

# 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 $\bar{x}$ eines Datensatzes .....	29
D.2	Empirische Standardabweichung $s$ eines Datensatzes.....	29
D.3	Anzahl $\nu$ der einer Varianz oder Standardabweichung einer Stichprobe zu Grunde liegenden Freiheitsgrade .....	30
D.4	Auf der empirischen Standardabweichung basierende Standardunsicherheit $u_{\bar{x}}$ eines Stichprobenmittelwerts.....	30
D.5	Auf der Standardabweichung aus früher gewonnenen Kenntnissen basierende Standardunsicherheit $U_{\bar{x}}$ 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 $\nu_{po}$ der einer kombinierten Standardabweichung zu Grunde liegenden Freiheitsgrade .....	32
D.9	Auf der Standardabweichung eines Datensatzes basierende erweiterte Unsicherheit $U_{\bar{x}}$ eines Stichprobenmittelwerts.....	32
D.10	Auf der Standardabweichung aus früher gewonnenen Kenntnissen basierende erweiterte Unsicherheit $U_{\bar{x}}$ eines Stichprobenmittelwerts.....	32
D.11	Erweiterte Unsicherheit $U_{sm}$ eines Einzelwerts für diesen Fall aus D.10 .....	32
D.12	Statistischer Anteilbereich 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 Anteilbereich 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

<b>G.2.6</b>	<b>Kombinierte Unsicherheit des Durchflussverhältnisses <math>\Phi_F</math></b> .....	<b>52</b>
		Seite
<b>G.3</b>	<b>Beispiel 3 — Berechnung der durch eine Blende verursachten Unsicherheit der Durchflussmessung</b> .....	<b>54</b>
<b>G.3.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>54</b>
<b>G.3.2</b>	<b>Das mathematische Modell</b> .....	<b>55</b>
<b>G.3.3</b>	<b>Beitragende Varianzen</b> .....	<b>56</b>
<b>G.3.4</b>	<b>Unsicherheit des Rohrdurchmessers <math>d_{p,0}</math></b> .....	<b>58</b>
<b>G.3.5</b>	<b>Unsicherheit des Durchmessers <math>d_{o,0}</math> der Blendenöffnung</b> .....	<b>58</b>
<b>G.3.6</b>	<b>Unsicherheit der Temperatur <math>T_{0,x}</math></b> .....	<b>58</b>
<b>G.3.7</b>	<b>Unsicherheit der Fluidtemperatur <math>T_{op}</math></b> .....	<b>59</b>
<b>G.3.8</b>	<b>Unsicherheit der Dichte <math>\rho</math></b> .....	<b>59</b>
<b>G.3.9</b>	<b>Unsicherheit der Druckdifferenz <math>\Delta p</math></b> .....	<b>59</b>
<b>G.3.10</b>	<b>Unsicherheit des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten <math>\lambda</math></b> .....	<b>59</b>
<b>G.3.11</b>	<b>Unsicherheit der Viskosität <math>\mu</math> des Fluids</b> .....	<b>59</b>
<b>G.3.12</b>	<b>Unsicherheit der Reader-Harris-Gallagher-Gleichung (1998)</b> .....	<b>60</b>
<b>G.3.13</b>	<b>Kombinierte Standardunsicherheit des Durchflusses</b> .....	<b>60</b>
<b>G.4</b>	<b>Beispiel 4 — Berechnung der Durchfluss-Messunsicherheit bei Netzmessungen mit einem Messflügel</b> .....	<b>61</b>
<b>G.4.1</b>	<b>Das mathematische Modell</b> .....	<b>61</b>
<b>G.4.2</b>	<b>Beitragende Varianzen</b> .....	<b>61</b>
<b>G.4.3</b>	<b>Kombinierte Unsicherheit</b> .....	<b>63</b>
<b>G.5</b>	<b>Beispiel 5 — Berechnung der Durchfluss-Messunsicherheit bei einer Rinne mit Wehr</b> .....	<b>63</b>
<b>G.5.1</b>	<b>Das mathematische Modell</b> .....	<b>63</b>
<b>G.5.2</b>	<b>Beitragende Varianzen</b> .....	<b>64</b>
<b>Anhang H</b> (informativ)	<b>Kalibrierung eines Durchflussmessgerätes in einer Kalibriereinrichtung</b> .....	<b>66</b>
<b>H.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>66</b>
<b>H.2</b>	<b>Unsicherheit der Kalibriereinrichtung</b> .....	<b>66</b>
<b>H.3</b>	<b>Benutzung der Kalibriereinrichtung</b> .....	<b>66</b>
<b>H.3.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>66</b>
<b>H.3.2</b>	<b>Kalibrierung bei verschiedenen Durchflüssen mit <math>n</math> Messungen je Durchfluss</b> .....	<b>67</b>
<b>Anhang I</b> (informativ)	<b>Unsicherheiten nach den Ermittlungsmethoden A und B, entsprechend den Unsicherheitsbeiträgen aus „zufälligen“ und „systematischen“ Quellen</b> .....	<b>70</b>
<b>Anhang J</b> (informativ)	<b>Besondere Bedingungen bei der Benutzung zweier oder mehrerer parallel geschalteter Durchflussmessgeräte</b> .....	<b>71</b>
<b>Anhang K</b> (informativ)	<b>Alternative Methoden zur Unsicherheitsberechnung</b> .....	<b>73</b>
<b>Literaturhinweise</b>	.....	<b>74</b>