

# 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