

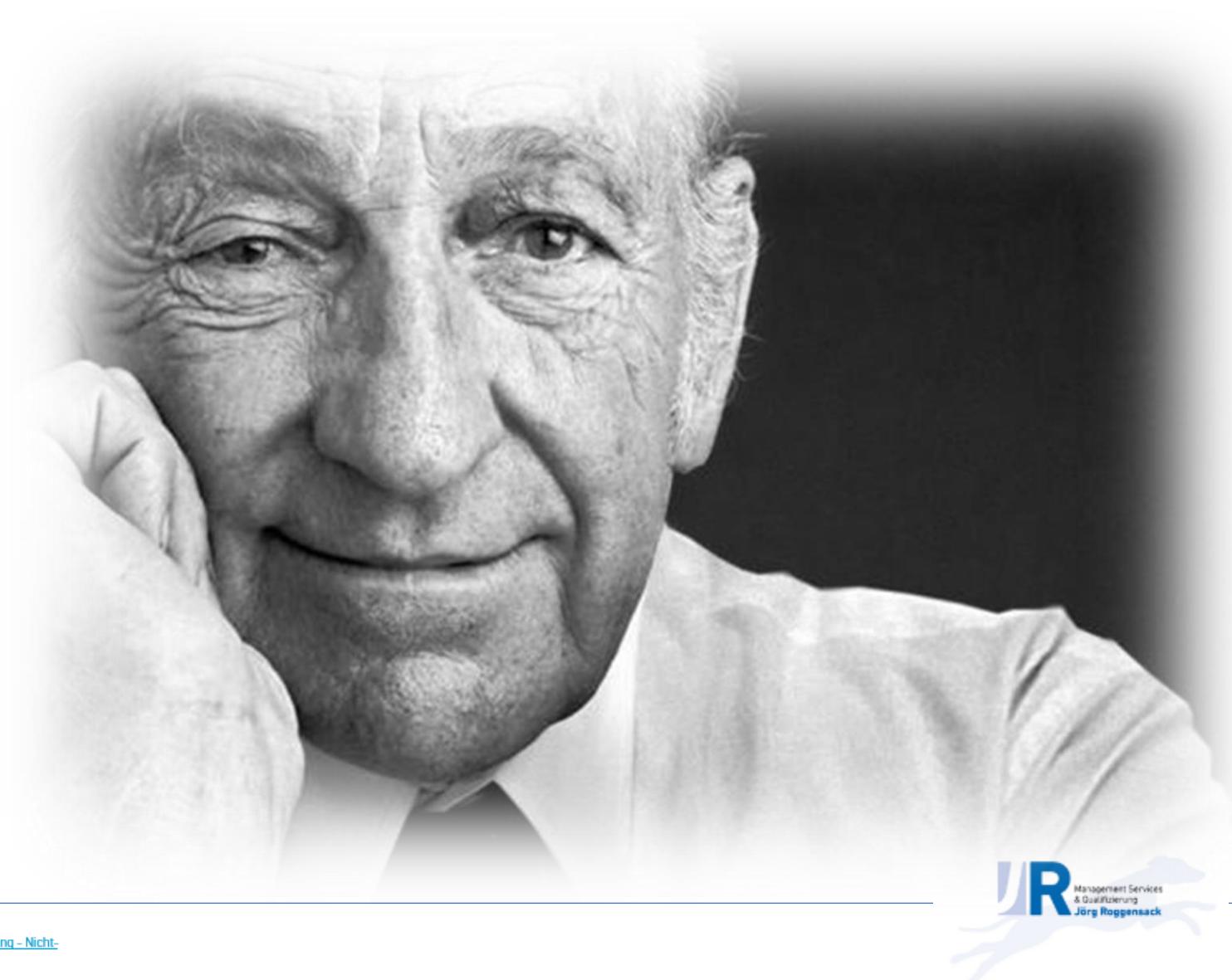
# Der Nutzen von Kalibrierergebnissen

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

---

MÈTRE

Conforme à la Loi du 18 Juillet 1793  
présenté le 4 Meurido

„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

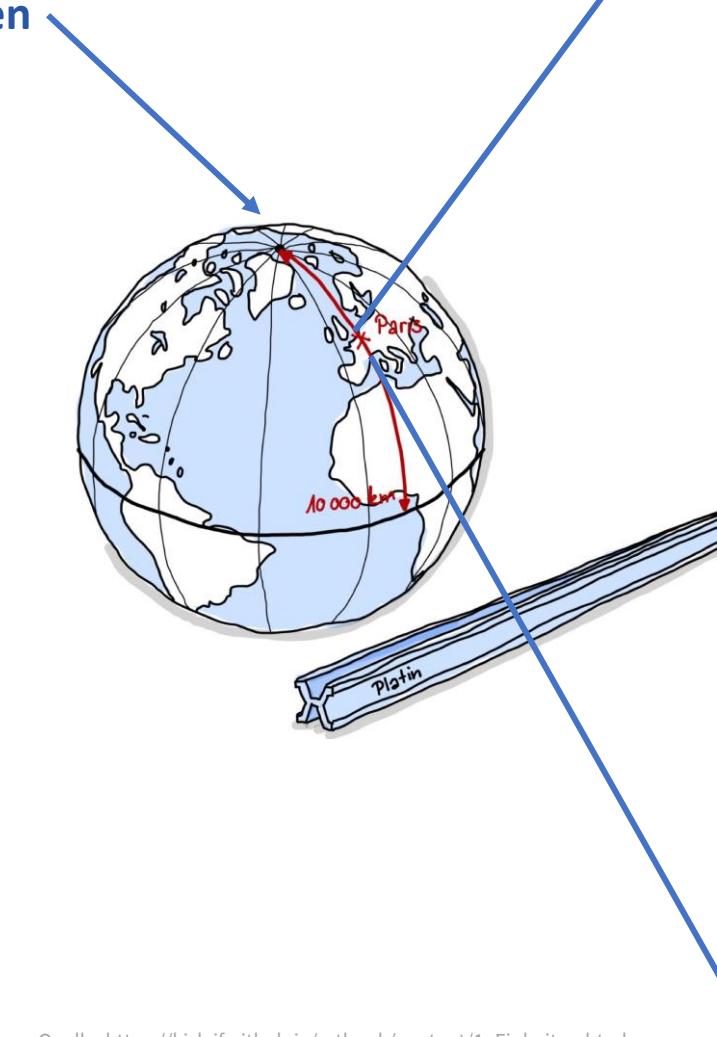
Nachgewiesen durch die Vermessung der  
Strecke Dünkirchen - Barcelona

Jean-Baptiste Joseph Delambre

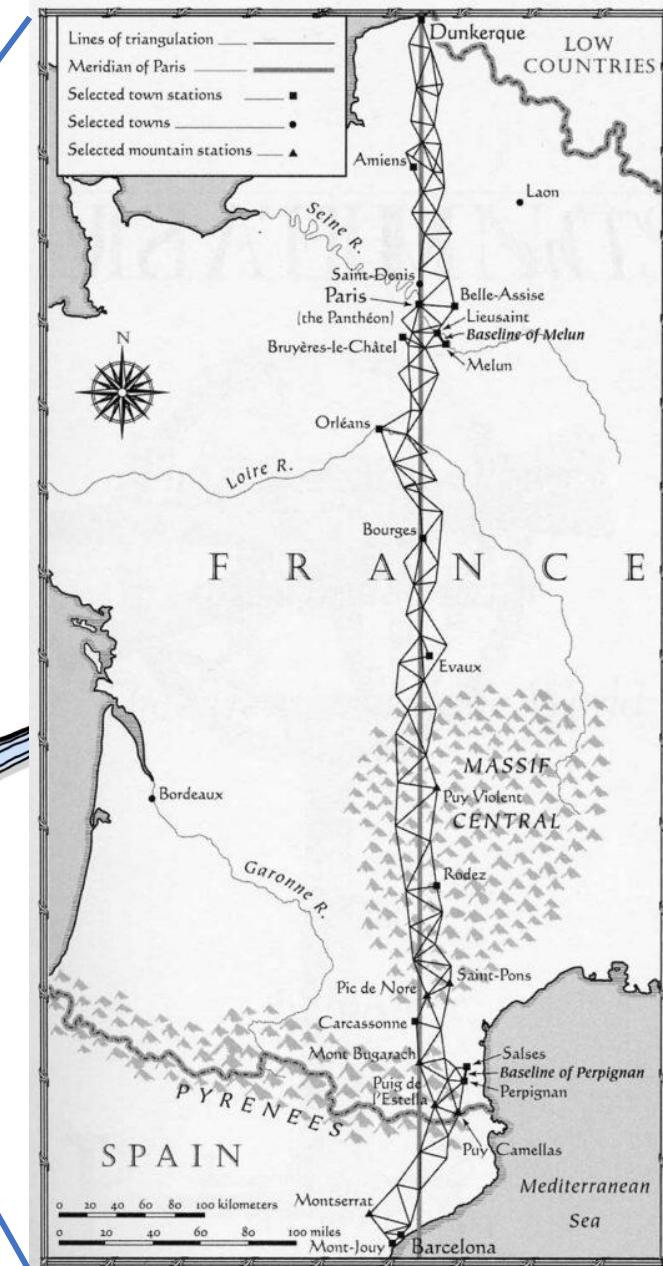


Quelle: ZDF

Pierre Méchain



Quelle: [https://kisleif.github.io/mtbook/content/1\\_Einheiten.html](https://kisleif.github.io/mtbook/content/1_Einheiten.html)



# Metrologische Rückführung

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

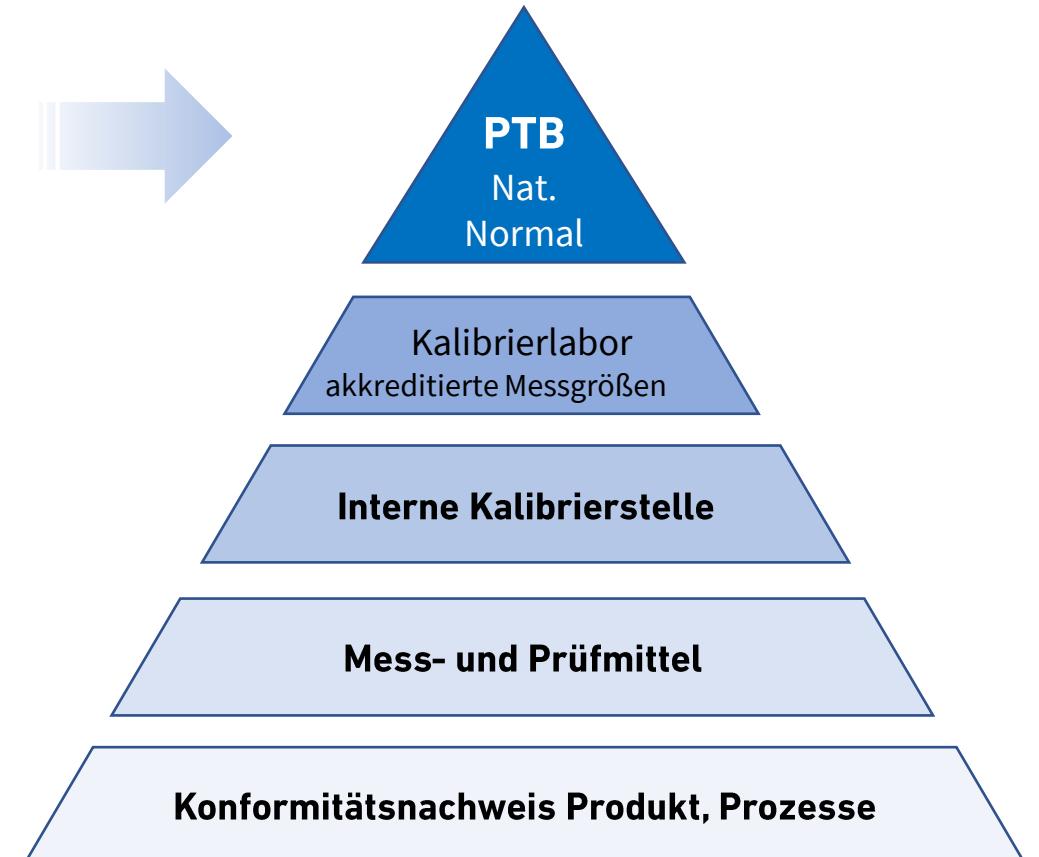
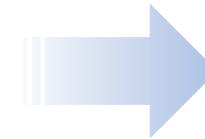
**BIPM**  
Internationales Büro für Maß und Gewicht

**Metrologisches Staatsinstitut**  
In Deutschland die PTB

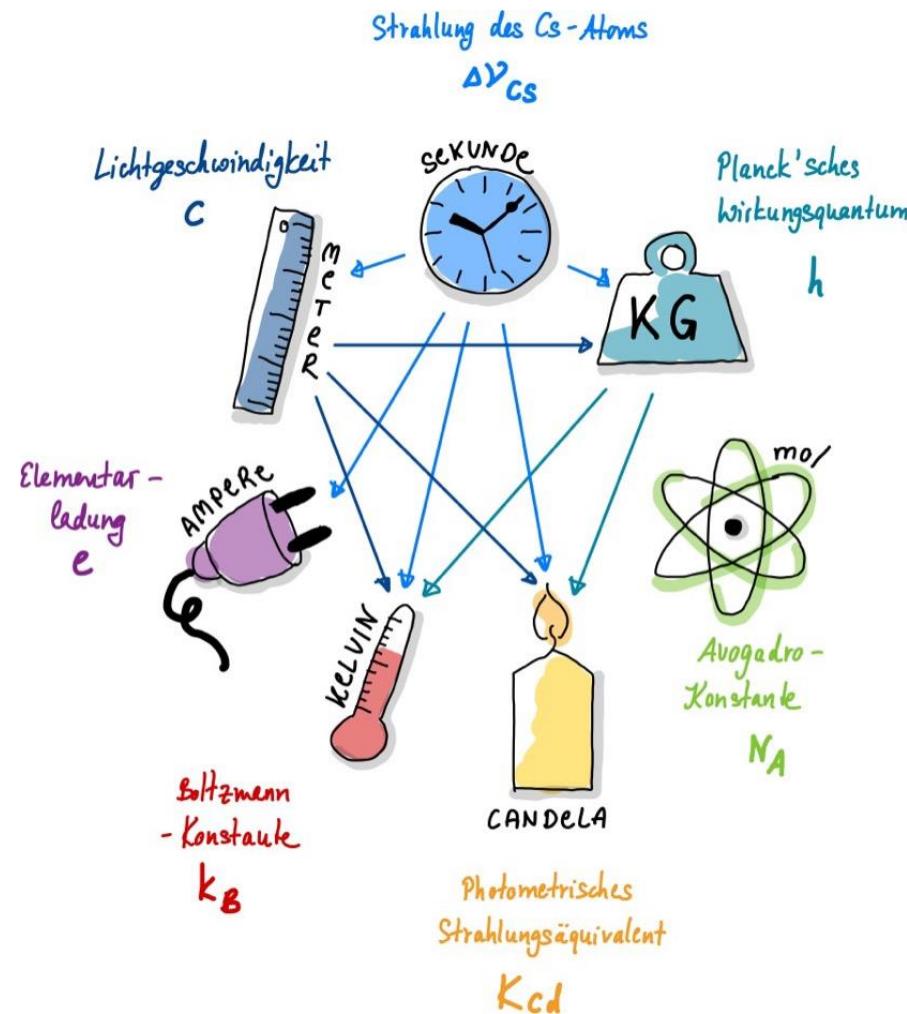
**Kalibrierdienst**  
Akkreditierte Messgröße

**Eichamt**  
gesetzl. Messwesen

**Nutzer**



# 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
$h$	Plank'sches Wirkungsquantum	$6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ Js	2019
$e$	Elementarladung	$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ C	2019
$k_B$	Boltzmann-Konstante	$1,380\ 649 \times 10^{-23}$ J/K	2019
$N_A$	Avogadro-Konstante	$6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ mol <sup>-1</sup>	2019
$K_{cd}$	Photometrisches Strahlungsäquivalent	683 lm/W	1979

Quelle: [https://kisleif.github.io/mtbook/content/1\\_Einheiten.html](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, Geometrieffekte)

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

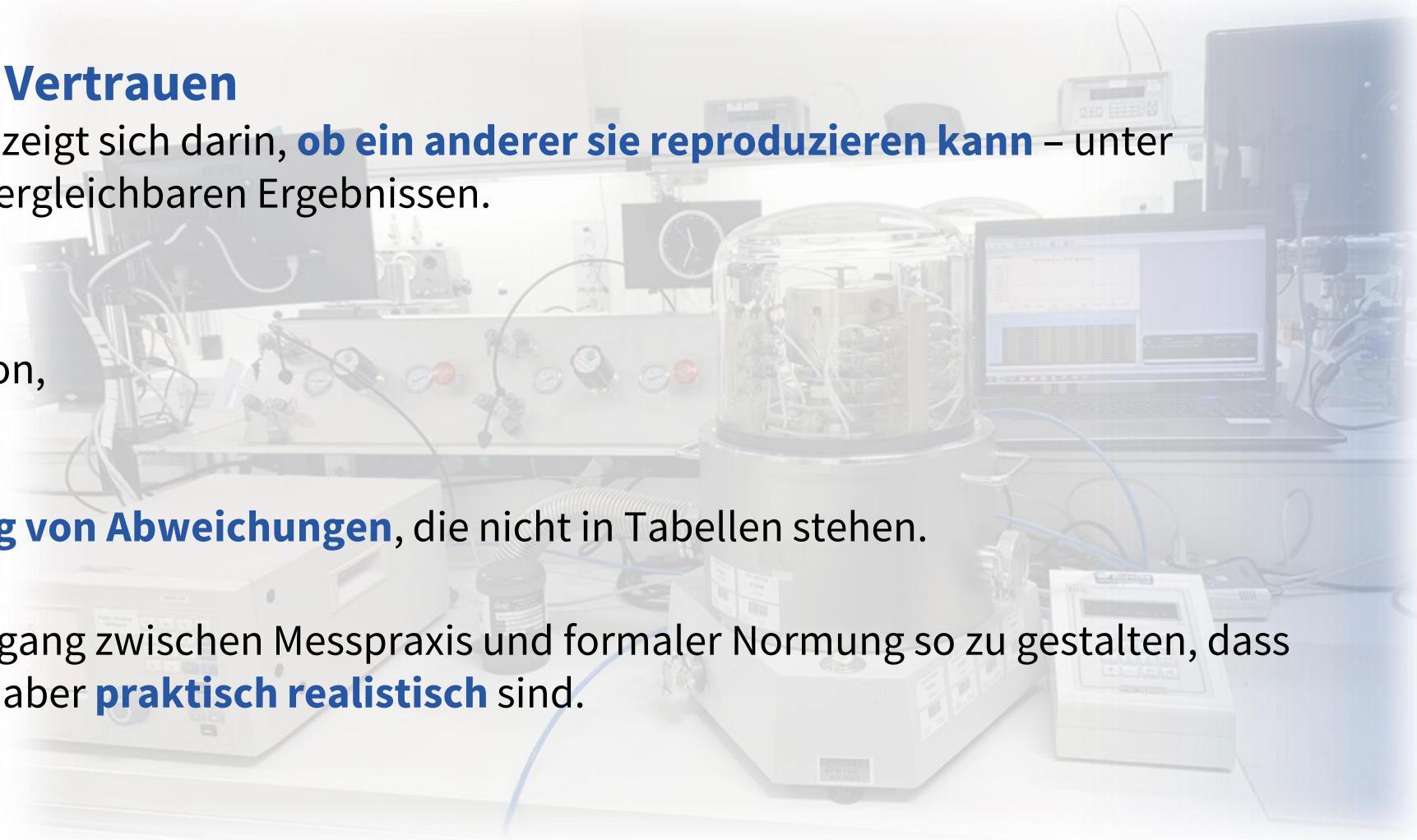
## Reproduzierbarkeit und Vertrauen

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.



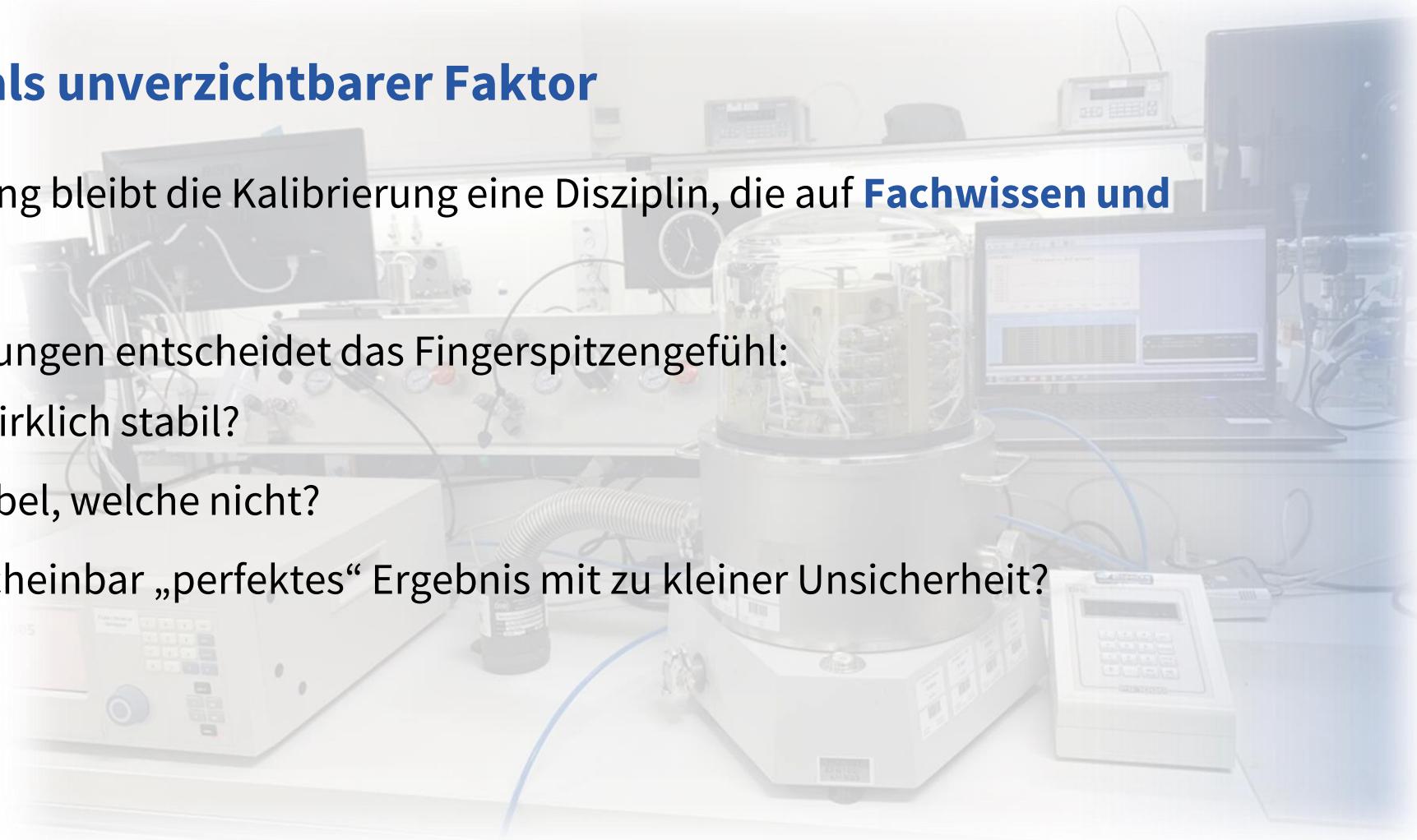
# Die Kunst des Kalibrierens – Präzision zwischen Physik und Erfahrung

## 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?

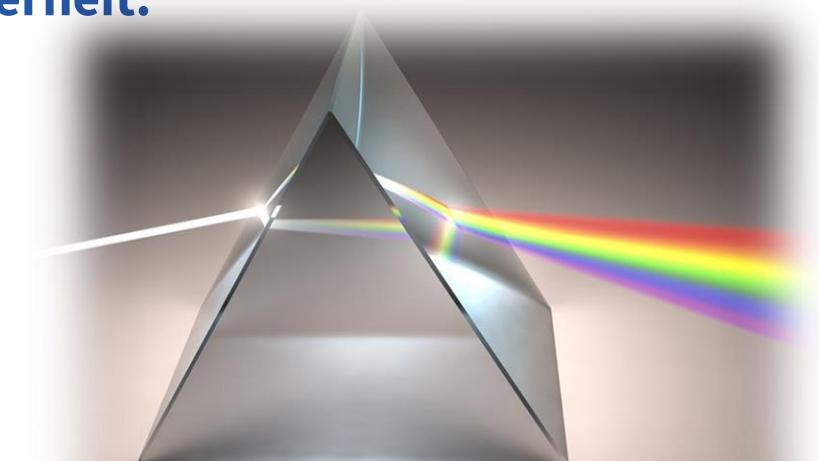


# Die Kunst des Kalibrierens

## 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



## Kalibrierschein / Calibration Certificate

erstellt durch das Kalibrierlaboratorium  
issued by the calibration laboratory

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



Gegenstand Object	Feinzeiger	Dieser Kalibrierschein dokumentiert die metrische Rückführbarkeit auf das Internationale Einheitenystem (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 angezeigten Messergebnisse beziehen sich nur auf den kalibrierten Gegenstand. Das Laboratorium gibt keine Empfehlung über das Kalibrierintervall. Für die Festlegung und Erhaltung von Fristen zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.	
Hersteller Manufacturer	Mahr	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.	
Type Type	Millimeter (0,05 - 0,05 mm)		
Fabrikat/Serien Nr. Serial number	12345678		
Equipment Nr. Equipment no.	12345678		
Prüfmittel Nr. Test equipment no.	P654		
Auftraggeber Customer	Musterkontroll 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		
Further information see page 4			
Der Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Aussagen oder Änderungen bedürfen der Genehmigung des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Einzelne Kalibrierscheine dürfen nicht kopiert werden, außer mit der Erlaubnis des Prüflab.			
The calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.			
Freigabe des Kalibrierscheins durch Approval of the certificate of calibration by			
Martina Mustermann Martina Mustermann			
Tel.: +49 7661 90901-8000 Fax: +49 7661 90901-8000 www.testolia.de info@testolia.de			

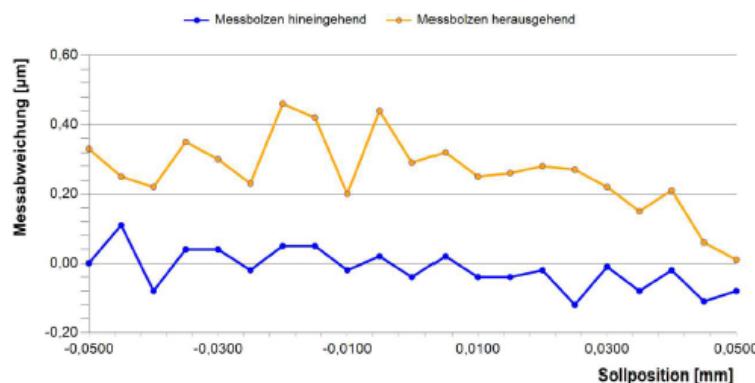


# Das vollständige Kalibrierergebnis

**Messergebnisse** Measuring results

	Ermittelte max. Messabweichung Determined max. measurement deviation	Zulässige Abweichung Allowed deviation	Messunsicherheit ( $k=2$ ) Measuring uncertainty ( $U$ )	Bewertung Confirmation
	µm	µm	µm	
Abweichungsspanne Deviation margin	$f_e$	0,23	1,00	0,60 pass
Gesamtabweichungsspanne Total deviation error (MPE)	$f_{\text{ges}}$	0,58	1,20	0,60 pass
Messwertumkehrspanne Hysteresis error	$f_h$	0,42	0,50	0,60 cpass
Teilmessspanne Partial measuring span	$f_t$	0,13	0,70	0,60 cpass
Wiederholung Repeatability	$f_v$	0,02	0,50	0,60 cpass

**Grafische Darstellung der Messergebnisse** Chart of the measuring results



**Messunsicherheit** Measurement uncertainty

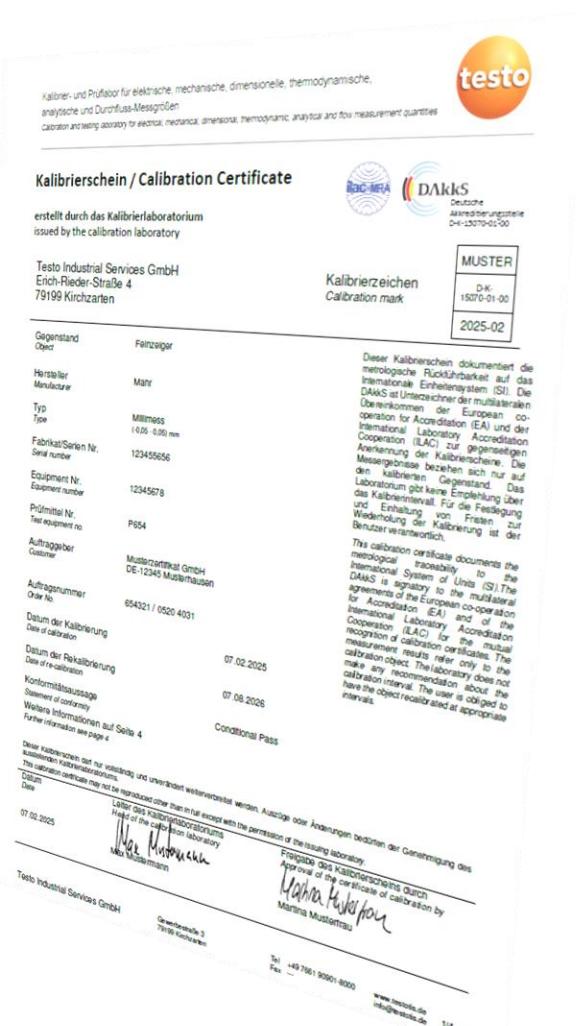
$$U = 0,6 \mu\text{m}$$

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 Wertebereich.

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%.



Angabe der Messunsicherheit



# 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 standing in a vast desert. The camel is positioned on the right side of the frame, facing towards the left. It has a large hump on its back and a long neck. The background consists of rolling sand dunes under a clear blue sky. In the distance, there are several small, leafy trees scattered across the landscape.

Noch Fragen?



**Jörg Roggensack**

... 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](mailto:info@jr-msq.de)  
[www.jr-msq.de](http://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