

# 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    |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| <b>10</b>   | <b>Anleitung zur Aufstellung von Abschnitten über Unsicherheit in Normen der Hydrometrie .....</b>                        | <b>35</b> |
| 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        |
| <b>11</b>   | <b>Beispiele.....</b>   | <b>37</b> |
| 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        |
| <b>Anhang A (informativ) Einführung in die Unsicherheit bei hydrometrischen Bestimmungen.....</b>                               |   | <b>48</b> |
| 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        |
| <b>Anhang B (informativ) Einführung in die Monte-Carlo-Simulation (MCS).....</b>  |   | <b>68</b> |
| 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        |
| <b>Anhang C (informativ) Verfahren der interpolierten Varianzabschätzung.....</b>   |   | <b>74</b> |
| C.1   | Verfahren der interpolierten Varianzabschätzung.....  | 74        |
| C.2   | Beispiel .....  | 76        |
| <b>Anhang D (informativ) Leistungsleitfaden für hydrometrische Geräte zur Anwendung in technischen Standardbeispielen .....</b> |   | <b>79</b> |
| <b>Anhang E (informativ) Unsicherheitsanalyse der Wasserstand-Abfluss-Beziehung.....</b>  |   | <b>84</b> |
| E.1   | Wasserstand-Abfluss-Beziehung .....   | 84        |
| E.2   | Unsicherheit in der Wasserstand-Abfluss-Beziehung.....  | 84        |
| E.3   | Beispiel .....  | 85        |
| <b>Anhang F (informativ) Messung der Geschwindigkeit.....</b>   |   | <b>88</b> |
| 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        |

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

## **Bilder**

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

## **Tabellen**

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

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