

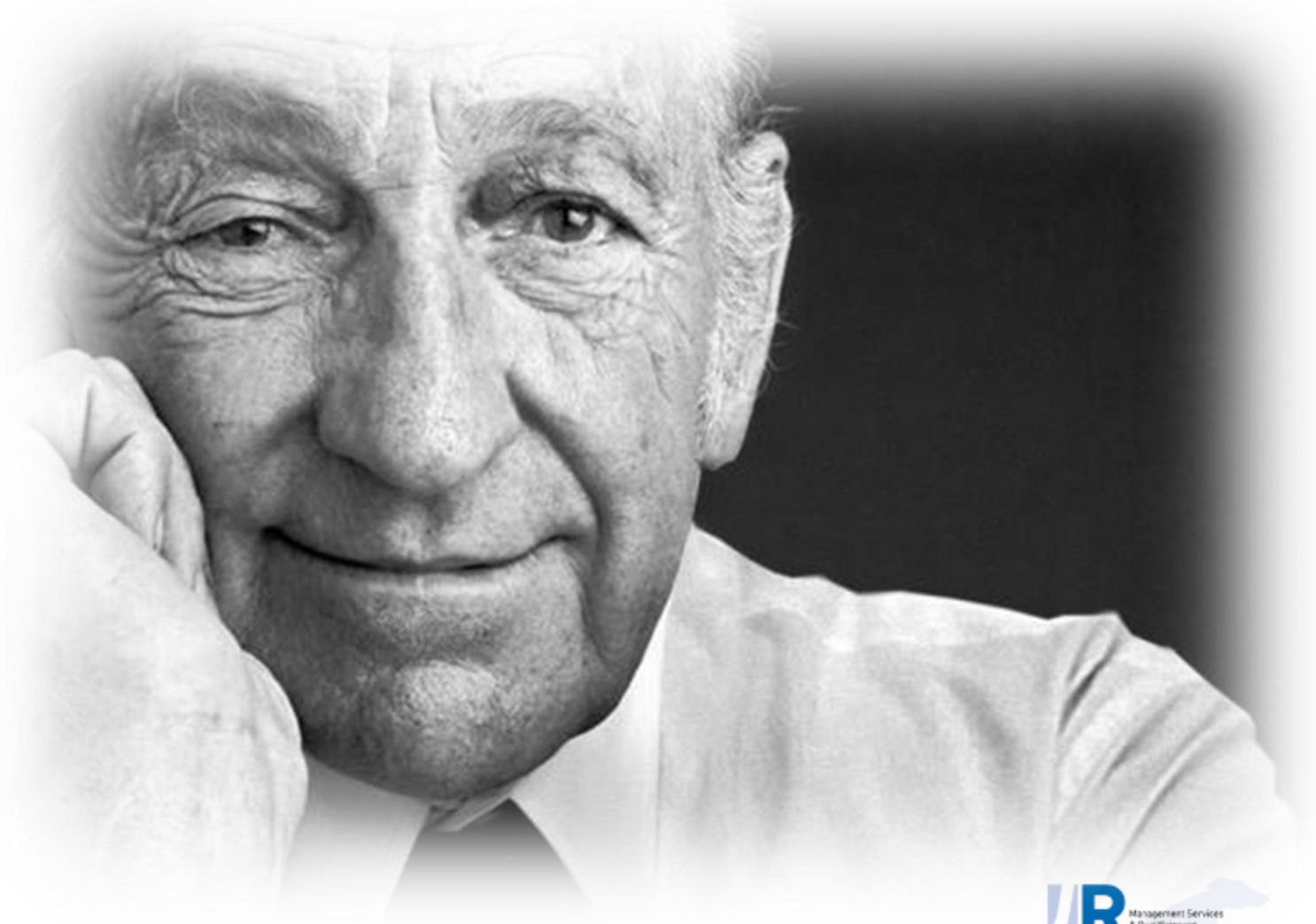
Der Nutzen von Kalibrierergebnissen

Jörg Roggensack

Q-DAYS

Qualität | Austausch | Zukunft

ALLIANZ ARENA MÜNCHEN
06. NOVEMBER 2025



Der Nutzen von Kalibrierergebnissen

Jörg Roggensack

- Metrologische Rückführung – was ist der Nutzen?
- Die Kunst des Kalibrierens
- Das vollständige Kalibrierergebnis
- Der Nutzen von Kalibrierergebnissen

„Man misst eigentlich immer falsch.
Man muss nur wissen, wieviel.“

David Packard (1912 -1996), Mitbegründer von HP

Metrologische Rückführung



„Ein Messergebnis ist nur dann belastbar, wenn seine Herkunft nachvollziehbar ist – von der Messstelle bis zum nationalen Normal. **Diese lückenlose Kette ist die metrologische Rückführung.**“

1792 - 1799

1792 - 1799

1793 Maßeinheit „Meter“ wird definiert:
als der zehnmillionste Teil des **Erdmeridianquadranten**

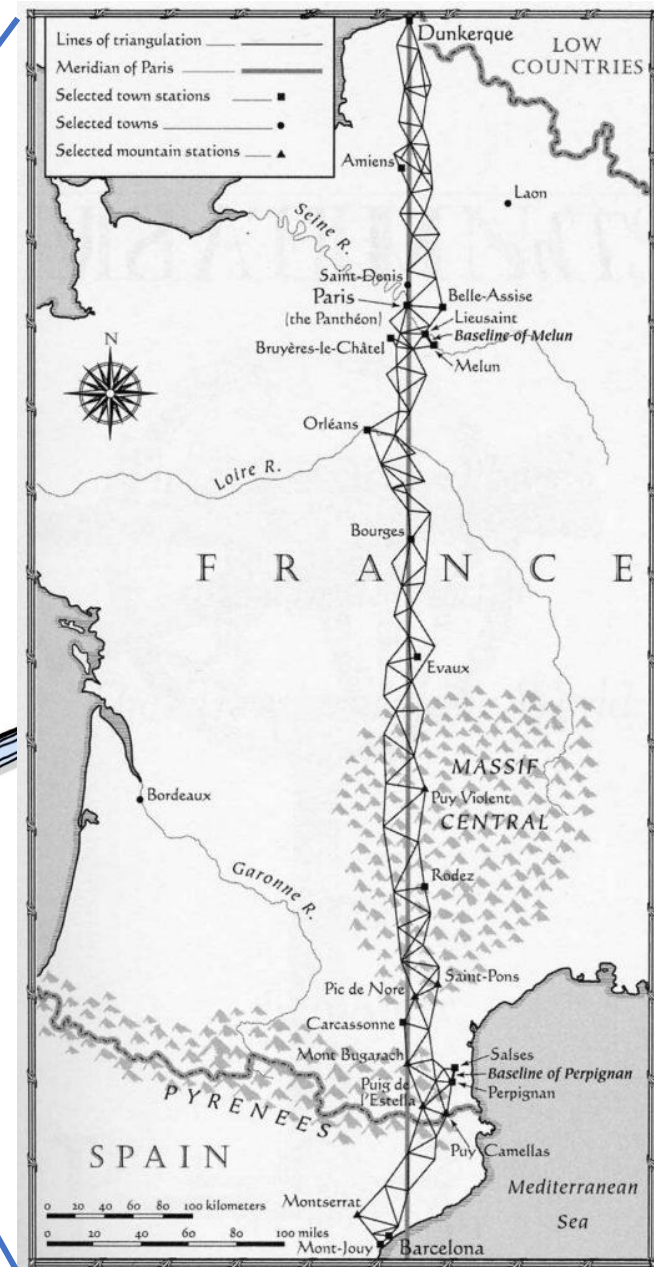
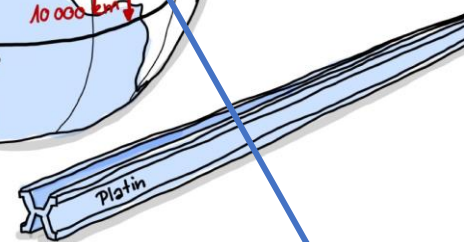
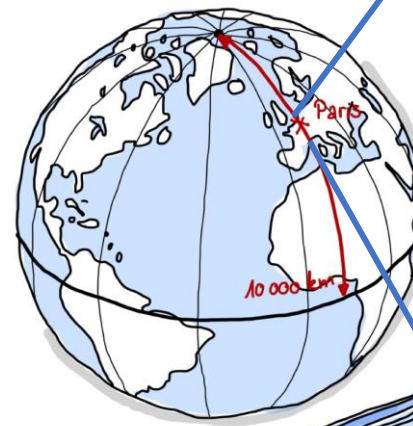
Nachgewiesen durch die Vermessung der
Strecke Dünkirchen - Barcelona

Jean-Baptiste Joseph Delambre

Pierre Méchain



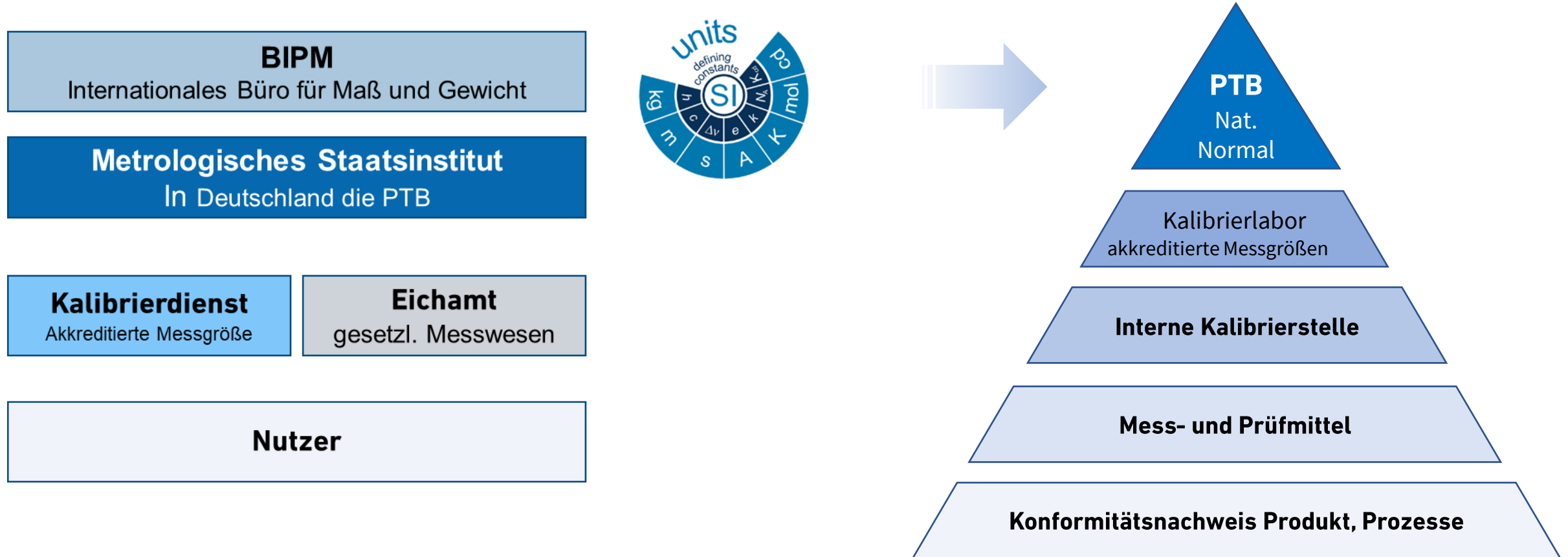
Quelle: ZDF



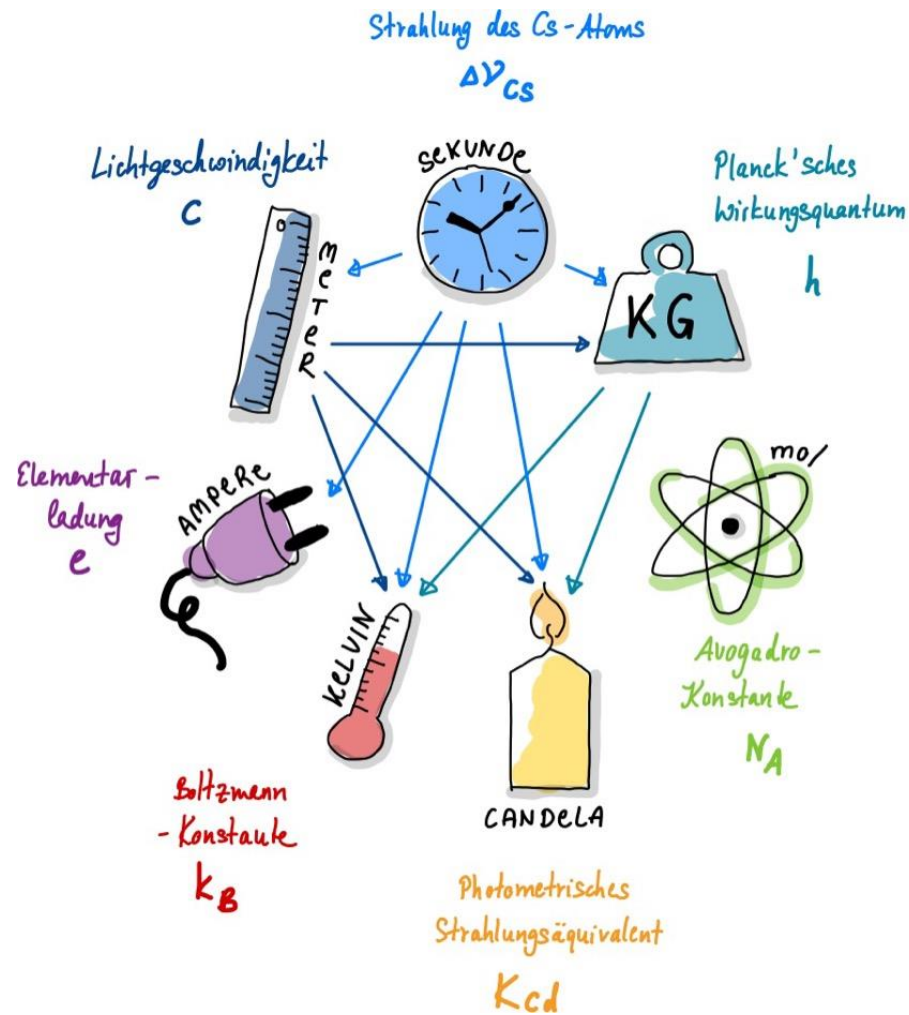
Quelle: https://kisleif.github.io/mtbook/content/1_Einheiten.html

Metrologische Rückführung

Lückenlose Dokumentation der Vergleichskette eines Messergebnisses auf ein anerkanntes nationales oder internationales Normal



Metrologische Rückführung – die SI Einheiten



Physikalische Konstanten

	Konstante	Exakter Wert	Seit
$\Delta\nu_{Cs}$	Strahlung des Cs Atoms	9 192 631 770 Hz	1967
c	Lichtgeschwindigkeit	299 792 458 m/s	1983
h	Planck'sches Wirkungsquantum	6,626 070 15 x10 ⁻³⁴ Js	2019
e	Elementarladung	1,602 176 634 x10 ⁻¹⁹ C	2019
k_B	Boltzmann-Konstante	1,380 649 x10 ⁻²³ J/K	2019
N_A	Avogadro-Konstante	6,022 140 76 x10 ²³ mol ⁻¹	2019
K_{cd}	Photometrisches Strahlungsäquivalent	683 lm/W	1979

Quelle: https://kisleif.github.io/mtbook/content/1_Einheiten.html

Metrologische Rückführung – was ist der Nutzen?

Praktischer Nutzen der metrologischen Rückführung

- Schafft **Vertrauen in Messergebnisse** bei Behörden, Zulassungsstellen Kunden und Lieferanten
- Ermöglicht **internationale Vergleichbarkeit** (CIPM MRA)
- Grundlage für **Entscheidungsregeln**, z.B. nach ISO 14253-1 und für jede Form der Konformitätsbewertung
- Voraussetzung für die sinnvolle Nutzung von Kalibrierergebnissen
 - im Risikomanagement,
 - in Trendanalysen und
 - bei der Festlegung von Überwachungsintervallen

Die Kunst des Kalibrierens

Die Kunst des Kalibrierens – Präzision zwischen Physik und Erfahrung

Kalibrieren ist mehr als Messen

Kalibrieren bedeutet nicht einfach, einen Messwert mit einem anderen zu vergleichen.

Es ist ein **metrologischer Prozess**, der folgende Aspekte vereint:

- Ermittlung der **systematischen Abweichung** eines Prüflings gegenüber einem Normal,
- Bewertung der **Messunsicherheit** unter Berücksichtigung aller Einflussgrößen,
- Dokumentation der Ergebnisse in nachvollziehbarer, rückführbarer Form.

Der Wert eines Kalibrierergebnisses entsteht erst durch das Verständnis, **wie** diese Werte zustande kommen und **was** sie bedeuten.

Die Kunst des Kalibrierens – Präzision zwischen Physik und Erfahrung

Der metrologische Blick – Beherrschung der Einflussgrößen

Jedes Messergebnis ein Kompromiss zwischen idealer Theorie und realer Umgebung ist.

Die **Kunst** liegt darin, diese Abweichungen zu **erkennen, bewerten und minimieren**:

- Temperatur, Feuchte, Luftdruck, Vibrationen, elektromagnetische Einflüsse
- Drift, Stabilität und Hysterese des Messmittels
- Interaktion zwischen Prüfling und Normal (z. B. Kontaktkräfte, Geometrieeffekte)

Hier zeigt sich die **metrologische Erfahrung**: das „Gefühl“ für das Verhalten eines Systems, das sich nicht allein aus Normen oder Verfahren ableiten lässt.

Die Kunst des Kalibrierens – Präzision zwischen Physik und Erfahrung

Die Unsicherheit als zentrales Gestaltungselement

Die **Messunsicherheit** ist kein störender Zusatz, sondern der eigentliche **Ausdruck der Qualität** einer Kalibrierung.

Die Kunst besteht darin, das Unsicherheitsbudget so aufzubauen, dass:

- alle relevanten Einflussgrößen berücksichtigt werden,
- Annahmen physikalisch begründet sind,
- Korrelationen und empirische Beobachtungen sinnvoll einfließen.

Die Kunst des Kalibrierens – Präzision zwischen Physik und Erfahrung

Reproduzierbarkeit und Vertrauen

Die Qualität einer Kalibrierung zeigt sich darin, **ob ein anderer sie reproduzieren kann** – unter denselben Bedingungen, mit vergleichbaren Ergebnissen.

Dazu braucht es:

- konsequente Dokumentation,
- standardisierte Verfahren,
- Erfahrung in der **Bewertung von Abweichungen**, die nicht in Tabellen stehen.

Die Kunst liegt darin, den Übergang zwischen Messpraxis und formaler Normung so zu gestalten, dass Ergebnisse **technisch präzise**, aber **praktisch realistisch** sind.

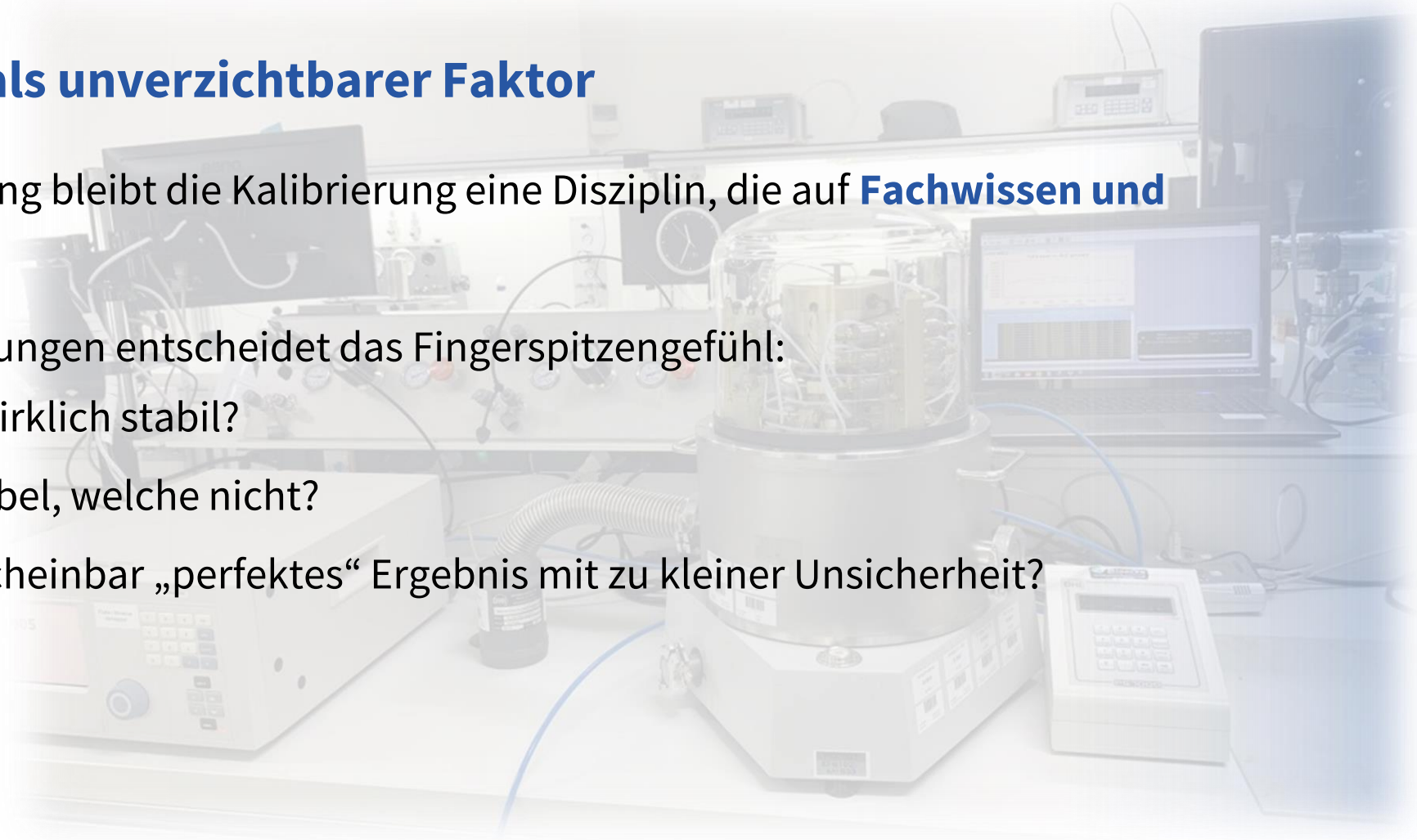
Die Kunst des Kalibrierens – Präzision zwischen Physik und Erfahrung

Menschliche Erfahrung als unverzichtbarer Faktor

Trotz moderner Automatisierung bleibt die Kalibrierung eine Disziplin, die auf **Fachwissen und Erfahrung** angewiesen ist.

Gerade bei hochpräzisen Messungen entscheidet das Fingerspitzengefühl:

- Wann ist das Messsystem wirklich stabil?
- Welche Störung ist akzeptabel, welche nicht?
- Wie interpretiert man ein scheinbar „perfektes“ Ergebnis mit zu kleiner Unsicherheit?

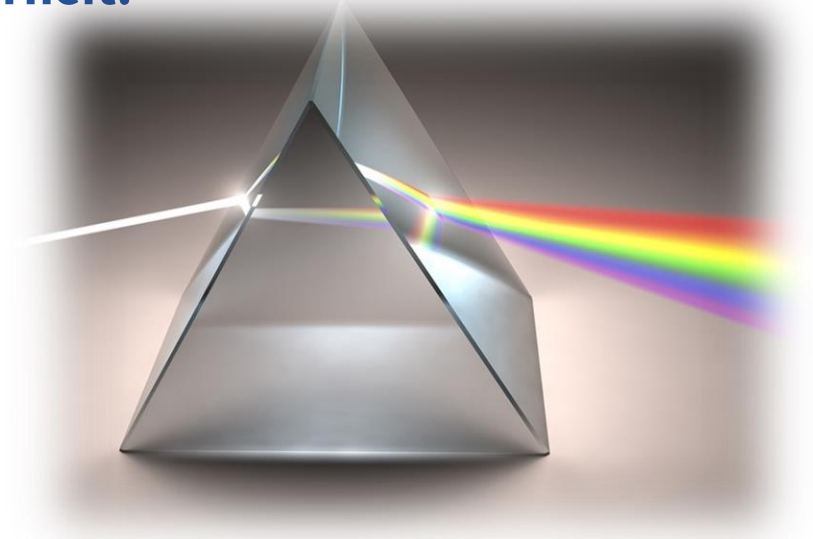


Die Kunst des Kalibrierens

Ist die „Präzision zwischen Physik und Erfahrung“

- Die Kunst des Kalibrierens besteht darin, **physikalische Gesetzmäßigkeit und menschliche Erfahrung** zu verbinden.
- Sie verlangt Disziplin, Verständnis und Respekt vor der **Messunsicherheit**.
- Kalibrieren heißt nicht, perfekte Zahlen zu erzeugen – sondern die **Realität so präzise wie möglich zu erfassen** und **ehrlich** zu bewerten.

In diesem Sinne ist jede Kalibrierung ein Stück angewandte Wahrheitssuche – und jeder Kalibrierer ein Übersetzer zwischen Natur und Zahl.



Das vollständige Kalibrierergebnis



Dieses Dokument von Jörg Roggensack ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland Lizenz](#).

Das vollständige Kalibrierergebnis

Element	Beschreibung / Bedeutung
Identifikation des Prüflings	Eindeutige Bezeichnung, Seriennummer, Typ, ggf. Inventarnummer
Kalibrierbedingungen	Umgebungseinflüsse (Temperatur, Feuchte, Druck), Messaufbau, eingesetzte Normale
Verwendete Normale	Rückführbare Referenzen mit Identifikationsnummer und Zertifikatsverweis
Messwerte / Abweichungen	Angezeigter Wert des Prüflings vs. Referenzwert des Normals
Erweiterte Messunsicherheit (U)	Berechnet mit k-Faktor (typ. k = 2), einschließlich Unsicherheitsbudget
Bewertete Messgröße	Ergebnis der Kalibrierung in Form: $y = x + \Delta \pm U$
Kalibriermethode	Verfahren / Richtlinie (z. B. DAkkS-DKD-R, ISO-Norm, interne Methode)
Rückführbarkeitsnachweis	Angabe der Normale mit Bezug zu nationalen / internationalen Normalen
Datum & Kalibrierintervall	Zeitpunkt der Kalibrierung und ggf. Empfehlung zum Folgeintervall
Konformitätsaussage (optional)	Bewertung nach ISO 14253-1 oder kundenspezifischen Toleranzen
Unterschrift / Freigabe	Verantwortlicher Kalibrierer und Freigabeinstanz

Kalibrier- und Prüflabor für elektrische, mechanische, dimensionelle, thermodynamische, analytische und Durchfluss-Messgrößen
Calibration and testing laboratory for electrical, mechanical, dimensional, thermodynamic, analytical and flow measurement quantities

testo

ILAC-MEPA **DAkkS**
Deutsche Akkreditierungsstelle
D-15070-01-00

Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium
issued by the calibration laboratory

Testo Industrial Services GmbH
Enich-Rieder-Straße 4
79199 Kirchzarten

Kalibrierzeichen
Calibration mark

MUSTER
D-K-
15070-01-00
2025-02

Gegenstand Object	Feinzeiger
Hersteller Manufacturer	Mahr
Typ Type	Millmess (0,05 - 0,05) mm
Fabrikat/Serien Nr. Serial number	12345656
Equipment Nr. Equipment number	12345678
Prüfmittel Nr. Test equipment no.	P654
Auftraggeber Customer	Musterzertifikat GmbH DE-12345 Musterhausen
Auftragsnummer Order No.	654321 / 0520 4031
Datum der Kalibrierung Date of calibration	07.02.2025
Datum der Rekalibrierung Date of re-calibration	07.08.2026
Konformitätsaussage Statement of conformity	Conditional Pass
Weitere Informationen auf Seite 4 Further information see page 4	

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrologische Rückführbarkeit auf das internationale Einheitensystem (SI). Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine. Die Messergebnisse beziehen sich nur auf den kalibrierten Gegenstand. Das Laboratorium gibt keine Empfehlung über und Einhaltung von Fristen zur Wiedermessung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

This calibration certificate documents the metrological traceability to the International System of Units (SI). The DAkkS is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) for the mutual recognition of calibration certificates. The measurement results refer only to the calibration object. The laboratory does not make any recommendation about the calibration interval. The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverstreut werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums.
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Datum
Date
07.02.2025

Leiter des Kalibrierlaboratoriums
Head of the calibration laboratory
Max Mustermann

Freigabe des Kalibrierscheins durch
Approval of the certificate of calibration by
Martina Musterfrau

Testo Industrial Services GmbH
Gartenstraße 3
79199 Kirchzarten

Tel +49 7861 90901-8000
Fax ...

www.testo.de
info@testo.de

1/4

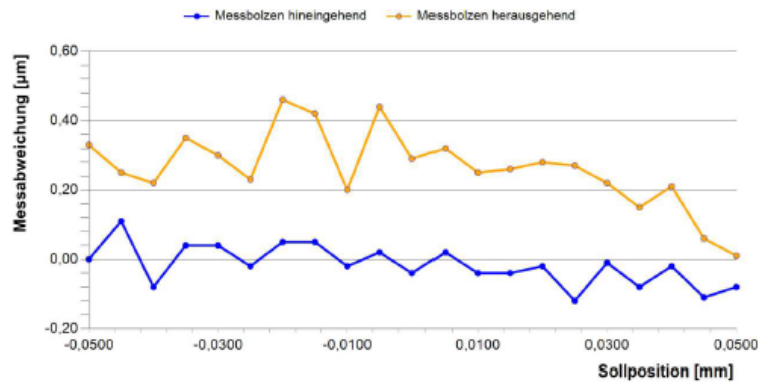
Das vollständige Kalibrierergebnis

Messergebnisse Measuring results

		Ermittelte max. Messabweichung Determined max. measure- ment deviation	Zulässige Abweichung Allowed deviation	Messunsicherheit (k=2) Measuring uncertainty (k=2)	Bewertung Confirmation
		µm	µm	µm	
Abweichungsspanne Deviation margin	f_c	0,23	1,00	0,60	pass
Gesamtabweichungsspanne Total deviation error (MPE)	f_{pm}	0,58	1,20	0,60	pass
Messwertumkehrspanne Hysteresis error	f_h	0,42	0,50	0,60	cpass
Teilmessspanne Partial measuring span	f_i	0,13	0,70	0,60	cpass
Wiederholung Repeatability	f_w	0,02	0,50	0,60	cpass

Angabe der Messunsicherheit

Grafische Darstellung der Messergebnisse Chart of the measuring results



Messunsicherheit Measurement uncertainty

$U = 0,6 \mu\text{m}$

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 Wertintervall.

The extended measurement uncertainty which is resulting from the standard measurement uncertainty by multiplying with the coverage factor $k = 2$ is indicated. It was determined according to EA-4/02 M: 2022. The value of the measured value is in the assigned value interval with a probability of approximately 95%.



Der Nutzen von Kalibrierergebnissen



Dieses Dokument von Jörg Roggensack ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland Lizenz](#).

Der Nutzen von Kalibrierergebnissen



Quelle:
<https://www.beamex.com/app/uploads/2022/09/cmx-analytics-dashboard.png>

Interpretation – das Entscheidende

Ein Kalibrierergebnis ist kein „**Bestanden/Nicht bestanden**“-Nachweis, sondern eine **metrologische Zustandsbeschreibung** des Messgerätes/der Messeinrichtung.

Erst durch Interpretation erhält es praktischen Nutzen:

- Liegt die Abweichung innerhalb des akzeptablen Bereichs?
- Wie wirkt sich die Unsicherheit auf Konformitätsentscheidungen aus?
- Ist das Intervall noch angemessen oder muss es angepasst werden?
- Welche Trendinformationen ergeben sich aus vorherigen Kalibrierungen?

Der Nutzen von Kalibrierergebnissen

Fazit

Eine Kalibrierung ist nicht nur die Abbildung einer Tabelle mit Zahlen – es ist die **metrologische Identität einer Messeinrichtung** zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Es beschreibt nicht nur, *was* gemessen wurde, sondern auch, *wie sicher* man es weiß (MU), und *welchen Einfluss* das Ergebnis auf nachfolgende Entscheidungen hat.



A photograph of a camel in a desert landscape. The camel is on the right side of the frame, looking towards the camera. The background features sand dunes and several small, green trees under a clear sky. The text "Noch Fragen?" is overlaid on the left side of the image.

Noch Fragen?



... leading to Success in a Changing World

**Management
Services &
Qualifizierung**

Üttingshof 1 B
97980 Bad Mergentheim
Mobil: + 49 162 260 1223
Fon: + 49 7931 99 28 400
Fax: + 49 7931 99 28 401
info@jr-msq.de
www.jr-msq.de

Aufbau von Managementsystemen

(z.B. ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001, EN 9100
ISO/IEC 17025, ISO/IEC 17065, IATF 16949,
EMAS, ISO 10012...)

Interne Auditierung div. Managementsysteme

(z.B. ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001, EN 9100
ISO/IEC 17025, ISO/IEC 17065, IATF 16949,
EMAS, CIG 23, ISO 10012...)

Zertifizierungsaudits (ISO 9001, ISO 14001)

Training on Demand (PMB, PMÜ Mgt. Systeme, etc.)

Implementierung von wirtschaftlichen und risikoorientierten PMÜ/MMÜ Systemen

PMB/QMB/Laborleiter Coaching