

DIN EN ISO 25377:2024-02 (D)

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

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	9
Vorwort	10
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich.....	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	13
4 Symbole	13
5 ISO/IEC Guide 98-3 (GUM) — Grundlegende Definitionen und Regeln	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Unsicherheit von Messreihen.....	16
5.3 Zufällige und systematische Effekte.....	17
5.4 Unsicherheitsmodelle — Wahrscheinlichkeitsverteilungen	17
5.5 Kombinierte Unsicherheiten — Gesetz der Fortpflanzung von Unsicherheiten	18
5.6 Angabe der Ergebnisse	19
6 Strömung im offenen Gerinne — Geschwindigkeitsflächen-Verfahren.....	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Mittlere Geschwindigkeit V_x	20
6.3 Geschwindigkeitsflächen-Bestimmung zur Berechnung des Durchflusses	21
6.4 Messung der Geschwindigkeit.....	22
6.5 Unsicherheit im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsflächenverfahren.....	22
6.5.1 Allgemeines	22
6.5.2 Zufällige und systematische Effekte.....	24
6.6 Integrationsunsicherheiten $u * F_y, u * F_z$	24
6.6.1 Allgemeines	24
6.6.2 Unsicherheiten bei vertikal bewegter Messeinrichtung	25
6.6.3 Unsicherheiten bei horizontalen Messreihen	25
6.7 Unsicherheiten der Umfangsströmung u_{Qp}	26
7 Strömung im offenen Gerinne — Kritische Tiefenverfahren	26
7.1 Allgemeines	26
7.2 Bestimmung der Pegelhöhe und Geometrie.....	27
7.3 Iterative Berechnung	28
7.4 Bewertungsunsicherheit.....	28
8 Verdünnungsverfahren	29
8.1 Allgemeines	29
8.2 Kontinuierliche Zuführung	29
8.3 Massenänderung	30
9 Hydrometrische Ausrüstung	32
9.1 Leistungsspezifikationen.....	32
9.2 Gültigkeit von Unsicherheitsaussagen	32
9.3 Herstellerspezifikationen.....	33
9.4 Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen.....	34

10	Anleitung zur Aufstellung von Abschnitten über Unsicherheit in Normen der Hydrometrie	35
10.1	Allgemeines.....	35
10.2	Geräte, Verfahren und Messsysteme	36
10.2.1	Allgemeines.....	36
10.2.2	Geräte.....	36
10.2.3	Verfahren.....	36
10.2.4	Systeme.....	36
11	Beispiele.....	37
11.1	Allgemeines.....	37
11.2	Unsicherheit bei der Wasserstandsmessung	37
11.2.1	Beispiel 1: Schwimmer/Encoder im Messschacht der Pegelstation	37
11.2.2	Beispiel 2: Im Rohr installierter Druckmessumformer.....	38
11.3	Unsicherheit bei der Abflussmessung mit Abflussmessbauwerken.....	38
11.4	Unsicherheit bei der Abflussmessung mit einem Fließgeschwindigkeitsmessgerät.....	41
Anhang A (informativ)	Einführung in die Unsicherheit bei hydrometrischen Bestimmungen.....	48
A.1	Grundlegende Definitionen und Regeln	48
A.2	Einführung in die Definitionen	50
A.2.1	Allgemeines.....	50
A.2.2	Datenhistogramme	51
A.3	Messhistogramme und Wahrscheinlichkeitsverteilungen.....	56
A.4	Wahrscheinlichkeitsmodelle.....	57
A.4.1	Allgemeines.....	57
A.4.2	Wahrscheinlichkeitsmodelle — Allgemeine Betrachtungen	59
A.5	Unsicherheit bei kleinen Datensätzen	59
A.6	Zufällige und systematische Effekte.....	60
A.7	Zusammenfassung — Typ-A- und Typ-B-Abschätzungsverfahren.....	61
A.8	Gaußsche Wahrscheinlichkeitsverteilung	62
A.9	Erweiterte Unsicherheit $U(x)$, Vertrauensgrenzen und Erweiterungsfaktoren	63
A.10	Beispiele für die Berechnung der kombinierten Unsicherheit, U_c.....	64
A.11	Nachweis und Behandlung fehlerhafter Messungen	66
Anhang B (informativ)	Einführung in die Monte-Carlo-Simulation (MCS).....	68
B.1	Allgemeines.....	68
B.2	Ein Beispiel für eine Abflussmessung — Hydrometrisches Bauwerk mit Luftbereichs-Ultraschallmessung des Wasserstandes.....	69
B.3	Vorsichtsmaßnahmen bei der Verwendung des Monte-Carlo-Verfahrens	72
B.3.1	Allgemeines.....	72
B.3.2	Erzeugen von Kombinationen von zufälligen Variablen	72
B.3.3	Anzahl der erforderlichen Versuche beim Monte-Carlo-Verfahren	72
Anhang C (informativ)	Verfahren der interpolierten Varianzabschätzung.....	74
C.1	Verfahren der interpolierten Varianzabschätzung.....	74
C.2	Beispiel	76
Anhang D (informativ)	Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen	79
Anhang E (informativ)	Unsicherheitsanalyse der Wasserstand-Abfluss-Beziehung.....	84
E.1	Wasserstand-Abfluss-Beziehung	84
E.2	Unsicherheit in der Wasserstand-Abfluss-Beziehung.....	84
E.3	Beispiel	85
Anhang F (informativ)	Messung der Geschwindigkeit.....	88
F.1	Messung der Geschwindigkeit mit Fließgeschwindigkeitsmessgeräten.....	88
F.1.1	Vertikale Segmente.....	88
F.1.2	Horizontale Segmente.....	88
F.2	Verfahren mit Ultraschall-Dopplergeräten (ADCP) auf schwimmenden Booten.....	89

F.3	Geschwindigkeitsflächen-Unsicherheiten beim Verfahren mit Ultraschall-Dopplergeräten (ADCP) auf schwimmenden Booten	91
F.3.1	Zufällige und systematische Effekte.....	91
F.3.2	Bestimmung der Unsicherheit für Ultraschall-Dopplergeräte (ADCP) auf schwimmenden Booten	92
	Literaturhinweise	94

Bilder

Bild 1	— Koordinatenbeziehung in einem Gerinne-Querschnitt	20
Bild 2	— Typische Strömungsprofile und -konturen.....	21
Bild 3	— Wasseroberflächenprofil und Geschwindigkeitsprofile, die typisch für einen rechteckigen Messkanal sind.....	26
Bild 4	— Verfahren der Verdünnung durch kontinuierlichen Zulauf.....	30
Bild 5	— Verfahren der Verdünnung durch eine Massenänderung	31
Bild A.1	— Histogramme für zwei Messreihen und eine Wahrscheinlichkeitsverteilung	56
Bild A.2	— Übliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen.....	58
Bild A.3	— Vertrauensgrenzen	63
Bild B.1	— Ergebnisse für drei Sätze simulierter Berechnungen von Q mithilfe von Gleichung (B.1), mit jeweils 1 000 Simulationen für jeden Satz.....	71
Bild B.2	— Ergebnisse aus Bild B.1.....	72
Bild F.1	— Zweidimensionaler Geschwindigkeitsvektor und Koordinaten.....	89
Bild F.2	— Dreidimensionaler Geschwindigkeitsvektor und Bootskoordinaten.....	91

Tabellen

Tabelle 1	— Wahrscheinlichkeitsverteilung.....	32
Tabelle 2	— Umweltfaktoren	33
Tabelle 3	— Maximale und minimale Nennleistungen	34
Tabelle 5	— Messdaten	42
Tabelle 6	— Berechnung des Abflusses an der Messlotrechten.....	45
Tabelle A.1	— Einzelmessungen der Gerinnebreite	50
Tabelle A.2	— Breitenmessungen, eingruppiert in 5-mm-Abstufungen ($n = 20$).....	51
Tabelle A.3	— Breitenmessungen, eingruppiert als Histogramm in 5-mm-Abstufungen ($n = 20$).....	51

Tabelle A.4 — Gerinne 1: Breitenmessungen, gruppiert als Histogramm in 5-mm-Abstufungen ($n = 78$)	52
Tabelle A.5 — Gerinne 2: Breitenmessungen, gruppiert als Histogramm in 5-mm-Abstufungen ($n = 78$)	53
Tabelle A.6 — Encoder — Schwimmpegelmessungen, gruppiert als Histogramm in 0,001-m-Abstufungen ($n = 64$)	54
Tabelle A.7 — Unter Anwendung von Gleichung (A.5) aus der Tabelle A.4, Tabelle A.5 und Tabelle A.6 abgeleitete Ergebnisse	55
Tabelle A.8 — Werte von t_e	59
Tabelle A.9 — t_e Faktoren im Vertrauensniveau von 68 %, 95 % und 99 %	64
Tabelle A.10 — Grubbs-Prüfparameter T_n	66
Tabelle B.1	69
Tabelle B.2	69
Tabelle B.3	69
Tabelle B.4	70
Tabelle C.1 — Geschätzte Tiefe und Geschwindigkeit	77
Tabelle D.1 — Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen	80
Tabelle E.1 — Wasserstand-Abfluss-Daten an einer Station	85
Tabelle E.2 — Berechnung der Unsicherheit in der Wasserstand-Abfluss-Beziehung	86