ICS 17.020, 27.010

VDI-RICHTLINIEN

September 2017

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Kontrolle und Verbesserung der Qualität von Prozessdaten und deren Unsicherheiten mittels Ausgleichsrechnung bei Betriebs- und Abnahmemessungen

Control and quality improvement of process data and their uncertainties by means of correction calculation for operation and acceptance tests

VDI 2048

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung ... 3
Einleitung ... 3
1 Anwendungsbereich ... 4
2 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes ... 4
3 Grundlegendes Konzept ... 6
3.1 Besonderheiten bei Betriebs-, Kontroll- und Abnahmemessungen ... 6
3.2 Erfassung und Verarbeitung von Unsicherheiten ... 8
3.3 Qualitätskontrolle und optimale Nutzung der erfassten Messwerte ... 11
3.4 Vergleich mit zugesicherten/einzuhaltenden oder erwarteten Eigenschaften ... 12
3.5 Planung und Vorbereitung ... 12
4 Physikalische Grundlagen ... 14
4.1 Allgemeines ... 14
4.2 Messgrößen ... 14
4.3 Nicht gemessene Größen ... 17
5 Statistische Grundlagen ... 17
5.1 Messgröße als Zufallsvariable ... 17
5.2 Varianzen und Kovarianzen ... 25
5.3 Verteilungsfunktion, Wahrscheinlichkeitsdichte und Konfidenzintervall ... 26
5.4 Fortpflanzung von Unsicherheiten ... 28
5.5 Konfidenzintervall einer Ergebnisgröße ... 31
5.6 Praktischer Ablauf der Auswertung ... 33
5.7 Ermittlung von Schätzwerten der Messunsicherheit ... 34
6 Qualitätskontrolle und Verbesserung der Messwerte mittels Ausgleichsrechnung ... 50
6.1 Einführung der Nebenbedingungen ... 51
6.2 Qualitätsbeurteilung und Erkennen grober Fehler ... 54
6.3 Rechenvorschriften ... 58
6.4 Mehrfachmessung derselben Größe ... 65

Contents Page

Preliminary note ... 3
Introduction ... 3
1 Scope ... 4
2 Symbols, abbreviations, and indices ... 4
3 Underlying concept ... 6
3.1 Special aspects of operation, control and acceptance tests ... 6
3.2 Recording and processing of uncertainties ... 8
3.3 Quality control and optimal utilisation of the obtained measured values ... 11
3.4 Comparison with assured/required or expected properties ... 12
3.5 Planning and preparation ... 12
4 Physical principles ... 14
4.1 General ... 14
4.2 Measured variables ... 14
4.3 Non-measured variables ... 17
5 Statistical principles ... 17
5.1 Measured variables as random variables ... 17
5.2 Variances and covariances ... 25
5.3 Distribution function, probability density and confidence interval ... 26
5.4 Propagation of uncertainties ... 28
5.5 Confidence interval of an outcome quantity ... 31
5.6 Practical evaluation procedure ... 33
5.7 Obtaining estimated values of measurement uncertainties ... 34
6 Quality control and improvement of the measured values by means of a correction calculation ... 50
6.1 Introducing auxiliary conditions ... 51
6.2 Quality assessment and identifying serious errors ... 54
6.3 Calculation rules ... 58
6.4 Repeated measurement of the same variable ... 65

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)
Fachbereich Energiewandlung und -anwendung

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 1: Bewertung/Stoffwerte
VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

Frühere Ausgaben: 10.00, 12.15 Entwurf, deutsch
Former editions: 10/00, 12/15 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2017

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2017

Inhalt Seite

7 Prüfung von zugesicherten oder erwarteten Eigenschaften ... 66
7.1 Allgemeine Wahrscheinlichkeitsbetrachtung beim Vergleich zugesicherter Eigenschaften ... 66
7.2 Verwendung des vollständigen Ergebnisses für den Vergleich zugesicherter Eigenschaften unter Abnahmebedingungen ... 68
7.3 Spezielle Wahrscheinlichkeits-betrachtung beim Vergleich unter den Bedingungen der zugesicherten Eigenschaften ... 68
7.4 Verwendung des vollständigen Ergebnisses für den Vergleich der zugesicherten Eigenschaft mit festen Werten ... 71
7.5 Umrechnung auf Bedingungen der zugesicherten Eigenschaften ... 72

8 Messunsicherheit von Differenzmessungen ... 73

9 Hilfsgrößen und nicht gemessene Größen ... 76
9.1 Hilfsgrößen ... 76
9.2 Nicht gemessene Größen ... 77

10 Einflüsse auf die Unsicherheit der Ergebnisgrößen ... 78
10.1 Nebenbedingungen ... 78
10.2 Erfasste Messgrößen ... 80
10.3 Beurteilung des Einflusses von Schätzwerten ... 81

11 Verwendung von Ungleichungen ... 81
11.1 Feste obere Schranke ... 81
11.2 Feste untere Schranke ... 82

Anhang A Beispiel ... 83

Anhang B Kriterienkatalog für die Zertifizierung nach VDI 2048 ... 96

Schrifttum ... 99

Contents Page

7 Examination of assured and expected properties ... 66
7.1 General probability considerations when comparing assured properties ... 66
7.2 Using the complete result when comparing assured properties under acceptance conditions ... 68
7.3 Special probability consideration in a comparison under the conditions of the assured properties ... 68
7.4 Using the complete result for comparing the assured property with fixed values ... 71
7.5 Conversion to conditions of the assured properties ... 72

8 Uncertainty of difference measurements ... 73

9 Auxiliary variables and non-measured variables ... 76
9.1 Auxiliary variables ... 76
9.2 Non-measured variables ... 77

10 Factors affecting the uncertainty of the result variables ... 78
10.1 Auxiliary conditions ... 78
10.2 Registered measured variables ... 80
10.3 Assessing the effect of estimated values ... 81

11 Using inequalities ... 81
11.1 Fixed upper limit ... 81
11.2 Fixed lower limit ... 82

Annex A Example ... 83

Annex B Criteria catalogue for certification in accordance with VDI 2048 ... 96

Bibliography ... 99