

Sektorale Regel zur Messunsicherheit für das Sachgebiet Industrielle Niederspannung

71 SD 2 008 | Revision: 1.0 | 09. August 2012

Geltungsbereich:

Diese Regel findet Anwendung bei allen Begutachtungen von Laboratorien, Zertifizierungs- und Inspektionsstellen im Anwendungsbereich des Sachgebietes „Industrielle Niederspannung“ und legt die Anwendung der Abschnitte 5.1.1, 5.1.2, 5.4.6, 5.10.3.1. c.) der DIN EN ISO/IEC 17025 fest.

Anmerkung: Der nachfolgende Text ist im Wesentlichen aus IEC 62745:2010 „High-current test techniques - Definitions and requirements for test currents and measuring systems“ und dem LOVAG Guide G2 „General Instruction: Measurement Uncertainty“ entnommen und an die Erfordernisse der industriellen Niederspannung angepasst. Die Anwendung dieser Regel deckt die Anforderungen des IEC Guide 115 ab.

Datum der Bestätigung durch den Akkreditierungsbeirat: 14.03.2012

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck / Geltungsbereich	3
2	Begriffe.....	3
3	Beschreibung	3
3.1	Ermittlung der Messunsicherheit	3
3.1.1	Allgemeines.....	3
3.1.2	Modellfunktion	4
3.1.3	Typ A Auswertung der Standardunsicherheit	4
3.1.4	Typ B Auswertung der Standardunsicherheit	5
3.1.5	Kombinierte Standardunsicherheit (u_c).....	7
3.1.6	Effektive Freiheitsgrade	8
3.1.7	Unsicherheitsbudget	9
3.1.8	Erweiterte Unsicherheit	10
3.2	Grenzen der Messunsicherheit	11
3.3	Angabe der Messunsicherheit in Prüfberichten	12
3.4	Bewertung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der Messunsicherheit.....	14
4	Mitgeltende Unterlagen	16

1 Zweck / Geltungsbereich

Diese Regel findet Anwendung bei allen Begutachtungen von Laboratorien, Zertifizierungs- und Inspektionsstellen im Anwendungsbereich des Sachgebietes „Industrielle Niederspannung“ und legt die Anwendung der Abschnitte 5.1.1, 5.1.2, 5.4.6, 5.10.3.1. c.) der DIN EN ISO/IEC 17025 fest.

Anmerkung: Der nachfolgende Text ist im Wesentlichen aus IEC 62745:2010 „High-current test techniques - Definitions and requirements for test currents and measuring systems“ und dem LOVAG Guide G2 „General Instruction: Measurement Uncertainty“ entnommen und an die Erfordernisse der industriellen Niederspannung angepasst. Die Anwendung dieser Regel deckt die Anforderungen des IEC Guide 115 ab.

2 Begriffe

Nicht belegt

3 Beschreibung

3.1 Ermittlung der Messunsicherheit

3.1.1 Allgemeines

Jede Messung einer Größe ist bis zu einem bestimmten Grad unsicher und das Ergebnis einer Messung ist nur eine Annäherung (Schätzung) des „wahren“ (im Allgemein unbekanntem) Wertes der Messgröße.

Der ISO/IEC Guide 98-3 als Leitfaden bietet allgemeine Regeln für die Auswertung und Bestimmung der Unsicherheit in einem breiten Bereich von Messungen bei verschiedenen Niveaus der Unsicherheit. Es ist daher notwendig aus dem ISO/IEC Guide 98-3 eine Reihe von klaren Regeln auszuwählen, welche sich mit dem speziellen Bereich der Niederspannungstechnik, mit ihren Unsicherheitsniveaus und ihrer Komplexität beschäftigen. Gemäß den Grundsätzen des ISO/IEC Guide 98-3 werden die Unsicherheiten in zwei Kategorien entsprechend ihrer Auswertemethode (Typ A und Typ B) eingeteilt. Beide Methoden basieren auf Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Größen, welche die Messung beeinflussen und auf der durch die Varianz oder Standardabweichung charakterisierten Standardunsicherheit. Das erlaubt eine einheitliche Betrachtung der beiden Kategorien von Unsicherheiten und die Auswertung der kombinierten Standardunsicherheit der Messgröße. Innerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm wird eine erweiterte Unsicherheit gefordert, die einem Vertrauensbereich von etwa 95 % entspricht.

3.1.2 Modellfunktion

Jede Messung kann durch einen funktionalen Zusammenhang f beschrieben werden:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N) \quad (1)$$

wenn Y die Ausgangsgröße (Messgröße) ist, welche von N messbaren Eingangsgrößen X_i abhängt. Im Verständnis des ISO/IEC Guide 98-3, umfasst die Modellfunktion alle Messwerte, Einflussgrößen, Korrekturen, Korrekturfaktoren, physikalische Konstanten und jedwede andere Daten, die einen wesentlichen Beitrag zur Größe Y und deren Unsicherheit liefern. Sie kann ein einfacher oder komplexer analytischer oder numerischer Ausdruck oder eine Kombination aus beiden sein. Im Allgemeinen sind die Werte von X_i aufgrund der zufälligen Änderungen der Einflussgrößen (Zufallseffekte) nicht exakt bekannt und werden daher als Eingangsschätzungen x_i betrachtet, die eine spezifische Wahrscheinlichkeitsverteilung der möglichen Werte haben und mit einer Standardunsicherheit $u(x_i)$ des Typs A oder B behaftet sind. Die Kombination aus beiden Typen der Unsicherheit führt nach den Regeln des ISO/IEC Guide 98-3 zu einer Standardunsicherheit $u(y)$ der geschätzten Ausgangsgröße y .

ANMERKUNG 1 Die Modellfunktion f in Gleichung 1 ist auch für die geschätzten Eingangs- und Ausgangsgrößen x_i und y_i gültig.

ANMERKUNG 2 Bei einer Reihe von Beobachtungen wird der k -te beobachtete Wert der Eingangsgröße X oder X_i mit X_k oder $X_{i,k}$ bezeichnet und die korrespondierende Abschätzung des Eingangs mit x_k oder $x_{i,k}$.

3.1.3 Typ A Auswertung der Standardunsicherheit

Die Auswertemethode des Typs A wird bei Größen eingesetzt, die zufällig variieren und für die n unabhängige Beobachtungen x_k unter denselben Messbedingungen ermittelt wurden. Im Allgemeinen kann eine Normalverteilung (Gauss) $p(x)$ der n Beobachtungen der zufälligen Variablen x angenommen werden (Bild 1). Der arithmetische Mittelwert der Abschätzungen x_k einer Reihe von Beobachtungen der Eingangsgröße X_k ist definiert zu

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (2)$$

und gilt als beste Schätzung von X . Die Standardunsicherheit des Typs A ist gleich der experimentellen Standardabweichung des Mittelwertes $s(\bar{x})$:

$$u(\bar{x}) = s(\bar{x}) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

mit $s(x_k)$ als Standardabweichung der Stichprobe oder experimentelle Standardabweichung (der einzelnen Werte):

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Die quadratischen Werte $s^2(x_k)$ und $s^2(\bar{x})$ werden Varianz der Stichprobe und Varianz des Mittelwertes genannt. Die Zahl der Beobachtungen sollte $n \geq 10$ sein, sonst ist die Zuverlässigkeit der Typ A Auswertung der Standardunsicherheit durch den effektiven Freiheitsgrad zu prüfen (siehe Abschnitt 3.1.6).

ANMERKUNG In einigen Fällen ist eine gebündelte (kombinierte) Schätzung der Varianz s_p^2 aus einer großen Zahl von früheren Beobachtungen unter gut definierten Bedingungen möglich. Dann kann die Standardunsicherheit einer vergleichbaren Messung mit einer kleinen Zahl n ($n = 1, 2, 3, \dots$) besser bestimmt werden mit $u(\bar{x}) = s_p / \sqrt{n}$ als mit Gleichung 3.

3.1.4 Typ B Auswertung der Standardunsicherheit

Die Auswertemethode des Typs B wird in allen Fällen, außer der statistischen Analyse einer Reihe von Beobachtungen, eingesetzt. Die Standardunsicherheit des Typs B wird bestimmt durch eine wissenschaftliche Bewertung, basierend auf allen verfügbaren Informationen der möglichen Änderungen der Eingangsgröße X_i wie beispielsweise (zusätzlich zu den in 5.1. 1. von ISO/IEC 17025:2005 genannten Einflussfaktoren):

- Methode der Auswertung der Größen;
- Unsicherheit der Kalibrierung des Messsystems und seiner Komponenten;
- Nichtlinearität der Messumformer und der Messgeräte;
- Kurzzeitstabilität, z. B. aufgrund von Selbsterwärmung;
- Langzeitstabilität, z. B. aufgrund der Drift;
- Umgebungsbedingungen während der Messung;
- Begrenzte Auflösung der Digitalinstrumente und/oder Ablesung der Analoginstrumente;
- Effekt von benachbarten Strombahnen bei der Messung hoher Ströme (IEC 62475);
- Elektromagnetische Interferenz;
- Änderung des Maßstabsfaktors mit der Frequenz oder der Wellenform;
- Effekte durch die in Messinstrumenten oder in Auswerteverfahren eingesetzte Software.

Informationen über die Eingangsgrößen und Unsicherheiten können gewonnen werden durch aktuelle und frühere Messungen, Kalibrierscheine, Daten in Handbüchern und Normen, Herstellerspezifikationen oder allgemeine Kenntnisse der Eigenschaften der relevanten Materialien oder Geräte. Die folgenden Fälle für eine Typ B Auswertung der Unsicherheiten sind zu unterscheiden:

- a. Oft ist nur eine einzige Eingangsgröße x_i und ihre Standardunsicherheit $u(x_i)$ bekannt, z. B. eine einzige gemessene Größe, ein Korrekturfaktor oder ein Referenzwert aus der Literatur. Dieser Wert und seine Unsicherheit werden in die Modellfunktion (Gleichung 1) übernommen. Wenn $u(x_i)$ nicht bekannt ist, dann ist es aus eindeutigen Unsicherheitsangaben zu berechnen oder auf der Basis von Erfahrungen zu schätzen.
- b. Die Unsicherheit eines Gerätes ist angegeben als mehrfaches k der Standardunsicherheit, z. B. die erweiterte Standardunsicherheit U eines Digitalvoltmeters in einem Kalibrierschein. Wenn das Voltmeter in einem komplexen Messsystem eingesetzt wird, trägt es zur Messunsicherheit wie folgt bei:

$$u(x_i) = \frac{U}{k} \tag{5}$$

wenn k der Erweiterungsfaktor ist. Anstelle des Ausdrucks der erweiterten Unsicherheit und des Erweiterungsfaktors kann auch eine Aussage über den Vertrauensbereich, z. B. 68,3, 95,45 % oder 99,7 gefunden werden. Im Allgemeinen kann eine Normalverteilung gemäß Bild 1 angenommen werden und die Aussage über den Vertrauensbereich ist äquivalent mit dem Erweiterungsfaktor $k = 1, 2$ oder 3 .

- c. Der Wert x_i einer Eingangsgröße X_i gilt als ein Schätzwert, der mit einer gegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilung $p(x_i)$ im Intervall zwischen a_- und a_+ liegt. Oft liegt keine besondere Kenntnis über $p(x_i)$ vor und dann wird eine Rechteckverteilung der wahrscheinlichen Werte angenommen (Bild 2). Der erwartete Wert von X_i ist der Mittelpunkt des Intervalls:

$$x_i = \frac{(a_- + a_+)}{2} \tag{6}$$

und die dazugehörige Standardunsicherheit:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \tag{7}$$

mit $a = (a_+ - a_-)/2$.

In einigen Fällen können auch andere Wahrscheinlichkeitsverteilungen geeigneter sein. Da die Unstetigkeit der rechteckförmigen Verteilung an den Grenzen oft nicht physikalisch sinnvoll ist, kann es vernünftig sein, die rechteckförmige Verteilung durch eine trapezförmige, dreieckige oder Normalverteilung zu ersetzen.

ANMERKUNG 1: Die Standardunsicherheit ist $u_{(a)} = a/\sqrt{6}$ für eine dreieckförmige Verteilung und $u_{(a)} = \sigma$, wobei σ die Standardabweichung für die Normalverteilung ist. Das bedeutet, dass die rechteckförmige Verteilung eine größere Standardunsicherheit ergibt als die anderen Verteilungen.

Im ISO/IEC Guide 98-3 ist festgelegt, dass eine Typ B Unsicherheit nicht doppelt berücksichtigt werden sollte, wenn der Einzeleffekt bereits zu einer Typ A Unsicherheit beigetragen hat. Weiterhin sollte die Bewertung der Unsicherheit realistisch sein und auf Standardunsicherheiten basieren; es sollte die Verwendung von persönlichen oder anderen Sicherheitsfaktoren vermieden werden, um größere Unsicherheit zu erhalten als die nach der im ISO/IEC Guide 98-3 ermittelten. Oft ist eine Eingangsgröße X_i anzupassen oder zu korrigieren, um systematische Effekte mit signifikanter Größe zu vermeiden, z. B. auf der Grundlage einer Temperatur oder Spannungsabhängigkeit. Jedoch ist die Unsicherheit $u_{(a)}$ zu berücksichtigen, die mit dieser Korrektur verbunden ist.

ANMERKUNG 2: Eine Doppel-Berücksichtigung von Unsicherheitsbeiträgen kann auftreten, wenn ein Digitalrekorder eingesetzt wird zur Messung von repetierenden Impulsen, z. B. während der Kalibrierung des Maßstabsfaktors. Die Streuung der n Messwerte, die eine Erhöhung der Typ A Standardunsicherheit bewirkt, wird teilweise durch die begrenzte Auflösung des Rekorders und seines internen Rauschens verursacht. Die Auflösung braucht nicht noch einmal vollständig berücksichtigt zu werden, sondern lediglich ein kleiner Teil als überbleibende Typ B Unsicherheit. Wenn der Digitalrekorder jedoch während einer Stoßstromprüfung eingesetzt wird um einen Einzelmesswert zu erhalten, dann sollte die begrenzte Auflösung in einer Typ B Unsicherheit berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 3: Die Auswertung der Typ B Unsicherheiten erfordert umfangreiche Kenntnis und Erfahrung über die relevanten physikalischen Sachverhalte, Einflussgrößen und Messtechniken. Da die Auswertung selbst keine exakte Wissenschaft ist, die zu einer einzigen Lösung führt, ist es nicht unüblich, dass erfahrene Prüfengeure den Messvorgang in verschiedener Art bewerten und verschiedene Typ B Unsicherheitswerte erhalten.

3.1.5 Kombinierte Standardunsicherheit (u_c)

Jede Standardunsicherheit $u(x_i)$ einer Schätzung x_i von jeder Eingangsgröße X_i ausgewertet nach Methode A oder B, trägt zur Standardunsicherheit der Ausgangsgröße bei mit:

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \tag{8}$$

wenn mit c_i der Empfindlichkeitskoeffizient bezeichnet wird. Er beschreibt wie die geschätzte Ausgangsgröße y durch geringe Änderungen der geschätzten Eingangsgröße x_i beeinflusst wird. Er kann direkt als die partielle Ableitung der Modellfunktion f nach X_i ermittelt werden:

$$c_i = \left. \frac{\partial f}{\partial X_i} \right|_{X_i=x_i} = \frac{\partial f}{\partial x_i} \tag{9}$$

oder durch Einsatz äquivalenter numerischer oder experimenteller Methoden. Das Vorzeichen von c_i kann positiv oder negativ sein. In den Fällen von unkorrelierten Eingangsgrößen ist das Vorzeichen nicht weiter zu berücksichtigen, da nur quadratische Werte der Standardunsicherheit in den nächsten Schritten verwendet werden.

Die mit Gleichung 8 definierten N Standardunsicherheiten $u_i(y)$ tragen zur kombinierten Standardunsicherheit $u_c(y)$ der Ausgangsgröße nach dem „Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung“ bei:

$$u_c^2(y) = u_1^2(y) + u_2^2(y) + \dots + u_N^2(y) = \sum_{i=1}^N u_i^2(y) \tag{10}$$

woraus $u_c(y)$ als die positive Quadratwurzel ermittelt werden kann:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N [c_i u(x_i)]^2} \quad (11)$$

Wenn die Ausgangsgröße Y ein Produkt oder ein Quotient der Eingangsgrößen X_i ist, dann ergibt sich für die relativen Unsicherheiten $u_c(y)/|y|$ und $u(x_i)/|x_i|$ eine ähnliche Beziehung wie in Gleichung (10) und (11). Das Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung gilt für beide Typen der Modellfunktion für unkorrelierte Eingangsgrößen.

ANMERKUNG: Wenn Korrelationen vorhanden sind, dann treten lineare Ausdrücke im Gesetz der Unsicherheitsfortpflanzung auf und das Vorzeichen der Empfindlichkeitskoeffizienten wird wichtig. Korrelation tritt auf, wenn z. B. dasselbe Messgerät für die Messung von zwei oder mehr Größen eingesetzt wird. Um komplizierte Rechnungen zu vermeiden, kann die Korrelation durch Hinzufügen zusätzlicher Größen in die Modellfunktion f mit angemessenen Korrekturen und Unsicherheiten beseitigt werden. In einigen Fällen kann das Auftreten von korrelierten Eingangsgrößen die kombinierte Unsicherheit sogar vermindern. Korrelation zu berücksichtigen ist hauptsächlich für eine anspruchsvolle Unsicherheitsanalyse wichtig, um eine sehr genaue Schätzung der Unsicherheit zu erhalten. Korrelation wird hier nicht weiter beachtet.

3.1.6 Effektive Freiheitsgrade

Die Annahme einer Normalverteilung der geschätzten Ausgangsgröße y ist im Allgemeinen in den Fällen erfüllt, wo einige (d. h. $N \geq 3$) Unsicherheitskomponenten mit vergleichbarer Größe und gut definierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Gauss, rechteckförmig, usw.) zur kombinierten Standardunsicherheit beitragen und wo die Typ A Unsicherheit auf wiederholten Beobachtungen mit $n \geq 10$ beruht. Wenn die Annahme einer Normalverteilung (Gauss) nicht gerechtfertigt ist, ist ein Wert von $k > 2$ zu bestimmen, um eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % zu erreichen. Der angemessene Erweiterungsfaktor kann auf der Grundlage des effektiven Freiheitsgrad ν_{eff} der kombinierten Standardunsicherheit $u_c(y)$ bestimmt werden zu:

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}} \quad (12)$$

wobei

$u_i(y)$ durch die Gleichung (8) für $i = 1, 2, \dots, N$ gegeben ist, und
 ν_i die korrespondierenden Freiheitsgrade sind.

- $\nu_i = n - 1$ für eine Typ A Unsicherheit, basierend auf n unabhängigen Beobachtungen;
- $\nu_i \geq 50$ für eine Typ B Unsicherheit, die einem Kalibrierungszertifikat entnommen wird und wenn die Überdeckungswahrscheinlichkeit als nicht geringer als 95 % angegeben ist;
- $\nu_i = \infty$ für eine Typ B Unsicherheit unter der Annahme einer rechteckförmigen Verteilung zwischen a_- und a_+ .

Der effektive Freiheitsgrad kann mit Gleichung (12) berechnet werden und der Erweiterungsfaktor aus Tabelle 1 entnommen werden, die auf der t-Verteilung basiert, ausgewertet für einen Überdeckungswahrscheinlichkeit von $p = 95,45 \%$. Wenn v_{eff} keine Integergröße ist, dann wird v_{eff} interpoliert oder zur nächst niedrigeren Integergröße gerundet.

Tabelle 1 - Erweiterungsfaktor k für effektive Freiheitsgrade v_{eff} ($p = 95,45 \%$)

v_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	∞
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

ANMERKUNG: Die Berechnung dieser inversen t -Verteilung ist auch mit einer Tabellenkalkulation möglich.

3.1.7 Unsicherheitsbudget

Das Unsicherheitsbudget einer Messung bietet einen Überblick über eine detaillierte Analyse aller Quellen und Werte von Unsicherheiten gemäß der Modellfunktion f . Die entsprechenden Daten sollten für eine Kontrolle in Form einer gleichen oder ähnlichen Tabelle wie Tabelle 2 aufgeführt sein. Die letzte Zeile gibt die Werte der Messergebnisse Y , den effektiven Freiheitsgrad v_{eff} und die kombinierte Unsicherheit $u_c(y)$ an.

Tabelle 2 – Schema für ein Unsicherheitsbudget

Größe X_i Y	Schätzung x_i y	Standard- unsicherheit der Komponenten $u(x_i)$ –	Freiheitsgrade v_i v_{eff}	Empfindlich- keitskoeffizient c_i –	Unsicherheitsbeitrag $u_i(y)$ $u_c(y)$
X_1	x_1	$u(x_1)$	v_1	c_1	$u_1(y)$
X_2	x_2	$u(x_2)$	v_2	c_2	$u_2(y)$
:	:	:	:	:	:
X_N	x_N	$u(x_N)$	v_N	c_N	$u_N(y)$
Y	y	–	v_{eff}	–	$u_c(y)$

ANMERKUNG: Zur automatischen Berechnung der Größen in Tabelle 2 aus der Modellfunktion f sind validierte Programme kommerziell erhältlich oder können von allgemeinen Programmen abgeleitet werden. Es wird empfohlen, absolute (und nicht relative) Werte $u(x_i)$ einschließlich ihrer Einheiten im Unsicherheitsbudget darzustellen.

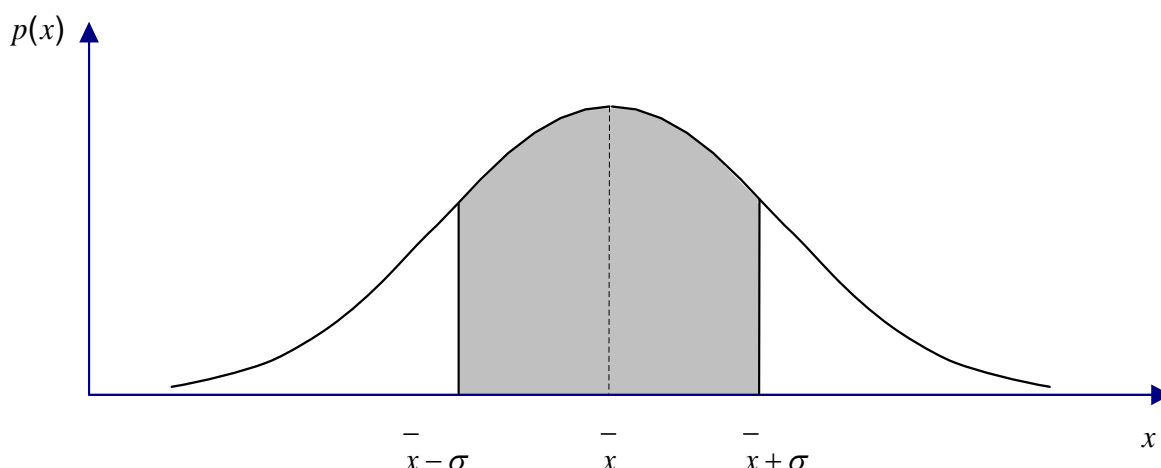


Bild 1 - Normal Wahrscheinlichkeitsverteilung $p(x)$ einer stetigen Zufallsvariablen x

ANMERKUNG 1: Das Symbol σ ist die Standardabweichung. Der schraffierte Bereich kennzeichnet die Standardunsicherheit.

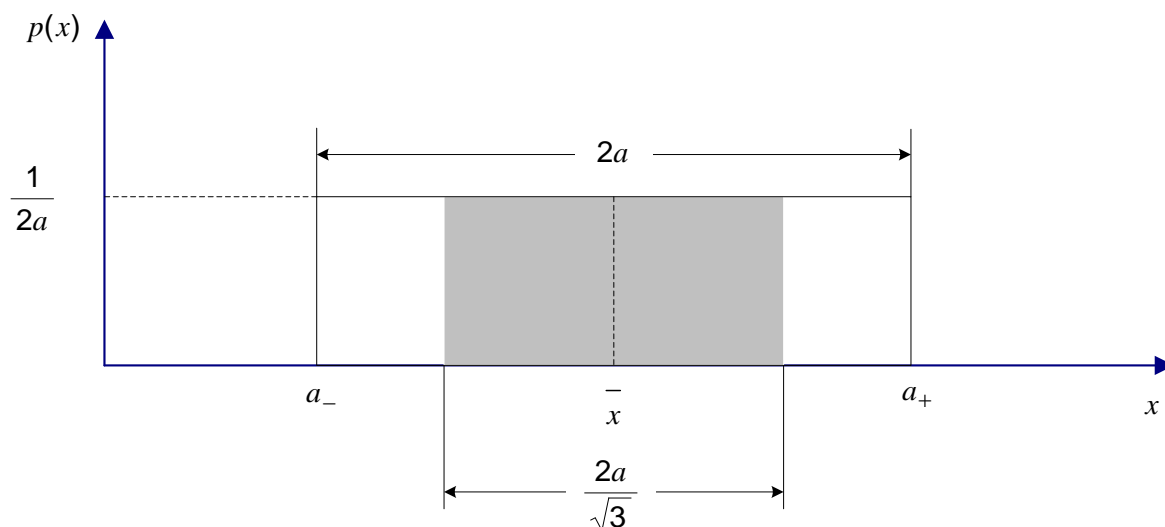


Bild 2 - Rechteckförmige symmetrische Wahrscheinlichkeitsverteilung $p(x)$ der Schätzung x einer Eingangsgröße X

ANMERKUNG 2: Der schraffierte Bereich kennzeichnet die rechteckverteilte Unsicherheit.

3.1.8 Erweiterte Unsicherheit

Im Bereich der industriellen Niederspannung, wie in den meisten anderen industriellen Anwendungen, ist eine Aussage über die Unsicherheit mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit p von etwa 95 % gefordert. Dieses wird erreicht durch Multiplikation der kombinierten Standardunsicherheit $u_c(y)$ in Gleichung (13) mit dem Erweiterungsfaktor k :

$$U = k \times u_c(y) \tag{13}$$

wobei U die erweiterte Unsicherheit ist.

Der Erweiterungsfaktor $k = 2$ wird in den Fällen verwendet wo:

- eine Normalverteilung für die geschätzte Ausgangsgröße y angenommen werden kann und
- $u_c(y)$ eine ausreichende Zuverlässigkeit aufweist, d. h. der effektive Freiheitsgrad von $u_c(y)$ eine hinreichende Größe aufweist (siehe Abschnitt 1.6). Im anderen Fall ist ein Wert $k > 2$ zu bestimmen um eine Wahrscheinlichkeit $p = 95\%$ zu erhalten.

ANMERKUNG 1: In einigen älteren Normen wird der Begriff „Gesamtunsicherheit“ verwendet. In der größten Anzahl der Fälle ist dieser Begriff als erweiterte Unsicherheit U mit dem Erweiterungsfaktor k gleich 2 zu interpretieren.

ANMERKUNG 2: Da Unsicherheiten als positive Zahlenwerte definiert sind, ist das Vorzeichen von U immer positiv. In Fällen wo U als Ausdruck für ein Unsicherheitsintervall verwendet wird, wird es mit $\pm U$ angegeben.

3.2 Grenzen der Messunsicherheit

Die folgende Tabelle enthält für Kennwerte und Charakteristiken der Prüflinge die maximalen Werte für die erweiterte Messunsicherheit

Tabelle 3

Messgröße	Messunsicherheit ($k=2$)	Anmerkungen
Spannung	± 2 mV für $U \leq 150$ mV $\pm 1,5\%$ für 150 mV $< U \leq 100$ V $\pm 3\%$ für 100 V $< U \leq 10$ kV	5, 6
Strom	$\pm 1,5\%$ für $I \leq 5$ A $\pm 2,5\%$ für 5 A $< I < 100$ A $\pm 3\%$ für $I \geq 100$ A $\pm 5\%$ für $I \geq 100$ A (Kurzzeitströme bis 3 s) $\pm 3\%$ für $I \geq 100$ A (Impulsströme z.B. 8/20 μ s)	1, 6
Leistung	± 20 mW für $S, P, Q \leq 1$ W $\pm 3\%$ für 1 W $< S, P, Q \leq 3$ kW $\pm 5\%$ für $S, P, Q > 3$ kW	2, 6
Joule Integral	$\pm 15\%$	6
Leistungsfaktor	$\pm 0,05$	
Frequenz	$\pm 0,2\%$ für $f < 10$ kHz	
Widerstand	$\pm 5\%$ für $R < 100$ m Ω oder $R > 1$ M Ω $\pm 10\%$ bei Messungen des Isolationswiderstandes $\pm 1\%$ in allen anderen Fällen	
Temperatur	$\pm 2^\circ$ C für $T \leq 100^\circ$ C $\pm 2\%$ 100° C $< T \leq 500^\circ$ C $\pm 3\%$ für $T > 500^\circ$ C	3 Nicht im Zusammenhang bei der Messung von Feuchte
Relative Feuchte	$\pm 5\%$ für $30\% < RH \leq 95\%$	Dies bedingt eine Unsicherheit bei der Temperatur von $\pm 0,1^\circ$ C
Zeit	$\pm 5\%$ für 1 ms $< t \leq 200$ ms ± 10 ms für 200 ms $< t \leq 1$ s $\pm 1\%$ für $t > 1$ s	

Messgröße	Messunsicherheit (k=2)	Anmerkungen
Strecken, lineare Abmessungen	$\pm 0,05 \text{ mm}$ für $1 \text{ mm} \leq l \leq 25 \text{ mm}$ $\pm 0,25 \%$ für $l > 25 \text{ mm}$	
Masse	$\pm 1 \%$ für $10 \text{ g} < M \leq 100 \text{ g}$ $\pm 2 \%$ für $M > 100 \text{ g}$	
Kraft	$\pm 2 \%$	
Mechanische Energie	$\pm 10 \%$	
Drehmoment	$\pm 10 \%$	
Winkel	$\pm 1 \text{ Grad}$	
Luftdruck	$\pm 0,01 \text{ MPa}$	
Drücke von Gasen und Flüssigkeiten	$\pm 5 \%$	4, bei statischen Messungen
Anmerkungen <ol style="list-style-type: none"> 1) Bei Erwärmungsprüfungen mit Wechselstrom müssen Echt-Effektivwert Messgeräte verwendet werden, es sei denn, der Strom ist frei von signifikanten Oberwellen. 2) Für Messungen der Leistung/Verlustleistung bei AC müssen Echteffektivwert anzeigende Messgeräte verwendet werden. 3) Wenn die Unsicherheit auf die von einem Thermoelement und damit verbundenem Anzeigeinstrument gemessene Temperatur angewendet wird, sollte beachtet werden, dass die größten Ungenauigkeiten durch die Leitungen des Thermoelementes auftreten (beachte IEC 584-1: 1989, IEC 584-2: 1989 und IEC 584-3: 1989). Für bestimmte Temperaturmessungen sollte von Laboratorien bevorzugt Material verwendet werden, das mit der Klasse 1 der IEC 584-2:1989 übereinstimmt. 4) Die erweiterte Messunsicherheit der Druckmessung durch Messinstrumente darf $\pm 5 \%$ des Vollausschlages des Instrumentes nicht überschreiten. Die eigentliche Messung soll zwischen 10 % und 90 % des Vollausschlages vorgenommen werden. 5) Für Impulsspannungen siehe IEC 61180-1 und IEC 61180-2 6) Die geforderte Messunsicherheit ist für einen Frequenzbereich $0,1 \times f_n < f < 7 \times f_n$, wobei f_n die Bemessungsfrequenz der jeweiligen Prüfung ist. 		

Können die oben genannten Vorzugswerte nicht eingehalten werden, muss die Auswirkung der Messunsicherheit auf die Gültigkeit des Prüfergebnisses untersucht werden.

3.3 Angabe der Messunsicherheit in Prüfberichten

Die Angabe der Messunsicherheit zu den einzelnen Messwerten im Prüfbericht ist grundsätzlich nicht erforderlich. In dem Prüfbericht sollte jedoch ein Hinweis aufgenommen werden, dass die Messunsicherheiten dem Laboratorium bekannt sind, beispielsweise „Die aus den Messverfahren und den verwendeten Prüfmitteln resultierenden Messunsicherheiten wurden ermittelt und können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.“

Anmerkung 1: Die Messunsicherheit ist für die Gültigkeit und Anwendung der Prüfergebnisse in der Regel nicht von entscheidender Bedeutung, sofern die Messunsicherheit die in Abschnitt 2 genannten Grenzen nicht überschreitet. Bei der Erstellung der Normen aus dem Bereich der industriellen Niederspannung wurde die Technologie und Art der verfügbaren Messtechnik berücksichtigt und die Grenzwerte und Toleranzen entsprechend gewählt.

Das Sektorkomitee empfiehlt folgende Vorgehensweise zur Angabe von Messwerten in Prüfberichten. Die Messwerte werden mit Hilfe einer Zahl und einer Einheit eingeleitet mit p-, n-, μ -, m-, k-, M-, G-, T-, usw. dargestellt. Die Zahlenwerte sollten aus drei Ziffern zwischen 1,00 und 999 bestehen und somit auf drei Ziffern auf- bzw. abgerundet werden.

Beispiele

Messwerte	Angabe im Prüfbericht
1,00 A	1,00 A
50024 V	50,0 kV
0,007115 Ω	7,12 m Ω

Mit der oben angegebenen Anzahl von Ziffern wird der Beitrag zur gesamten Unsicherheit für den angegebenen Wert aufgrund der Darstellung bei $\leq \pm 0,5 \%$ liegen. Es kann jedoch eventuell notwendig sein vier Ziffern anzugeben, wenn die Werte der Messunsicherheit einen geringeren Beitrag für die Darstellung verlangen.

Sofern die Messunsicherheit zu einer Messgröße im Prüfbericht angegeben wird, muss die Messgröße Y mit $(y \pm U)$ für eine Überdeckungswahrscheinlichkeit (oder einen Vertrauensbereich) von etwa 95 % angegeben werden. Der Zahlenwert der erweiterten Unsicherheit U ist so zu runden, dass nicht mehr als zwei signifikante Stellen erscheinen. Wenn die Abrundung den Wert um mehr als $0,05 U$ vermindert, ist der aufgerundete Wert zu verwenden. Der Zahlenwert von y ist bis auf die letzte signifikante Stelle zu runden, die den Wert der erweiterten Unsicherheit beeinflussen kann.

ANMERKUNG 2: Zum Beispiel kann das Ergebnis einer Strommessung in einer der folgenden Arten angegeben werden: $(227,2 \pm 2,5)$ kA; oder $227,2 \times (1 \pm 0,011)$ kA. Im Prüfbericht ist eine erklärende Anmerkung hinzuzufügen, die über die Überdeckungswahrscheinlichkeit p und den Erweiterungsfaktor k informiert.

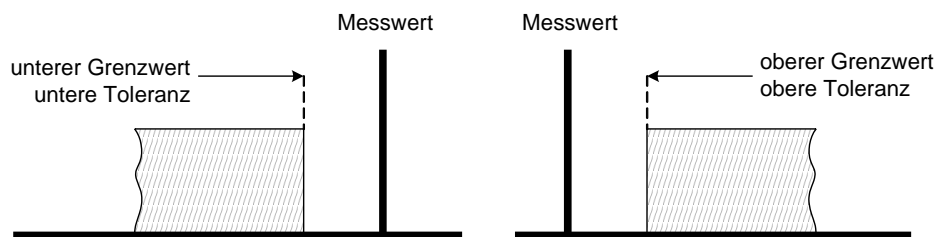
ANMERKUNG 3: Als Beispiel wird der folgende Wortlaut empfohlen (die Angaben in Klammern gelten für Fälle mit $\nu_{eff} < 50$, d.h. $k > 2,05$ gemäß Tabelle 1): „Die angegebene erweiterte Messunsicherheit ist festgelegt als die kombinierte Standardunsicherheit multipliziert mit dem Erweiterungsfaktor $k = 2$ ($k = XX$), der für eine Normalverteilung (t -Verteilung mit $\nu_{eff} = YY$ effektiven Freiheitsgraden) einem Erweiterungsfaktor von etwa 95 % entspricht“.

3.4 Bewertung der Messergebnisse unter Berücksichtigung der Messunsicherheit

Soweit nicht anders durch die Produkt- oder Fachnormen festgelegt, werden die Messergebnisse ohne Berücksichtigung der Messunsicherheit hinsichtlich der Einhaltung von Grenzwerten beurteilt. Dies gilt, sofern die Gesamtmessunsicherheit innerhalb der in Abschnitt 2 genannten Grenzen liegt. Ein Messergebnis erfüllt die Anforderungen, sofern die Wahrscheinlichkeit mindestens 50 % beträgt. Um dies zu verdeutlichen werden im Folgenden verschiedenen Bedingungen gezeigt, die eine Übereinstimmung oder Nicht-Übereinstimmung mit den Anforderungen der Norm erklären.

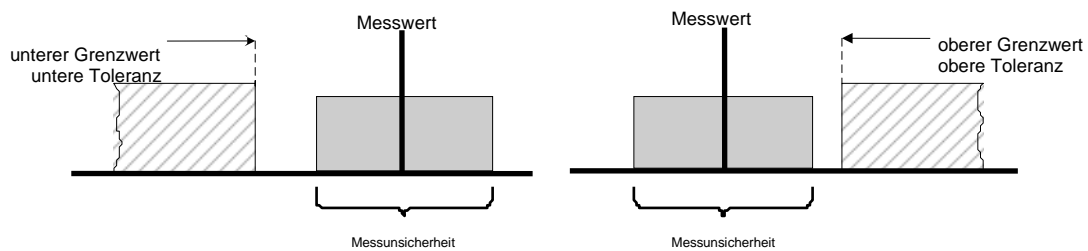
a. Unbestimmt

Die Unsicherheit ist nicht ermittelt. Eine Übereinstimmung mit Grenzwerten bzw. Toleranzen kann nicht bestimmt werden.

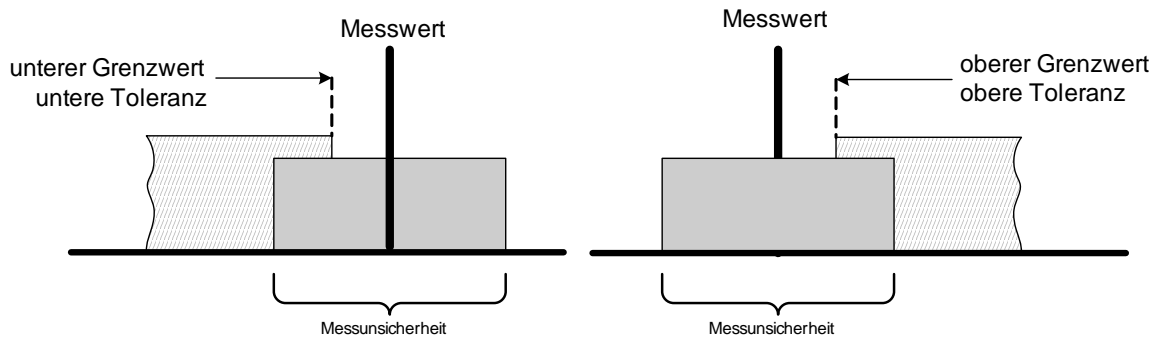


b. Übereinstimmung

Der Messwert zusammen mit der Messunsicherheit liegt über bzw. unter dem Grenzwert bzw. der Toleranz.

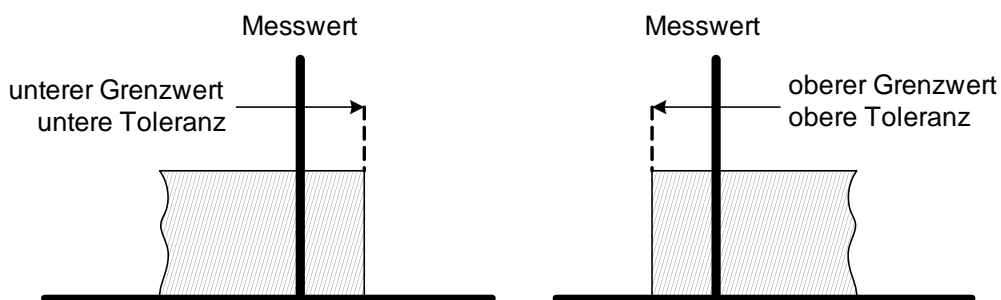


Die nachfolgende Situation ist ebenfalls in der Praxis akzeptabel, sofern der Messwert über bzw. unter den spezifizierten Grenzwerten oder Toleranzen liegt

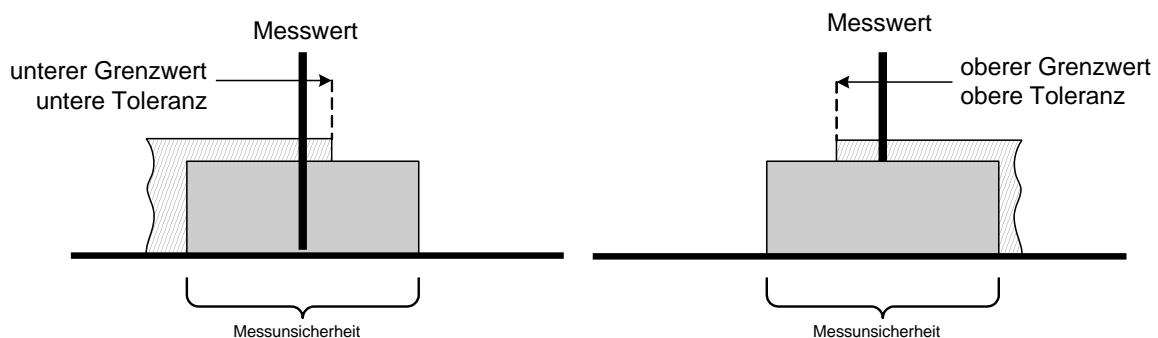


c. Nicht-Übereinstimmung

Der Messwert liegt außerhalb der spezifizierten Grenzwerte, die Messunsicherheit ist nicht angegeben



Der gemessene Wert liegt unterhalb bzw. oberhalb der spezifizierten Toleranzen oder Grenzwerte, obwohl durch die Lage der Grenzen der Unsicherheit der Messwert in Übereinstimmung mit den Toleranzen bzw. Grenzwerte sein könnte. (Wahrscheinlichkeit < 50 %)



4 Mitgeltende Unterlagen

Nicht belegt