DIN V 19218:2008-01 (D)

Durchflussmessung von Fluiden - Verfahren zur Unsicherheitsermittlung (ISO 5168:2005, modifiziert)

Inhalt

Seite

Vorwort 2

Einleitung 6

1 Anwendungsbereich 6

2 Normative Verweisungen 6

3 Begriffe 6

4 Formelzeichen und Abkürzungen 8
4.1 Formelzeichen 8
4.2 Indizes 12

5 Unsicherheitsermittlung in einem Messprozess 13

6 Ermittlungsmethode A der Messunsicherheit 14
6.1 Allgemeines 14
6.2 Rechenverfahren 14

7 Ermittlungsmethode B der Messunsicherheit 15
7.1 Allgemeines 15
7.2 Rechenverfahren 15
7.3 Rechteckverteilung 15
7.4 Normalverteilung 16
7.5 Dreieckverteilung 16
7.6 Bimodalverteilung 16
7.7 Zuweisen einer Wahrscheinlichkeitsverteilung 16
7.8 Unsymmetrische Wahrscheinlichkeitsverteilungen 17

8 Empfindlichkeiten 17
8.1 Allgemeines 17
8.2 Analytische Ermittlung 17
8.3 Numerische Ermittlung 18

9 Kombination von Unsicherheiten 19

10 Angabe von Ergebnissen 19
10.1 Erweiterte Unsicherheit 19
10.2 Unsicherheitsbilanz 20

Anhang A (normativ) **Schrittweises Verfahren zur Unsicherheitsberechnung** 22
A.1 Absolute oder relative Unsicherheit 22
A.2 Mathematische Beziehung 22
A.3 Standardunsicherheit 22
A.3.1 Allgemeines 22
A.3.2 Ermittlungsmethode A — Standardabweichung des Mittelwerts aus wiederholten Messungen 22
A.3.3 Ermittlungsmethode B — Subjektive Schätzung und Erfahrung 22
A.4 Empfindlichkeiten 23
A.4.1 Allgemeines 23
A.4.2 Absolut 23
A.4.3 Relativ 23
A.5 Kombinierte Standardunsicherheit 23
A.5.1 Allgemeines 23
A.5.2 Absolut 23
A.5.3 Relativ 23

A.6 Nicht verlässliche Eingangsgrößen ... 24
A.7 Erweiterte Unsicherheit ... 24
A.8 Angabe von Ergebnissen ... 24

Anhang B (normativ) **Wahrscheinlichkeitsverteilungen** ... 25

Anhang C (normativ) **Erweiterungsfaktoren** ... 27

Anhang D (informativ) **Statistische Grundregeln für Ermittlungsmethode A der Unsicherheit** ... 29
D.1 Mittelwert $\overline{X}$ eines Datensatzes ... 29
D.2 Empirische Standardabweichung s eines Datensatzes ... 29
D.3 Anzahl ν der einer Varianz oder Standardabweichung einer Stichprobe zu Grunde liegenden Freiheitsgrade ... 30
D.4 Auf der empirischen Standardabweichung basierende Standardunsicherheit $u_{\overline{X}}$ eines Stichprobenmittelwerts ... 30
D.5 Auf der Standardabweichung aus früher gewonnenen Kenntnissen basierende Standardunsicherheit $u_{\overline{X}}$ eines Stichprobenmittelwerts ... 30
D.6 Auf der Standardabweichung aus früher gewonnenen Kenntnissen basierende Standardunsicherheit u_{sm} eines Einzelwerts ... 30
D.7 Aus mehreren Datensätzen kombinierte Standardabweichung s_{po} ... 31
D.8 Anzahl ν_{po} der einer kombinierten Standardabweichung zu Grunde liegenden Freiheitsgrade ... 32
D.9 Auf der Standardabweichung eines Datensatzes basierende erweiterte Unsicherheit $U_{\overline{X}}$ eines Stichprobenmittelwerts ... 32
D.10 Auf der Standardabweichung aus früher gewonnenen Kenntnissen basierende erweiterte Unsicherheit $U_{\overline{X}}$ eines Stichprobenmittelwerts ... 32
D.11 Erweiterte Unsicherheit U_{sm} eines Einzelwerts für diesen Fall aus D.10 ... 32
D.12 Statistischer Anteilsbereich für Einzelmessungen ... 32
D.13 Erkennen von Ausreißern ... 34
D.14 Berechnungsbeispiele ... 35
D.14.1 Mittelwert, Varianz, Standardabweichung, Anzahl der Freiheitsgrade, Variationskoeffizient ... 35
D.14.2 Auf der Standardabweichung basierende Standard- und erweiterte Unsicherheit eines Mittelwerts ... 35
D.14.3 Standard- und erweiterte Unsicherheit eines Einzelwerts ... 36
D.14.4 Aus mehreren Datensätzen kombinierte Standardabweichung ... 36
D.14.5 Auf der Standardabweichung aus früher gewonnenen Kenntnissen basierende erweiterte Unsicherheit eines Stichprobenmittelwerts ... 37
D.14.6 Statistischer Anteilsbereich für Einzelwerte ... 38
D.14.7 Verwerfen von Ausreißern ... 39

Anhang E (informativ) **Messunsicherheitsquellen** ... 41
E.1 Kategorien von Messunsicherheitsquellen ... 41
E.2 Kalibrierunsicherheit ... 41
E.3 Datenerfassungsunsicherheit ... 41
E.4 Datenverarbeitungsunsicherheit ... 42
E.5 Messmethodenbedingte Unsicherheit ... 42

Anhang F (informativ) **Korrelierte Eingangsgrößen** ... 43

Anhang G (informativ) **Beispiele** ... 45
G.1 Beispiel 1 — Eine kalibrierte Düse für kritische Strömung wird zur Messung des Massendurchflusses von Luft benutzt ... 45
G.1.1 Das mathematische Modell ... 45
G.1.2 Beitragende Varianzen ... 45
G.2 Beispiel 2 — Vergleich zweier mit demselben Messgerät gemessenen Durchflüsse ... 48
G.2.1 Allgemeines ... 48
G.2.2 Mathematisches Modell ... 48
G.2.3 Beitragende Varianzen ... 50
G.2.4 Messunsicherheit der Dichte ... 50
G.2.5 Unsicherheit der Messwerte des Druckmessgerätes ... 51

G.2.6 Kombinierte Unsicherheit des Durchflussverhältnisses Φ_F 52

Seite

G.3 Beispiel 3 — Berechnung der durch eine Blende verursachten Unsicherheit der Durchflussmessung 54
G.3.1 Allgemeines 54
G.3.2 Das mathematische Modell 55
G.3.3 Beitragende Varianzen 56
G.3.4 Unsicherheit des Rohrdurchmessers $d_{p,0}$ 58
G.3.5 Unsicherheit des Durchmessers $d_{o,0}$ der Blendenöffnung 58
G.3.6 Unsicherheit der Temperatur $T_{0,x}$ 58
G.3.7 Unsicherheit der Fluidtemperatur T_{op} 59
G.3.8 Unsicherheit der Dichte ρ 59
G.3.9 Unsicherheit der Druckdifferenz Δp 59
G.3.10 Unsicherheit des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten λ 59
G.3.11 Unsicherheit der Viskosität μ des Fluids 59
G.3.12 Unsicherheit der Reader-Harris-Gallagher-Gleichung (1998) 60
G.3.13 Kombinierte Standardunsicherheit des Durchflusses 60
G.4 Beispiel 4 — Berechnung der Durchfluss-Messunsicherheit bei Netzmessungen mit einem Messflügel 61
G.4.1 Das mathematische Modell 61
G.4.2 Beitragende Varianzen 61
G.4.3 Kombinierte Unsicherheit 63
G.5 Beispiel 5 — Berechnung der Durchfluss-Messunsicherheit bei einer Rinne mit Wehr 63
G.5.1 Das mathematische Modell 63
G.5.2 Beitragende Varianzen 64

Anhang H (informativ) **Kalibrierung eines Durchflussmessgerätes in einer Kalibriereinrichtung 66**
H.1 Allgemeines 66
H.2 Unsicherheit der Kalibriereinrichtung 66
H.3 Benutzung der Kalibriereinrichtung 66
H.3.1 Allgemeines 66
H.3.2 Kalibrierung bei verschiedenen Durchflüssen mit n Messungen je Durchfluss 67

Anhang I (informativ) **Unsicherheiten nach den Ermittlungsmethoden A und B, entsprechend den Unsicherheitsbeiträgen aus „zufälligen“ und „systematischen“ Quellen 70**

Anhang J (informativ) **Besondere Bedingungen bei der Benutzung zweier oder mehrerer parallel geschalteter Durchflussmessgeräte 71**

Anhang K (informativ) **Alternative Methoden zur Unsicherheitsberechnung 73**

Literaturhinweise 74