

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR QUALITÄT DEUTSCHER KALIBRIERDIENST	Kalibrieren von Messmitteln für elektrische Größen Methoden zur Ermittlung der Messunsicherheit Calibration of measuring means for electrical quantities Methods for the determination of the measurement uncertainty	VDI/VDE/DGQ/ DKD 2622 Blatt 2 / Part 2 Ausg. deutsch/englisch Issue German/English
--	--	--

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
1 Zweck und Geltungsbereich	2	1 Purpose and scope of application	2
2 Mathematische Grundlagen	3	2 Mathematical bases	3
2.1 Wiederholt gemessene Größen (Ermittlungsmethode A)	3	2.1 Quantities repeatedly measured (method A of evaluation)	3
2.2 Einzelwerte und Einflussgrößen (Ermittlungsmethode B)	4	2.2 Single values and influence quantities (method B of evaluation)	4
2.3 Ermittlung der Messunsicherheit des Messergebnisses	5	2.3 Determination of the measurement uncertainty associated with the measurement result	5
3 Modellbildung und Unsicherheitsanalyse	6	3 Modelling and uncertainty analysis	6
3.1 Direkte Messung	6	3.1 Direct measurement	6
3.2 Differenzmessung oder Nullverfahren	10	3.2 Differential measurement or nulling method	10
3.3 Substitutionsverfahren	11	3.3 Substitution method	11
3.4 Modellfunktion als Summe oder Differenz der Eingangsgrößen	12	3.4 Model of evaluation as sum or difference of input values	12
3.5 Modellfunktion als Produkt oder Quotient der Eingangsgrößen	13	3.5 Model of evaluation as product or quotient of input values	13
4 Voraussetzungen für verlässliche Messungen	13	4 Prerequisites for reliable measurements	13
4.1 Messgeräte	13	4.1 Measuring instruments	13
4.2 Umgebungsbedingungen	14	4.2 Ambient conditions	14
4.3 Schaltungsaufbau	15	4.3 Circuit design	15
4.4 Beobachter	16	4.4 Observer	16
Schrifttum	17	Bibliography	17
Anhang A Kennlinien zur Bestimmung des Verhältnisses aus Messwert und Bezugswert	18	Annex A Characteristics for the determination of the ratio between measurement value and reference value	18
Anhang B Vereinfachung der Messunsicher- heitsberechnung durch Kalibrier- software	19	Annex B Simplifying the calculation of measurement uncertainties using calibration software	19

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Ausschuss Kalibrieren von Messmitteln für elektrische Größen

VDI/VDE-Handbuch Messtechnik I
VDI/VDE-Handbuch Messtechnik II
VDI/VDE-Handbuch Mikro- und Feinwerktechnik

Vorbemerkung

Die Richtlinie VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 gibt Anweisungen für die Vorgehensweise bei der Kalibrierung von häufig eingesetzten Messmitteln für elektrische Größen (Blatt 3 ff.). Außerdem behandelt sie in Blatt 1 die Grundlagen, die allen Blättern dieser Richtlinie gemeinsam sind. Im vorliegenden Blatt 2 werden vereinfachte Methoden zur Ermittlung der Messunsicherheit bei der Kalibrierung von Messmitteln für elektrische Größen beschrieben.

Die Einordnung dieses Dokuments in die Hierarchie des Messwesens zeigt Bild 1. Dabei stehen der vertikalen Gliederung im Messwesen mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) als nationalem metrologischem Institut an der Spitze sowie den nachgeordneten akkreditierten Kalibrierlaboratorien des Deutschen Kalibrierdienstes (DKD) bei den Dokumenten zur Ermittlung der Messunsicherheit der „ISO-Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)“ [1] und das Dokument EA-4/02 „Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration“ [2] (vormals EAL-R2) gegenüber. Die entsprechenden deutschen Übersetzungen sind DIN EN 13 005 „Leitfaden zur Angabe der Messunsicherheit beim Messen“ [3] und die Schrift DKD-3 „Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen“ [4].

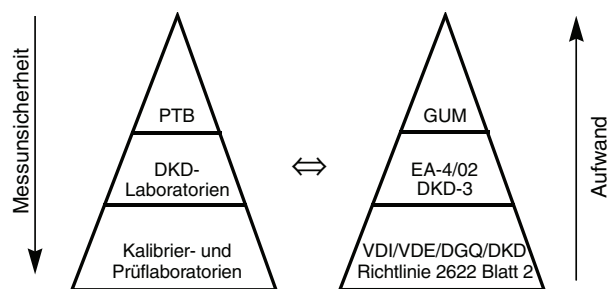


Bild 1. Hierarchie der Dokumente zur Ermittlung der Messunsicherheit im Vergleich zur Hierarchie des Mess- und Prüfwesens in Deutschland

1 Zweck und Geltungsbereich

Das vorliegende Blatt 2 bezieht sich auf die Messunsicherheitsberechnung beim Kalibrieren eines Messmittels. Die hier beschriebenen Verfahren sind für die Praxis vereinfacht dargestellt. Sie sind jedoch konform mit den im Schrifttum zitierten Veröffentlichungen.

Preliminary note

Guideline VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 gives instructions for how to proceed in the calibration of measuring means for electrical quantities, which are frequently used (Part 3 foll.). In Part 1, it also deals with the bases common to all its parts. In the present Part 2, simplified methods for the determination of the measurement uncertainty in the calibration of measuring means for electrical quantities are described.

The assignment of this document to a hierarchical level of the metrology system is illustrated in Figure 1. As regards the documents on the determination of the measurement uncertainty, their hierarchy corresponds with the following hierarchical levels of the metrology system: The “ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)” [1] is at the highest level, followed by the document EA-4/02 “Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration” [2] (formerly: EAL-R2), while in the institutional hierarchy the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) as the national metrology institute is at the top level, followed by the accredited calibration laboratories of the Deutscher Kalibrierdienst (DKD). The German translations are DIN EN 13 005 “Leitfaden zur Angabe der Messunsicherheit beim Messen” [3] and document DKD-3 “Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen” [4].

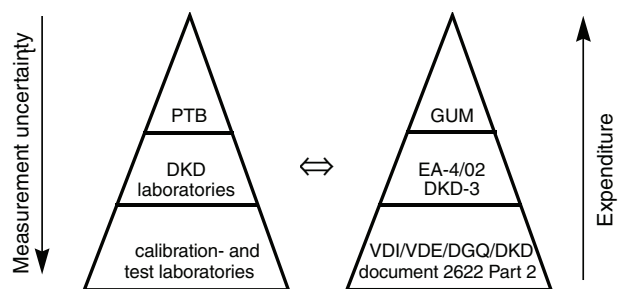


Fig.1. Hierarchy of the documents for the determination of the measurement uncertainty in comparison to the hierarchy of the metrology and testing system in Germany

1 Purpose and scope of application

The present Part 2 relates to the calculation of the measurement uncertainty in the calibration of a measuring means. For practical purposes, the procedures are represented in a simplified form. They are, however, in conformity with the publications given in the References.

2 Mathematische Grundlagen

Bei Kalibrierungen hat man es gewöhnlich mit dem Schätzwert nur einer Ergebnisgröße (Ergebniswert, Messergebnis) y zu tun, der über die Beziehung

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (1)$$

mit den Schätzwerten für die Eingangsgrößen x_i (Eingangswerte) zusammenhängt. Die Modellfunktion der Auswertung f ist aus dem Messverfahren abgeleitet, beschreibt gleichzeitig aber auch das Verfahren der Auswertung. Den funktionalen Zusammenhang zeigt das Bild 2.

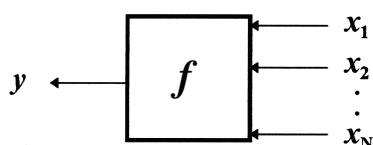


Bild 2. Funktionaler Zusammenhang zwischen den Eingangswerten x_i und dem Ergebniswert (Messergebnis) y

Die Modellfunktion ist der zentrale Punkt der Messunsicherheitsanalyse. Angaben zu ihrer Ermittlung sowie Beispiele für häufig wiederkehrende Messaufgaben sind in Abschnitt 3 zu finden. Die den Eingangswerten bei der Auswertung beizuordnenden Standardmessunsicherheiten werden nach der Ermittlungsmethode A oder der Ermittlungsmethode B bestimmt. Beide Ermittlungsmethoden sind gleichwertig und unabhängig voneinander. Welche der beiden Methoden zu verwenden ist, hängt von der Kenntnis über die möglichen Werte der jeweiligen Eingangsgröße ab.

2.1 Wiederholt gemessene Größen (Ermittlungsmethode A)

Die Methode A wird angewendet, wenn für eine der Eingangsgrößen – hier mit q bezeichnet – unter einheitlichen Messbedingungen n unabhängige Beobachtungen vorgenommen werden, die unterschiedliche Werte q_j liefern. In diesem Fall wird der zu verwendende Eingangswert und die ihm beizuordnende Standardmessunsicherheit durch eine statistische Auswertung der Beobachtungen gewonnen. Bester Schätzwert für die wiederholt gemessene Eingangsgröße ist der arithmetische Mittelwert

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (2)$$

Die beizuordnende Standardmessunsicherheit ist die empirische Standardabweichung des Mittelwertes

2 Mathematical bases

In calibrations we usually have to do with the estimated value for only one result quantity (result value, measurement result) y which is related with the estimated values for the input quantities x_i (input values) via the relation

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (1)$$

The function f , usually called the model of evaluation, has been derived from the measurement procedure but it also describes the evaluation procedure. The functional relationship is grafically depicted in Figure 2.

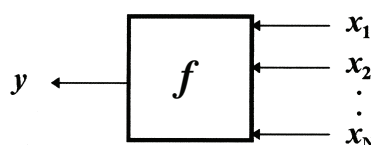


Fig. 2. Functional relationship between input values x_i and result value (measurement result) y

The model of evaluation is at the centre of the uncertainty analysis. Information about its determination as well as examples of measurement tasks often carried out can be found in Section 3. The standard uncertainties of measurement that in the evaluation are associated with the input values are determined according to method A of evaluation or method B of evaluation. The two methods are equivalent and independent of each other. Which of the two methods is to be used depends on the knowledge of the possible values of the respective input quantity.

2.1 Quantities repeatedly measured (method A of evaluation)

Method A of evaluation will be applied if n independent observations furnishing different values q_j are made for an input quantity – here referred to as q – under obviously the same conditions of measurement. In this case, the respective input value and the associated standard uncertainty of measurement are obtained by statistical evaluation of the observations. The best estimate for the repeatedly observed input quantity is the arithmetic mean

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (2)$$

The associated standard uncertainty of measurement is the experimental standard deviation of the mean value