



Be sure. testo

Q-DAYS: QUALITÄT. AUSTAUSCH. ZUKUNFT.

# Grundlagen der Messunsicherheit und der Konformitätsbewertung bei der Kalibrierung

07.11.2025

[www.testotis.de](http://www.testotis.de)



# AGENDA

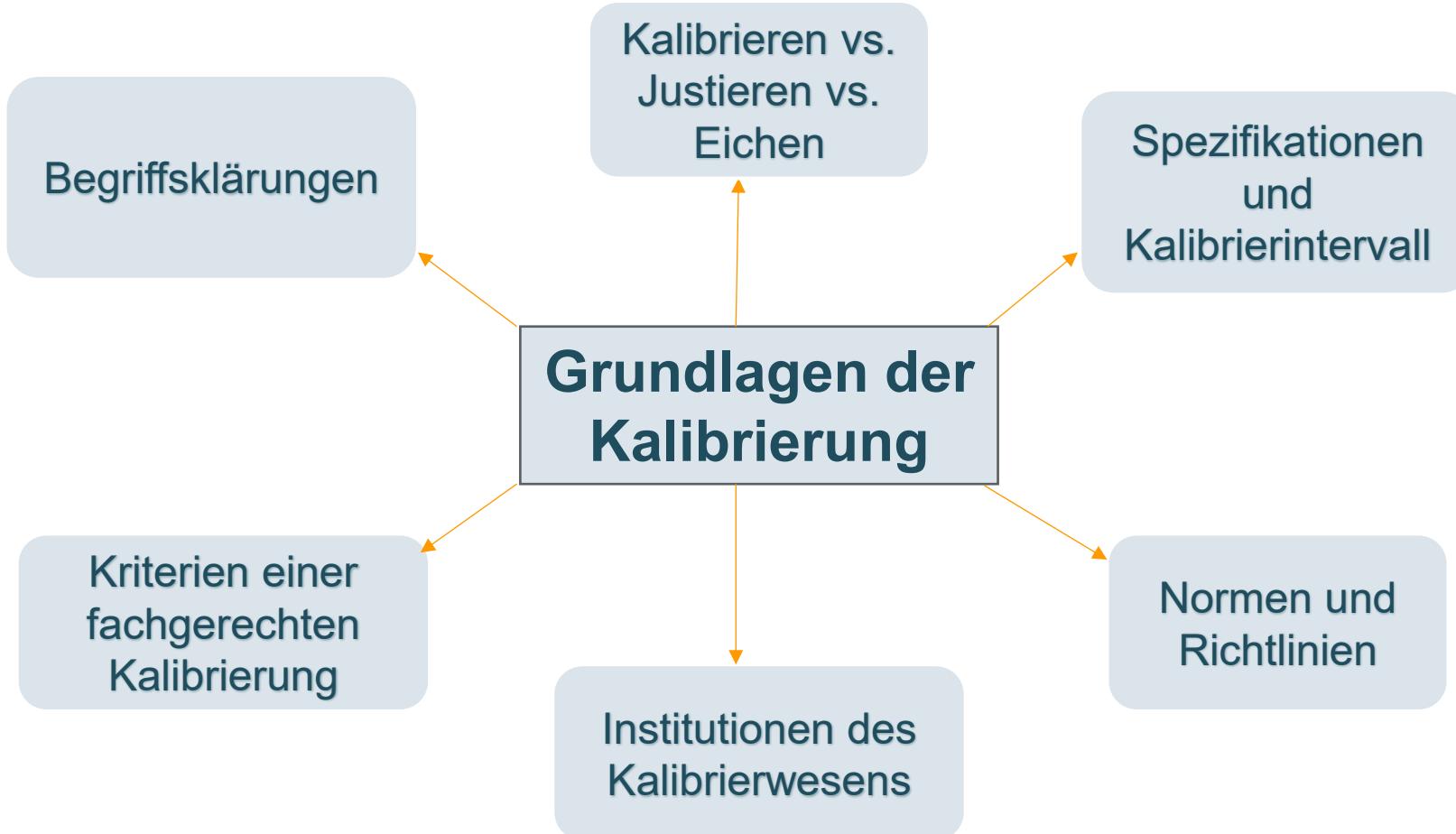
1. RÜCKBLICK AUF WEBINARREIHE TEIL 1&2
2. BEGRIFFE UND DEFINITIONEN
3. MATHEMATISCHE GRUNDLAGEN
4. GESAMTMESSUNSICHERHEIT
5. EINFLUSSGRÖßen
6. BEISPIEL TEMPERATUR
7. VERTRAUENSNIVEAU UND KONFORMITÄT
8. AUSBLICK AUF DAS LETZTE WEBINAR  
DER REIHE



# KAPITEL 1

RÜCKBLICK AUF WEBINARE  
„GRUNDLAGEN DER KALIBRIERUNG“ &  
„METHODEN DER KALIBRIERUNG UND DAS  
KALIBRIERZERTIFIKAT“

# Rückblick auf Teil 1



## Rückblick auf Teil 2



# Unterschiede zwischen ISO & DAkkS



## ISO-Kalibrierzertifikat

Kalibrier-Zertifikat Calibration certificate		18299
Dokument-Nr.	Temperaturmessgerät 1*	Temperaturmessgerät 22
Teststelle	Ahlem-SindH	Ni-Born GmbH
Type	Typ T20	Tys 20C
Bestell-Nr.	2245234	553
Inventar-Nr.	IR	7
Test-Objekt-Nr.		
Test-Nr.	SHM7140	MHM7-53
Test-datum:	10.09.2019	09.09.2019
Bestell-Nr.	10892293	10892267
Series-Nr.	SHANSON 19177	SHANSON 19191
Location:	Deb for D	
Auftraggeber:	18-70008 - Bezug	
Kunden-Nr.	1/9145	
Auftrag-ID-Nr.	52585737 / 0522 0161	
Ort-Nr.:		
Datum der Kalibrierung	31.01.2019	
Datum des Brüder:		
Datum der vorliegenden Kalibrierung:	31.01.2020	
Konformitätsaussage conformity:	<input checked="" type="checkbox"/> Messwert(e) innerhalb der zulässigen Abweichung „Measured value(s) within the allowable deviation“. <input type="checkbox"/> Messwert(e) außerhalb der zulässigen Abweichung „Measured value(s) outside of the allowable deviation“.	
<small>* Die Konformitätsaussage gilt für das Produkt mit der ID 18-70008 und nicht für die Einheit, die auf der Dokumentation als Objekt bezeichnet ist. Das Dokument ist nur gültig, wenn es zusammen mit dem Dokument mit der ID 18-70008 vertrieben wird. Die Dokumentation ist nicht gültig, wenn sie einzeln oder ohne Verbindung mit dem Dokument mit der ID 18-70008 vertrieben wird.</small>		
<small>Das Kalibrierzertifikat darf nur vollständig reproduziert werden. Änderungen bedürfen der Genehmigung des Kalibrierlaboratoriums. Der Kalibrierzertifikat ohne Unterschrift und Stempel über kein Gültigkeit.</small>		
<small>Das Kalibrierzertifikat darf nur vollständig reproduziert werden. Änderungen bedürfen der Genehmigung des Kalibrierlaboratoriums. Der Kalibrierzertifikat ohne Unterschrift und Stempel über kein Gültigkeit.</small>		
Stempel seal	Fachverantwortlicher supervisor	Bearbeiter technisch
	Max Mustermann	Marina Musterfrau
<small>testo industrial services GmbH   Gewerbestraße 3   79199 Kirchzarten   Tel. +49 7661 90001-8000   Fax +49 7661 90001-8010   <a href="http://www.testo.de">www.testo.de</a></small>		



Beruhrt auf Selbstverpflichtung  
seitens der TIS  
vertrauensvolle  
Messergebnisse auszustellen

## DAkkS-Kalibrierschein

Kalibrierlaboratorium für elektrische, mechanische, dimensionale, thermodynamische, analytische und Durchfluss-Messgrößen		Calibration laboratory for electrical, mechanical, dimensional, thermodynamic, analytical and flow rate measured quantities
<b>Kalibrierschein / Calibration Certificate</b> <small>erstellt durch das Kalibrierlaboratorium issued by the calibration laboratory</small>		
<b>F56760</b> <small>D-K 1907-01-01 2020-10</small>		 <small>DAkkS Akkreditierungszelle D-K-1907-01-01</small>
<p>Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückverfolgbarkeit auf nationale Maßstäbe auf Basis der Einheiten in Übereinstimmung mit den Internationalen Einheiten (SI). Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Vereinbarung der Europäischen Kooperation für Akkreditierung (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierstufen. Für die Erhaltung einer angemessenen Präzision während der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.</p> <p>This calibration certificate documents the metrological traceability to national standards, which realize the units of measurement in accordance with the International System of Units (SI). The DAkkS is signatory to the multilateral agreement of the European co-operation for accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for mutual recognition of the calibration levels. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</p>		
Gegenstand Objekt	SAVERIS H2E, ETHERNET VOCHTSENSOR 2%RH	
Hersteller/ Manufacturer	TESTO SE & Co. KGaA	
Typ/ Type	0572 6192	
Fabrikat/Serien-Nr. Serial number	60767827	
Equipment Nr./ Equipment number	14198764	
Prüfmittel-Nr./ Test equipment no.	—	
Auftraggeber/ Customer	MLS NV BE-9500 MENEN	
Auftragsnummer/ Order No.	23132659 / 0520 0236	
Datum der Kalibrierung/ Date of calibration	07.10.2020	
Datum der Rekalibrierung/ Date of re-calibration	—	
Konformitätsaussage/ Statement of conformance	<input type="checkbox"/> Messwert(e) innerhalb der zulässigen Abweichung „Measured value(s) within the allowed deviation“. <input checked="" type="checkbox"/> Messwert(e) außerhalb der zulässigen Abweichung „Measured value(s) outside of the allowed deviation“.	
<small>Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums.</small>		
Datum/ Date	Leiter des Kalibrierlaboratoriums Head of the calibration laboratory	Freigabe des Kalibrierscheins durch Approval of the certificate of calibration by
23.10.2020		3. Boed Dipl.-Phys. Janina Postleth
<small>testo industrial services GmbH   Gewerbestraße 3   79199 Kirchzarten   Tel. +49 7661 90001-8000   Fax +49 7661 90001-8010   <a href="http://www.testo.de">www.testo.de</a></small>		



Fällt unter den  
Geltungsbereich der  
Akkreditierung, d.h.  
Kompetenz & Leistung  
wurden durch eine dritte  
Stelle überprüft



## KAPITEL 2

BEGRIFFE UND DEFINITIONEN RUND UM DAS THEMA  
MESSUNSICHERHEIT

# Messunsicherheit

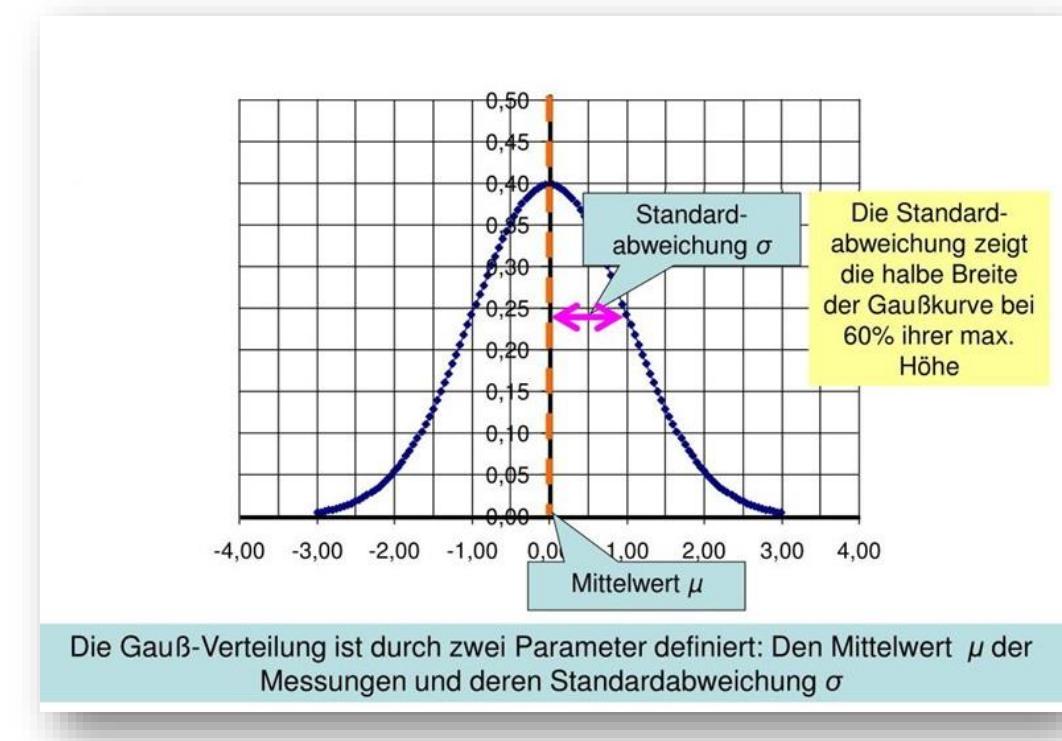
## Definition (VIM 2.26):

“Nichtnegativer Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die der Messgröße auf der Grundlage der benutzten Informationen beigeordnet ist.“

- Gibt Wertebereich an, innerhalb dessen der richtige Wert der Messgröße liegt
- Einer Messgröße ist **immer** eine Messunsicherheit zugeordnet
- Bei Annahme einer gewissen (Überdeckungs-)**Wahrscheinlichkeit**

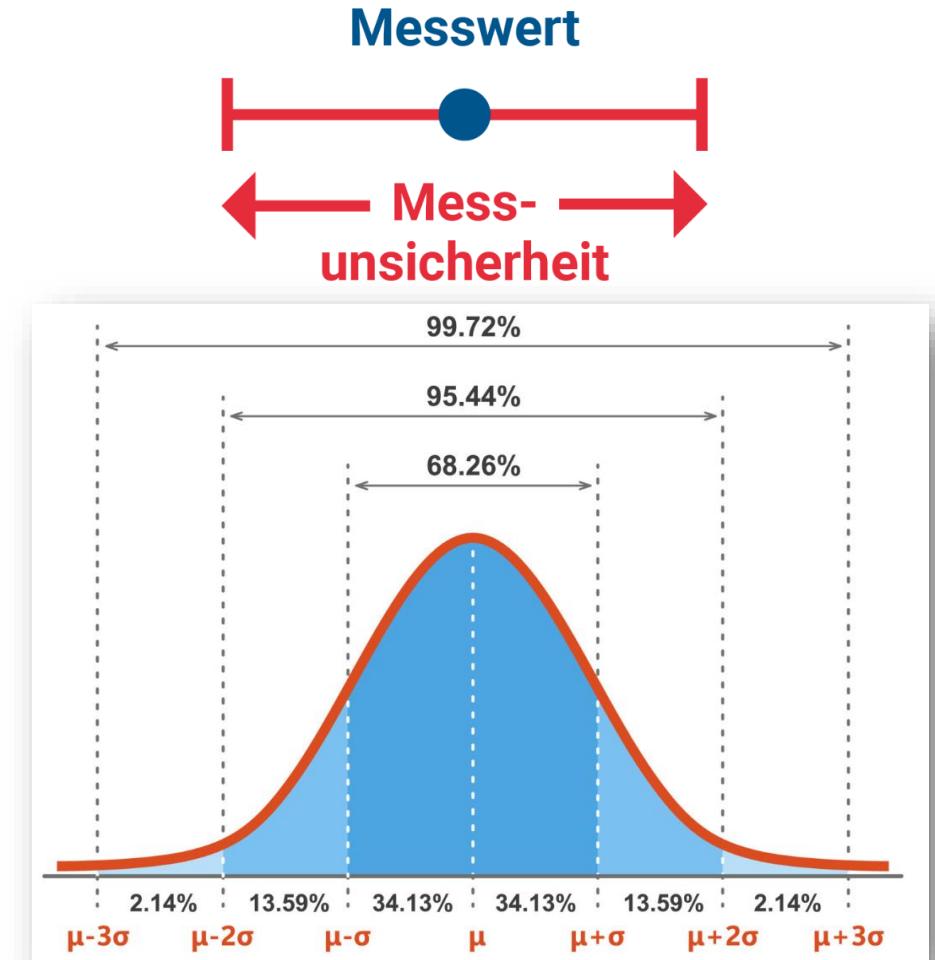
# Gauß-Verteilung / Normalverteilung

- ▶ Statistische Verteilung von Messwerten in guter Näherung vieler natur-, wirtschafts- und ingenieurwissenschaftlicher Vorgänge.
- ▶ „Glockenförmige Kurve“ symmetrisch um Mittelwert  $\mu$ 
  - unendlich / unbegrenzt
- ▶ Standardabweichung  $\sigma$  Maß für Wiederholpräzision
  - Streuung unter identischen Messbedingungen
- ▶ je größer Standardabweichung  $\sigma$  des Messprozesses, desto größer Streuung um Mittelwert  $\mu$   
 → Verbreiterung der Glockenkurve



# Gauß-Verteilung / Normalverteilung

- ▶  $\pm 1 \sigma$  68,3 % aller Messergebnisse
- ▶  $\pm 2 \sigma$  95,4 % aller Messergebnisse
- ▶  $\pm 3 \sigma$  99,7 % aller Messergebnisse
- ▶ %-Anteile entsprechen anteiliger Fläche unter der Kurve (Wahrscheinlichkeiten)
- ▶ Erweiterte Standardmessunsicherheit  $U = k * u$  mit  $k$ : Anzahl der  $\sigma$  / „Erweiterungsfaktor“, und  $u$ : Standardmessunsicherheit des Messverfahrens
  - $k = 2$ : 95 %-ige „Überdeckungswahrscheinlichkeit“ für „gemessener Wert  $\pm$  erw. Messunsicherheit“



# Größen ohne Messunsicherheit

- ▶ Mathematische Konstanten ( $\pi = 3,1415\dots$ )
- ▶ Konstanten in Definitionen ( $c = 299\ 792\ 458 \text{ m/s}$ )
- ▶ Betriebsbedingungen ( $I_{\text{LED}} = 20 \text{ mA}$ )
- ▶ Diskrete (zählbare) Werte (1, 2, 3, ...)

→ Alle anderen Größen können Unsicherheitsanteile enthalten

# Angabe von Messergebnissen

$$Y = y \pm U$$

**Beispiel: Masse**

$$m = 9,893\ 428$$

**Korrekte Angabe:**

$$m = (9,893 \pm 0,026) \text{ g}$$

oder

$$m = 9,893 \text{ g} \pm 0,026 \text{ g}$$

→ 2 signifikante Stellen der MU

# Signifikante Stellen

- ▶ **1. signifikante Stelle** = 1. Stelle ungleich Null (bis zur Rundungsstelle)
- ▶ **2. signifikante Stelle** = Stelle nach 1. signifikanter Stelle (kann auch Null sein)
  
- ▶ **Beispiel: 0,05247**
  - Angabe mit 1 signifikanten Stelle      0,05
  - Angabe mit 2 signifikanten Stellen      0,052
  - Angabe mit 3 signifikanten Stellen      0,0525

# ...Auflösung, Abweichung & Messunsicherheit...

## ► Auflösung:

Kleinste Zähleinheit (hier: Abstand der Ringe)

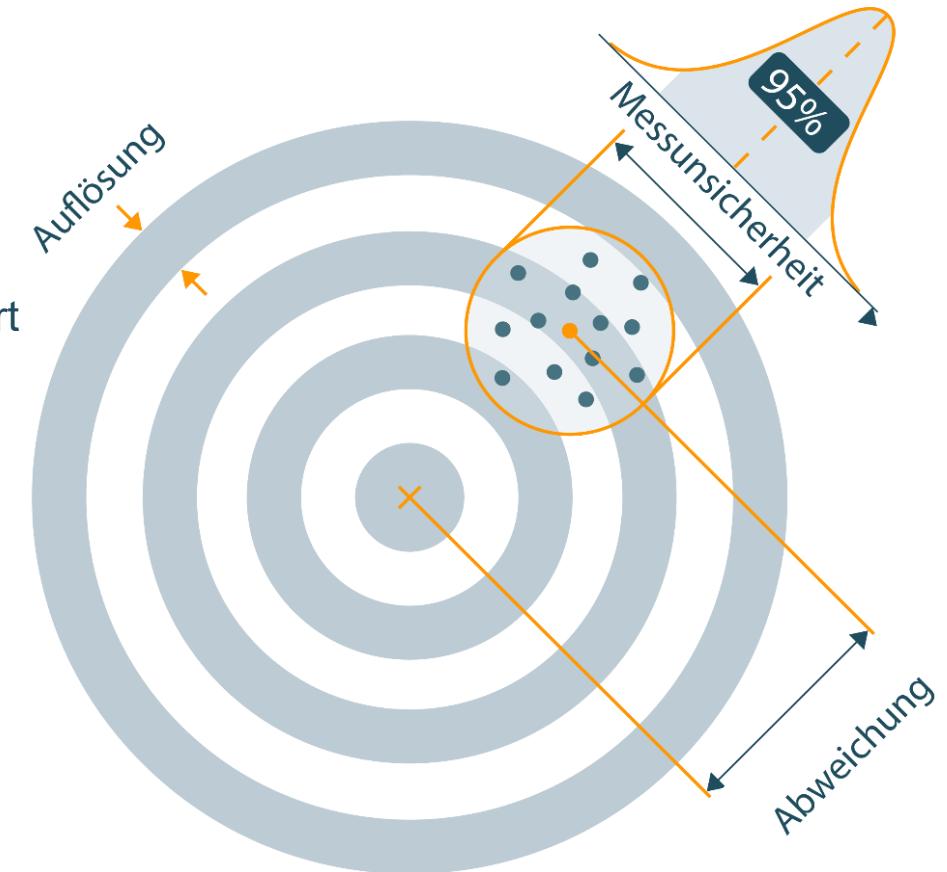
## ► Abweichung:

Abweichung des Mittelwerts der Messung zum Bezugswert

## ► Messunsicherheit:

Intervall (Fläche) mit ca. 95 %

Überdeckungswahrscheinlichkeit Messwerte



# Bedeutung von Abweichung und Messunsicherheit

## Abweichung

Beschreibt die Quantität der Kalibrierung,  
d.h. um welchen Wert die Messergebnisse der  
Messreihe vom richtigen Wert abweichen, durch  
zufällige oder systematische Ursachen.

## Messunsicherheit

Beschreibt die Qualität der Kalibrierung,  
da die Messunsicherheit durch den  
Kalibriergegenstand, die Messeinrichtungen, das  
Messverfahren, und die Umgebungsbedingungen  
beeinflusst wird.

Je kleiner die Messunsicherheit, desto besser sind  
also diese Einflussfaktoren beherrscht.



# KAPITEL 3

## MATHEMATISCHE GRUNDLAGEN

# Mathematische Grundlagen I / Summe

$$x_{\text{Summe}} = \sum_{i=1}^n x_i = x_1 + x_2 + \dots + x_n$$

$$x_1 = 7; \quad x_2 = 5; \quad x_3 = 12; \quad x_4 = 8 \quad \rightarrow n = 4$$

$$x_{\text{Summe}} = \sum_{i=1}^4 x_i = 7 + 5 + 12 + 8 = 32$$

**Beispielrechnung:**

$$u_1 = 1 ; u_2 = 2 ; u_3 = 5$$

► **Lineare Addition:**

$$u_{\text{ges}} = \sum_{i=1}^3 u_i = u_1 + u_2 + u_3$$

► **Quadratische Addition:**

$$u_{\text{ges}} = \sqrt{\sum_{i=1}^3 u_i^2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$

**Arithmetisches Mittel:**

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

**Standardabweichung des Einzelwerts:**

$$s(x_i) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**Standardabweichung des Mittelwerts:**

$$s(\bar{x}) = \frac{s(x_i)}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**Standardmessunsicherheit:**

$$u(\bar{x}) = s(\bar{x})$$



## KAPITEL 4

### GESAMTMESSUNSICHERHEIT

# Berechnung nach GUM: Vorgehen

## ► Vorgehen:

1. Analyse der Messung  
→ Aufstellen der Prozessgleichung
2. Einschätzung der Einflussgrößen
3. Aufstellen der Modellgleichung
4. Berechnung
5. Angabe des vollständigen Messergebnisses

- { **Was** will ich messen?  
**Wie** will ich es messen?
- { **Welche** Einflüsse liegen vor?
- { **Wie groß** sind die Einflüsse?  
**Welche Verteilungen** weisen sie auf?



Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) ([www.bipm.org](http://www.bipm.org) -> englisch/französisches Original)

# Die „goldene“ Gleichung

$$U = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\sqrt{G_i} \cdot c_i \cdot u(x_i))^2}$$

- $U$  : erweiterte Messunsicherheit
- $k$  : Erweiterungsfaktor
- $u(x_i)$  : Beitrag der Größe i
- $G$  : Gewichtungsfaktor
- $c$  : Sensitivitätskoeffizient

# Sensitivitätskoeffizienten $c_i$

- ▶ “Die Sensitivitätskoeffizienten stellen dar, mit welcher Empfindlichkeit ( $\equiv$  Sensitivität) das Ergebnis einer Messung von einer Einflussgröße abhängig ist.”\*
- ▶ Außerdem: Umformung der verschiedenen physikalischen Größen
- ▶ Berechnung über:
  - Abschätzung
  - Partielle Ableitung der Modellgleichung

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$$

\*Bestimmung der Messunsicherheit nach GUM – Bernd Pesch

# Gewichtungsfaktor $G_i$

- ▶ “[Der Gewichtungsfaktor wird benötigt], um im MU-Budget eine Messgröße so zu normieren, als würde man von einer (fiktiven) Einflussgröße mit Normalverteilung ausgehen.”\*

Verteilung	Gewichtungsfaktor $G_i$
Normal	1
Rechteck	1/3
Dreieck	1/6
U-Verteilung	1/2

$$U = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\sqrt{G_i} \cdot c_i \cdot u_i)^2}$$

\*Bestimmung der Messunsicherheit nach GUM – Bernd Pesch

# Das GUM-Rezept

1. Alle Einflussgrößen ( $x_i$ ) definieren
2. Betrag ( $u(x_i)$ ) & Verteilung ( $\rightarrow G_i$ ) der Einflussgrößen ermitteln
  - Standardmessunsicherheit berechnen  $u'_i = \sqrt{G_i} \cdot u(x_i)$
3. Sensitivitätskoeffizienten  $c_i$  ermitteln
  - Unsicherheitsbeitrag berechnen  $u_i = c_i \cdot u'_i$
4. Alle Unsicherheitsbeiträge quadratisch addieren für die kombinierte Messunsicherheit  $u = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2}$
5. Wahl von  $k$ 
  - Berechnung der erweiterten Messunsicherheit  $U = k \cdot u$

$$U = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\sqrt{G_i} \cdot c_i \cdot u_i)^2}$$



# KAPITEL 5

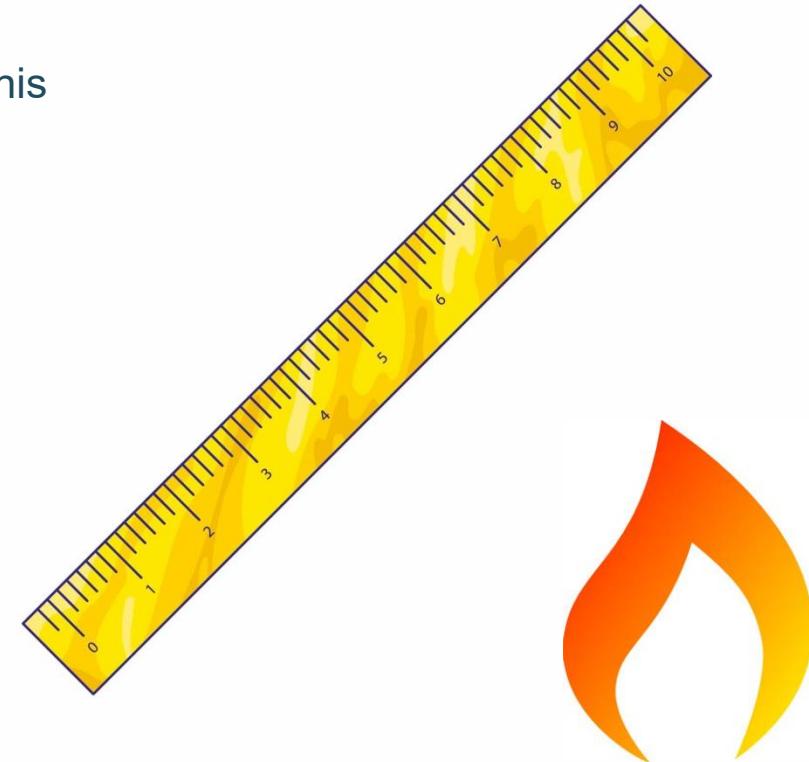
## EINFLUSSGRÖßen

# Einflussgrößen

## Definition:

Größe, die nicht die Messgröße ist, jedoch das Messergebnis beeinflusst!

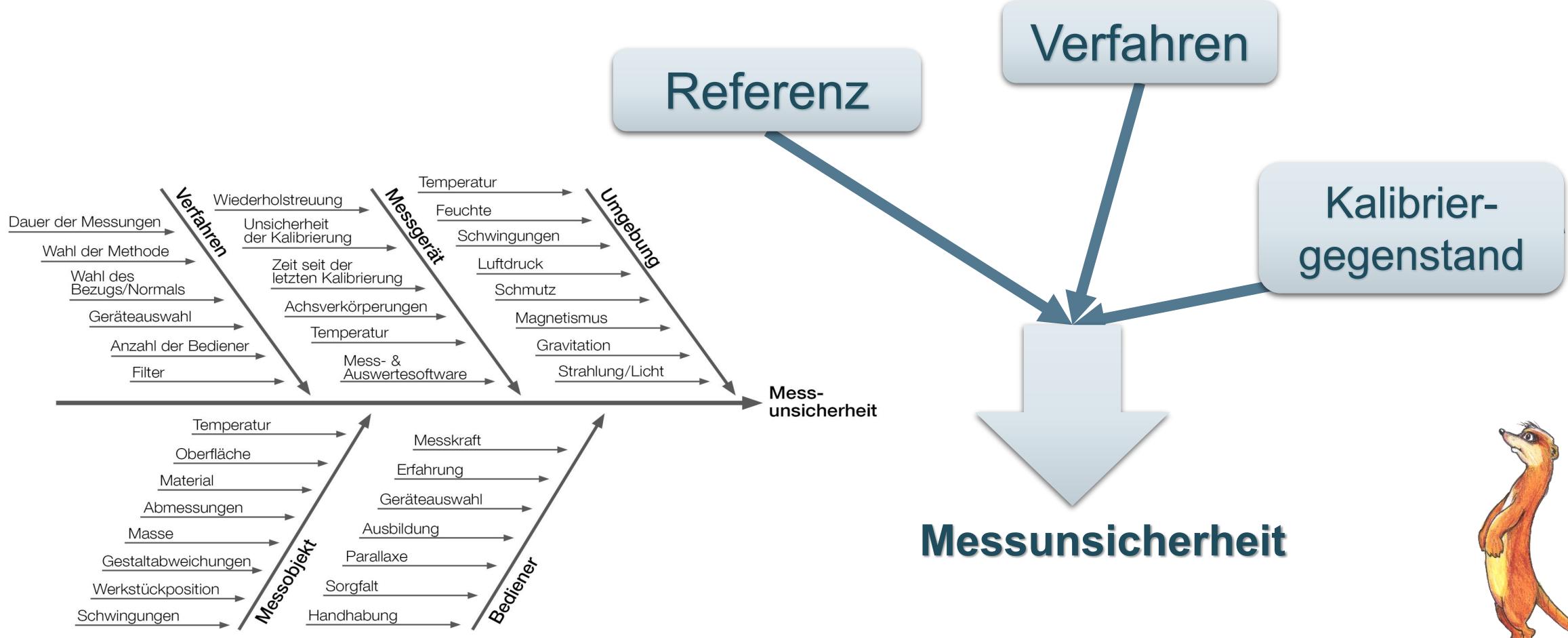
Z.B. Temperatureinfluss bei Längenmessungen



# Einflusskomponenten auf die Messunsicherheit



# Was steckt alles in der Messunsicherheit?



# Typische Einflussgrößen

► **Beiträge der  
Gebrauchsnormale/Referenzeinrichtungen**

- Kalibrierunsicherheit
- Drift
- Auflösung
- ...

► **Beiträge des Kalibiergegenstands**

- Instabilität
- Digitalisierungsfehler
- Wiederholbarkeit / Auflösung
- ...

► **Beiträge der Hilfsmittel**

- Inhomogene räumliche Verteilung
- Zeitliche Stabilität
- Messgrößenspezifische Größen: z.B. Temperatur bei Länge; Luftdruck bei Strömung
- Kontakteinflüsse
- ...

# Einschätzung der Einflussgrößen I

## ► Schätzwerte aus dem laufenden Messprozess

- Ergebnisse direkter Messungen
- Ergebnisse vorausgegangener Auswertungen
- Erfahrungswerte, subjektive Bewertungen

## ❖ 2 Methoden:

- Ermittlungsmethode A (statistisch)
- Ermittlungsmethode B (nicht-statistisch)

## ► Werte aus externen Quellen

- Werte aus Kalibrierscheinen / Kalibrierzertifikaten
- Herstellerangaben
- Tabellen- / Literaturwerte

# Ermittlungsmethode A

## ► Statistische Einflussgrößen:

Auswertung von mehrmaligen Beobachtungen

- n Messungen der Größe q zur Bestimmung der Eingangsgröße X
- Arithmetischer Mittelwert  $\bar{x}$  als bester Schätzwert der Eingangsgröße
- Empirische Standardabweichung  $s(\bar{x})$  des Mittelwertes als Standardmessunsicherheit  $u_{\bar{x}}$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad u_{\bar{x}} = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

## Ermittlungsmethode B

### ► Nicht-Statistische Einflussgrößen:

Informationen, die nicht unmittelbar aus mehrmaligen Beobachtungen stammen (z.B. Schätzungen)

- Herstellerangaben
- Daten aus Kalibrierscheinen und Zertifikaten
- Referenzdaten aus Handbüchern
- Erfahrung/Kenntnisse über Verhalten/Eigenschaften von Materialien/Messgeräten

# Einschätzung der Einflussgrößen II

► Größen, die in der MU-Bilanz vorkommen

- Kalibrierunsicherheiten
- Driften
- Auflösungsbeiträge
- Leitungseinflüsse
- Stabilität/Homogenität
- Hysterese
- Wiederholbarkeit
- ...

► Größen, die NICHT in der MU-Bilanz vorkommen

- Luftkonvektion
- Anwesenheit des Bearbeiters
- Handhabung des Bearbeiters
- Ausrichtung des Messaufbaus
- Innerhalb der Umgebungsbedingungen / Betriebsbedingungen
- Erdung
- ...

# Das GUM-Rezept

1. Alle Einflussgrößen ( $x_i$ ) definieren
2. Betrag ( $u(x_i)$ ) & Verteilung ( $\rightarrow G_i$ ) der Einflussgrößen ermitteln
  - Standardmessunsicherheit berechnen  $u'_i = \sqrt{G_i} \cdot u(x_i)$
3. Sensitivitätskoeffizienten  $c_i$  ermitteln
  - Unsicherheitsbeitrag berechnen  $u_i = c_i \cdot u'_i$
4. Alle Unsicherheitsbeiträge quadratisch addieren für die kombinierte Messunsicherheit  $u = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2}$
5. Wahl von  $k$ 
  - Berechnung der erweiterten Messunsicherheit  $U = k \cdot u$

$$U = k \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\sqrt{G_i} \cdot c_i \cdot u_i)^2}$$

# MU-Berechnung produktiv: Beispiel 1

Multiplikation mit  $G_i$  bzw. Divisor

Multiplikation mit SK

Einflussgröße	Unsicherheit Einflussgröße	Standard-messunsicherheit	Verteilung	SK	Unsicherheits-beitrag $u_i$
Akkreditiertes Verfahren (inkl. Referenz) ( $k=2$ )	0,50 % rF	0,25 % rF	Normal	1	0,25 % rF
Stabilität der Messung	0,10 % rF	0,10 % rF	Normal	1	0,10 % rF
Auflösung (0,1 % rF)	0,05 % rF	0,029 % rF	Rechteck	1	0,029 % rF
<b>Quadratische Addition:</b> Gesamtstandardmessunsicherheit $u$					0,27 % rF
<b>Erweiterte Unsicherheit <math>U</math> mit <math>k = 2</math></b>					<b>0,54 % rF</b>

# MU-Berechnung produktiv: Beispiel 2

Multiplikation mit  $G_i$  bzw. Divisor

Multiplikation mit SK

Einflussgröße	Unsicherheit Einflussgröße	Standard-messunsicherheit	Verteilung	SK	Unsicherheits-beitrag $u_i$
Akkreditiertes Verfahren (inkl. Referenz) ( $k=2$ )	0,50 % rF	0,25 % rF	Normal	1	0,25 % rF
Stabilität der Messung	0,10 % rF	0,10 % rF	Normal	1	0,10 % rF
Auflösung (1 % rF)	0,5 % rF	0,29 % rF	Rechteck	1	0,29 % rF
<b>Quadratische Addition:</b> Gesamtstandardmessunsicherheit $u$					0,39 % rF
<b>Erweiterte Unsicherheit <math>U</math> mit <math>k = 2</math></b>					<b>0,79 % rF</b>

# Angabe MU als erweiterte Messunsicherheit

- Angabe der **erweiterten Messunsicherheit  $U = k \cdot u(y)$**
- Angabe des **Erweiterungsfaktors  $k = 2$** , für die eine **Überdeckungswahrscheinlichkeit** von ca. **95 %** gilt

## Messunsicherheit Measurement uncertainty

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß EA-4/02 M:2022 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 95 % im zugeordneten Wertebereich. Ein Anteil für die Langzeit-Instabilität ist nicht enthalten.

The expanded uncertainty of measurement corresponding to the measurement results is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor  $k = 2$ . This was determined in accordance with EA-4/02 M:2022. Usually the true value is located within the corresponding interval with a probability of approximately 95%. A ratio for the long-term instability is not included.



# KAPITEL 6

## BEISPIEL TEMPERATUR

## Beispiel: Thermoelementkalibrierung

► Kalibriergegenstand:

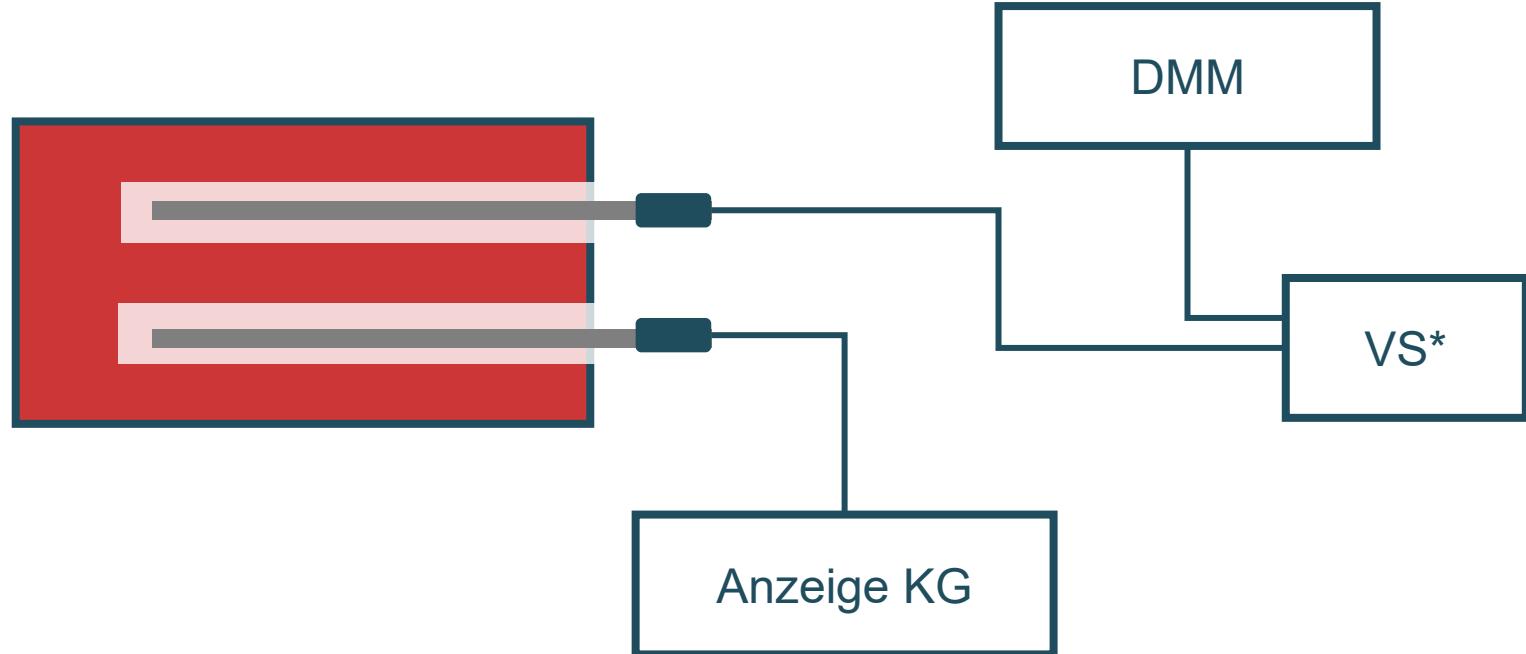
- Thermoelement

► Referenz:

- Thermoelement Typ S
- Digital Multimeter (DMM)

► Hilfsmittel:

- Hochtemperaturofen



\*Vergleichsstelle: meistens 0°C

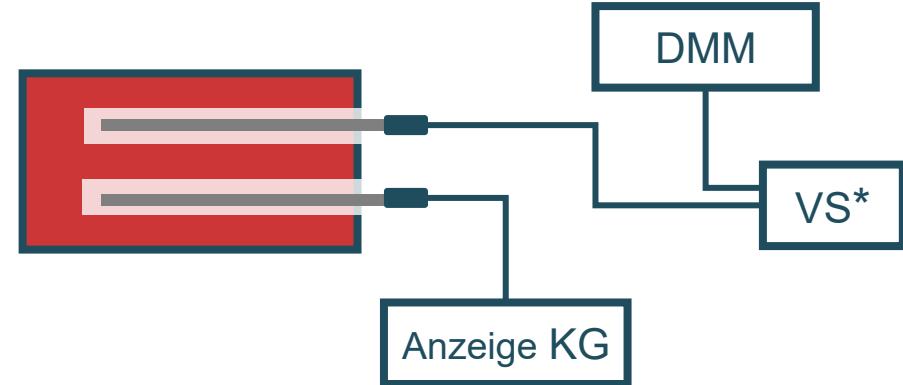
# Thermo Element (ThE)-Kalibrierung: Einflussgrößen

## ► Einfluss Referenz:

- Kalibrierung
- Drift
- Hysterese
- Inhomogenitäten
- Vergleichsstelle
- ...

## ► Fehlerquellen:

- Leitungen beschädigt (vor allem im Bereich des Temperaturgradienten)
- Vergleichsstelle ungenügend
- Wärmeableitung
- ...



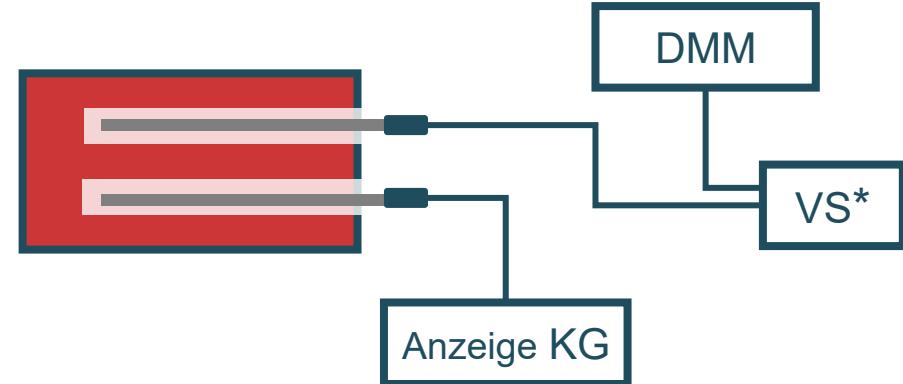
# ThE-Kalibrierung: Einflussgrößen II

► Einfluss DMM:

- Kalibrierung
- Drift
- Kontakte
- ...

► Fehlerquellen:

- Falsche Kontaktmaterialien
- Temperaturgradient an den Kontakten
- ...



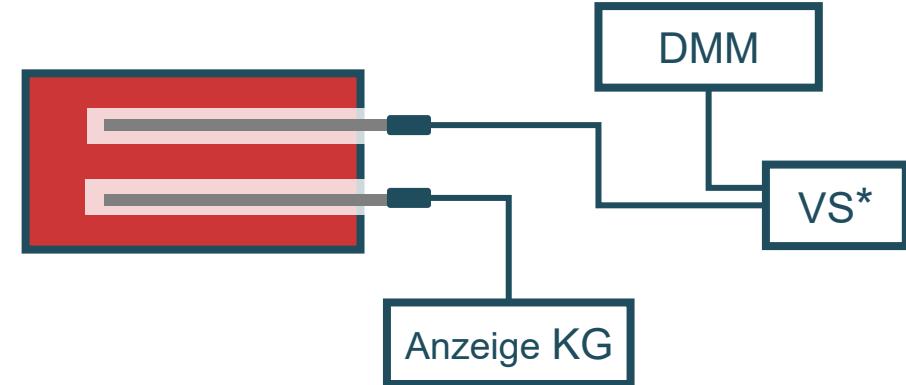
# ThE-Kalibrierung: Einflussgrößen III

► Einfluss Ofen:

- Homogenität (Bohrung)
- Homogenität (Messort)
- Stabilität

► Fehlerquellen:

- Keine ausreichende Angleichzeit → geringe Stabilität / Homogenität
- ...



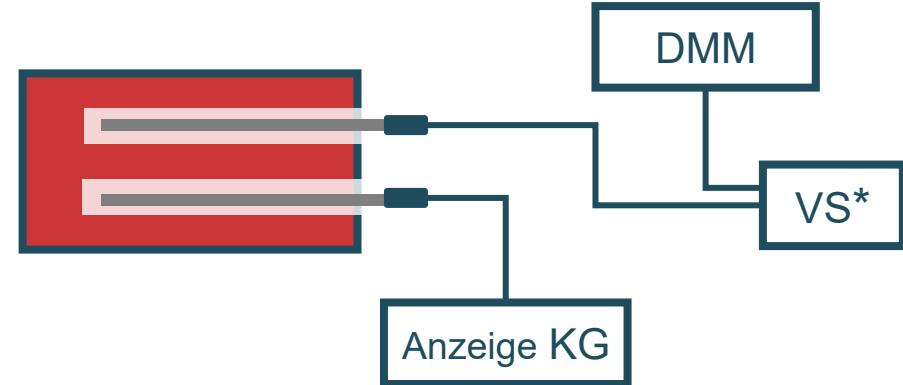
# ThE-Kalibrierung: Einflussgrößen IV

► Einfluss KG:

- Stabilität
- Auflösung
- Hysterese
- Inhomogenitäten

► Fehlerquellen:

- Falsche Angabe Auflösung
- Nicht genügend angeglichen
- Inhomogenitäten im Temperaturgradienten
- Wärmeableitung
- ...



## Andere Einflussgrößen Temperatur

- ▶ **Widerstandsthermometer:** Eigenerwärmung
- ▶ Strahlungseinfluss
- ▶ **Infrarot:** Abweichung Emissionsgrad
- ▶ **Oberfläche:** Anpressdruck
- ▶ **Referenzwiderstand:** Kalibrierung, Temperaturstabilität, Drift

Be sure. **testo**



## KAPITEL 7

### VERTRAUENSNIVEAU UND KONFORMITÄTSBEWERTUNG

# Konformitätsaussage

Be sure. 

- Zwei unabhängige Vorgänge führen zur Konformitätsaussage

## 1. Kalibrierung

- Abweichungen (Soll-Wert, Ist-Wert)
- Messunsicherheit

## 2. Bewertung

- Zulässige Abweichungen
- Entscheidungsvorgaben

# Kalibrierung

## ► 1. Kalibrierung

Ein Kalibriervorgang liefert als Ergebnis den Messwert (Referenz und Prüfling) und die beigeordnete erweiterte Messunsicherheit U. Damit ist der Kalibriervorgang abgeschlossen, der Kalibrierschein kann erstellt werden.



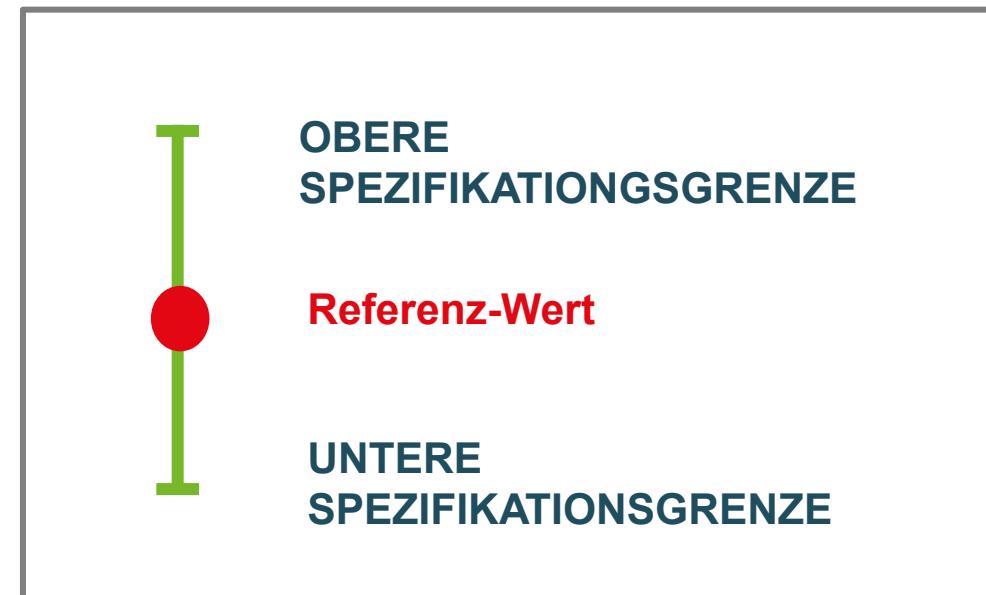
# Bewertung

- Konformitätsbewertung nach DIN ISO/IEC 17000:2020:

*Darlegung, dass festgelegte Anforderungen (= Erfordernis oder Erwartung, das oder die niedergelegt ist) erfüllt sind.*

- **2. Bewertung**

Die Spezifikationsgrenze kann in normativen Dokumenten wie Rechtsschriften, Normen und technischen Spezifikationen niedergelegt sein. Oft wird auf Herstellerspezifikationen verwiesen. Der Nutzer des Kalibrierscheins muss die Spezifikation jedoch selbst für seine Prüfmittel festlegen.



# Entscheidungsregel

- ▶ Mit der Veröffentlichung der neuen Revision der DIN EN ISO/IEC 17025:2018 wurde der Begriff der **Entscheidungsregel** eingeführt. Sie liefert die Grundlage zur Definition von quantifizierbaren Kontrolllimits, auf denen die Entscheidungsregel beruht.
- ▶ Unter dem Abschnitt 3.7 der **DIN EN ISO/IEC 17025:2018** wird der Begriff „*Entscheidungsregel*“ definiert als „*Regel, die beschreibt, wie die Messunsicherheit berücksichtigt wird, wenn Aussagen zur Konformität mit einer festgelegten Anforderung getätigt werden*“.
- ▶ Weiter heißt es:
  - „*7.1.3 Wenn der Kunde für die [...] Kalibrierung eine Aussage zur Konformität bezüglich einer Spezifikation oder Norm verlangt [...], müssen die Spezifikation bzw. Norm sowie die Entscheidungsregel eindeutig definiert sein. Sofern sie nicht in der angeforderten Spezifikation bzw. Norm enthalten ist muss die gewählte Entscheidungsregel dem Kunden mitgeteilt und mit diesem abgestimmt werden*“ [1]

# Vertrauensniveaus

## ► Vertrauensniveau 95

- Berücksichtigt gesamte MU für den „Schutzabstand“; wenn Ergebnis  $\pm$  MU auf der Toleranzgrenze liegt, nur 5 % Risiko ein fälschlich konformes Messgerät zu erhalten (Grenzfall)
- Nicht anwendbar wenn Herstellerspezifikation ähnlich groß der MU ist

## ► Vertrauensniveau 85

- Berücksichtigt  $\frac{1}{2}$  MU für den „Schutzabstand“; Kompromiss zwischen hoher Qualität und Kosten

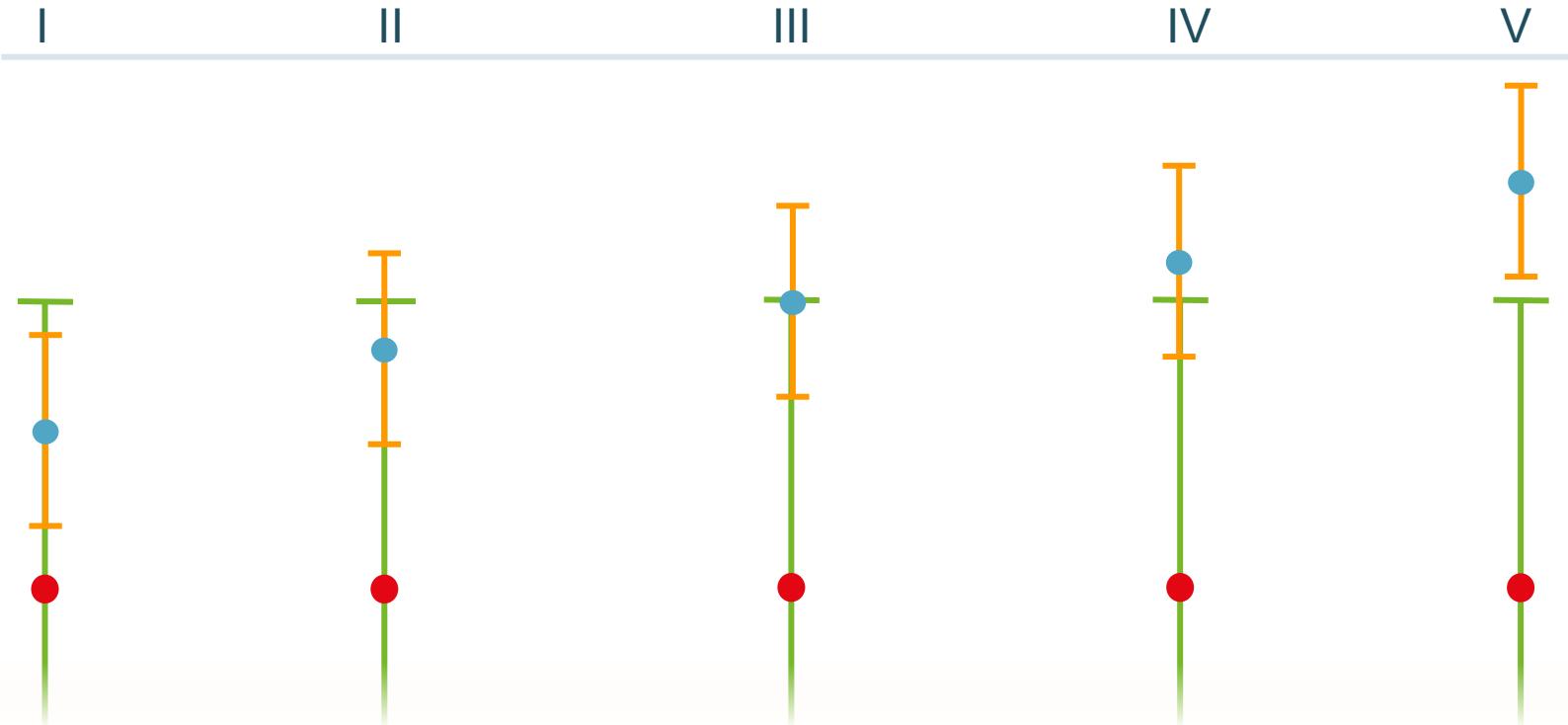
## ► Vertrauensniveau 50

- Ohne „Schutzabstand“; Grenzfall liegt mit 50 % Wahrscheinlichkeit im Toleranzbereich; seltener Fall
- Standard für ISO-Kalibrierungen

## ► ILAC-G8

- Pass, conditional pass, conditional fail, fail; „Schutzabstand“=MU, auf Toleranzgrenzen aufgespannt

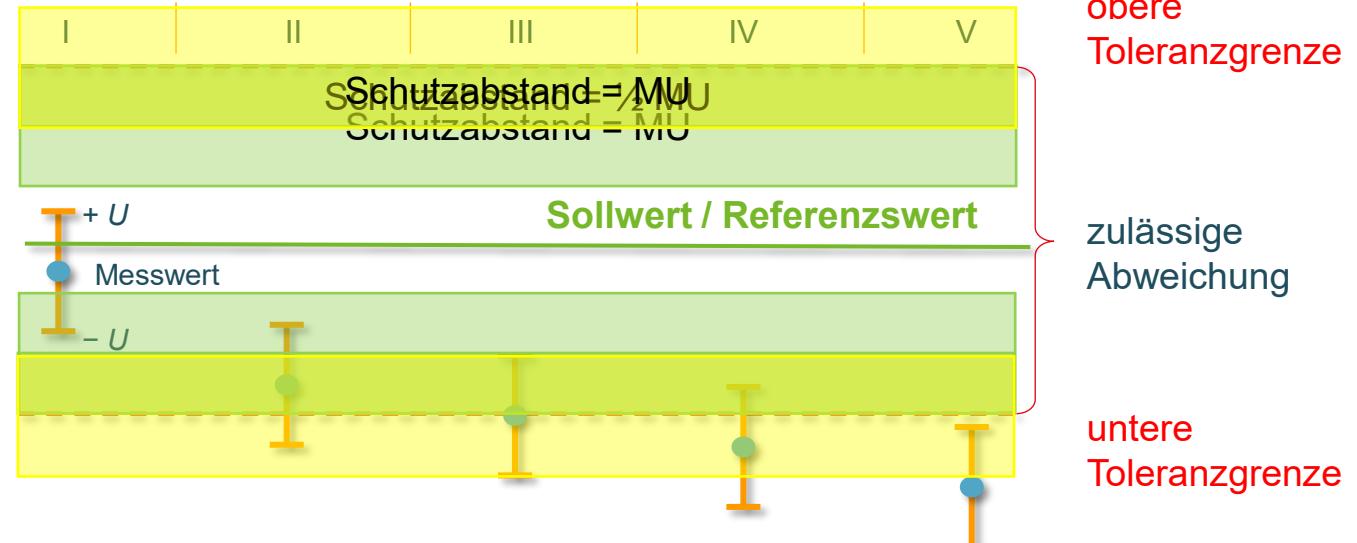
## Bewertung



# Entscheidungsregeln bei Testo Industrial Services



Diese Regel „[...] beschreibt, wie die Messunsicherheit berücksichtigt wird, wenn Aussagen zur Konformität mit einer festgelegten Anforderung getätigt werden.“



Entscheidungsregel TIS	I	II	III	IV	V
<b>VN 95 (Standard DAkkS)</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>VN 85</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>VN 50 (Standard ISO)</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<b>ILAC G8</b>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

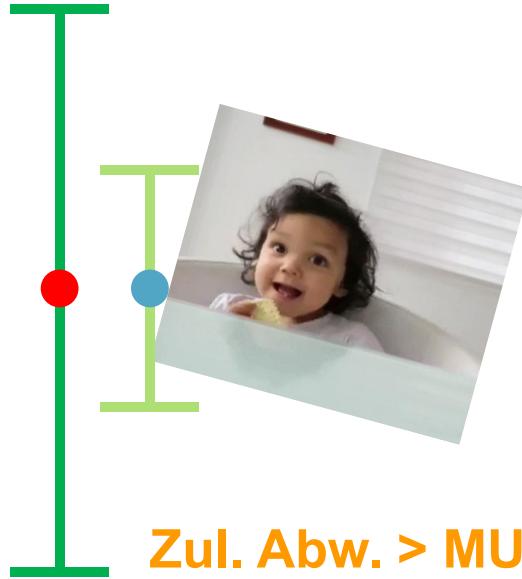
# Problematische Spezifikation

Ist der Wert der  
Messunsicherheit denn bei  
einer ISO-Kalibrierung  
demnach nicht sowieso  
egal?

Nein!



# Problematische Spezifikation



Es ist zu beachten, dass die MU nicht größer sein sollte als die zulässige Abweichung. Eine Konformitätsaussage kann zwar noch erfolgen, ist aber nicht wirklich sinnvoll.

# Tolerance Uncertainty Ratio - TUR

- Verhältnis der Toleranz zur Gesamtmessunsicherheit der Kalibrierung:

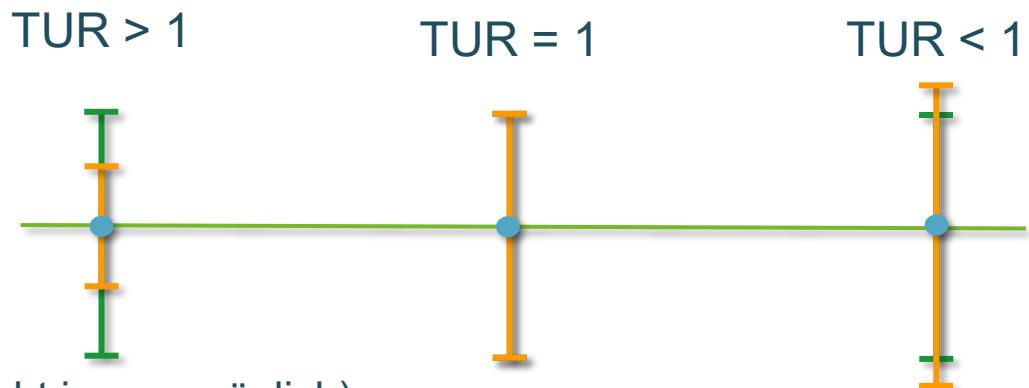
$$\text{TUR} = \frac{\text{Toleranz bzw. zulässige Abweichung}}{U_{\text{Gesamt}}}$$

- Optimal:  $\text{TUR} \geq 4$

→ Sichere Konformitätsaussage möglich

- Bei  $\text{TUR} < 2$ :

Wahl eines anderen Messverfahrens empfohlen (ist nicht immer möglich)





## KAPITEL 8

AUSBlick AUF DAS LETZTE WEBINAR  
DER REIHE

## Alle Webinare zum Thema Kalibrierung auf einen Blick

Be sure.



- Webinar 1: Grundlagen der Kalibrierung
- Webinar 2: Methoden der Kalibrierung und das Kalibrierzertifikat
- Webinar 3: Grundlagen Messunsicherheit und Konformitätsbewertung
- Live-Webinar 4: Grundlagen Prüfmittelmanagement und  
Messstellenrisikoanalyse nach GAMP  
**am 18. November, 15:00 – 16:00 Uhr**



Alle Infos unter: [www.testotis.de/know-how/webinare](http://www.testotis.de/know-how/webinare)

IHR DIREKTER KONTAKT ZU UNS

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



LinkedIn:  
Mario Meister



**Mario Meister**  
Leiter GxP Services

Tel.: +49 151 52718800  
E-Mail: MMeister@testotis.de



LinkedIn:  
Testo Industrial Services