehe	DIN EN ISO 772
ISO 4373	siehe	DIN EN ISO 4373
ISO 4375	siehe	DIN EN ISO 4375
ISO 25377:2020	siehe	DIN EN ISO 25377:2022-10*

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 748:2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ und Literaturhinweise aktualisiert;
- b) das Dokument wurde aktualisiert, um den technologischen Entwicklungen Rechnung zu tragen;
- c) Abschnitt 7 wurde überarbeitet, um Messunsicherheiten zu reduzieren;
- d) ISO 9196 zur Messung unter Eisbedingungen wurde eingearbeitet;
- e) Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 748: 2000-03, 2008-02

* In Vorbereitung. Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung: E DIN EN ISO 25377:2022-10.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 772, *Hydrometrie — Begriffe und Symbole; Dreisprachige Fassung*

DIN EN ISO 4373, *Hydrometrie — Geräte zur Wasserstandsmessung*

DIN EN ISO 4375, *Hydrometrie — Seilkrananlagen für Messungen in Fließgewässern*

E DIN EN ISO 25377:2022-10, *Leitfaden zu Messunsicherheiten in der Hydrometrie (HUG) (ISO 25377:2020); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 25377:2022*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Hydrometrie —
Durchflussmessung in offenen Gerinnen mittels
Fließgeschwindigkeitsmessgeräten (ISO 748:2021)

Hydrometry —
Measurement of liquid flow in open channels —
Velocity area methods using point velocity
measurements (ISO 748:2021)

Hydrométrie —
Mesurage du débit des écoulements à surface libre —
Méthodes d'exploration du champ des vitesses utilisant
le mesurage de la vitesse par point (ISO 748:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Oktober 2021 angenommen.

Die CEN-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-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

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

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Grundlage der Messverfahren	7
5 Messstellenauswahl.....	8
5.1 Auswahl der Messstelle	8
5.2 Markierung der Messstelle	9
6 Messung der Querschnittsfläche.....	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Messung der Breite	9
6.3 Messung der Tiefe	10
7 Messung der mittleren Geschwindigkeit.....	10
7.1 Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit unter Anwendung von punktuellen Geschwindigkeitsmessungen	10
7.1.1 Allgemeines	10
7.1.2 Durchführung der Messung.....	10
7.1.3 Schräg verlaufende Strömung.....	11
7.1.4 Verfahren zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in einer Messlotrechten.....	12
7.1.5 Integrationsverfahren	14
7.1.6 Messabweichungen und Einschränkungen.....	15
7.2 Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit aus der Oberflächengeschwindigkeit.....	15
7.2.1 Allgemeines	15
7.2.2 Berührungslose Systeme	16
7.2.3 Einpunkt-Oberflächenverfahren mittels eines Fließgeschwindigkeitsmessgerätes	16
7.2.4 Messung der Geschwindigkeit mit Schwimmern.....	16
7.2.5 Ausnahmen	16
7.2.6 Hauptquellen von Messabweichungen.....	16
8 Berechnung des Durchflusses.....	17
8.1 Arithmetische Verfahren	17
8.1.1 Allgemeines	17
8.1.2 Verfahren des mittleren Querschnitts.....	17
8.1.3 Querschnittsmittenverfahren.....	18
8.1.4 Bathymetrische Messlotrechten	18
8.2 Verfahren der unabhängigen Messlotrechten	19
8.3 Verfahren des mittleren Querschnitts — Horizontale Ebenen.....	21
9 Unsicherheiten bei der Durchflussmessung.....	21
9.1 Allgemeines	21
9.2 Verfahren zur Berechnung der Unsicherheit des Durchflusses bei der Geschwindigkeitsmessung mit dem Fließgeschwindigkeitsmessgerät	21
9.2.1 Allgemeines	21
9.2.2 Beiträge zur Unsicherheit.....	21

9.3	Verfahren zur Berechnung der Unsicherheit des Durchflusses bei der Messung der Fließgeschwindigkeit mit Schwimmern	24
9.3.1	Allgemeines	24
9.3.2	Beiträge zur Unsicherheit	24
9.3.3	Kombinierte Unsicherheit des Durchflusses.....	25
9.4	Einschränkungen.....	26
9.5	Interpolierter Schätzer für die Varianz (IVE, en: Interpolated Variance Estimator).....	27
9.6	Q+	27
9.7	Flaure.....	27
Anhang A (informativ) Einsatz von Fließgeschwindigkeitsmessgeräten zur Bestimmung der Geschwindigkeit an einem Punkt.....		
A.1	Allgemeines	28
A.2	Fließgeschwindigkeitsmessgerät mit rotierendem Element.....	28
A.2.1	Allgemeines	28
A.2.2	Integrationsverfahren unter Anwendung eines Fließgeschwindigkeitsmessgerätes.....	28
A.3	Akustische Doppler-Geschwindigkeitsmessgeräte (ADV, en: Acoustic Doppler Velocimeters).....	29
A.4	Akustische Echokorrelations- Geschwindigkeitsmessgeräte (AECVs, en: Acoustic Echo Correlation Velocimeters).....	29
A.5	Akustisches Doppler-Gerät zum Messen von Strömungsprofilen (ADCP, en: Acoustic Doppler Current Profiler) — Stationäres Verfahren.....	30
A.6	Elektromagnetische Fließgeschwindigkeitsmessgeräte	30
Anhang B (informativ) Messung der Oberflächengeschwindigkeit mit Schwimmern		
B.1	Messung der Geschwindigkeit mit Schwimmern.....	31
B.1.1	Allgemeines	31
B.1.2	Auswahl der Messstelle.....	31
B.1.3	Durchführung der Messung.....	31
B.2	Schwimmerarten	31
B.2.1	Oberflächenschwimmer.....	31
B.2.2	Doppelschwimmer	31
B.2.3	Andere Schwimmerarten	32
B.3	Bestimmung der Geschwindigkeit	32
B.3.1	Verfahren	32
B.3.2	Oberflächenschwimmer.....	32
B.3.3	Doppelschwimmer.....	32
B.3.4	Andere Schwimmerarten	32
B.4	Hauptquellen von Messabweichungen.....	32
B.5	Bestimmung des Durchflusses aus Oberflächenschwimmer-Geschwindigkeitsmessungen.....	33
Anhang C (informativ) Beispielsysteme zur Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit.....		
C.1	Oberflächengeschwindigkeitsradargeräte	35
C.1.1	Allgemeines	35
C.1.2	Leitlinien zur Installation eines Oberflächenradars — Muster-Schnellstartanleitung.....	35
C.2	Kameragestützte Geschwindigkeitsmessung (PIV, en: Particle Image Velocimetry)	36
C.3	Laser	37
Anhang D (informativ) Unsicherheiten bei der Fließgeschwindigkeitsflächenmessung.....		
D.1	Allgemeines	38
D.2	Unsicherheiten in der Breite (u_b).....	38
D.3	Unsicherheiten der Tiefe (u_d)	38
D.4	Unsicherheiten bei der Bestimmung der mittleren Fließgeschwindigkeit	39
D.4.1	Messzeit (u_e).....	39
D.4.2	Anzahl von Punkten in der Messlotrechten (u_p)	40
D.4.3	Kalibrierung des Fließgeschwindigkeitsmessgerätes mit rotierendem Element (u_c)	40

D.4.4	Anzahl der Messlotrechten (u_m).....	40
Anhang E (informativ) Geschwindigkeitsmessung unter Eisbedingungen.....		42
E.1	Sicherheitsmaßnahmen für Messungen von der Eisdecke	42
E.2	Geschwindigkeitsflächenverfahren.....	42
E.2.1	Allgemeines	42
E.2.2	Auswahl der Messstelle	43
E.2.3	Häufigkeit von Wasserabflussmessungen.....	43
E.2.4	Messung der Dicke der Eisdecke.....	43
E.2.5	Messung der Tiefe des Eisbreis	44
E.2.6	Bestimmung der effektiven Tiefe	44
E.2.7	Geschwindigkeitsmessungen	44
E.2.8	Durchflussmessungen unter Bedingungen einer teilweisen Eisdecke.....	46
E.2.9	Durchflussmessungen unter Bedingungen von mehrschichtigem Eis.....	46
E.2.10	Durchflussmessungen unter Bedingungen einer Wasserströmung über dem Eis.....	46
E.2.11	Durchflussberechnung	46
E.3	Verfahren der repräsentativen Messlotrechten	47
E.3.1	Kurzbeschreibung des Verfahrens.....	47
E.3.2	Auswahl der Messlotrechten und Bestimmung des Korrekturfaktors.....	47
E.3.3	Anwendungsgrenzen.....	47
E.4	Beurteilung von Messunsicherheiten bei Durchflussmessungen im Winter und Berechnungen.....	47
E.5	Ein Verfahren zur kontinuierlichen Berechnung des Durchflusses	48
Anhang F (informativ) Korrekturen für die benetzte Länge des Drahtseiles / der Lotleine, wenn Tiefen mit einem nicht senkrecht zur Oberfläche eintauchenden Drahtseil / Lotleine gemessen werden		49
Literaturhinweise.....		52

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 748:2021) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2022 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 748:2007.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut/Komitee des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 748:2021 wurde von CEN als EN ISO 748:2021 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.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 113, *Hydrometry*, Unterkomitee SC 1, *Velocity area methods* in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) Technisches Komitee CEN/TC 318, *Hydrometrie*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung über die technische Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung).

Diese fünfte Ausgabe annulliert und ersetzt die vierte Ausgabe (ISO 748:2007), die technisch überarbeitet wurde. Die wichtigsten Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe sind folgende:

- das Dokument wurde aktualisiert, um den technologischen Entwicklungen Rechnung zu tragen;
- Abschnitt 7 wurde überarbeitet, um Messunsicherheiten zu reduzieren;
- ISO 9196 zur Messung unter Eisbedingungen wurde eingearbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren zur Bestimmung von Geschwindigkeit und Querschnittsfläche von Wasser, das durch offene Gerinne fließt, und für die Berechnung des Durchflusses unter Einsatz von Geräten zur punktuellen Geschwindigkeitsmessung fest.

Es ist anwendbar auf Verfahren unter Anwendung von Strömungsmessgeräten mit rotierenden Elementen, akustischen Doppler-Strömungsmessgeräten (ADV, en: Acoustic Doppler Velocimeter), akustischen Doppler-Geräten zum Messen von Geschwindigkeitsprofilen (ADCP, en: Acoustic Doppler Current Profiler) im stationären Verfahren, Messung der Oberflächengeschwindigkeit unter Einbeziehung von Schwimmern und anderen Systemen zur Bestimmung der Oberflächengeschwindigkeit.

Obwohl einige allgemeine Verfahren erörtert werden, wird in diesem Dokument nicht im Einzelnen beschrieben, wie diese Systeme anzuwenden oder einzusetzen sind.

ANMERKUNG Hinsichtlich detaillierter Verfahren wird auf Leitlinien von Geräteherstellern und entsprechenden Behörden Bezug genommen.

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*

ISO 25377:2020, *Hydrometry — Hydrometric uncertainty guidance (HUG)*

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 Grundlage der Messverfahren

Das Prinzip beruht auf der Bestimmung von Geschwindigkeit und Querschnittsfläche.

Dies wird durch Gleichung (1) beschrieben:

$$Q = \bar{V}A \quad (1)$$

Dabei ist

- Q der Durchfluss (m^3/s);
- $\bar{V}$ die mittlere Geschwindigkeit (m/s) (gemittelt über die Querschnittsfläche);
- A die Querschnittsfläche (m^2).

Die Messstelle ist so zu wählen, dass sie den festgelegten Anforderungen entspricht.

Die Querschnittsfläche muss nach einem in diesem Dokument festgelegten, ihren Dimensionen entsprechenden Verfahren gemessen werden.

Geschwindigkeitsbeobachtungen müssen nach einem in diesem Dokument festgelegten Verfahren durchgeführt werden.

Der Durchfluss muss nach einem in diesem Dokument festgelegten Verfahren berechnet werden.

5 Messstellenauswahl

5.1 Auswahl der Messstelle

Die ausgewählte Messstelle muss folgenden Anforderungen genügen:

- a) Das Gerinne an der Messstelle muss gerade sein und einen gleichmäßigen Querschnitt und ein gleichmäßiges Gefälle aufweisen, um eine anormale Geschwindigkeitsverteilung zu minimieren. Die gerade Strecke sollte mindestens das Sechsfache der Breite des Gerinnes stromaufwärts und mindestens das Dreifache der Breite stromabwärts betragen.
- b) Strömungsrichtungen für alle Messpunkte in jeder Messlotrechten über die Breite müssen parallel zueinander und rechtwinklig zum Messabschnitt verlaufen.
- c) Das Bett und die Ränder der Gerinne müssen bei allen Wasserständen stabil und klar begrenzt sein, um eine genaue Messung des Querschnittes zu erleichtern und gleichbleibende Bedingungen während und zwischen Durchflussmessungen sicherzustellen.
- d) Die Geschwindigkeitsverteilungskurven müssen in den vertikalen und horizontalen Messebenen regelmäßig sein.
- e) Bedingungen im Querschnitt und in seiner Umgebung müssen auch so beschaffen sein, dass Änderungen in der Geschwindigkeitsverteilung während der Messdauer ausgeschlossen sind.
- f) Stellen, die Wirbel, Rückströmungen oder Totwasser erkennen lassen, müssen vermieden werden.
- g) Der Messabschnitt (einschließlich Zu- und Abfahrt) muss in ihrer gesamten Breite gut einsehbar und frei von Bäumen, Wasserpflanzen oder anderen Hindernissen sein.
- h) Bei Messungen von einer Brücke mit Strompfeilern muss jeder Abschnitt des Gerinnes separat gemessen werden. Besondere Sorgfalt ist bei der Bestimmung der Geschwindigkeitsverteilung erforderlich, wenn Brückendurchlässe überlastet oder versperrt sind.
- i) Die Wassertiefe am Querschnitt muss bei allen Wasserständen ausreichend sein, um sicherzustellen, dass unabhängig vom eingesetzten Gerät die Mindestkriterien des Herstellers für die Anwendung erfüllt werden.
- j) Falls die Messstelle als Dauermessstation einzurichten ist, muss sie jederzeit mit allen notwendigen Messgeräten, die den Strömungsbedingungen entsprechen, leicht zugänglich sein.
- k) Der Querschnitt darf nicht in der Nähe von Pumpen, Schleusen oder Auslaufkanälen liegen, wenn zu erwarten ist, dass deren Betrieb während einer Messung zu ungleichförmigen Strömungsbedingungen führen könnte.
- l) Messstellen, an denen sich Strömungen verjüngen oder erweitern, müssen vermieden werden.

- m) Wenn ein geeigneter gerader Abschnitt eine Brücke einschließt, müssen Messungen durch Waten und vom Boot aus außerhalb des Einflusses der Brücke durchgeführt werden.
- n) Die Messung der Strömung unter einer Eisdecke wird in Anhang E behandelt. Für Fließgewässer, die der Bildung einer Eisdecke unterliegen, muss der Hauptteil dieses Dokuments angewendet werden, wenn der Strom frei fließt.
- o) Unter bestimmten Fließ- oder Wasserstandsbedingungen kann es sich als notwendig erweisen, Messungen an anderen Querschnitten stromaufwärts oder stromabwärts des ursprünglich gewählten Ortes durchzuführen. Dies ist durchaus zulässig, wenn keine bedeutenden, nicht erfassten Ab- oder Zuflüsse in der dazwischenliegenden Stromstrecke vorhanden sind und solange alle Strömungsmessungen auf Wasserstände bezogen werden können, die am Referenzpegel registriert werden.

ANMERKUNG Ideale Messbedingungen liegen vor, wenn alle Anforderungen erfüllt sind. Wenn keine idealen Bedingungen vorliegen, ist eine Messung trotzdem möglich, aber die Unsicherheit wird erhöht.

5.2 Markierung der Messstelle

5.2.1 Eine Dauermessstation oder eine voraussichtlich häufig für eine zukünftige Messung zu verwendende Messstation muss mit Einrichtungen zur Markierung des Querschnittes und zur Bestimmung des Wasserstandes ausgestattet sein.

5.2.2 Die Lage jedes Querschnitts senkrecht zur mittleren Fließrichtung muss an den beiden Ufern mit deutlich sichtbaren und leicht identifizierbaren Markierungen festgelegt werden. Wenn eine Messstelle in einem Gebiet mit einer hohen Schneedecke liegt, dürfen die Querschnittslinienmarken auf andere natürliche Objekte bezogen und, wenn möglich, die Position mit Hilfe eines globalen Satellitennavigationssystems (GNSS) ermittelt werden.

5.2.3 Der Wasserstand muss am Anfang und am Ende der Messdauer an einem Pegel abgelesen werden. Wenn sich der Wasserstand schnell ändert, wird empfohlen, mindestens alle 30 min eine Zwischenablesung durchzuführen.

5.2.4 Es muss ein zusätzlicher Pegel am gegenüberliegenden Ufer angebracht werden, wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Niveau des Wasserspiegels zwischen den beiden Ufern verschieden ist. Als mittleres Niveau des Wasserspiegels und als Grundlage für das Querschnittsprofil des Stromes muss der Mittelwert der mit den beiden Pegeln durchgeführten Messungen verwendet werden.

6 Messung der Querschnittsfläche

6.1 Allgemeines

Das Querschnittsprofil des offenen Gerinnes an der Messstelle muss mit einer ausreichenden Anzahl von Messpunkten bestimmt werden, um die Form des Gewässerbettes zu ermitteln und die Unsicherheit bei der Berechnung der Querschnittsfläche zu minimieren.

6.2 Messung der Breite

Die Messung der Breite des Gerinnes und der Breite der Einzelsegmente muss durch Messen der horizontalen Entfernung von oder zu einem festen Bezugspunkt erreicht werden, der sich in derselben vertikalen Ebene wie der Querschnitt an der Messstelle befinden muss.

6.3 Messung der Tiefe

Die Messung der Tiefe muss in Intervallen erfolgen, die klein genug sind, um das Querschnittsprofil genau festzulegen. Die Tiefe ist an allen Lotrechten zu messen, an denen die Geschwindigkeit gemessen wird.

Die Anzahl der Messlotrechten hängt von der Veränderlichkeit der Wassertiefe im Querschnitt ab. Diese Anzahl ist angemessen, wenn die Anzahl der Punkte den erhaltenen Wert des Querschnitts nicht wesentlich ändert.

Wenn es praktisch nicht möglich ist, mehr als einen Messwert für die Tiefe zu gewinnen, kann sich die Messunsicherheit erhöhen (siehe Abschnitt 9).

Bei Messungen der Tiefe mit einem Draht, der nicht senkrecht zur Oberfläche verläuft, siehe Anhang F.

7 Messung der mittleren Geschwindigkeit

7.1 Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit unter Anwendung von punktuellen Geschwindigkeitsmessungen

7.1.1 Allgemeines

Zur Messung der punktuellen Geschwindigkeit steht eine Reihe von Messgeräten zur Verfügung. Diese sind in Anhang A beschrieben.

7.1.2 Durchführung der Messung

Geschwindigkeits- und Tiefenmessungen werden gewöhnlich gleichzeitig durchgeführt. Sofern jedoch die beiden Messungen zu verschiedenen Zeiten durchgeführt werden, wie z. B. bei einer bereits beobachteten Station, müssen die Geschwindigkeitsmessungen an einer ausreichenden Anzahl von Messlotrechten durchgeführt werden, und es muss zwischen den Messlotrechten die horizontale Entfernung nach 6.2 und 6.3 gemessen werden.

Für alle Messungen sollte die sachverständige Beurteilung eines erfahrenen Hydrologen verwendet werden, und es sollten detaillierte Anmerkungen zur Messung und zu den getroffenen Annahmen in die Aufzeichnung mit aufgenommen werden.

Bei der Entscheidung über die empfohlene Mindestanzahl von Messlotrechten in schmalen Gerinnen, die für die Durchflussmessung an dem ausgewählten Standort festzulegen ist, sind die folgenden Kriterien anzuwenden.

- Gerinnebreite $< 0,5$ m $n \geq 15$
- Gerinnebreite $> 0,5$ m und < 5 m $n \geq 20$
- Gerinnebreite > 5 m $n \geq 22$

Soweit möglich, sollten Messlotrechten so gewählt werden, dass der Durchfluss jeden Segments weniger als 5 % des Gesamtdurchflusses beträgt und 10% des Gesamtdurchflusses nicht überschreitet

Bei sehr kleinen Gerinnen ist es aus praktischen Gründen nicht immer möglich, die empfohlene Mindestanzahl an Messlotrechten einzuhalten.

Der Abstand zwischen zwei Messlotrechten muss größer sein als die Breite des Messgerätes und sollte nicht geringer sein als die Mindestempfehlungen für das verwendete Gerät.

In allen Fällen sind, zusätzlich zu den oben Genannten, Messungen der Tiefe (Tiefenmessungen) am Gewässerrand vorzunehmen. Die erste und die letzte Messlotrechte müssen so dicht wie in der Praxis möglich am Gewässerrand angeordnet werden.

Das für die punktuelle Geschwindigkeitsmessung eingesetzte Gerät muss für mindestens 30 s in Position gehalten werden, um eine repräsentative mittlere Geschwindigkeit zu erhalten. Es ist so zu halten, dass Bewegungen des Messgeräts während der Messung minimiert werden.

In Gerinnen mit nicht stationärer Strömung ist es möglich, Änderungen des Gesamtdurchflusses während der Messdauer nicht nur durch Beobachtung der Änderung des Wasserstandes, sondern auch durch kontinuierliches Messen der Geschwindigkeit an einigen geeignet gewählten Punkten im Hauptstrom zu korrigieren.

Für eine Kontinuität in Bezug auf Vorgängerversionen dieses Dokuments können die folgenden Kriterien angewendet werden, jedoch wird der Grad der Unsicherheit der Gesamtmessung viel größer sein.

- Gerinnebreite < 0,5 m $n = 5$ bis 6
- Gerinnebreite > 0,5 m und < 1 m $n = 6$ bis 7
- Gerinnebreite > 1 m und < 3 m $n = 7$ bis 12
- Gerinnebreite > 3 m und < 5 m $n = 13$ bis 16
- Gerinnebreite > 5 m $n \geq 22$

In Bezug auf Anhaltswerte für die prozentuale Messunsicherheit bei der Messung der mittleren Geschwindigkeit bedingt durch eine begrenzte Anzahl von Messlotrechten siehe Tabelle D.6.

7.1.3 Schräg verlaufende Strömung

Wenn eine schräg verlaufende Strömung unvermeidbar ist, sollte entweder die Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Querschnitt direkt gemessen werden oder der Betrag der Geschwindigkeit gemessen und auf der Grundlage des Winkels zur Senkrechten korrigiert werden. Spezielle Messgeräte sind für die gleichzeitige Messung von Winkel und Geschwindigkeit an einem Punkt entwickelt worden. Wo diese jedoch nicht verfügbar sind und unbedeutender Wind herrscht, kann der Strömungswinkel über die Messlotrechte als gleich dem an der Oberfläche beobachteten Winkel angenommen werden. Dieser Winkel kann mit geeigneten Einrichtungen gemessen werden, vorausgesetzt, dass der Bedienende oberhalb der Messlotrechten positioniert ist. Wenn das Gerinne sehr tief ist, Gezeiten ausgesetzt ist oder wenn das örtliche Gewässerbettprofil sich schnell ändert, darf diese Annahme nicht ohne Bestätigung angenommen werden.

Wenn der gemessene Winkel zwischen der Fließrichtung und der Senkrechten zum Querschnitt θ ist, muss die für die Berechnung des Durchflusses verwendete Geschwindigkeit wie in Gleichung (2) korrigiert werden:

$$v_c = v_m \times \cos \theta \quad (2)$$

Dabei ist

v_c die korrigierte Geschwindigkeit;

v_m die gemessene Geschwindigkeit.

ANMERKUNG Einige Fließgeschwindigkeitsmessgeräte sind für die direkte Messung der Normalkomponente der Geschwindigkeit ausgelegt, wenn sie senkrecht zum Messquerschnitt in einer schräg verlaufenden Strömung gehalten werden. Die Korrektur wird in solchen Fällen nicht angewendet.

7.1.4 Verfahren zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in einer Messlotrechten

7.1.4.1 Auswahl und Klassifizierung

Die Wahl des Verfahrens zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit ist von bestimmten Faktoren abhängig. Dabei handelt es sich um die Arbeitssicherheit, verfügbare Zeit, Breite und Tiefe des Gerinnes, Bedingungen der Gewässersohle im Messabschnitt und im Bereich stromaufwärts, die Änderungsgeschwindigkeit des Wasserstandes, den gewünschten Genauigkeitsgrad und das verwendete Messgerät.

Diese Verfahren werden wie folgt klassifiziert:

- a) Geschwindigkeitsverteilungsverfahren (siehe 7.1.4.2);
- b) Verfahren mit verringerten Messpunkten (siehe 7.1.4.3);
- c) Integrationsverfahren (siehe 7.1.5).

7.1.4.2 Geschwindigkeitsverteilungsverfahren

Mit diesem Verfahren werden Geschwindigkeitswerte aus Messungen an einer Anzahl von Punkten in jeder Messlotrechten zwischen dem Wasserspiegel und der Gerinnesohle gewonnen. Anzahl und Abstand der Punkte müssen so gewählt werden, dass die Geschwindigkeitsverteilung in jeder Messlotrechten mit einer Messwertdifferenz zwischen zwei benachbarten Messpunkten von nicht mehr als 20 %, bezogen auf den höheren Wert, genau bestimmt wird. Die Position des obersten und des untersten Messpunktes muss unter Berücksichtigung der Festlegung nach 7.1.2 und 7.1.3 gewählt werden.

Dieser Unterabschnitt handelt hauptsächlich von der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in einer Messlotrechten. Es kann erforderlich sein, dasselbe Prinzip bei der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit nahe der vertikalen Begrenzung eines Gerinnes anzuwenden. Die Geschwindigkeitskurve kann ausgehend vom letzten Messpunkt nahe der Gewässersohle oder der Gewässerwand extrapoliert werden durch Berechnung von v_x nach Gleichung (3):

$$v_x = v_a \left(\frac{x}{a} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (3)$$

Dabei ist

- v_x die unbekannte Punktgeschwindigkeit in der extrapolierten Zone in einer Entfernung x von der Gewässersohle oder der Gewässerwand;
- v_a die Geschwindigkeit am letzten Messpunkt in einer Entfernung a von der Gewässersohle oder der Gewässerwand;
- m ein Exponent.

Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}$ zwischen Gewässersohle (oder einer vertikalen Seite) und dem nächsten Messpunkt (wo die gemessene Geschwindigkeit v_a beträgt) kann direkt berechnet werden nach Gleichung (4):

$$\bar{v} = \left(\frac{m}{m+1} \right) v_a \quad (4)$$

Im Allgemeinen liegt m zwischen 5 und 7, aber er kann über einen weiteren Bereich schwanken, was vom hydraulischen Widerstand abhängt. Der Wert $m = 4$ gilt für raue Gewässerbetten oder raue senkrechte Gewässerwände, während $m = 10$ ein charakteristischer Wert für glatte Gewässerbetten oder glatte senkrechte Gewässerwände ist.

m wird wie in Gleichung (5) gezeigt berechnet:

$$m = \frac{C_{\text{ver}}}{\sqrt{g}} \left(\frac{2\sqrt{g}}{\sqrt{g} + C_{\text{ver}}} + 0,3 \right) \quad (5)$$

Dabei ist

g die Erdbeschleunigung, in m/s^2 ;

C_{ver} der Chezy-Koeffizient einer Messlotrechten, in $\text{m}^{0,5}/\text{s}$.

ANMERKUNG Ein alternatives Verfahren, die Geschwindigkeit im Bereich nach dem letzten Messpunkt zu bestimmen, beruht auf der Annahme, dass die Geschwindigkeit für eine bestimmte Entfernung von der Sohle des Gewässers entfernt proportional dem Logarithmus der Entfernung X von dieser Begrenzung ist. Wenn die beobachteten Geschwindigkeiten an Messpunkten in der Nähe des Gewässerbettes über $\log X$ graphisch dargestellt werden, dann kann die Regressionsgerade durch diese Messpunkte bis zur Begrenzung verlängert werden. Die Geschwindigkeiten nahe der Begrenzung können dann aus der graphischen Darstellung abgelesen werden.

7.1.4.2.1 Stationäres ADCP-Verfahren

Bei dem stationären ADCP-Verfahren wird das ADCP für eine festgelegte Zeit an einem festgelegten Messpunkt gehalten und dann werden die Daten an dieser Messlotrechten gemittelt, um ein mittleres Geschwindigkeitsprofil oder eine tiefenintegrierte mittlere Geschwindigkeit an diesem Messpunkt zu erhalten.

Es sollte beachtet werden, dass ADCP-Messgeräte die Geschwindigkeit in der Nähe der ADCP-Messwandler, über den Messwandlern oder in der Nähe der Gewässersohle nicht messen können. Die aktuelle Herstellersoftware ermöglicht die Extrapolation in diesen Bereichen auf der Grundlage der gemessenen Geschwindigkeiten, um eine mittlere Geschwindigkeit für die Messlotrechte zu berechnen.

7.1.4.3 Verfahren mit verringerten Messpunkten

7.1.4.3.1 Allgemeines

Diese Verfahren, die weniger genau sind als die Verfahren, die das gesamte Geschwindigkeitsfeld benutzen, werden häufig verwendet, weil sie nicht so zeitaufwändig wie das Geschwindigkeitsverteilungsverfahren (7.1.4.2) sind.

Es wird empfohlen, dass für einen neuen Messquerschnitt die Genauigkeit des gewählten Verfahrens durch das Geschwindigkeitsverteilungsverfahren bewertet wird.

7.1.4.3.2 Einpunkt-Verfahren

Geschwindigkeitsmessungen müssen in jeder Messlotrechten durch Positionieren des Fließgeschwindigkeitsmessgerätes in dem 0,6-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche vorgenommen werden. Der beobachtete Wert muss als mittlere Geschwindigkeit in der Messlotrechten verwendet werden.

7.1.4.3.3 Zweipunkt-Verfahren

Geschwindigkeitsmessungen müssen durch Positionieren des Fließgeschwindigkeitsmessgerätes in jeder Messlotrechten in dem 0,2- und 0,8-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche vorgenommen werden. Der Mittelwert der beiden Werte muss als mittlere Geschwindigkeit in der Messlotrechten verwendet werden. Siehe Gleichung (6):

$$\bar{v} = 0,5(v_{0,2} + v_{0,8}) \quad (6)$$

Ein alternatives Verfahren zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit einer Messlotrechten ist das Verfahren nach Kreps, bei dem Geschwindigkeitsmessungen an der Oberfläche und bei dem 0,62-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche verwendet werden.

Bei Anwendung des Verfahrens nach Kreps müssen die Geschwindigkeitsmessungen möglichst nahe der Oberfläche und bei dem 0,62-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche erfolgen. Siehe Gleichung (7).

$$\bar{v} = 0,31 \times v_0 + 0,634 \times v_{0,62} \quad (7)$$

ANMERKUNG Das „Verfahren nach Kreps“, das von dem österreichischen Hydrologen Harald Kreps entwickelt wurde, ist ebenfalls ein Zweipunkt-Verfahren [21].

7.1.4.3.4 Dreipunkt-Verfahren

Geschwindigkeitsmessungen müssen durch Positionieren des Fließgeschwindigkeitsmessgerätes in jeder Messlotrechten in dem 0,2-, 0,6- und 0,8-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche vorgenommen werden. Die 0,6-Messung darf gewichtet und die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}$ durch Gleichung (8) erhalten werden:

$$\bar{v} = 0,25(v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}) \quad (8)$$

7.1.4.3.5 Fünfpunkt-Verfahren

Geschwindigkeitsmessungen werden durch Positionieren des Fließgeschwindigkeitsmessgerätes in jeder Messlotrechten in dem 0,2-, 0,6- und 0,8-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche sowie möglichst nahe der Oberfläche und der Gewässersohle durchgeführt. Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}$ wird nach Gleichung (9) erhalten.

$$\bar{v} = 0,1(v_0 + 3v_{0,2} + 3v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{Sohle}}) \quad (9)$$

7.1.4.3.6 Sechspunkt-Verfahren

Geschwindigkeitsmessungen werden durch Positionieren des Fließgeschwindigkeitsmessgerätes in jeder Messlotrechten in dem 0,2-, 0,4-, 0,6- und 0,8-Fachen der Tiefe gemessen von der Oberfläche sowie möglichst nahe der Oberfläche und der Gewässersohle durchgeführt. Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}$ kann nach Gleichung (10) ermittelt werden.

$$\bar{v} = 0,1(v_0 + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{Sohle}}) \quad (10)$$

7.1.4.3.7 Alternative Probenahme-Verfahren

Alternative Probenahme-Verfahren zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit in der Messlotrechten dürfen unter außergewöhnlichen Umständen verwendet werden, z. B. bei hoher Geschwindigkeit, bei schnell wechselnden Wasserständen oder Treibgut, vorausgesetzt, dass für das angewandte Verfahren durch Versuche nachgewiesen werden kann, dass es eine ähnliche Genauigkeit bei den Ergebnissen wie die vorher genannten Verfahren erreicht.

7.1.5 Integrationsverfahren

Bei dem Integrationsverfahren wird die Geschwindigkeit über jede Messlotrechte durch, mit gleichmäßiger Geschwindigkeit, Anheben und Absenken eines Fließgeschwindigkeitsmessgerätes über die gesamte Tiefe gemessen. Die Geschwindigkeit, mit der das Messgerät nach unten oder oben bewegt wird, sollte nicht mehr als 5 % der mittleren Wassergeschwindigkeit und in keinem Fall mehr als 0,04 m/s betragen. Es sollten zwei vollständige Zyklen in jeder Messlotrechten durchgeführt werden, und wenn die Ergebnisse um mehr als 10 %