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 $\overline{V}_x$ 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**