

DIN EN ISO 25377:2024-10 (D)

Leitfaden zu Messunsicherheiten in der Hydrometrie (HUG) (ISO 25377:2020);
Deutsche Fassung EN ISO 25377:2022

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Symbole	9
5 ISO/IEC Guide 98-3 (GUM) — Grundlegende Definitionen und Regeln	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Unsicherheit von Messreihen	11
5.3 Zufällige und systematische Effekte	12
5.4 Unsicherheitsmodelle — Wahrscheinlichkeitsverteilungen	13
5.5 Kombinierte Unsicherheiten — Gesetz der Fortpflanzung von Unsicherheiten	13
5.6 Angabe der Ergebnisse	14
6 Strömung im offenen Gerinne — Geschwindigkeitsflächen-Verfahren	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Mittlere Geschwindigkeit \bar{V}_x	16
6.3 Geschwindigkeitsflächen-Bestimmung zur Berechnung des Durchflusses	16
6.4 Messung der Geschwindigkeit	17
6.5 Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsflächenverfahren	17
6.5.1 Allgemeines	17
6.5.2 Zufällige und systematische Effekte	19
6.6 Integrationsunsicherheiten $[u^*(F_y), u^*(F_z)]$	19
6.6.1 Allgemeines	19
6.6.2 Unsicherheiten bei vertikal bewegter Messeinrichtung	19
6.6.3 Unsicherheiten bei horizontalen Messreihen	20
6.7 Unsicherheiten der Umfangsströmung $u(Q_p)$	20
7 Strömung im offenen Gerinne — Kritische Tiefenverfahren	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Bestimmung der Pegelhöhe und Geometrie	21
7.3 Iterative Berechnung	22
7.4 Bewertungsunsicherheit	22
8 Verdünnungsverfahren	23
8.1 Allgemeines	23
8.2 Kontinuierliche Zuführung	23
8.3 Massenänderung	24
9 Hydrometrische Ausrüstung	26
9.1 Leistungsspezifikationen	26
9.2 Gültigkeit von Unsicherheitsaussagen	26
9.3 Herstellerspezifikationen	27
9.4 Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen	28
10 Anleitung zur Aufstellung von Abschnitten über Unsicherheit in Normen der Hydrometrie	29
10.1 Allgemeines	29
10.2 Geräte, Verfahren und Messsysteme	29
10.2.1 Allgemeines	29
10.2.2 Geräte	29
10.2.3 Verfahren	30
10.2.4 Systeme	30
11 Beispiele	30

11.1	Allgemeines	30
11.2	Unsicherheit bei der Wasserstandsmessung	30
11.2.1	Beispiel 1: Schwimmer/Encoder im Messschacht der Pegelstation	30
11.2.2	Beispiel 2: Im Rohr installierter Druckmessumformer	31
11.3	Unsicherheit bei der Abflussmessung mit Abflussmessbauwerken	32
11.4	Unsicherheit bei der Abflussmessung mit einem Fließgeschwindigkeitsmessgerät	34
Anhang A (informativ) Einführung in die Unsicherheit bei hydrometrischen Bestimmungen		40
A.1	Grundlegende Definitionen und Regeln	40
A.2	Einführung in die Definitionen	41
A.2.1	Allgemeines	41
A.2.2	Datenhistogramme	43
A.3	Messhistogramme und Wahrscheinlichkeitsverteilungen	46
A.4	Wahrscheinlichkeitsmodelle	48
A.4.1	Allgemeines	48
A.4.2	Wahrscheinlichkeitsmodelle — Allgemeine Betrachtungen	50
A.5	Unsicherheit bei kleinen Datensätzen	50
A.6	Zufällige und systematische Effekte	51
A.7	Zusammenfassung — Typ-A- und Typ-B-Abschätzungsverfahren	52
A.8	Gaußsche Wahrscheinlichkeitsverteilung	53
A.9	Erweiterte Unsicherheit $U(x)$, Vertrauensgrenzen und Erweiterungsfaktoren	54
A.10	Beispiele für die Berechnung der kombinierten Unsicherheit, U_C	55
A.11	Nachweis und Behandlung fehlerhafter Messungen	57
Anhang B (informativ) Einführung in die Monte-Carlo-Simulation (MCS)		58
B.1	Allgemeines	58
B.2	Ein Beispiel für eine Abflussmessung — Hydrometrisches Bauwerk mit Luftbereichs-Ultraschallmessung des Wasserstandes	59
B.3	Vorsichtsmaßnahmen bei der Verwendung des Monte-Carlo-Verfahrens	62
B.3.1	Allgemeines	62
B.3.2	Erzeugen von Kombinationen von zufälligen Variablen	62
B.3.3	Anzahl der erforderlichen Versuche beim Monte-Carlo-Verfahren	62
Anhang C (informativ) Verfahren der interpolierten Varianzabschätzung		63
C.1	Verfahren der interpolierten Varianzabschätzung	63
C.2	Beispiel	65
Anhang D (informativ) Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen		68
Anhang E (informativ) Unsicherheitsanalyse der Wasserstand-Abfluss-Beziehung		72
E.1	Wasserstand-Abfluss-Beziehung	72
E.2	Unsicherheit in der Wasserstand-Abfluss-Beziehung	72
E.3	Beispiel	73
Anhang F (informativ) Messung der Geschwindigkeit		76
F.1	Messung der Geschwindigkeit mit Fließgeschwindigkeitsmessgeräten	76
F.1.1	Vertikale Segmente	76
F.1.2	Horizontale Segmente	76
F.2	Verfahren mit Ultraschall-Dopplergeräten (ADCP) auf schwimmenden Booten	77
F.3	Geschwindigkeitsflächen-Unsicherheiten beim Verfahren mit Ultraschall-Dopplergeräten (ADCP) auf schwimmenden Booten	79
F.3.1	Zufällige und systematische Effekte	79
F.3.2	Bestimmung der Unsicherheit für Ultraschall-Dopplergeräte (ADCP) auf schwimmenden Booten	79
Literaturhinweise		81

Bilder

Bild 1	— Koordinatenbeziehung in einem Gerinne-Querschnitt	15
Bild 2	— Typische Strömungsprofile und -konturen in rechteckigen Gerinnen	16

Bild 3 — Wasseroberflächenprofil und Geschwindigkeitsprofile, die typisch für einen rechteckigen Messkanal sind	21
Bild 4 — Verfahren der Verdünnung durch kontinuierlichen Zulauf	24
Bild 5 — Verfahren der Verdünnung durch eine Massenänderung	25
Bild A.1 — Histogramme für zwei Messreihen und eine Wahrscheinlichkeitsverteilung	47
Bild A.2 — Übliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen	49
Bild A.3 — Vertrauensgrenzen	54
Bild B.1 — Ergebnisse für drei Sätze simulierter Berechnungen von Q mithilfe von Gleichung (B.1), mit jeweils 1 000 Simulationen für jeden Satz	61
Bild B.2 — Ergebnisse aus Bild B.1	61
Bild F.1 — Zweidimensionaler Geschwindigkeitsvektor und Koordinaten	77
Bild F.2 — Dreidimensionaler Geschwindigkeitsvektor und Bootskoordinaten	78

Tabellen

Tabelle 1 — Wahrscheinlichkeitsverteilung	26
Tabelle 2 — Umweltfaktoren	26
Tabelle 3 — Maximale und minimale Nennleistungen	28
Tabelle 5 — Messdaten	35
Tabelle 6 — Berechnung des Abflusses an der Messlotrechten	38
Tabelle A.1 — Einzelmessungen der Gerinnebreite	41
Tabelle A.2 — Breitenmessungen, eingruppiert in 5-mm-Abstufungen ($n = 20$)	42
Tabelle A.3 — Breitenmessungen, eingruppiert als Histogramm in 5-mm-Abstufungen ($n = 20$)	43
Tabelle A.4 — Gerinne 1: Breitenmessungen, gruppiert als Histogramm in 5-mm-Abstufungen ($n = 78$)	43
Tabelle A.5 — Gerinne 2: Breitenmessungen, gruppiert als Histogramm in 5-mm-Abstufungen ($n = 78$)	44
Tabelle A.6 — Encoder — Schwimmpegelmessungen, gruppiert als Histogramm in 0,001-m-Abstufungen ($n = 64$)	44
Tabelle A.7 — Unter Anwendung von Gleichung (A.5) aus der Tabelle A.4, Tabelle A.5 und Tabelle A.6 abgeleitete Ergebnisse	46
Tabelle A.8 — Werte von t_e	50
Tabelle A.9 — t_e Faktoren im Vertrauensniveau von 68 %, 95 % und 99 %	55
Tabelle A.10 — Grubbs-Prüfparameter T_n	57
Tabelle B.1	59
Tabelle B.2	59
Tabelle B.3	59
Tabelle B.4	60
Tabelle C.1 — Geschätzte Tiefe und Geschwindigkeit	65
Tabelle D.1 — Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen	69
Tabelle E.1 — Wasserstand-Abfluss-Daten an einer Station	73
Tabelle E.2 — Berechnung der Unsicherheit in der Wasserstand-Abfluss-Beziehung	74