

MEHR SERVICE, MEHR SICHERHEIT.

Eignung von Prüfmittel und Prozessfähigkeit: Darf ich meine Messgeräte einsetzen?

04.10.2022

www.testotis.de

Warum lasse ich meine Prüfmittel kalibrieren?

Weil es der Auditor verlangt

Um die Genauigkeit eines Messgerätes zu verbessern

Gute Frage? Ich frage mal das Kalibrierlabor...

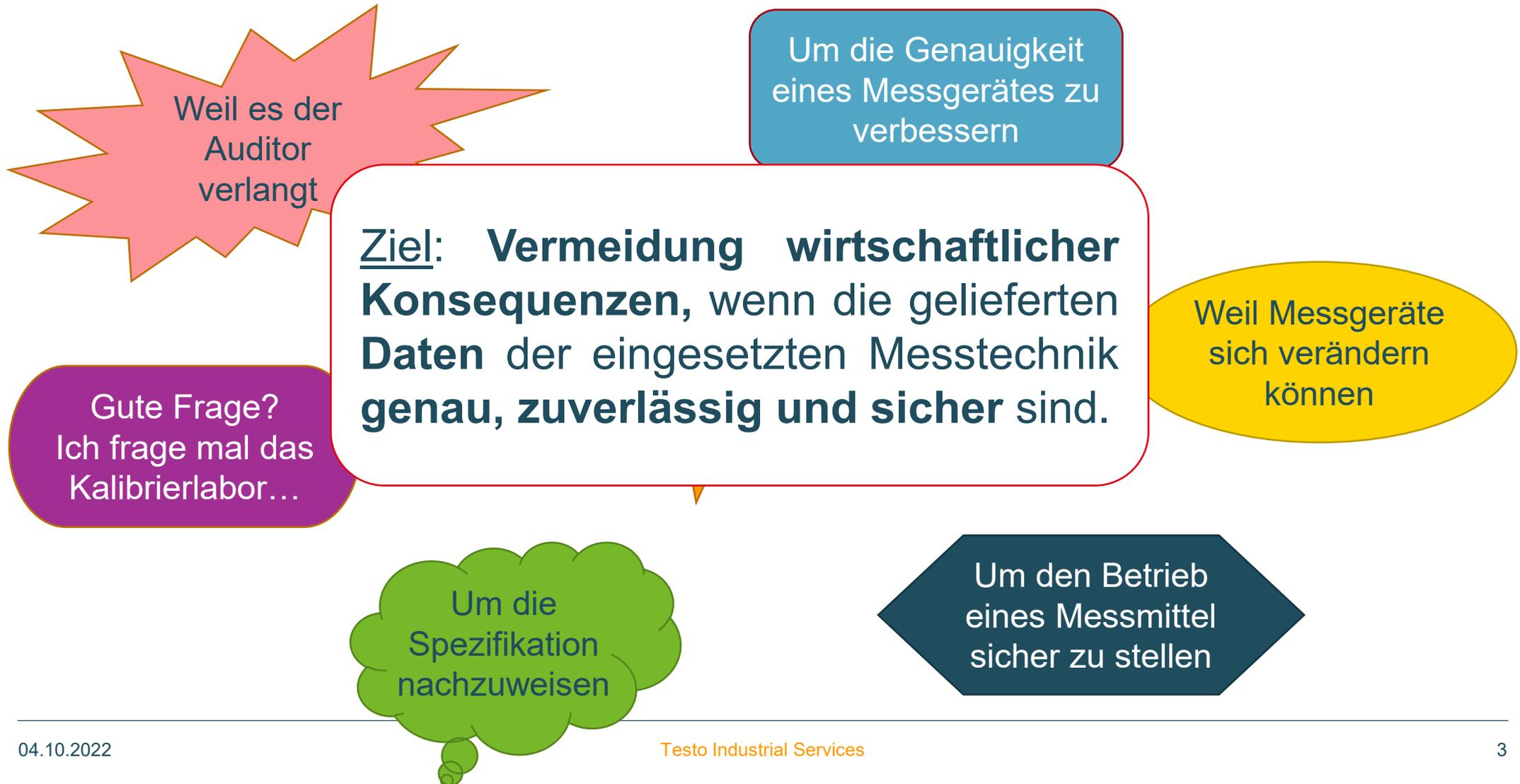
Vertrauen in die Ergebnisse

Weil Messgeräte sich verändern können

Um die Spezifikation nachzuweisen

Um den Betrieb eines Messmittel sicher zu stellen

Warum lasse ich meine Prüfmittel kalibrieren?



Regulatorische Anforderungen an den Betrieb von Messmittel

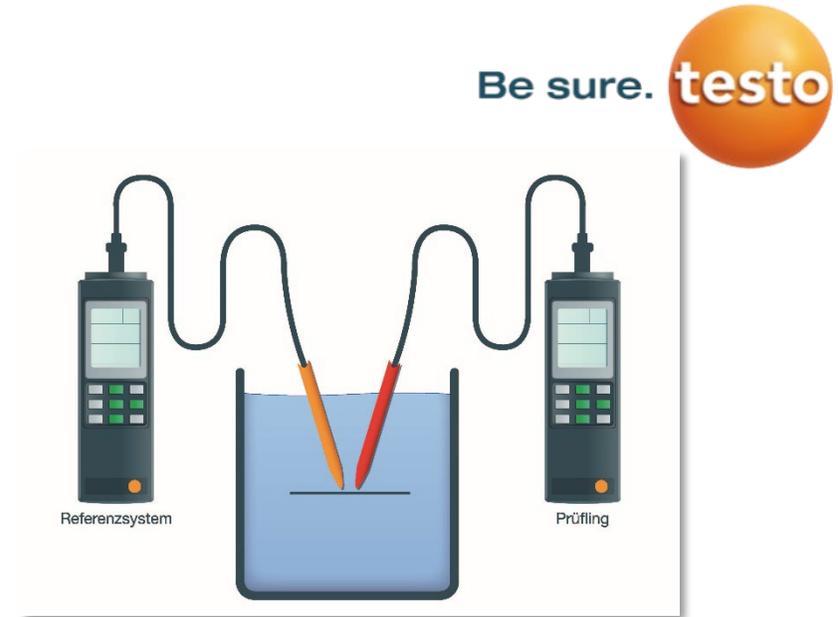


Norm	Aussagen zur Kalibrierung und Eignung von Messmitteln
DIN EN ISO 9001:2015 IATF 16949:2016	<p><u>Kap 7.1.5</u> Die Organisation muss sicherstellen, dass die bereitgestellten Ressourcen:</p> <p>a) für die jeweilige Art der unternommenen Überwachungs- und Messtätigkeiten geeignet sind; (...) Wenn die messtechnische Rückführbarkeit eine Anforderung darstellt, (..), muss das Messmittel:</p> <p>b) in bestimmten Abständen oder vor der Anwendung gegen Normale kalibriert, verifiziert oder beides werden, die auf internationale oder nationale Normale rückgeführt sind</p>
EU-GMP-Leitfaden Teil I: 2015	<p><u>Kap 3.40</u> Für Produktions- und Kontrollzwecke sollten im geeigneten Wäge- und Messbereich und mit der erforderlichen Genauigkeit arbeitende Waagen und Messgeräte zur Verfügung stehen.</p> <p><u>Kap 3.41</u> Die Mess-, Wäge-, Aufzeichnungs- und Kontrollausrüstung solte kalibriert sein und in bestimmten Abständen mit geeigneten Methoden überprüft werden.</p>
21 CFR part 211.68	<p><u>§820.72</u> Automatic, mechanical, or electronic equipment [...] may be used in the manufacture, processing, packing, and holding of a drug product. If such equipment is so used, it shall be routinely calibrated, inspected, or checked according to a written program designed to assure proper performance”</p>
DIN EN ISO 13485:2021	<p><u>Kap 7.6</u> „Die Organisation muss (...) sicherherstellen, dass Überwachungen und Messungen (...) in einer Weise durchgeführt werden, die mit den Anforderungen an die Überwachung und Messung vereinbar ist.“</p> <p>„Soweit zur Sicherstellung gültiger Ergebnisse erforderlich, müssen die Messmittel:</p> <p>(a) in festgelegten Abständen von Messnormalen, die auf internationale oder nationale Messnormale zurückgeführt werden können, kalibriert werden“</p>

Regulatorische Anforderungen

Regelmäßige Kalibrierung (immer)

- Kalibrierung: Herstellen einer Beziehung zu des Messwerten eines höheren Normals
- Ergebnis: Messabweichung und Messunsicherheit



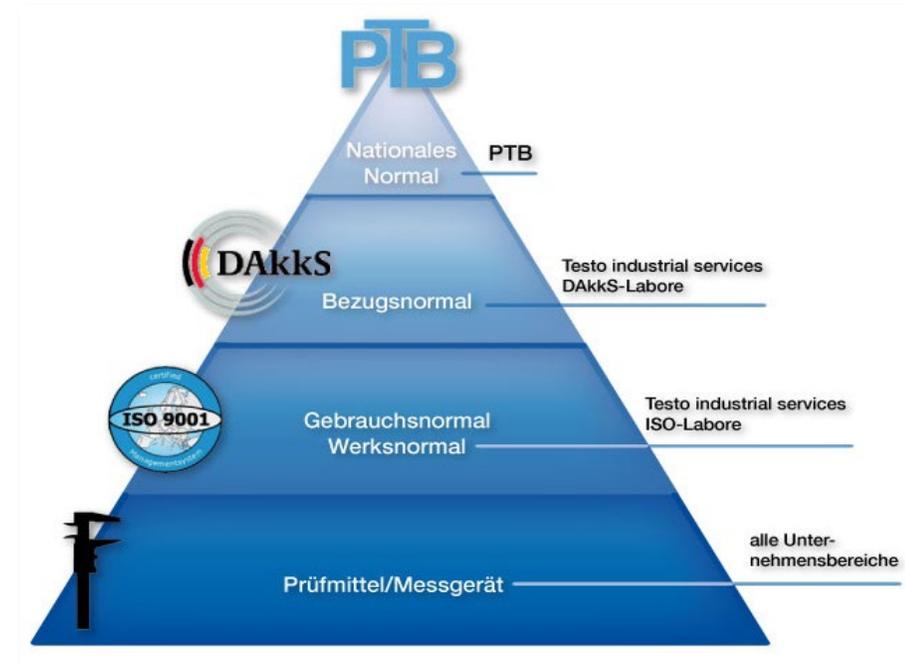
Regulatorische Anforderungen

Regelmäßige Kalibrierung (immer)

- Kalibrierung: Herstellen einer Beziehung zu des Messwerten eines höheren Normals
- Ergebnis: Messabweichung und Messunsicherheit

Metrologischer Rückführungsnachweis (teilweise)

- Definition: Messergebnisse lassen sich auf die SI-Einheiten über die Kalibrierhierarchie beziehen
- „DAkkS-Kalibrierung“ → Rückführungsnachweis gewährleistet
- „Werks-/ISO-Kalibrierung“ → kein implizierter Nachweis



Regulatorische Anforderungen

Regelmäßige Kalibrierung (immer)

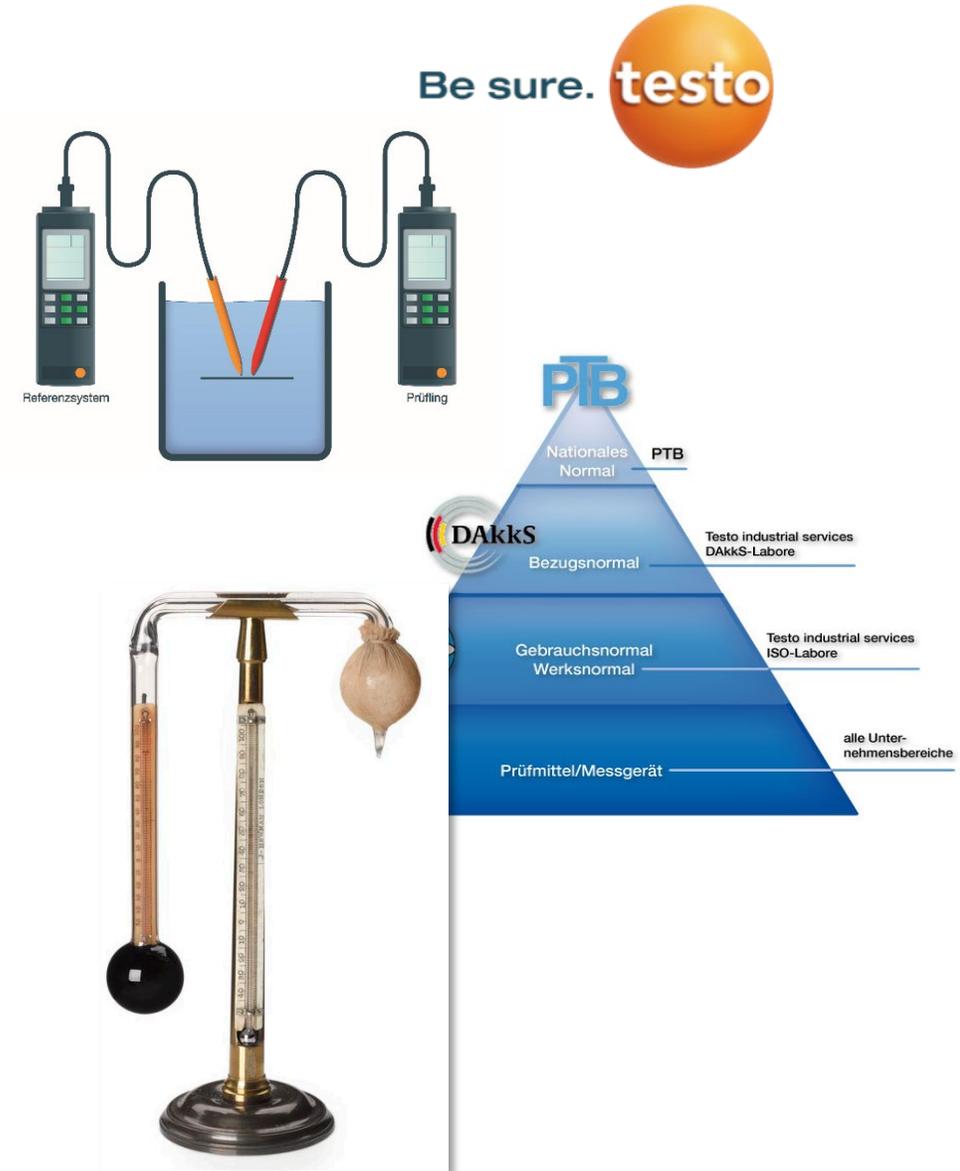
- Kalibrierung: Herstellen einer Beziehung zu des Messwerten eines höheren Normals
- Ergebnis: Messabweichung und Messunsicherheit

Metrologischer Rückführungsnachweis (teilweise)

- Definition: Messergebnisse lassen sich auf die SI-Einheiten über die Kalibrierhierarchie beziehen
- „DAkkS-Kalibrierung“ → Rückführungsnachweis gewährleistet
- „Werks-/ISO-Kalibrierung → kein implizierter Nachweis

Nachweis der Eignung des Messsystems für Anwendung (immer)

- Anwendungsbezogener Messbereich, Grenzwerte, Messsystemanalyse und Messunsicherheit
- Probeneinfluss, Bedienerinfluss und Umweltbedingungen



Regulatorische Anforderungen



Regelmäßige Kalibrierung (immer)

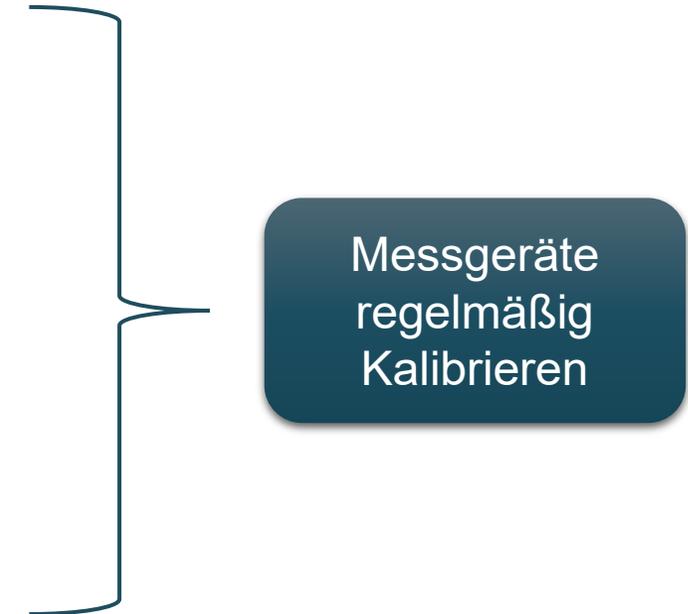
- Kalibrierung: Herstellen einer Beziehung zu des Messwerten eines höheren Normals
- Ergebnis: Messabweichung und Messunsicherheit

Metrologischer Rückführungsnachweis (teilweise)

- Definition: Messergebnisse lassen sich auf die SI-Einheiten über die Kalibrierhierarchie beziehen
- „DAkkS-Kalibrierung“ → Rückführungsnachweis gewährleistet
- „Werks-/ISO-Kalibrierung“ → kein implizierter Nachweis

Nachweis der Eignung des Messsystems für Anwendung (immer)

- Anwendungsbezogener Messbereich, Grenzwerte, Messsystemanalyse und Messunsicherheit
- Probeneinfluss, Bedienerinfluss und Umweltbedingungen



Nachweis messtechnischer Eignung



Nachweis der Fähigkeit, dass eine **Messeinrichtung am Einsatzort** ein Qualitätsmerkmal mit **hinreichend geringer systematischer Messabweichung und Messwertstreuung** (jeweils bezogen auf die **Merkmaltoleranz**) messen kann

- ▶ Erfordert die Bewertung der Eignung von...
 - **Messsystem MS**
 - Kombination aus Messgeräten, die die Informationen liefern, um Messwerte zu erhalten
 - **Messprozess MP**
 - Zusammenspiel zusammenhängender Messmittel, Aktivitäten und Einflüsse, die eine Messung erzeugen

...in Bezug auf festgelegte Anforderungen eines Merkmalswertes



Nachweis messtechnischer Eignung

- ▶ Welche Bewertungsmethoden gibt es?
 - MSA Messsystemanalyse
 - Analyse Messsystem, Prozessstreuung, Bedienerinfluss
 - Aber keine Berücksichtigung der Kalibrierunsicherheit und Einflüsse wie Temperatur
 - Fähigkeitsuntersuchung nach ISO 22514-7
 - GUM basierte Messsystem- und Prüfprozesseignung
 - Grundlage: Berechnung der **Messunsicherheit**

VDA | QMC
Qualitäts Management Center
im Verband der Automobilindustrie

5

sure. testo

Qualitätsmanag
Mess- u
Eignung, Planung u

Measurement Systems Analysis
MSA
Fourth Edition

DEUTSCHE NORM *Entwurf* Juni 2020

DIN ISO 22514-7 **DIN**

ICS 03.120.30 Eintritte bis 2020-07-22

Entwurf

Statistische Verfahren im Prozessmanagement –
Fähigkeit und Leistung –
Teil 7: Fähigkeit von Messprozessen (ISO/DIS 22514-7:2020);
Text Deutsch und English

Statistical methods in process
Capability and performance –
Part 7: Capability of measure
Text in German and English

Méthodes statistiques dans le
Aptitude et performance –
Partie 7: Aptitude des proces
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk
Dieser Norm-Entwurf mit Ersche
lungnahme vorgelagt.
Weil die beabsichtigte Norm von
Entwurfs besonders zu vereinbare
Stellungnahmen werden erbeten
– vorzugsweise online im Norm-
Entwürfe der DIN auch im No
sofern dort wiedergegeben:
– oder als Datei per E-Mail an mo
im Internet unter www.din.de
Entwürfen der DIN unter www.din.de
– oder in Papierform an den Di
grundlagen (NQSZ), 10772 Ber
Die Empfänger dieses Norm-Entw
rechte, die sie kennen, mitzuteilen

3., überarbeitete A

DIN-Normenausschuss Qu

Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe | Technische Statistik
10. Fähigkeit von
Mess- und Prüfprozessen

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist in
weicher Form und weichen Verfahrn.
Abdruck der Normen durch Berechtigte Gebl

04.10.2022

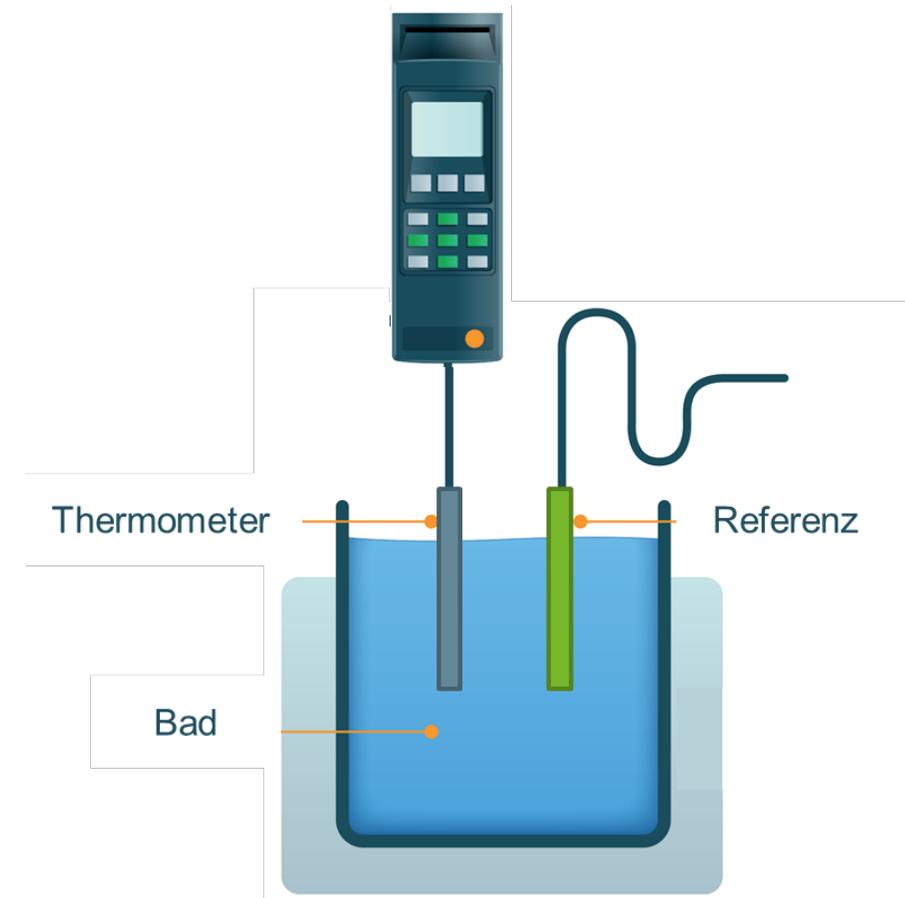
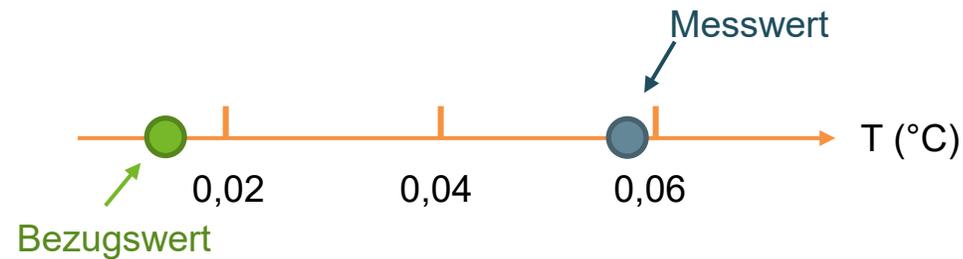
Testo Industrial Services

BOSCH
Technik fürs Leben

Messunsicherheit mit einer Folie erklärt

Temperaturkalibrierung im Thermostat bei 0°C

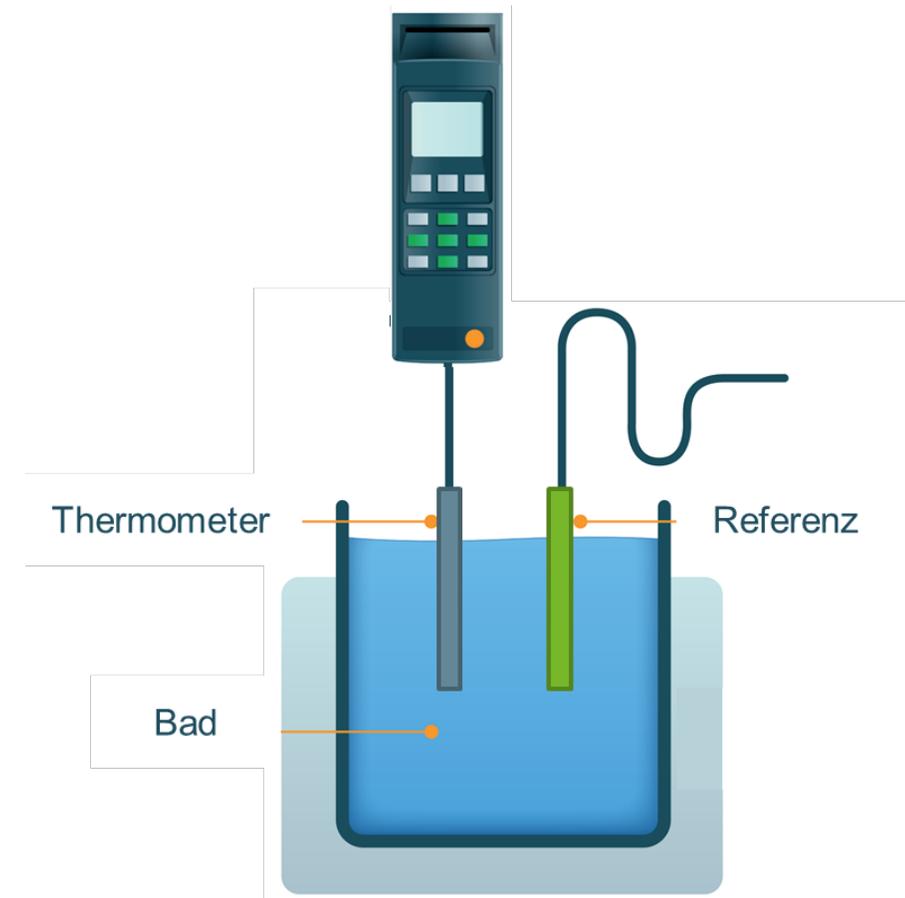
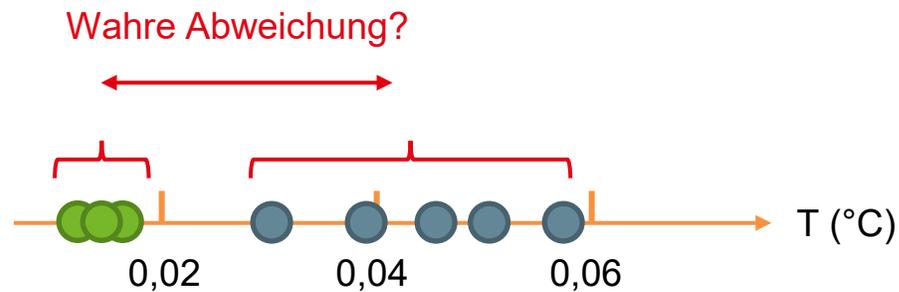
- Was ist die **wahre Abweichung** meines Messgerätes?



Messunsicherheit mit einer Folie erklärt

Temperaturkalibrierung im Thermostat bei 0°C

- Was ist die **wahre Abweichung** meines Messgerätes?

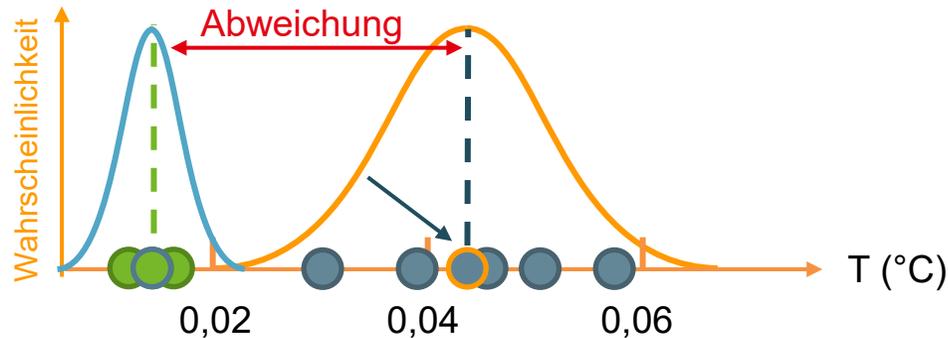


Messunsicherheit mit einer Folie erklärt

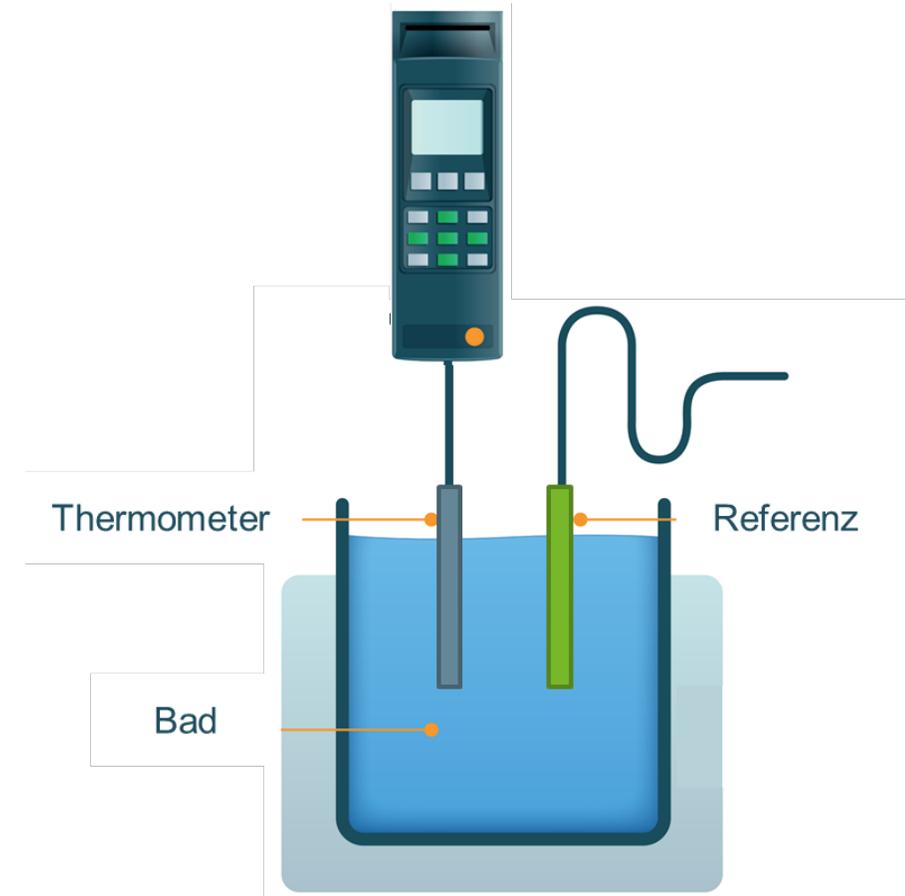


Temperaturkalibrierung im Thermostat bei 0°C

- ▶ Was ist die **wahre Abweichung** meines Messgerätes?
- ▶ Es sind nur **Schätzungen** möglich!



- ▶ Arithmetisches Mittel → **bester Schätzwert** der Messabweichung
- ▶ Kombination der Verteilungsfunktionen → Messunsicherheit

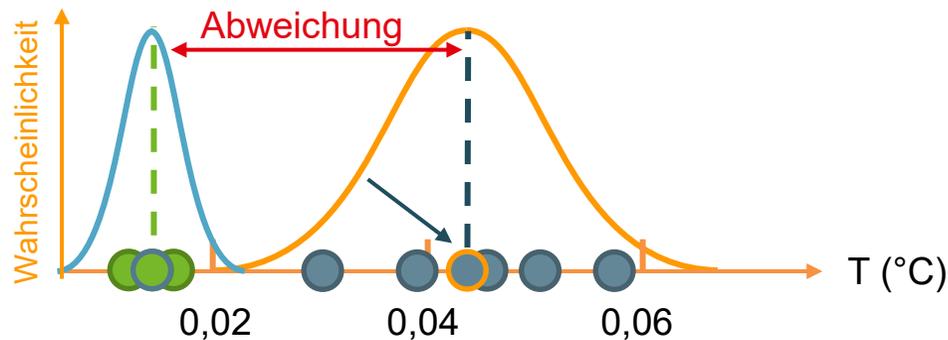


Messunsicherheit mit einer Folie erklärt



Temperaturkalibrierung im Thermostat bei 0°C

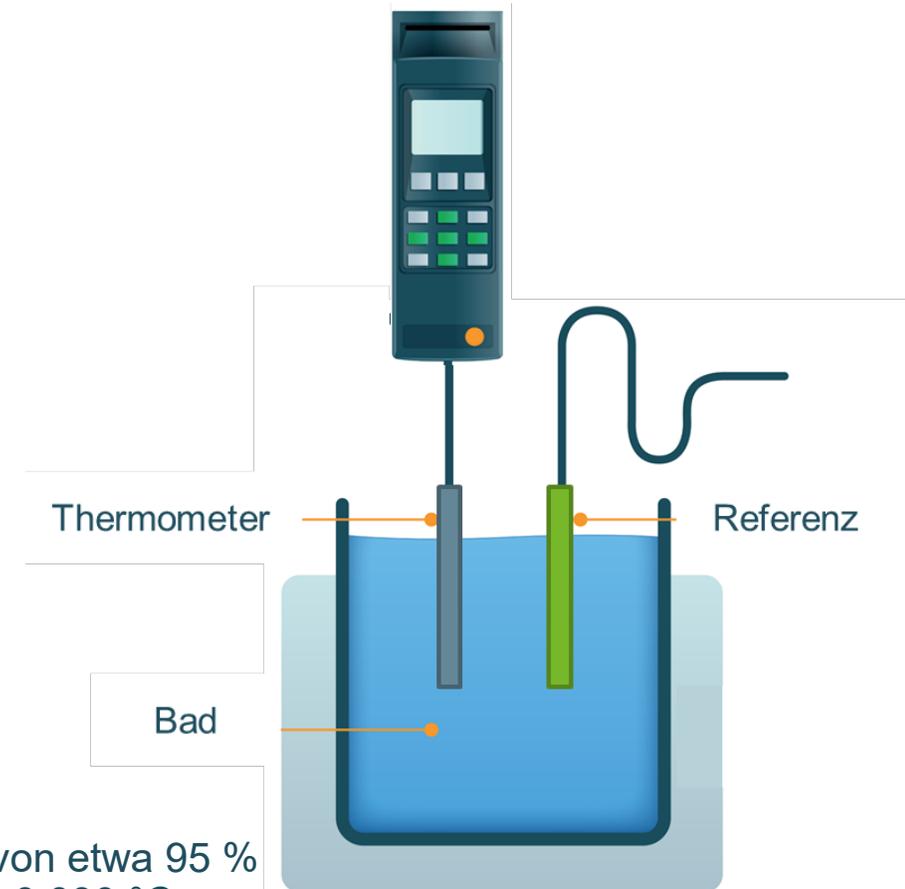
- ▶ Was ist die **wahre Abweichung** meines Messgerätes?
- ▶ Es sind nur **Schätzungen** möglich!



- ▶ Arithmetisches Mittel → **besten Schätzwert** der Messabweichung
- ▶ Kombination der Verteilungsfunktionen → Messunsicherheit

- ▶ Beispiel $\Delta T = 0,030 \text{ °C} \pm 0,020 \text{ °C}$

Die wahre gemessene Abweichung liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 95 % in einem Werteintervall von $\pm 0,020 \text{ °C}$ um den besten Schätzwert von $0,030 \text{ °C}$

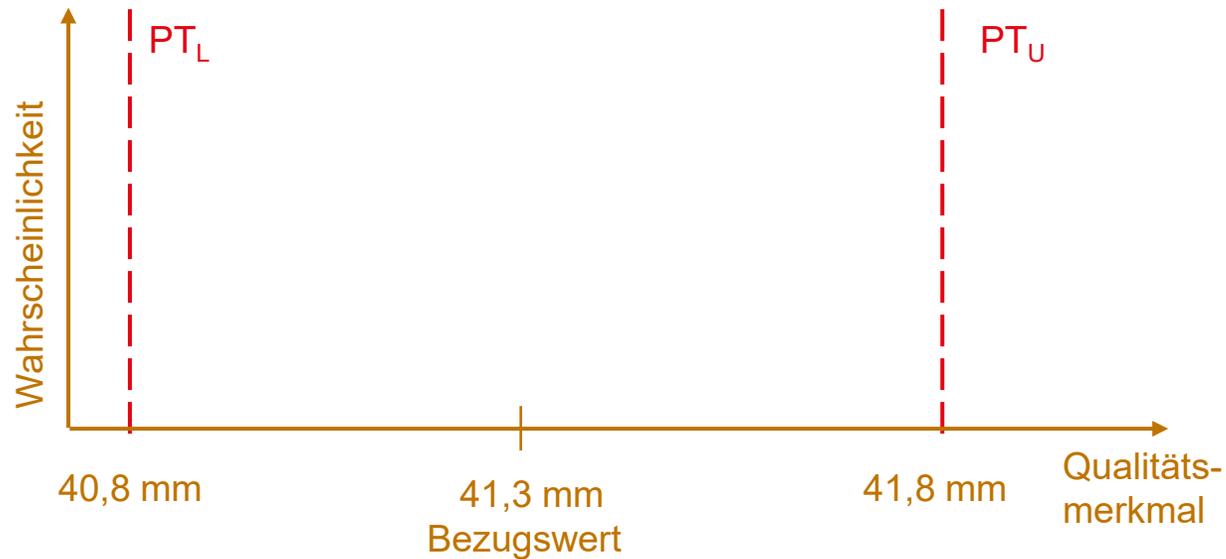


Ablauf messtechnische Eignung



Messprozess: Chargenprüfung von Produktionsbauteilen - Einhaltung Längenmaß $41,3 \pm 0,5$ mm mit einem Messschieber

1. Festlegung Erwartungswertes und Prozesstoleranz

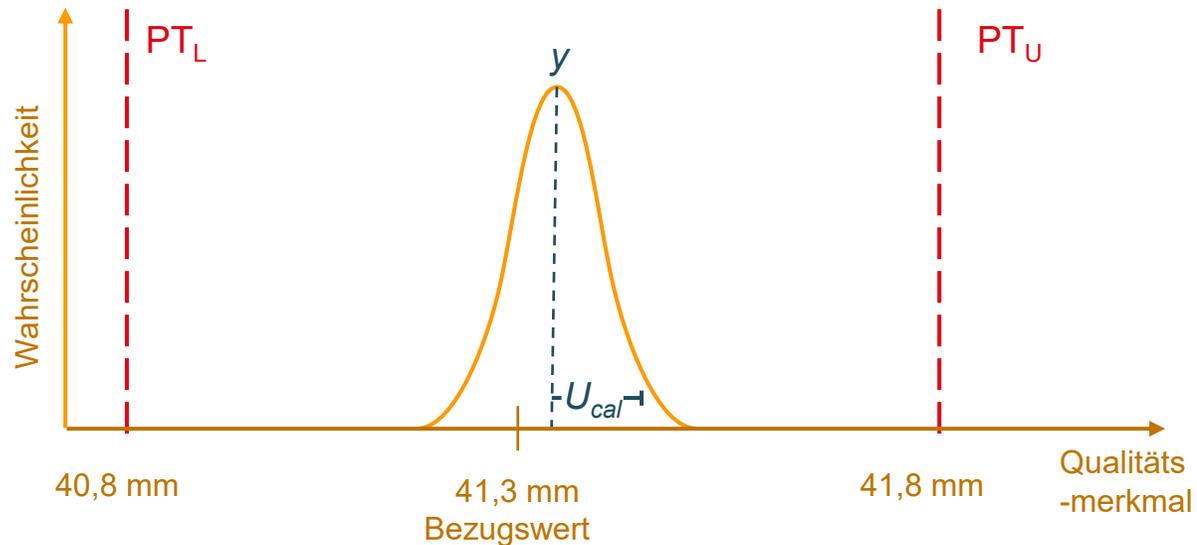


Ablauf messtechnische Eignung



Messprozess: Chargenprüfung von Produktionsbauteilen - Einhaltung Längenmaß $41,3 \pm 0,5$ mm mit einem Messschieber

- Kalibrierlabor: Vergleich mit kalibriertem Referenznormal



1. Festlegung Erwartungswertes und Prozesstoleranz
2. **Kalibrierung Messschieber**
 - Messabweichung und Messunsicherheit unter Laborbedingungen

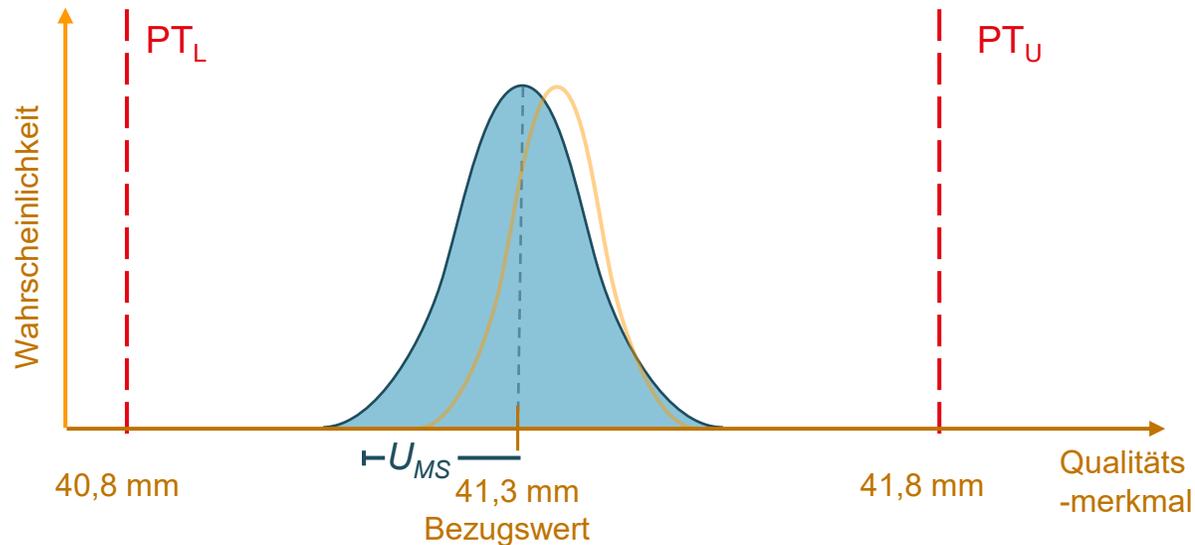


Ablauf messtechnische Eignung



Messprozess: Chargenprüfung von Produktionsbauteilen - Einhaltung Längenmaß $41,3 \pm 0,5$ mm mit einem Messschieber

- Werksintern: Vergleich mit Werksbezugsnormalen



1. Festlegung Erwartungswertes und Prozesstoleranz
2. Kalibrierung Messschieber
3. **Ermittlung und Bewertung der Messsystemfähigkeit**

- $Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$

- $U_{MS} = 2 \sqrt{u_{cal}^2 + u_{bi}^2 + u_{lin}^2 + u_{evr}^2 + \dots}$

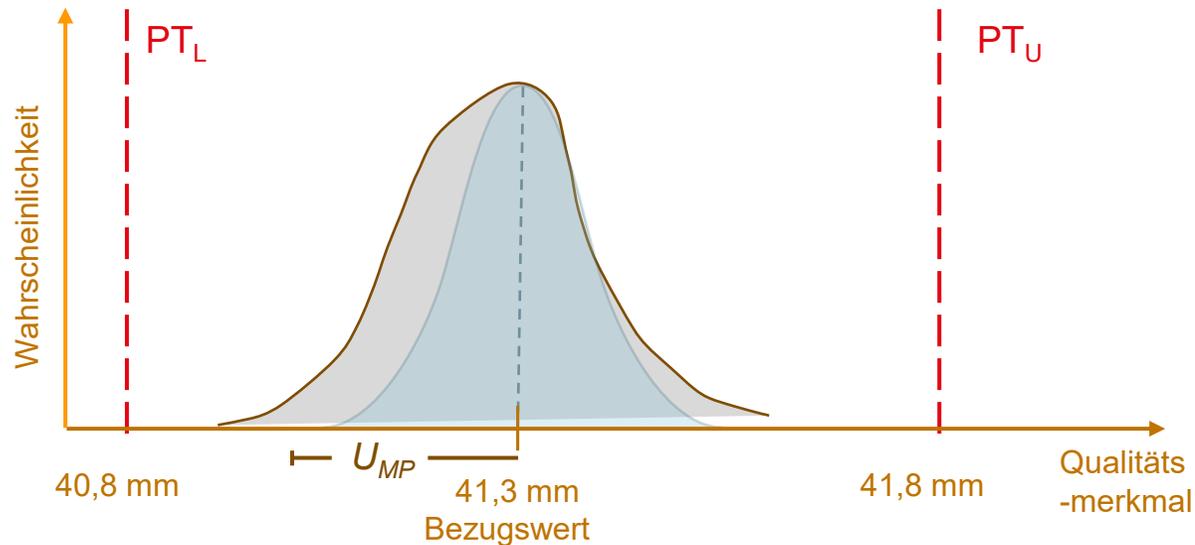
Neben der Kalibrierunsicherheit zu berücksichtigen:

- Systematische Abweichung, Wiederholbarkeit, Linearität

Ablauf messtechnische Eignung

Messprozess: Chargenprüfung von Produktionsbauteilen - Einhaltung Längenmaß $41,3 \pm 0,5$ mm mit einem Messschieber

- Werksintern: Vergleich an idealen Produktionsbauteilen (golden devices)



1. Festlegung Erwartungswertes und Prozesstoleranz
2. Kalibrierung
3. Ermittlung und Bewertung der Messsystemfähigkeit
4. **Ermittlung und Bewertung der Messprozessfähigkeit**

- $Q_{MP} = \frac{2 U_{MP}}{PT_U - PT_L} < 0,3$

- $U_{MP} = 2 \sqrt{u_{MS}^2 + u_{evo}^2 + u_{av}^2 + u_{gv}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2 + u_{obj}^2 \dots}$

Neben der Messsystemunsicherheit U_{MS} zu berücksichtigen:

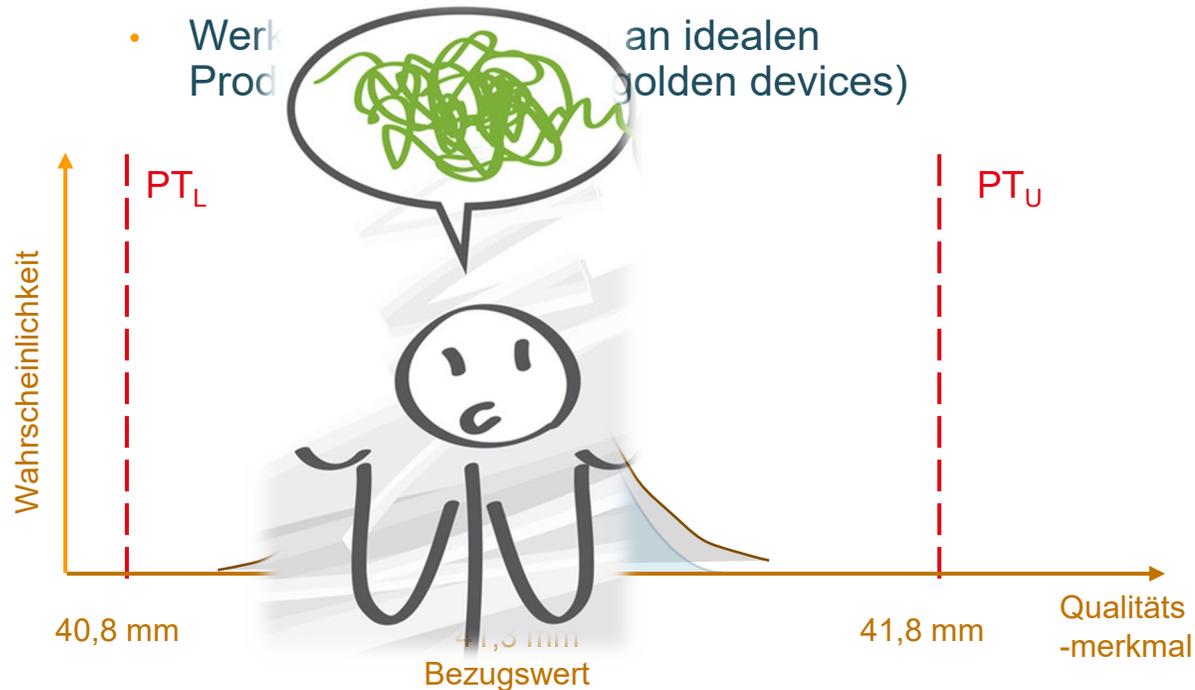
- Wiederholbarkeit, Bedienerinfluss, Vergleichspräzision, Stabilität, Temperatur, Inhomogenität Messobjekt

Ablauf messtechnische Eignung



Messprozess: Chargenprüfung von Produktionsbauteilen - Einhaltung Längenmaß $41,3 \pm 0,5$ mm mit einem Messschieber

- Werk Prod an idealen golden devices)



1. Festlegung Erwartungswertes und Prozesstoleranz
2. Kalibrierung
3. Ermittlung und Bewertung der Messsystemfähigkeit
4. **Ermittlung und Bewertung der Messprozessfähigkeit**

- $Q_{MP} = \frac{2 U_{MP}}{PT_U - PT_L} < 0,3$

- $U_{MP} = 2 \sqrt{u_{MS}^2 + u_{evo}^2 + u_{av}^2 + u_{gv}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2 + u_{obj}^2 \dots}$

Neben der Messsystemunsicherheit U_{MS} zu berücksichtigen:

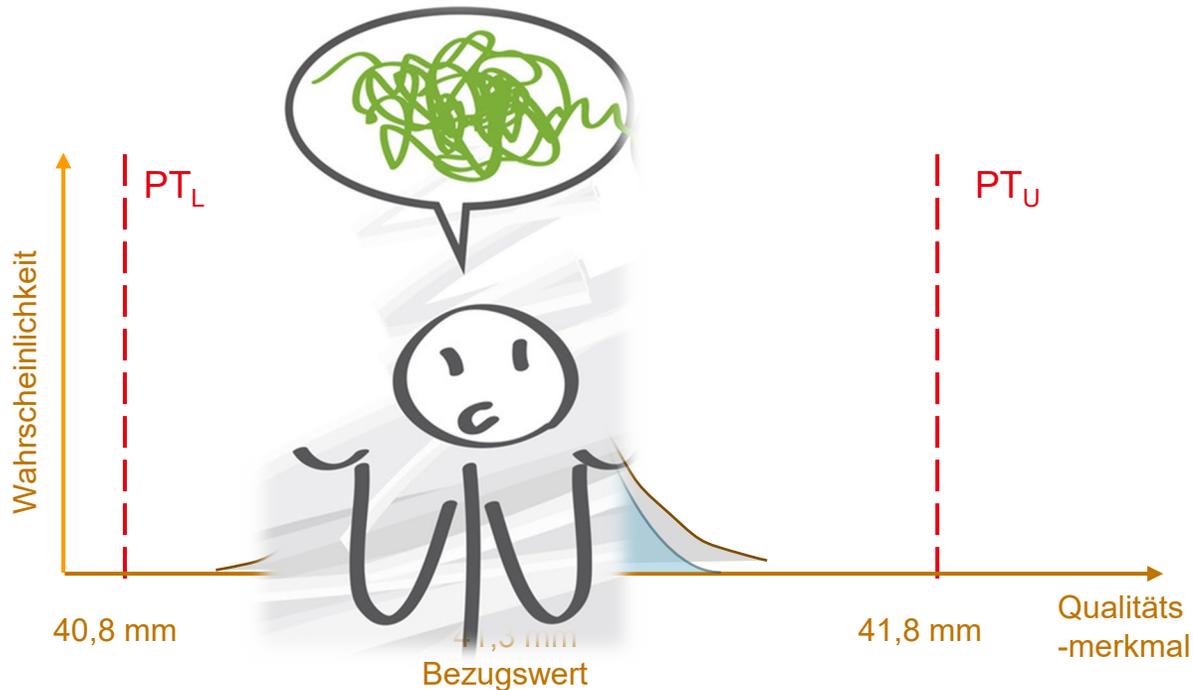
- Wiederholbarkeit, Bedienerinfluss, Vergleichspräzision, Stabilität, Temperatur, Inhomogenität Messobjekt

Ablauf messtechnische Eignung



Messprozess: Chargenprüfung von Produktionsbauteilen - Einhaltung Längenmaß $41,3 \pm 0,5$ mm mit einem Messschieber

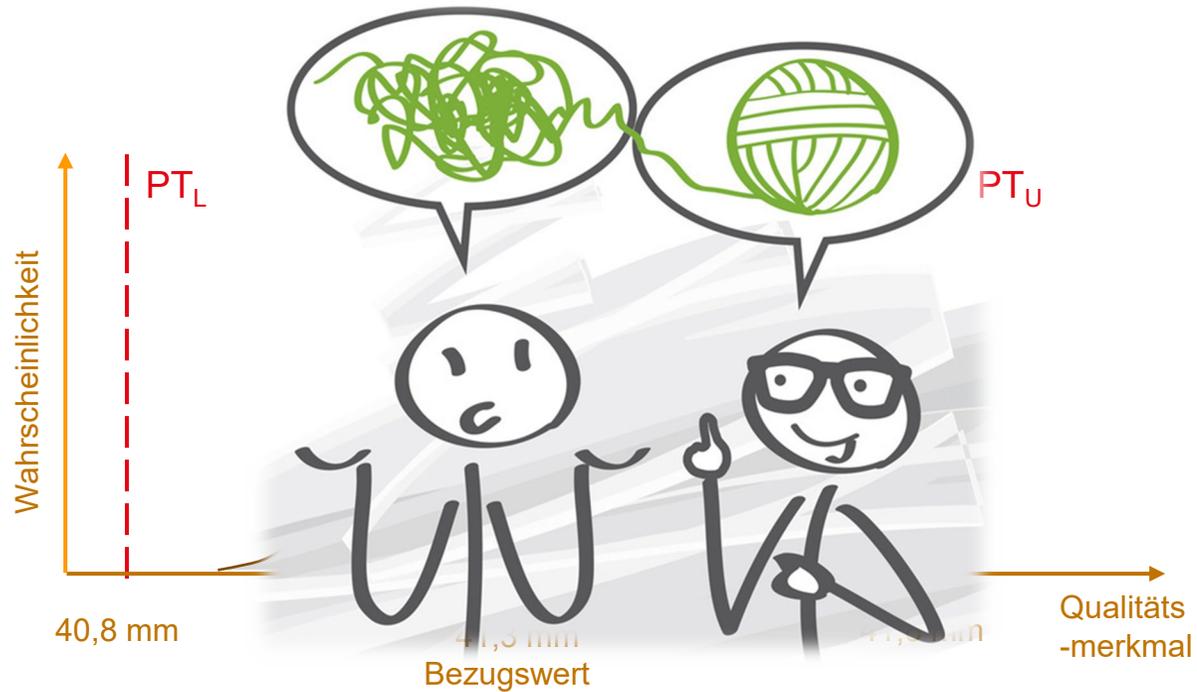
1. Festlegung Erwartungswertes und Prozesstoleranz
2. Kalibrierung
3. Ermittlung und Bewertung der Messsystemfähigkeit
4. Ermittlung und Bewertung der Messprozessfähigkeit



Was von Ihnen erwartet wird:

- ▶ Notwendiges Know-How
 - GUM
 - Statistische Methoden
 - Normen und Literatur
- ▶ Umfangreiche Messreihen notwendig
- ▶ Bei Rekalibrierung und Neugeräten müssen die Bewertungen erneut durchgeführt werden

Ablauf messtechnische Eignung



Wie können wir Sie als Kalibrierlabor unterstützen?

- ▶ Abnahme der Bewertung der Messsystemfähigkeit MS (nahezu vollständig)
- ▶ Aufzeigen eines „schlanken“ Weges zur Bewertung der Messprozessfähigkeit MP
- ▶ **Weniger interne Aufwände und hohe Qualität der Messprozesse**

Messsystemfähigkeit

Bewertung Messsystemfähigkeit MS

$$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$$

$$U_{MS} = 2 \sqrt{u_{cal}^2 + u_{bi}^2 + u_{lin}^2 + u_{evr}^2 + \dots}$$

- ▶ Wesentliche Beiträge bereits bei Kalibrierung berücksichtigt

Beitrag	Symbol
Kalibrierung	u_{cal}
Messabweichung	u_{bi}
Linearitätsabweichung	u_{lin}
Wiederholpräzision	u_{evr}
Auflösung	u_{re}

Messsystemfähigkeit



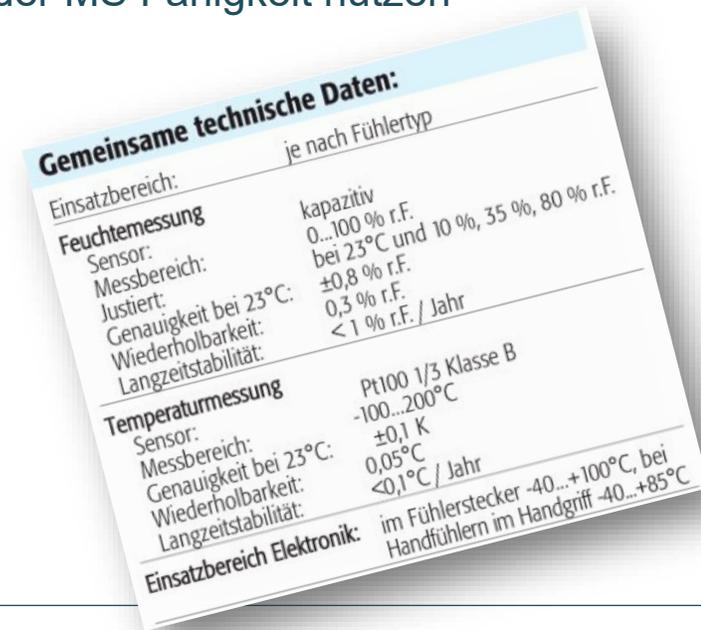
Bewertung Messsystemfähigkeit MS

$$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$$

$$U_{MS} = 2 \sqrt{u_{cal}^2 + u_{bi}^2 + u_{lin}^2 + u_{evr}^2 + \dots}$$

Beitrag	Symbol
Kalibrierung	u_{cal}
Messabweichung	u_{bi}
Linearitätsabweichung	u_{lin}
Wiederholpräzision	u_{evr}
Auflösung	u_{re}

- ▶ Wesentliche Beiträge bereits bei Kalibrierung berücksichtigt
- ▶ Hersteller kennen Ihre Geräte!
- ▶ Herstellertoleranz ($HT_U - HT_L$) berücksichtigt bereits mögliche Einflussgrößen
- ▶ **Sichere Einhaltung** Herstellertoleranz zum Nachweis der MS Fähigkeit nutzen



Messsystemfähigkeit



Bewertung Messsystemfähigkeit MS

$$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$$

$$U_{MS} = 2 \sqrt{u_{cal}^2 + u_{bi}^2 + u_{lin}^2 + u_{evr}^2 + \dots}$$

Beitrag	Symbol
Kalibrierung	u_{cal}
Messabweichung	u_{bi}
Linearitätsabweichung	u_{lin}
Wiederholpräzision	u_{evr}
Auflösung	u_{re}

- ▶ Wesentliche Beiträge bereits bei Kalibrierung berücksichtigt
- ▶ Hersteller kennen Ihre Geräte!
- ▶ Herstellertoleranz ($HT_U - HT_L$) berücksichtigt bereits mögliche Einflussgrößen
- ▶ **Sichere Einhaltung** Herstellertoleranz zum Nachweis der MS Fähigkeit nutzen



Messsystemfähigkeit



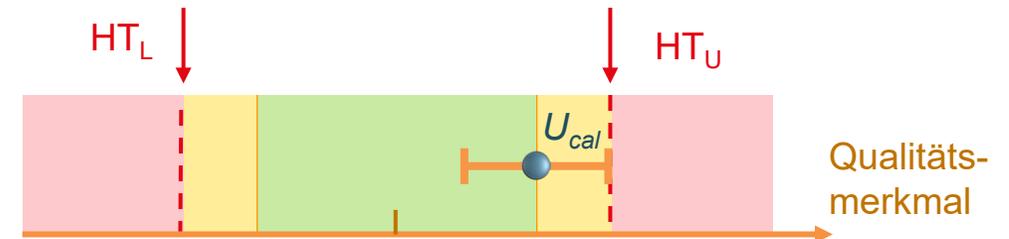
Bewertung Messsystemfähigkeit MS

$$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$$

$$U_{MS} = 2 \sqrt{u_{cal}^2 + u_{bi}^2 + u_{lin}^2 + u_{evr}^2 + \dots}$$

Beitrag	Symbol
Kalibrierung	u_{cal}
Messabweichung	u_{bi}
Linearitätsabweichung	u_{lin}
Wiederholpräzision	u_{evr}
Auflösung	u_{re}

- ▶ Wesentliche Beiträge bereits bei Kalibrierung berücksichtigt
- ▶ Hersteller kennen Ihre Geräte!
- ▶ Herstellertoleranz ($HT_U - HT_L$) berücksichtigt bereits mögliche Einflussgrößen
- ▶ **Sichere Einhaltung** Herstellertoleranz zum Nachweis der MS Fähigkeit nutzen
 - Messwert und Messunsicherheit innerhalb der Herstellertoleranz



Messsystemfähigkeit

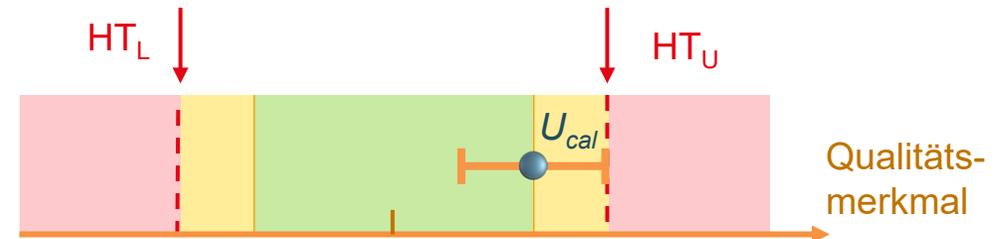


Bewertung Messsystemfähigkeit MS

$$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$$

$$U_{MS} = \frac{HT_U - HT_L}{\sqrt{3}}$$

- ▶ Wesentliche Beiträge bereits bei Kalibrierung berücksichtigt
- ▶ Hersteller kennen Ihre Geräte!
- ▶ Herstellertoleranz ($HT_U - HT_L$) berücksichtigt bereits mögliche Einflussgrößen
- ▶ **Sichere Einhaltung** Herstellertoleranz zum Nachweis der MS Fähigkeit nutzen
 - Messwert und Messunsicherheit innerhalb der Herstellertoleranz



Messsystemfähigkeit



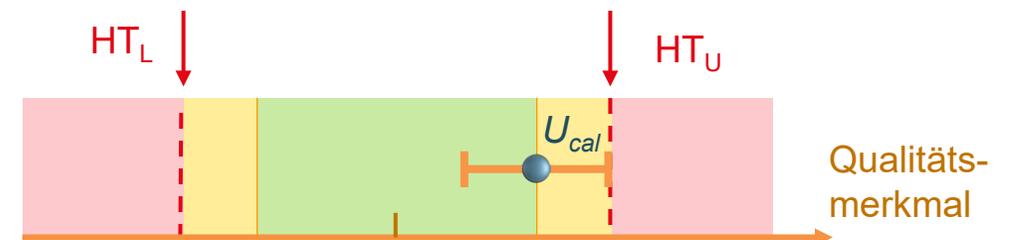
Bewertung Messsystemfähigkeit MS

$$Q_{MS} = \frac{2 U_{MS}}{PT_U - PT_L} < 0,15$$

$$U_{MS} = \frac{HT_U - HT_L}{\sqrt{3}}$$

- ▶ Keinen zusätzlichen Aufwand für Bewertung MS
- ▶ Pass auf Kalibrierschein = MS Eignung
- ▶ Hohe Sicherheit und Qualität aufgrund der Entscheidungsregel Vertrauensniveau 95 / ILAC G8
- ▶ **Herstellertoleranz Faktor 5 besser als Prozesstoleranz**

- ▶ Wesentliche Beiträge bereits bei Kalibrierung berücksichtigt
- ▶ Hersteller kennen Ihre Geräte!
- ▶ Herstellertoleranz ($HT_U - HT_L$) berücksichtigt bereits mögliche Einflussgrößen
- ▶ **Sichere Einhaltung** Herstellertoleranz zum Nachweis der MS Fähigkeit nutzen
 - Messwert und Messunsicherheit innerhalb der Herstellertoleranz



Messprozessfähigkeit



Bewertung Messprozessfähigkeit MP

$$Q_{MP} = \frac{2 U_{PS}}{PT_U - PT_L} < 0,30$$

$$U_{MP} = 2 \sqrt{u_{MS}^2 + u_{av}^2 + u_{evo}^2 + u_{gv}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2 + u_{obj}^2}$$

- ▶ Komplexität reduzieren!
- ▶ Welche Beiträge sind entscheidend?

Beitrag	Symbol
Messsystem	u_{MS}
Bedienereinfluss	u_{av}
Wiederholpräzision	u_{evo}
Vergleichspräzision	u_{gv}
Zeitliche Stabilität	u_{stab}
Temperatureinfluss	u_t
Inhomogenität Messobjekt	u_{obj}
Wechselwirkungen	u_{ia}

Messprozessfähigkeit



Bewertung Messprozessfähigkeit MP

$$Q_{MP} = \frac{2 U_{PS}}{PT_U - PT_L} < 0,30$$

$$U_{MP} = 2 \sqrt{u_{MS}^2 + u_{av}^2 + u_{evo}^2 + u_{gv}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2 + u_{obj}^2}$$

- ▶ Komplexität reduzieren!
- ▶ Welche Beiträge sind entscheidend?
- ▶ Bedienerinfluss: manuell oder automatisiert

Beitrag	Symbol	Relevant?
Messsystem	u_{MS}	✓
Bedienerinfluss	u_{av}	?
Wiederholpräzision	u_{evo}	
Vergleichspräzision	u_{gv}	
Zeitliche Stabilität	u_{stab}	
Temperatureinfluss	u_t	
Inhomogenität Messobjekt	u_{obj}	
Wechselwirkungen	u_{ia}	

Messprozessfähigkeit



Bewertung Messprozessfähigkeit MP

$$Q_{MP} = \frac{2 U_{PS}}{PT_U - PT_L} < 0,30$$

$$U_{MP} = 2 \sqrt{u_{MS}^2 + u_{av}^2 + u_{evo}^2 + u_{gv}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2 + u_{obj}^2}$$

- ▶ Komplexität reduzieren!
- ▶ Welche Beiträge sind entscheidend?
- ▶ Bedienereinfluss: manuell oder automatisiert
- ▶ Wiederhol- und Vergleichspräzision sollten analysiert werden

Beitrag	Symbol	Relevant?
Messsystem	u_{MS}	✓
Bedienereinfluss	u_{av}	?
Wiederholpräzision	u_{evo}	!
Vergleichspräzision	u_{gv}	!
Zeitliche Stabilität	u_{stab}	
Temperatureinfluss	u_t	
Inhomogenität Messobjekt	u_{obj}	
Wechselwirkungen	u_{ia}	

Messprozessfähigkeit



Bewertung Messprozessfähigkeit MP

$$Q_{MP} = \frac{2 U_{PS}}{PT_U - PT_L} < 0,30$$

$$U_{MP} = 2 \sqrt{u_{MS}^2 + u_{av}^2 + u_{evo}^2 + u_{gv}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2 + u_{obj}^2}$$

Beitrag	Symbol	Relevant?
Messsystem	u_{MS}	✓
Bedienereinfluss	u_{av}	?
Wiederholpräzision	u_{evo}	!
Vergleichspräzision	u_{gv}	!
Zeitliche Stabilität	u_{stab}	≈ 0
Temperatureinfluss	u_t	≈ 0
Inhomogenität Messobjekt	u_{obj}	≈ 0
Wechselwirkungen	u_{ia}	≈ 0

- ▶ Komplexität reduzieren!
- ▶ Welche Beiträge sind entscheidend?
- ▶ Bedienereinfluss: manuell oder automatisiert
- ▶ Wiederhol- und Vergleichspräzision sollten analysiert werden
- ▶ Zeitl. Stabilität im MS berücksichtigt; Instabilität im MP meist unwahrscheinlich
- ▶ Temperatureinfluss: Messsystem entspr. Herstellerbedingungen betreiben
- ▶ Inhomogenität Messobjekt + Wechselwirkung Prüfer – Messobjekt meist untergeordnet

Messprozessfähigkeit

Bewertung Messprozessfähigkeit MP

$$Q_{MP} = \frac{2 U_{PS}}{PT_U - PT_L} < 0,30$$

$$U_{MP} = 2 \sqrt{\left(\frac{HT_U - HT_L}{12}\right)^2 + u_{gv}^2 *}$$

- ▶ Ermittlung erweiterte Vergleichspräzision
 - 3 Prüfer
 - 2 Messsysteme
 - Min. 10 Messwerte pro Messreihe

Beitrag	Symbol	Relevant?
Messsystem	u_{MS}	✓
Bedienereinfluss	u_{av}	?
Wiederholpräzision	u_{evo}	!
Vergleichspräzision	u_{gv}	!

} erweiterte Vergleichspräzision u_{gv}^*

Kalibrierunsicherheit der Prüfeinrichtung und die Vergleichspräzision sind oft ausschlaggebend!

Zusammenfassung



- ▶ Messmittel müssen:
 - Kalibriert
 - Metrologisch rückgeführt
 - Für den beabsichtigten Zweck geeignet sein

- ▶ Nachweis der messtechnischen Eignung wird erbracht durch
 - Messsystemfähigkeit
 - Messprozessfähigkeit

- ▶ Vereinfachtes Verfahren für die Prüfprozesseignung in vielen Fällen möglich
 - Messsystemfähigkeit = Konformitätsaussage nach einer Kalibrierung
 - Messprozesseignung unter zusätzlicher Betrachtung der erweiterten Vergleichspräzision

Zusammenfassung

- ▶ Voraussetzungen
 - Herstelltoleranzen müssen als Grenzwert angegeben sein
 - Einhaltung Herstelltoleranz unter Berücksichtigung der Messunsicherheit
 - Messsysteme müssen entspr. Herstellervorgaben betrieben werden
 - Sauberes, gründliches Arbeiten und kompetentes Personal

- ▶ In vielen Messprozessen sind die ausschlaggebenden Beiträge die Kalibrierunsicherheit und die erweiterte Vergleichspräzision

- ▶ Ein Verfahren für verschiedenste Bereiche

- ▶ Bewertung der Prüfprozessfähigkeit ist einfach und trotzdem zuverlässig