

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  
Entwurf / Draft

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.*

*Einsprüche bis 2014-03-31*

- *vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal  
<http://www.vdi.de/einspruchsportal>*
- *in Papierform an  
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik  
Fachbereich Fertigungsmesstechnik  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2 Mathematische Grundlagen . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>2 Mathematical bases . . . . .</b>	<b>3</b>
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
<b>3 Modellbildung und Unsicherheitsanalyse. . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Modelling and uncertainty analysis . . . . .</b>	<b>6</b>
3.1 Modellfunktion als Summe oder Differenz der Eingangsgrößen . . . . .	7	3.1 Model of evaluation as sum or difference of input values . . . . .	7
3.2 Modellfunktion als Produkt oder Quotient der Eingangsgrößen . . . . .	7	3.2 Model of evaluation as product or quotient of input values . . . . .	7
3.3 Direkte Messung . . . . .	8	3.3 Direct measurement . . . . .	8
3.4 Differenzmessung oder Nullverfahren . . . . .	12	3.4 Differential measurement or nulling method . . . . .	12
3.5 Substitutionsverfahren . . . . .	13	3.5 Substitution method . . . . .	13
<b>4 Voraussetzungen für verlässliche Messungen 14</b>		<b>4 Prerequisites for reliable measurements. . . . .</b>	<b>14</b>
4.1 Messgeräte . . . . .	14	4.1 Measuring instruments . . . . .	14
4.2 Umgebungsbedingungen . . . . .	15	4.2 Ambient conditions . . . . .	15
4.3 Schaltungsaufbau . . . . .	15	4.3 Circuit design. . . . .	15
4.4 Beobachter . . . . .	17	4.4 Observer . . . . .	17
Schrifttum. . . . .	18	Bibliography . . . . .	18

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

Fachbereich Fertigungsmesstechnik

**Vorbemerkung**

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2622](http://www.vdi.de/2622).

**Einleitung**

Die Richtlinienreihe 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 der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) 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 (vormals EAL-R2) gegenüber. Die entsprechenden deutschen Übersetzungen sind DIN V

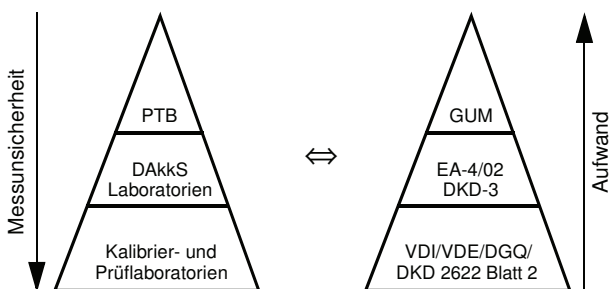


Bild 1. Hierarchie der Dokumente zur Ermittlung der Messunsicherheit im Vergleich zur Hierarchie des Mess- und Prüfwesens in Deutschland

**Preliminary note**

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the internet at [www.vdi.de/2622](http://www.vdi.de/2622).

**Introduction**

The series of standards 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 et seqq.). 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 (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

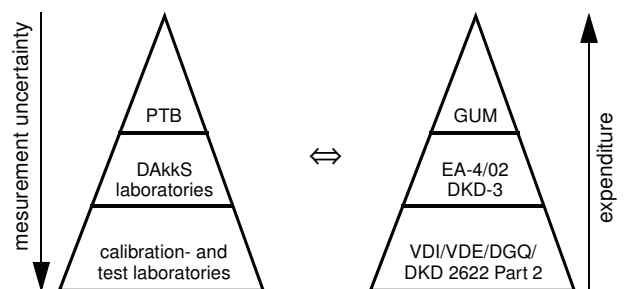


Figure 1. Hierarchy of the documents for the determination of the measurement uncertainty in comparison to the hierarchy of the metrology and testing system in Germany

ENV 13 005 und die Schrift DAkkS-DKD-3.

Konkrete Beispiele für Messunsicherheitsbilanzen sind in VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Blatt 3 ff. zu finden.

### 1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie 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.

### 2 Mathematische Grundlagen

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

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \tag{1}$$

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 Bild 2.

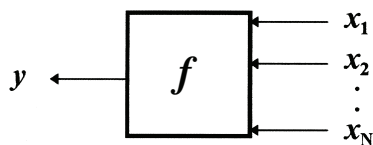


Bild 2. Funktionaler Zusammenhang zwischen den Eingangswerten  $x_i$  und dem Ergebniswert (Messergebnis)  $y$

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 ein-

laboratories of the Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS). The German translations are DIN V ENV 13 005 and document DAkkS-DKD-3.

Specific examples für uncertainty balance are given in VDI/VDE/DGQ/DKD 2622 Part 3 et seqq.

### 1 Scope

The standard 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 Bibliography.

### 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

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \tag{1}$$

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 graphically depicted in Figure 2.

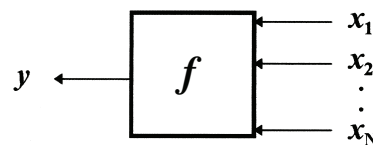


Figure 2. Functional relationship between input values  $x_i$  and result value (measurement result)  $y$

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