

# Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung - heute alles neu oder nicht?

---

**Target group:** Q-Tech, Roding

---

**Dietrich Imkamp**  
IQS-YLS

---

**23/07/25**

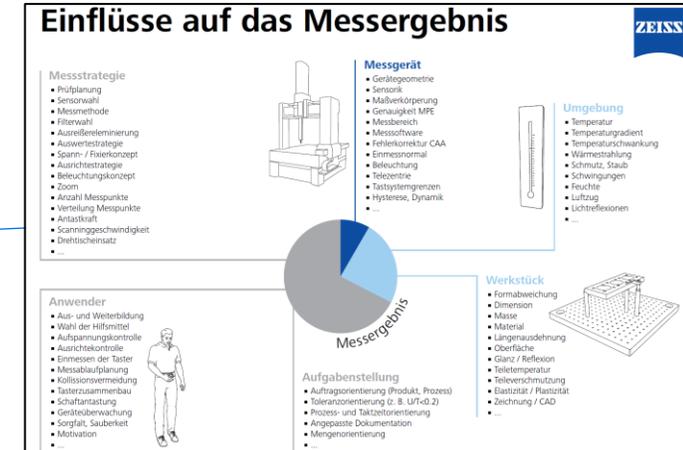
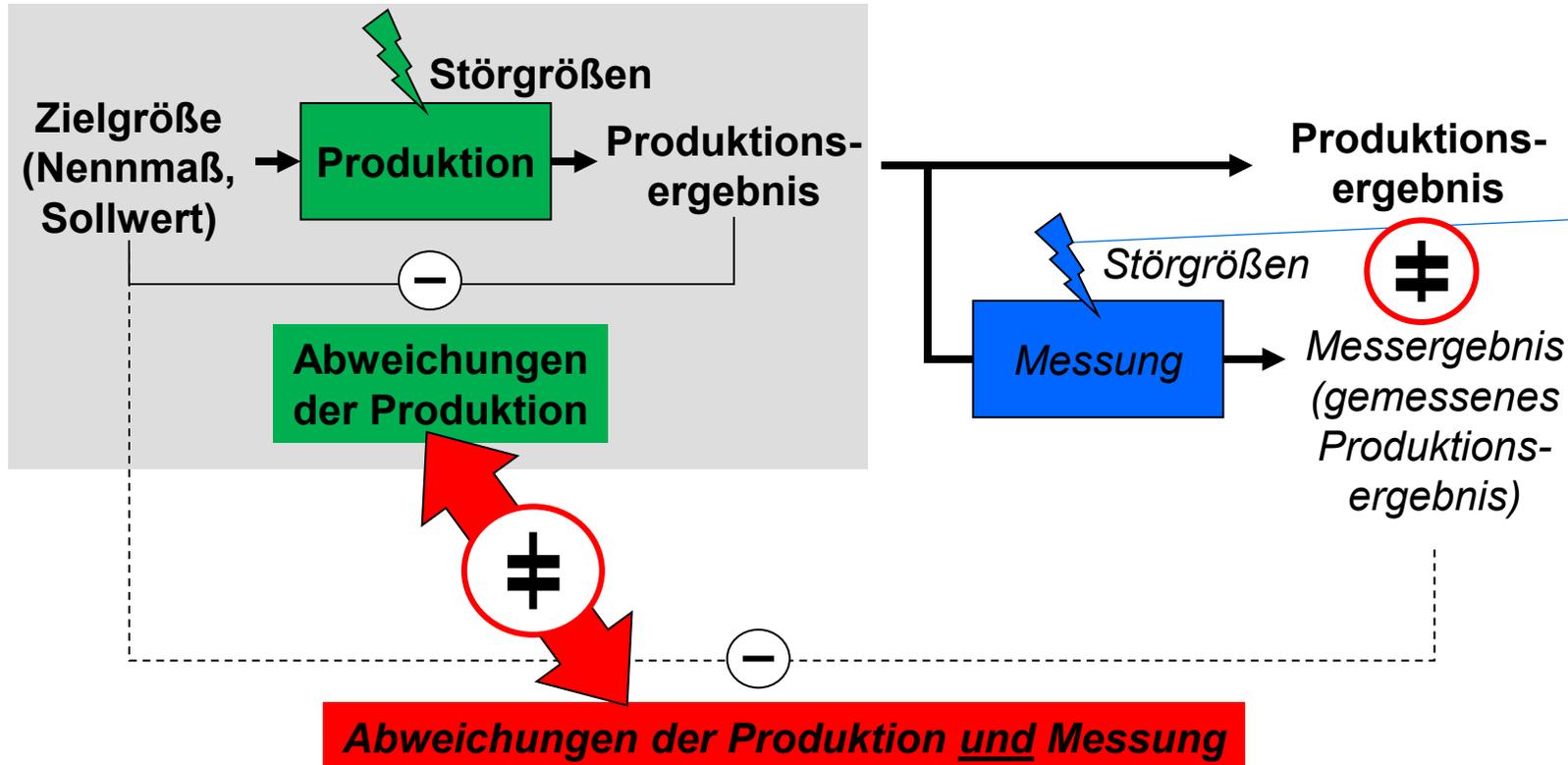
---

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Veröffentlichung und Vervielfältigung sind nicht gestattet.

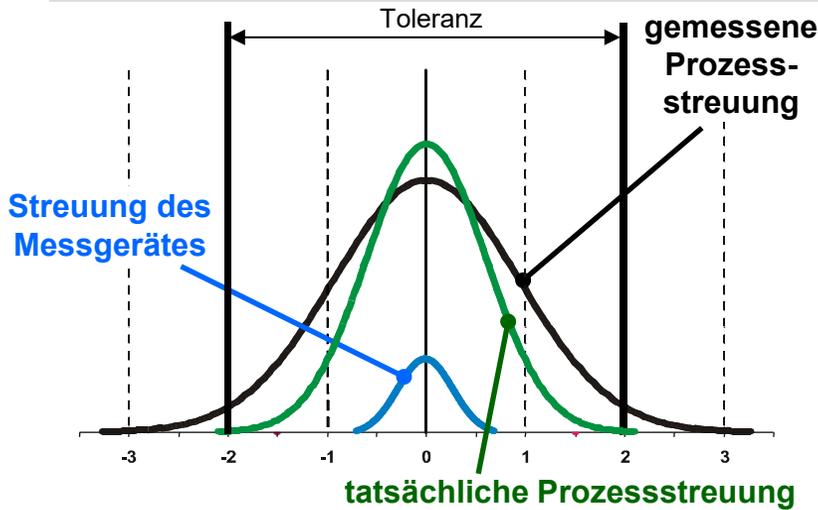
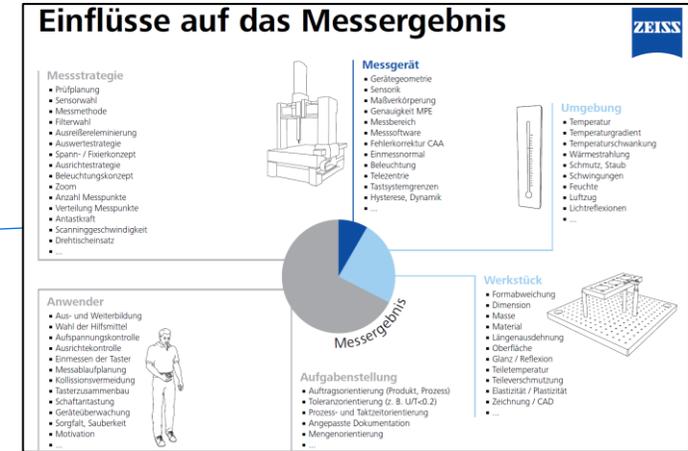
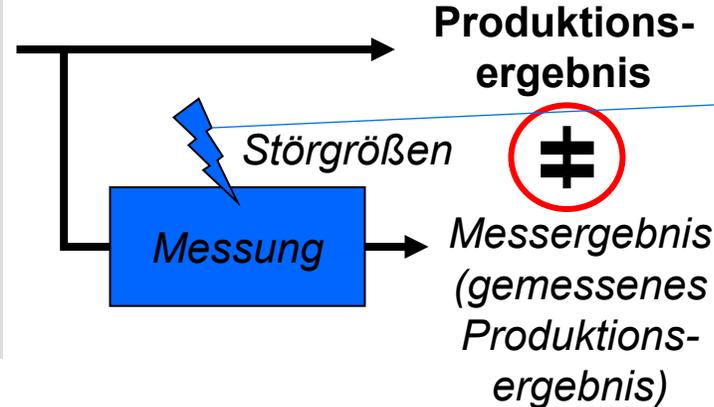
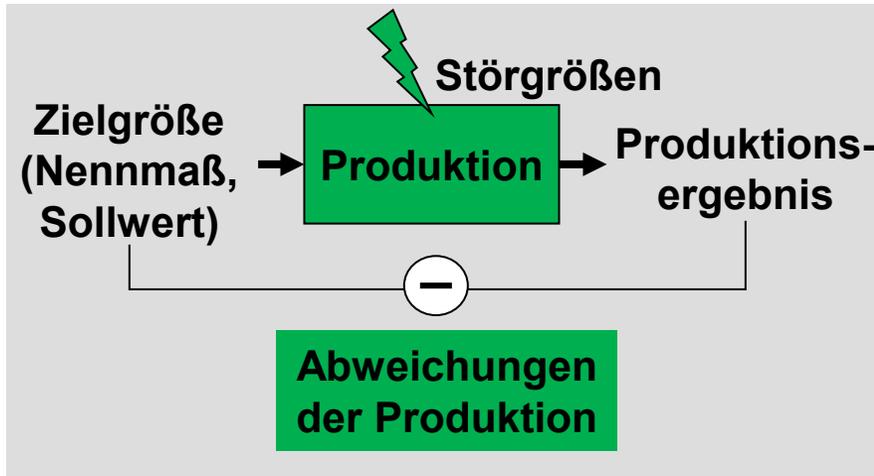
Die Autoren übernehmen keine Garantie für dieses Dokument, einschließlich der stillschweigenden Garantie auf handelsübliche Qualität und Eignung für einen bestimmten Zweck.

Die Autoren sind in keinem Fall für im Folgenden enthaltene Fehler, zufällige Schäden oder Folgeschäden in Zusammenhang mit der Bereitstellung, Funktion oder Verwendung dieses Dokumentes haftbar.

Alle Produktnamen sind eingetragene Warenzeichen oder Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer.



➔ **Bei der Beurteilung des Produktionsergebnisses mit Hilfe einer Messung müssen die Abweichungen aus dem Messprozess berücksichtigt werden.**



Die tatsächlich Prozessstreuung und die gemessene Prozessstreuung unterscheiden sich kaum, wenn die Streuung des Messgerätes im Verhältnis dazu „klein“ ist.

**Was bedeutet „klein“?**

# Motivation III

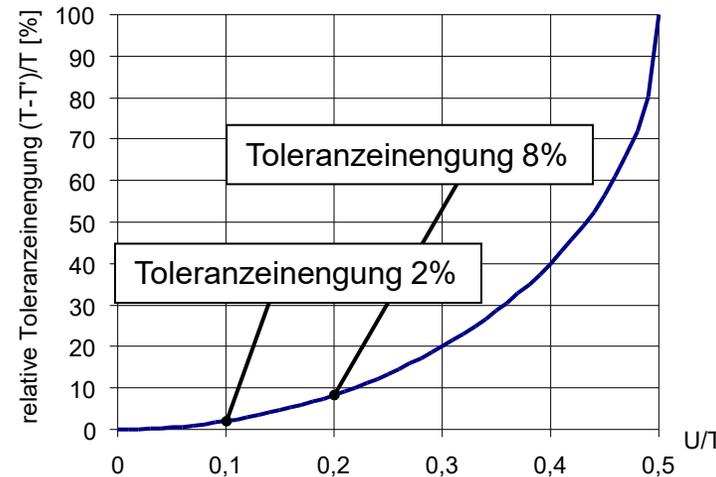
## Die goldene Regel – historisch aber immer noch aktuell

- 4x Standardabweichung der Produktionsstreuung  $s_p = T$  (Toleranz)
- Eine zusätzliche Messprozessstreuung  $u$  wird durch eine verringerte Produktionsstreuung  $s_p'$  kompensiert.

$$T = 4s_p = 4\sqrt{(s_p')^2 + u^2} = \text{const.}$$

- Dazu wird das Toleranzfeld für die Produktion eingengt ( $T$  nach  $T'$ ), so dass die Gesamtstreuung von Produktions- und Messprozess konstant bleibt.

$$\Rightarrow T' = 4s_p' = T\sqrt{1 - \left(2\frac{U}{T}\right)^2} \text{ mit } 2u = U$$



Auf die Toleranzeinengung wird verzichtet wenn, „die Messunsicherheit ein Zehntel ( $U/T=0,1$ ), im äußersten Fall ein Fünftel ( $U/T=0,2$ ) der Toleranz nicht überschreitet.“

Quelle: Dutschke, W.: Zulässige Meßunsicherheit, wt-Z. ind. Fertigung, Jahrg. 59 (1969) 12, S. 630-632

- 
- 01** Worum geht es eigentlich: Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung?

---

  - 02** Konformitätsbewertung und Toleranzverständnis

---

  - 03** Messunsicherheit, Messabweichung und die Gerätespezifikation (MPE)

---

  - 04** Fähigkeit und Eignung von Messsystemen und Messprozessen

---

  - 05** Zusammenfassung

---

**01** Worum geht es eigentlich: Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung?

**02** Konformitätsbewertung und Toleranzverständnis

**03** Messunsicherheit, Messabweichung und die Gerätespezifikation (MPE)

**04** Fähigkeit und Eignung von Messsystemen und Messprozessen

**05** Zusammenfassung

# Wie geht man heute mit der Anforderung „klein“ um? Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung

Größen zur Beschreibung der **Unsicherheit** eines Messergebnisses  
(in der Längenmesstechnik mit der Einheit Meter)

Gerätespezifikation mit den Angaben zu den **maximal zulässigen Abweichungen** (Maximum Permissible Errors=**MPE** [ISO 14978]) nach DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmesssysteme

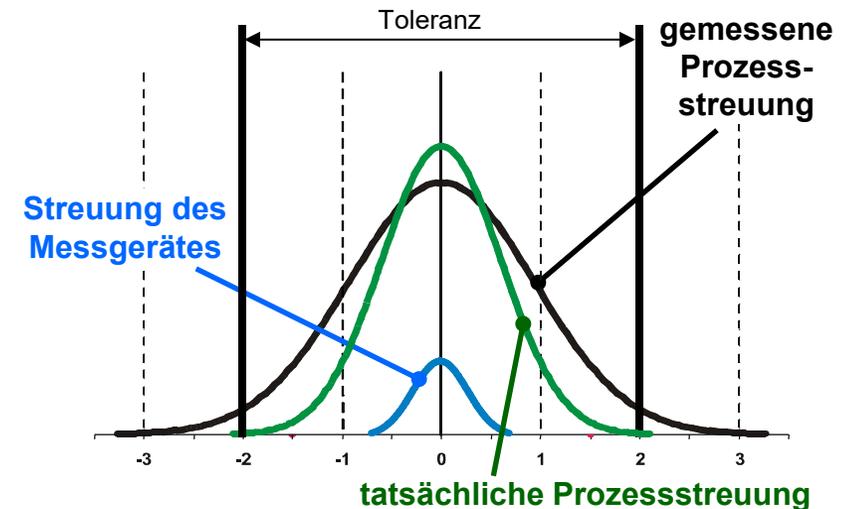
**Messunsicherheit** ist ein dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die **Streuung** der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden können [VIM].

ZEISS PRISMO ultra Sensor und Genauigkeit <sup>1)</sup>					
Die Funktionalität des Gerätes und seine hier angegebenen Leistungsdaten (Spezifikation) werden nur bei Verwendung von original ZEISS werden bei der Anwendung der internen Prüfanweisungen zur Annahmeprüfung und der Verwendung der freigegebenen Normalien ge...					
ZEISS VAST gold <sup>1)</sup>					
Aktiver Scanning- und Multipunktsensor Scanningmessrate bis zu 500 Punkte/s. Messkraft bei Datenübernahme variabel zwischen 5...					
ZEISS VAST gold Taster: max. Länge = 800 mm, max. Masse = 600 g inkl. Tasterwechselte... Mit Navigator- und Performance-Technologie zur Steigerung der Messleistung.					
			ZEISS PRISMO 5 + 7 X=700 und X=900	ZEISS PRISMO 12/18/7	
Längenmessabweichung <sup>2)</sup> MPE nach ISO 10360-2:2009	E0	in µm	20 °C - 22 °C	0,5 + L/500	0,9 + L/500
			20 °C - 22 °C	-	-
	E150	in µm	20 °C - 22 °C	0,8 + L/500	1,2 + L/500
Wiederholspannweite von EO MPL nach ISO 10360-2:2009	R0	in µm		0,4	0,5
Scanningantastabweichung MPE nach ISO 10360-4:2000	THP	in µm		0,9	0,9
erforderliche Messzeit MPT	τ	in s		40	40
Formmessabweichung <sup>3)</sup> MPE für Rundheit nach ISO 12181:2011 (VDI/VDE 2617 Blatt 2.2:2000)	RONt	in µm		0,5	0,6
	(M2C1)				
Einzelantastabweichung Form MPE nach ISO 10360-5:2010	PFTU	in µm		0,5	0,6
Mehrfachantastabweichung Form MPE nach ISO 10360-5:2010	PFTM <sup>4)</sup>	in µm		1,9	2,0
Mehrfachantastabweichung Maß MPE nach ISO 10360-5:2010	PSTM <sup>4)</sup>	in µm		0,6	0,7
Mehrfachantastabweichung Lage MPL nach ISO 10360-5:2010	PLTM <sup>4)</sup>	in µm		1,2	1,3



VIM= *Vocabulaire international de métrologie* (Internationales Wörterbuch der Metrologie)

Kenngößen, die das **Verhältnis** zwischen einer **Messunsicherheit** und einer **Toleranz (Spezifikation)** beschreiben (ohne Einheit!)



**Fähigkeit ist die Eignung** eines Objekts, zum Realisieren eines Ergebnisses, das die Anforderungen an dieses Ergebnis erfüllen wird [ISO 9000]. Hier ist konkret die Prozessfähigkeit nach [ISO 3534-2] bzw. die Messprozessfähigkeit [ISO 22514-7] gemeint.

**Eignung** eines Objekts (Organisation, System, Prozess) zum Realisieren eines Produkts, das die Anforderungen an dieses Produkt erfüllen wird [ISO 22514-1].

---

**01** Worum geht es eigentlich: Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung?

**02** Konformitätsbewertung und Toleranzverständnis

**03** Messunsicherheit, Messabweichung und die Gerätespezifikation (MPE)

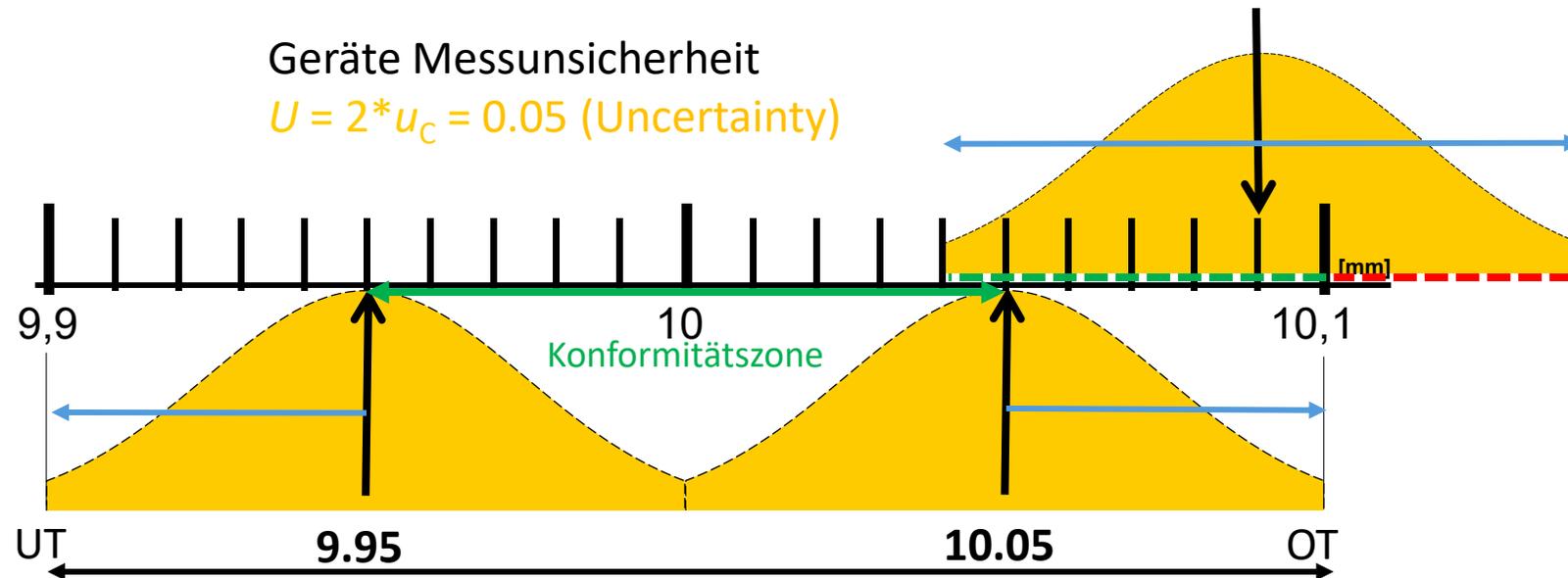
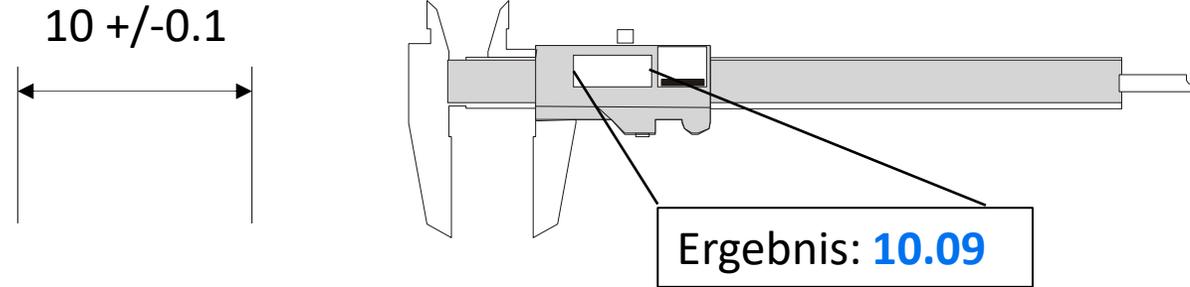
**04** Fähigkeit und Eignung von Messsystemen und Messprozessen

**05** Zusammenfassung

---

# Konformitätsbewertung in der Längenmessung [mm]

## Passt es oder passt es nicht?



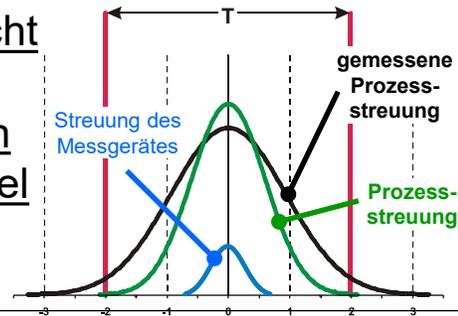
OT = obere Toleranzgrenze, UT = untere Toleranzgrenze  
 $u_c$  = kombinierte Standardunsicherheit

Toleranz Bereich

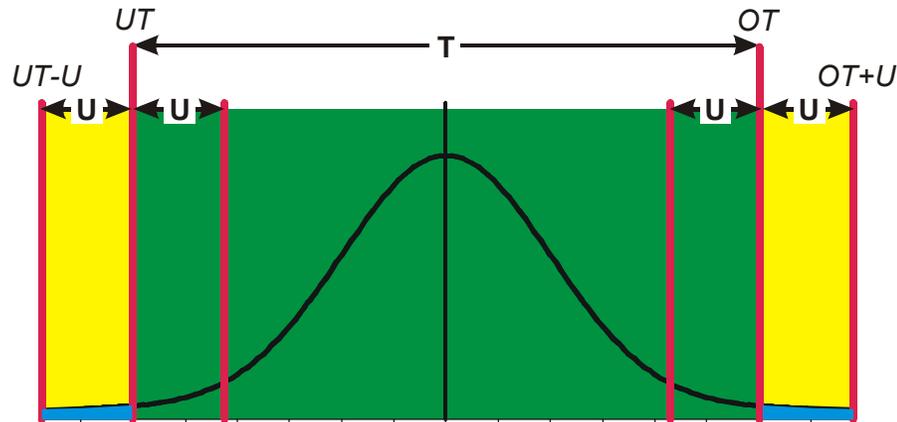
Simple Acceptance/Rejection according to ISO 14253-6

## "Goldene Regel"

Die Toleranz wird nicht verringert, wenn, die Messunsicherheit ein Zehntel bis ein Fünftel der Toleranz nicht überschreitet.



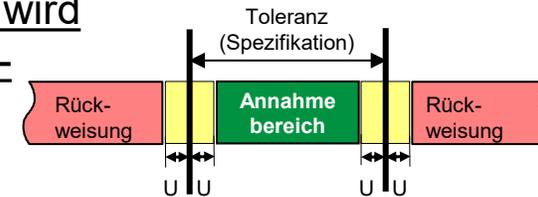
Eine (**kleine**) Überschreitung der Toleranz um die Messunsicherheit wird zugelassen.



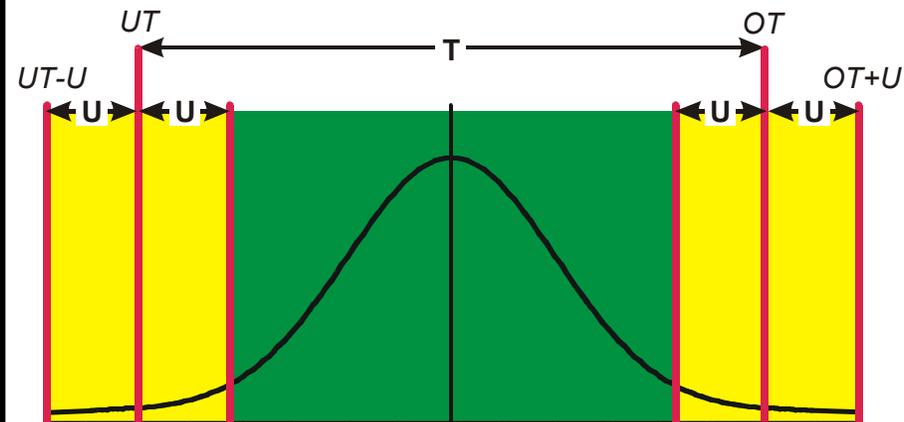
Decision rules according to ISO 14253-2

## "Entscheidungsregeln"

Die Toleranz wird um die Messunsicherheit verringert.



Eine Überschreitung der Toleranz um die Messunsicherheit wird nicht zugelassen.



Quelle: Imkamp, D., Kistner, T.: Neue ISO 9001 Revision und ihre Bedeutung für die Messtechnik in der Produktion, 18. GMA/ITG Fachtagung Sensoren und Messsysteme 2016 vom 11. bis 12. Mai 2016 in Nürnberg

- 
- 01** Worum geht es eigentlich: Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung?

---

  - 02** Konformitätsbewertung und Toleranzverständnis

---

  - 03** Messunsicherheit, Messabweichung und die Gerätespezifikation (MPE)

---

  - 04** Fähigkeit und Eignung von Messsystemen und Messprozessen

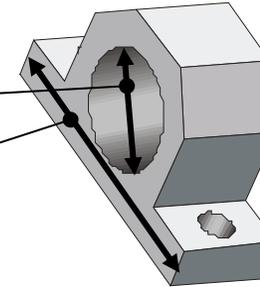
---

  - 05** Zusammenfassung

---

"Ist das System  
genau genug um diese  
Merkmale zu messen?"

Prüfplanung - Merkmalsliste	
1 . 40 . 0 <sup>H8</sup>	
2 . 100 . 0	+0.01 -0.02
...	

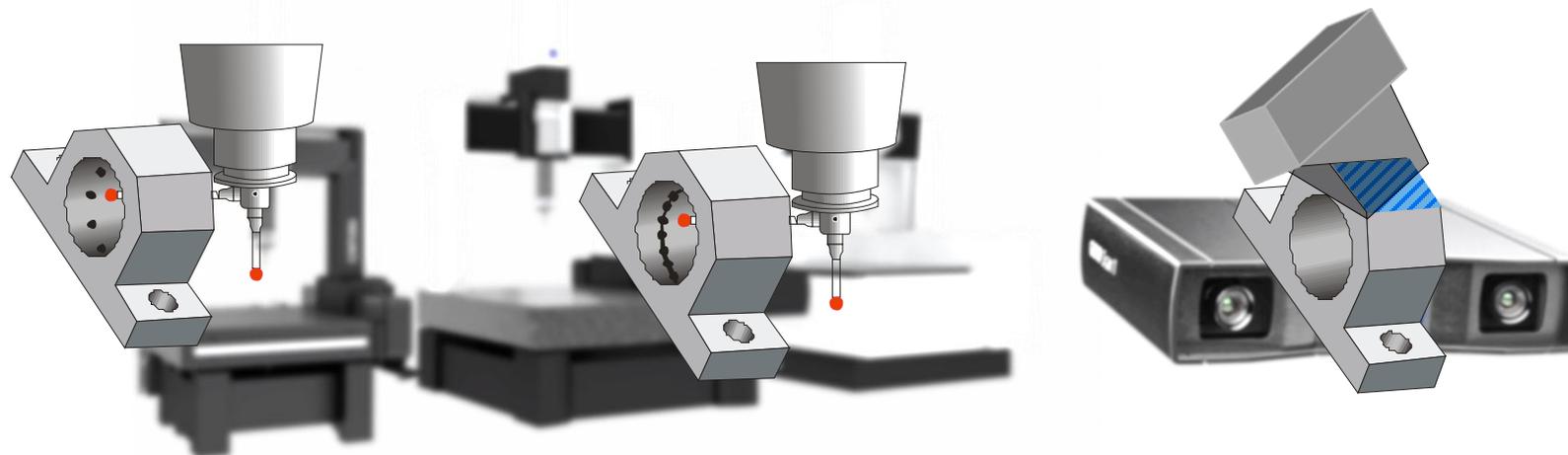


Warum ist es so schwierig diese Frage zu beantworten?

Weil Koordinatenmesssysteme so flexibel sind.

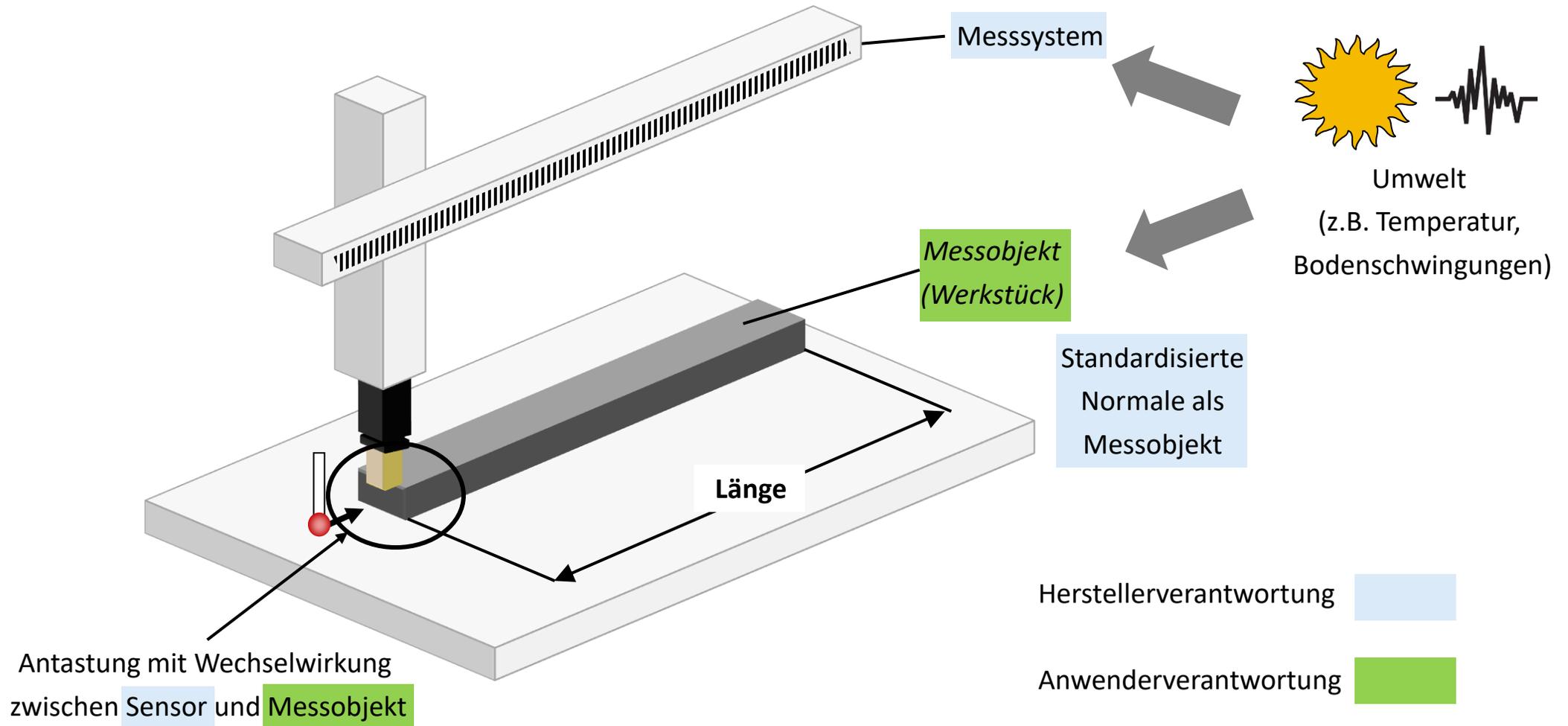
=> **Messaufgaben können unterschiedlich gelöst werden.**

(z. B. Taktill Einzelpunkte oder Scanning oder Optischer Linienscanner)



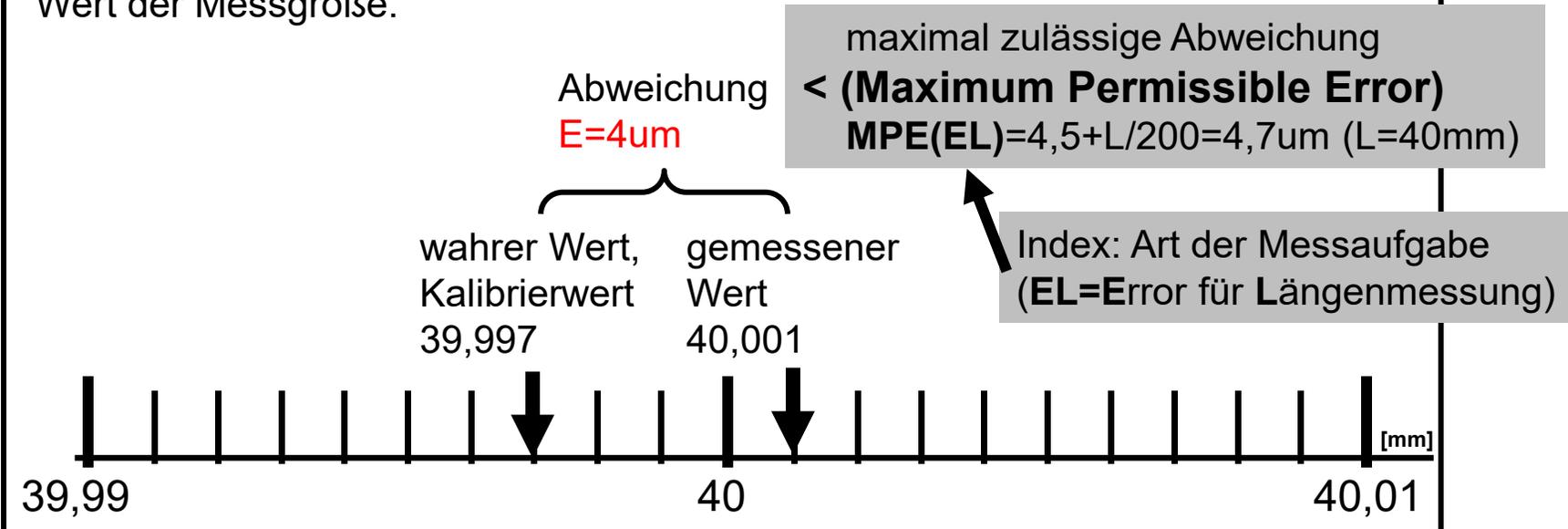
# Effekte und Verantwortung

## Was kann ein Hersteller bereitstellen?



Quelle: Imkamp, D., Martin, A.: Längenmessabweichung und Antastabweichung in dem sich verändernden technischen Umfeld der Koordinatenmesstechnik, in: Messunsicherheit praxisgerecht bestimmen – Prüfprozesse in der industriellen Praxis, 10. VDI-Fachtagung, Erfurt, 10. bis 11. November 2021 (VDI-Berichte 2390), VDI-Verlag, Düsseldorf 2021

Die **Messabweichung** ist die Abweichung zwischen Messergebnis und wahren Wert der Messgröße.



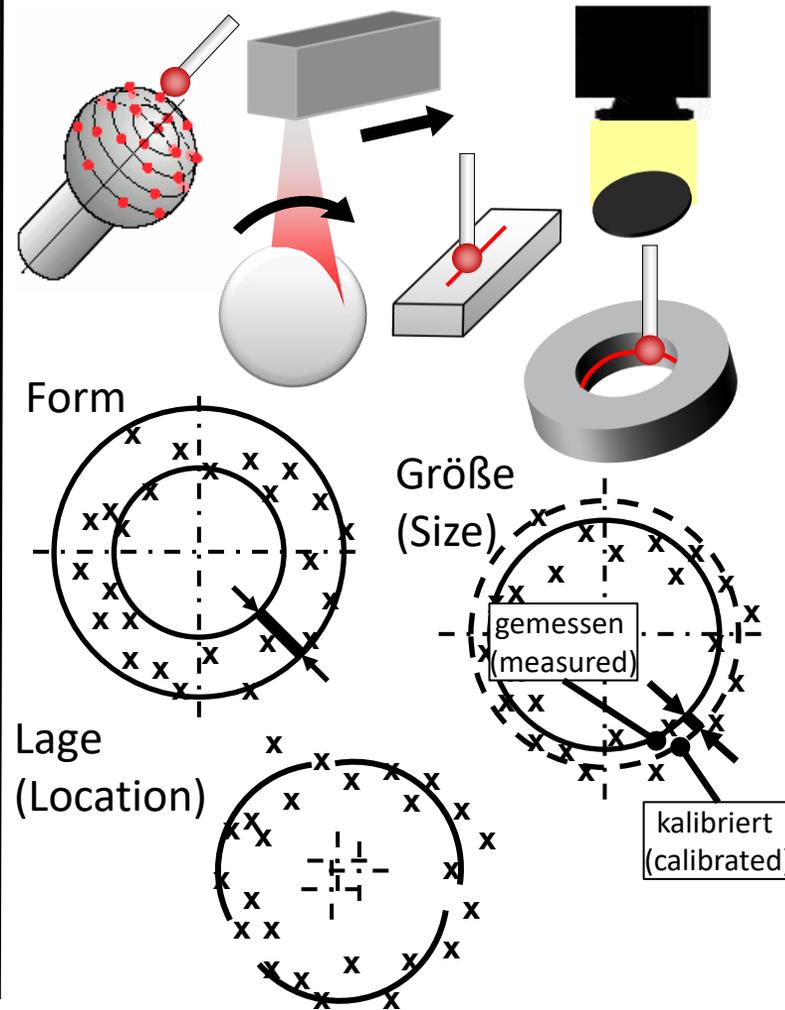
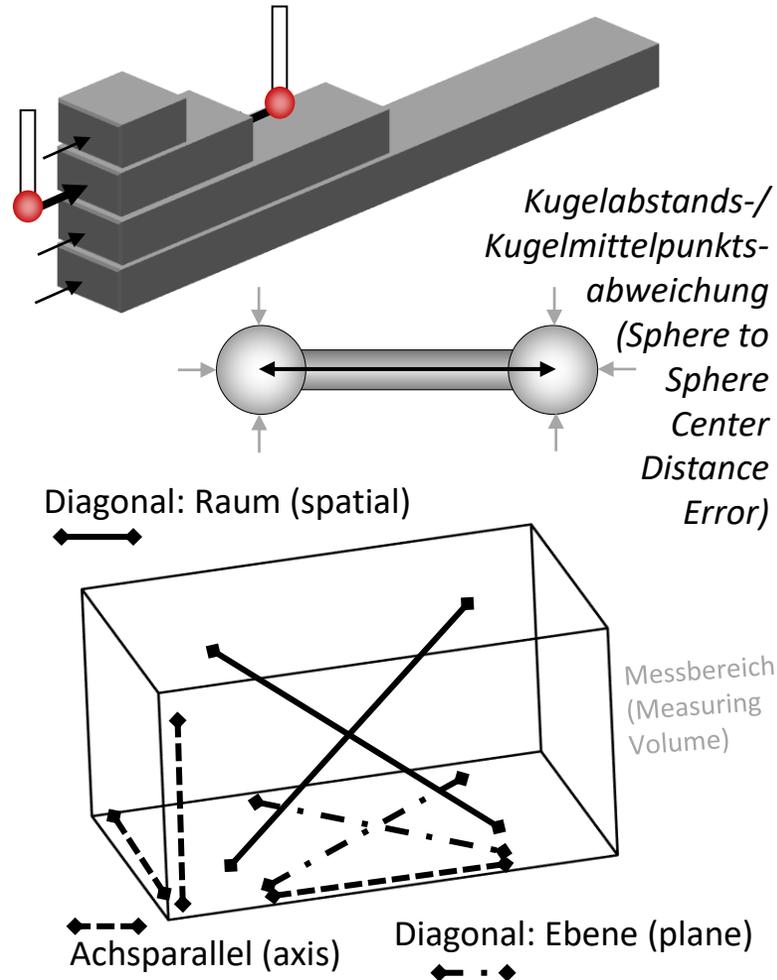
➔ **Herstellerangabe**

Die **Messunsicherheit** ist ein dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden können (nach GUM/VIM\*). Sie wird mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen oder Expertenschätzungen ermittelt.  
**=> Messunsicherheit >= Messabweichung** (bei gleicher Messaufgabe)

➔ **Anwender**

\* GUM: **G**uide to the Expression of **U**ncertainty in **M**easurement (Alternative Bezeichnung nach DIN EN ISO 10360-2: 2010:  $E_{L,MPE}$  mit  $L=0, 150$  als Versatz Tastkugelmittle zu Pinolenachse)  
VIM: **V**ocabulaire **I**nternational de **M**étriologie

## Längenmessabweichung (Length Measuring Error)



## Antastabweichung (Probing Error)

# Wie kommt der Anwender zur Messunsicherheit?

## Pragmatischer Ansatz, bedingt Norm Konform

**Versuche (Methode A) oder Schätzen (Methode B),**  
wie im GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)

### Schätzen

- MPE-Werte sind eine gute Größenordnung, solange die Messaufgabe sich nicht wesentlich von einer Endmaßmessung unterscheidet (z.B.: beim verwendeten Taster)
- Berücksichtigung zusätzlicher Einflüsse z.B. der größte Feind ist die Temperatur!
- Messunsicherheitsbilanz nach VDI/VDE 2617 Blatt 11

### Versuche (erfordert „geeignete Objekte“)

- Testmessung an (kalibrierten) Werkstücken
- Fähigkeit- bzw. Eignungsuntersuchung

Die **Messunsicherheit** ist ein dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden können (nach GUM/VIM\*). Sie wird mit Hilfe von experimentellen Untersuchungen oder Expertenschätzungen ermittelt.  
**=> Messunsicherheit >= Messabweichung** (bei gleicher Messaufgabe)



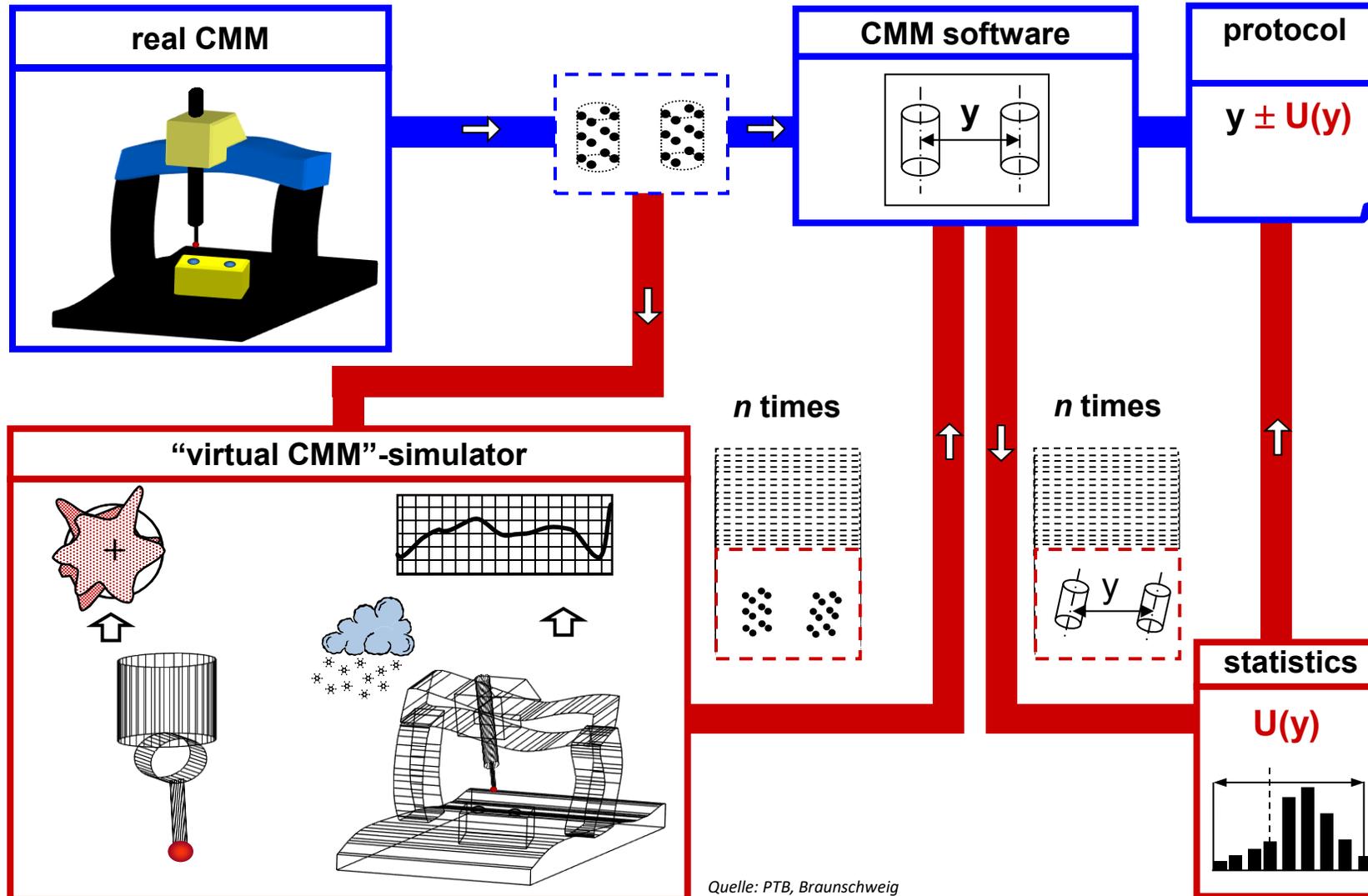
**Anwender**

\* GUM: **G**uide to the Expression of **U**ncertainty in **M**easurement  
VIM: **V**ocabulaire International de **M**étrie

(Alternative Bezeichnung nach DIN EN ISO 10360-2: 2010:  $E_{L,MPE}$  mit  $L=0$ , 150 als Versatz Tastkugelmittle zu Pinolenachse)

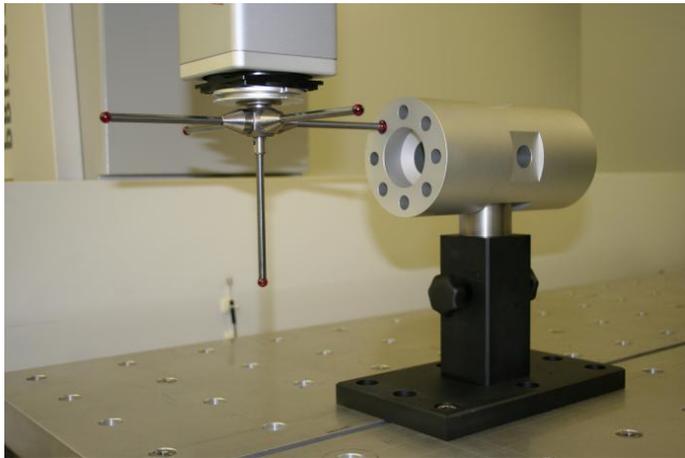
# Methoden zur Messunsicherheitsermittlung durch Simulation

## Das VCMM (Virtuelles Koordinatenmessgerät)



# Anwendung des VCMM: Kalibrierung von individuellen Normalen

## Prüfkörper Multi Feature Check kalibriert - Prüfkörper



Seite  
Page 51



0485
D-K- 15007-02-00
2015-08

Benennung	Prüfmerkmal	Messwert	Mess- unsicherheit	Einheit
<i>Designation</i>	<i>Characteristic</i>	<i>Measured value</i>	<i>Measurement uncertainty</i>	<i>unit</i>
3.7.01_H_ST4 – I_ST4	Koaxialität <i>Coaxiality</i>	0,0026	0,0020	mm
3.7.02_H_ST2 – C_ST4		0,0430	0,0180	mm
3.7.03_A2.CI_ST4 – A1.CI_ST2		0,0021	0,0040	mm
3.7.04_A2.CI_ST4 – A1.CI1+CI2_ST2		0,0165	0,0130	mm
3.8.01_C.CI1_ST2 – A1_ST2	Rundlauf <i>Radial runout</i>	0,0052	0,0040	mm
3.9.01_C_ST2 – A1_ST2		0,0062	0,0040	mm
3.10.01_F.CP1_ST4 – I_ST4	Planlauf <i>Axial runout</i>	0,0118	0,0050	mm
3.11.01_F_ST4 – I_ST4		0,0256	0,0050	mm

### 7. Messunsicherheit *Measurement uncertainty*

Die Messunsicherheit wurde für jede Messgröße aufgabenspezifisch durch Simulation ermittelt (Methode des „Virtuellen KMG“, VCMM Version 4.4.4).

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Werteintervall.

*The task specific measurement uncertainty for each measurand was determined by simulation ('Virtual CMM Method', VCMM version 4.4.4).*

*We have specified the expanded measuring uncertainty which is calculated by multiplying the standard measuring uncertainty with the expansion factor  $k = 2$ . Determination was based on DKD-3. With a probability of 95% the value of the measurand lies within the appropriate range.*

- 
- 01** Worum geht es eigentlich: Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung?

---

  - 02** Konformitätsbewertung und Toleranzverständnis

---

  - 03** Messunsicherheit, Messabweichung und die Gerätespezifikation (MPE)

---

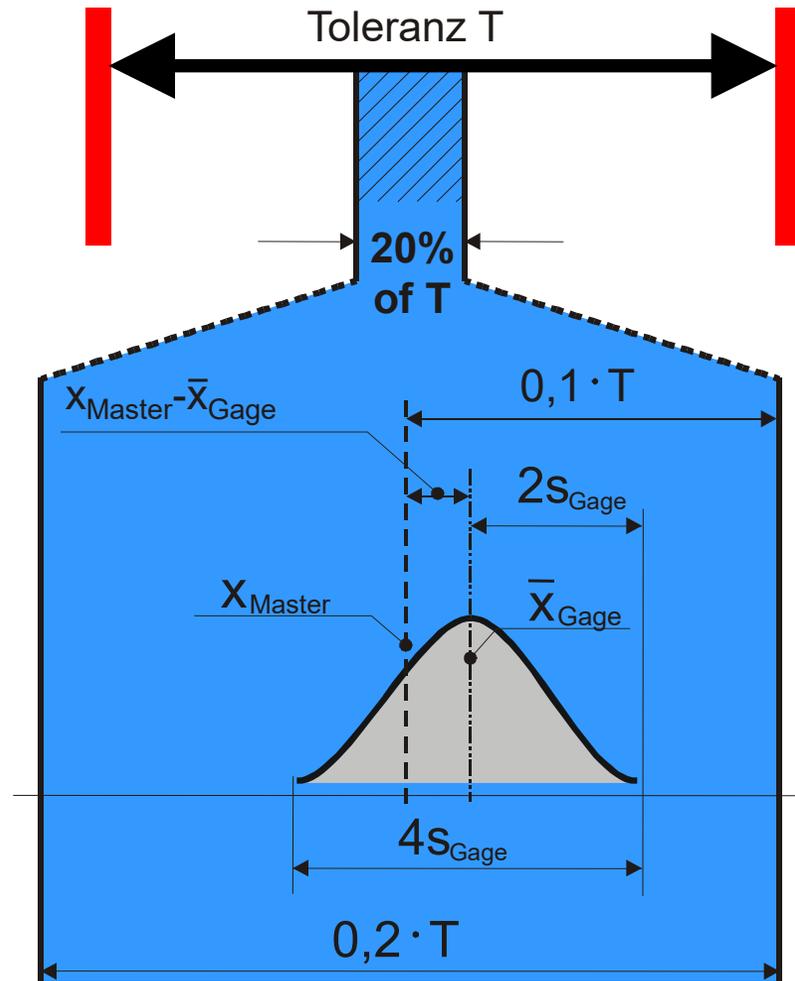
  - 04** Fähigkeit und Eignung von Messsystemen und Messprozessen

---

  - 05** Zusammenfassung

---

# Fähigkeit nach einem Dokument der Firm Q-DAS (nicht aktuell, aber gut zur Erläuterung)



Index für zufällige Einflüsse:

$$4s_{\text{Gage}} < 0,2 T$$

$$\rightarrow c_g = \frac{0,2 T}{4s_{\text{Gage}}}$$

$$c_g \geq 1 \Rightarrow 4s_{\text{Gage}} \leq 0,2 T$$

Index für zufällige und systematische Einflüsse:

$$2s_{\text{Gage}} < 0,1 T - |x_{\text{Master}} - \bar{x}_{\text{Gage}}|$$

$$\rightarrow c_{gk} = \frac{0,1 T - (|x_{\text{Master}} - \bar{x}_{\text{Gage}}|)}{2 s_{\text{Gage}}}$$

$$c_{gk} \geq 1 \Rightarrow 2s_{\text{Gage}} \leq 0,1 T - \text{Bias}$$

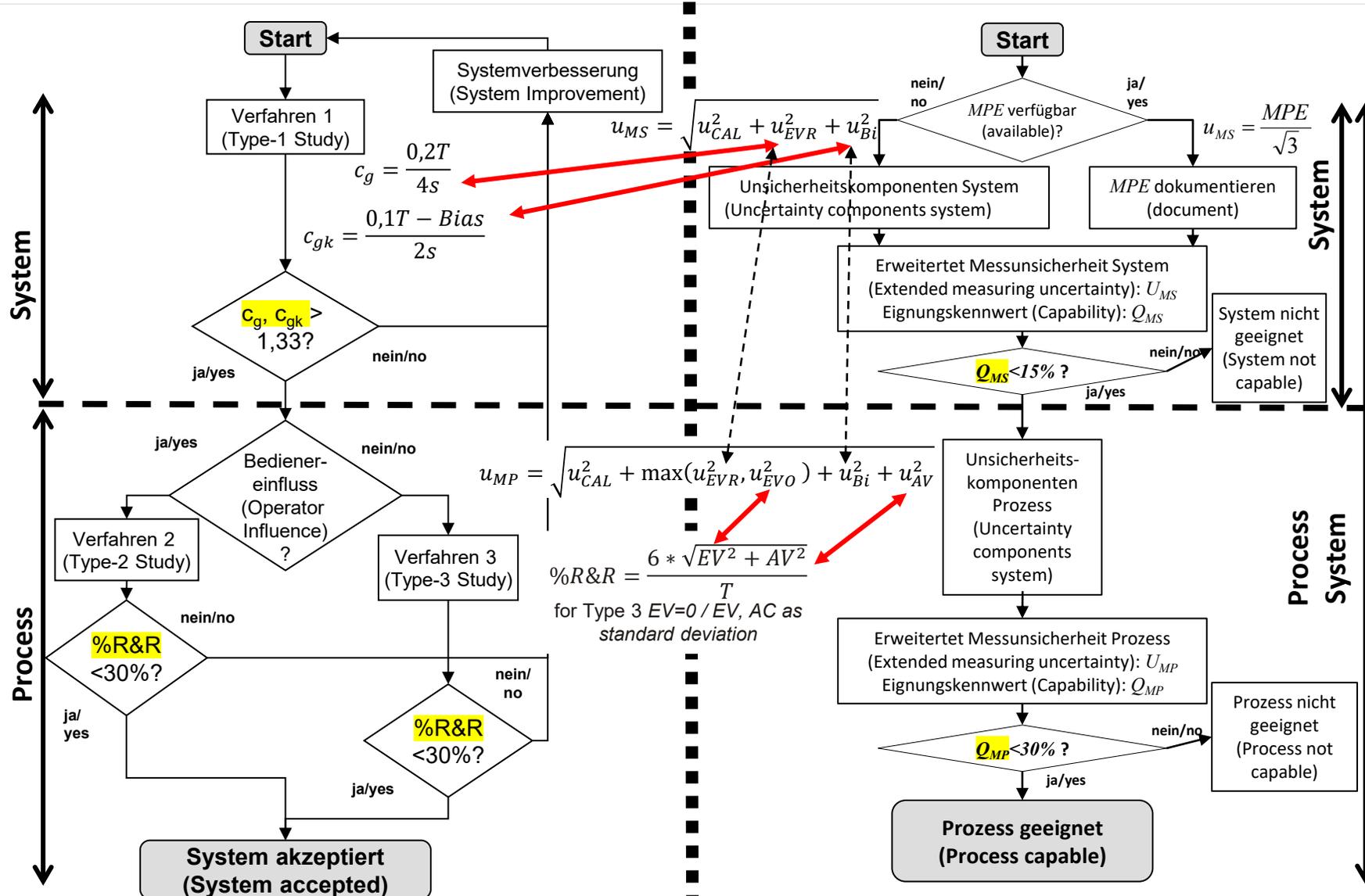
Quelle: Leitfaden zum „Fähigkeitsnachweis von Meßsystemen“ von einem Arbeitskreis der Automobilindustrie unter Leitung der Q-DAS GmbH, Birkenau, Version 2.1, 2002

# Die zurzeit Wichtigsten: MSA und VDA 5 (zum detaillierten Verständnis führt kein Weg an der Literatur vorbei)



MSA

VDA 5



- 01** Worum geht es eigentlich: Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung?
- 02** Konformitätsbewertung und Toleranzverständnis
- 03** Messunsicherheit, Messabweichung und die Gerätespezifikation (MPE)
- 04** Fähigkeit und Eignung von Messsystemen und Messprozessen
- 05** Zusammenfassung

# Wie geht man heute mit der Anforderung „klein“ um? Unsicherheit, MPE und Fähigkeit, Eignung

Größen zur Beschreibung der **Unsicherheit** eines Messergebnisses  
(in der Längenmesstechnik mit der Einheit Meter)

Gerätespezifikation mit den Angaben zu den **maximal zulässigen Abweichungen** (Maximum Permissible Errors=**MPE** [ISO 14978]) nach DIN EN ISO 10360 für Koordinatenmesssysteme

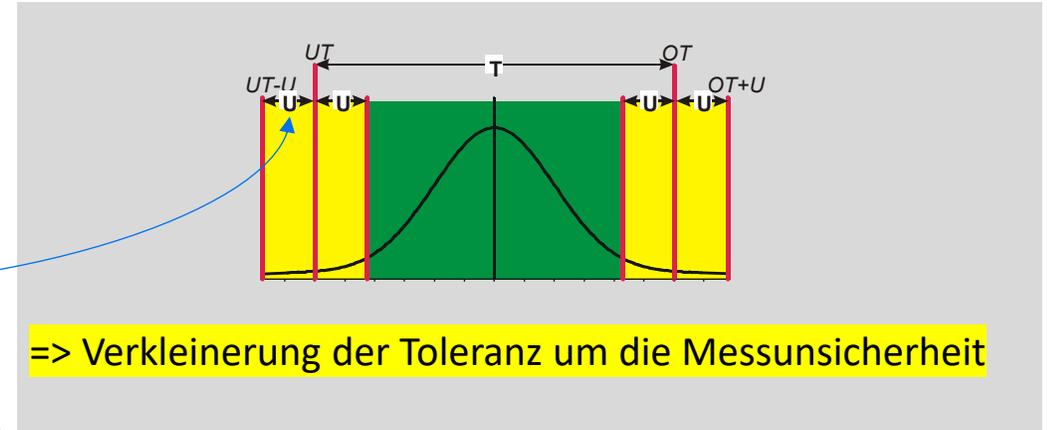
**ZEISS PRISMO ultra Sensor und Genauigkeit**  
Die Funktionalität des Gerätes und seine hier angegebenen Leistungsdaten (Spezifikation) werden nur bei Verwendung von original ZEISS-Zubehör erreicht. Die spezifizierten Kenngrößen werden bei der Anwendung der maximal zulässigen Abweichungen zur Abschleifprüfung und der Verwendung der festgelegten Normen gemäß der ISO 10360 Serie eingehalten.

ZEISS VAST gold			
Längenmessabweichung	EO	in µm	20
MPE nach ISO 10360-2:2009			
Wiederholgenauigkeit von EO	RS	in µm	20
MPE nach ISO 10360-2:2009			
Scanninggenauigkeit	THP	in µm	
MPE nach ISO 10360-4:2009			
Formmessabweichung	BOHC	in µm	
MPE für Rundheit nach ISO 12181:2011 (MDC)			
ISO/DIS 9117 Teil 2:2009			
Einzelbauteil-Anfallsabweichung Form	FTTU	in µm	
MPE nach ISO 10360-5:2010			
Mehrfachbauteil-Anfallsabweichung Form	FTTM	in µm	
MPE nach ISO 10360-5:2010			
Mehrfachbauteil-Anfallsabweichung Maß	FTSM	in µm	
MPE nach ISO 10360-5:2010			
Mehrfachbauteil-Anfallsabweichung Lage	FTLM	in µm	
MPE nach ISO 10360-5:2010			



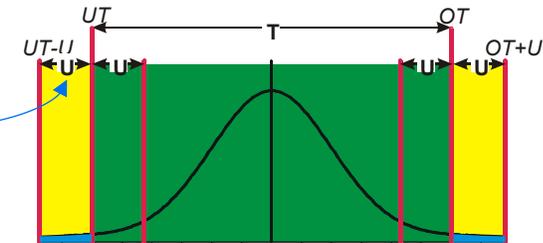
**Messunsicherheit** ist ein dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die **Streuung** der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden können [VIM].

- Versuche (Methode A)
- Schätzen (Methode B)



Kenngrößen, die das **Verhältnis** zwischen einer **Messunsicherheit** und einer **Toleranz (Spezifikation)** beschreiben (ohne Einheit!)

**Fähigkeit** und **Eignung** sind ähnliche Größen, die aus dem Verhältnis von einer Größe zur Beschreibung der Messunsicherheit (Vorgabe durch Richtlinien oder Normen) und der Toleranz bestimmt werden



=> Vernachlässigung der Messunsicherheit, wenn die Messunsicherheit << Toleranz



Q-Tech Expert Academy

Wir sorgen für die besten Mess-Experten der Welt

## Hinweis zum Urheberrecht

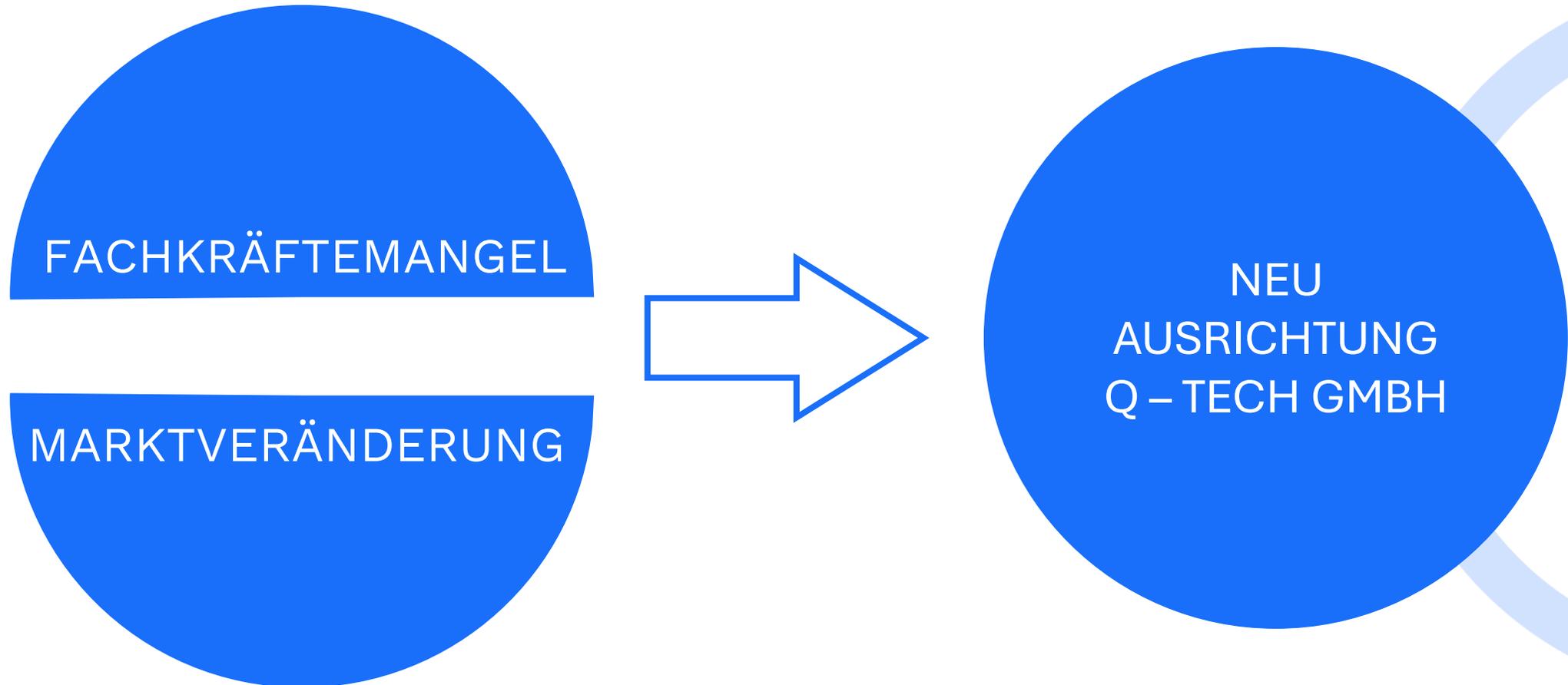
Diese Unterlagen sind urheberrechtlich geschützt.

Sie dürfen ausschließlich durch die Empfängerin bzw. den Empfänger genutzt werden und nicht ohne vorherige schriftliche Genehmigung ganz oder auszugsweise vervielfältigt, verbreitet, öffentlich zugänglich gemacht oder an Dritte weitergegeben werden.

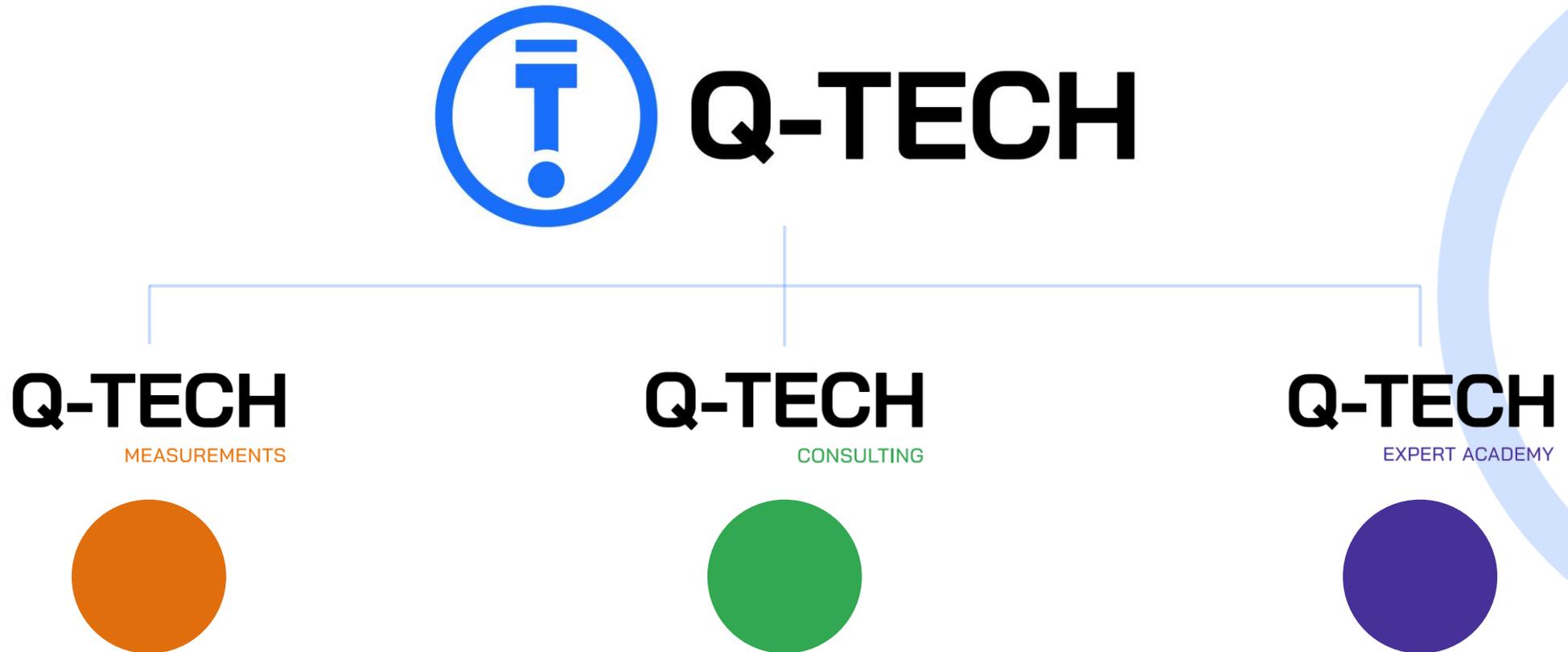
Alle Inhalte wurden mit größter Sorgfalt erstellt.

Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernehmen wir keine Gewähr.

# HERAUSFORDERUNGEN, DIE ZU CHANCEN WERDEN



# Q-TECH GESCHÄFTSBEREICHE



# AUFBAU DER Q-TECH EXPERT ACADEMY

## Q-Tech Kunden



Seminare &  
Schulungen



Individualtrainings  
& Coachings

## Q-Tech Mitarbeiter



Trainee-  
programm

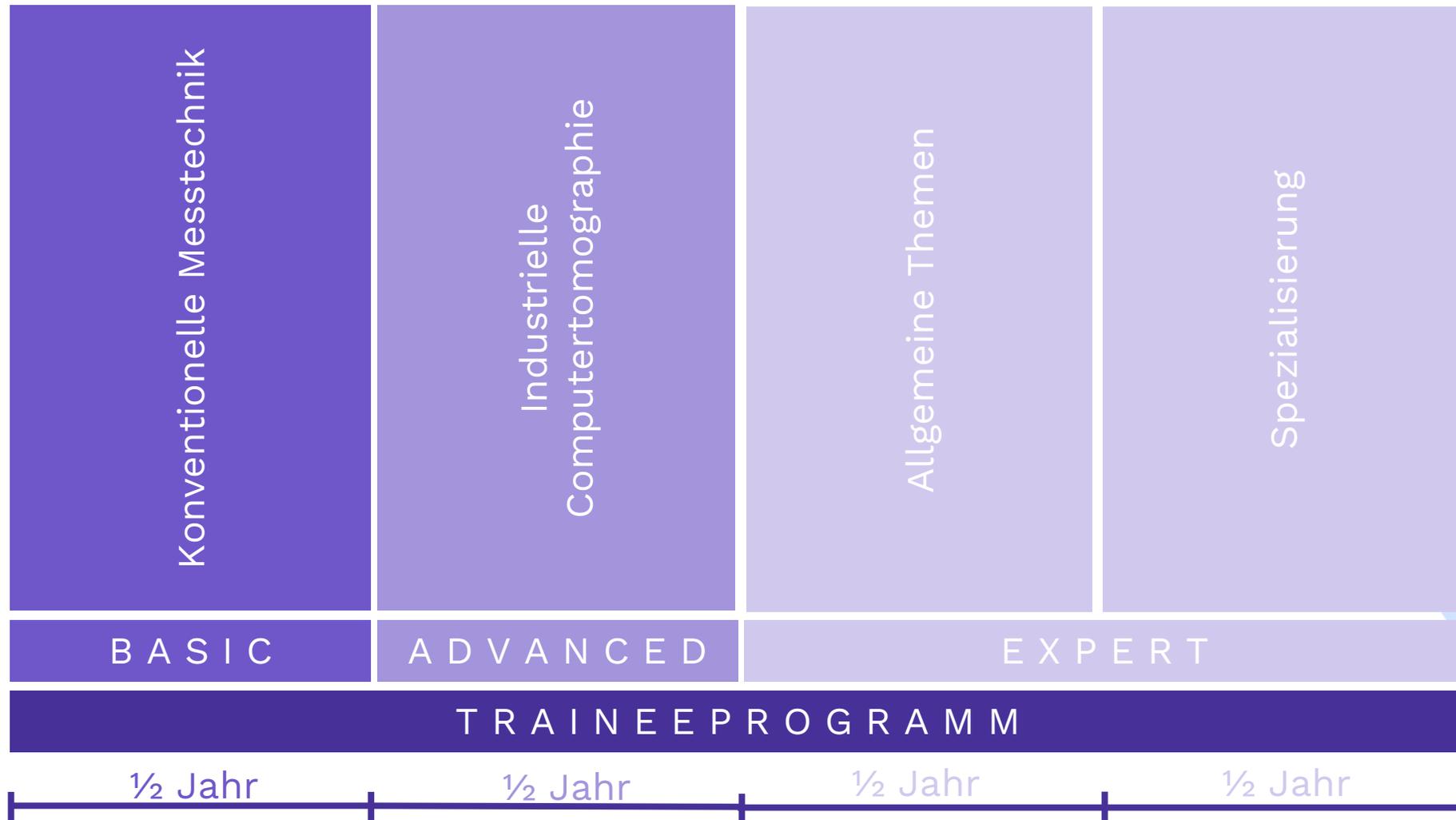


Kompetenz-  
management

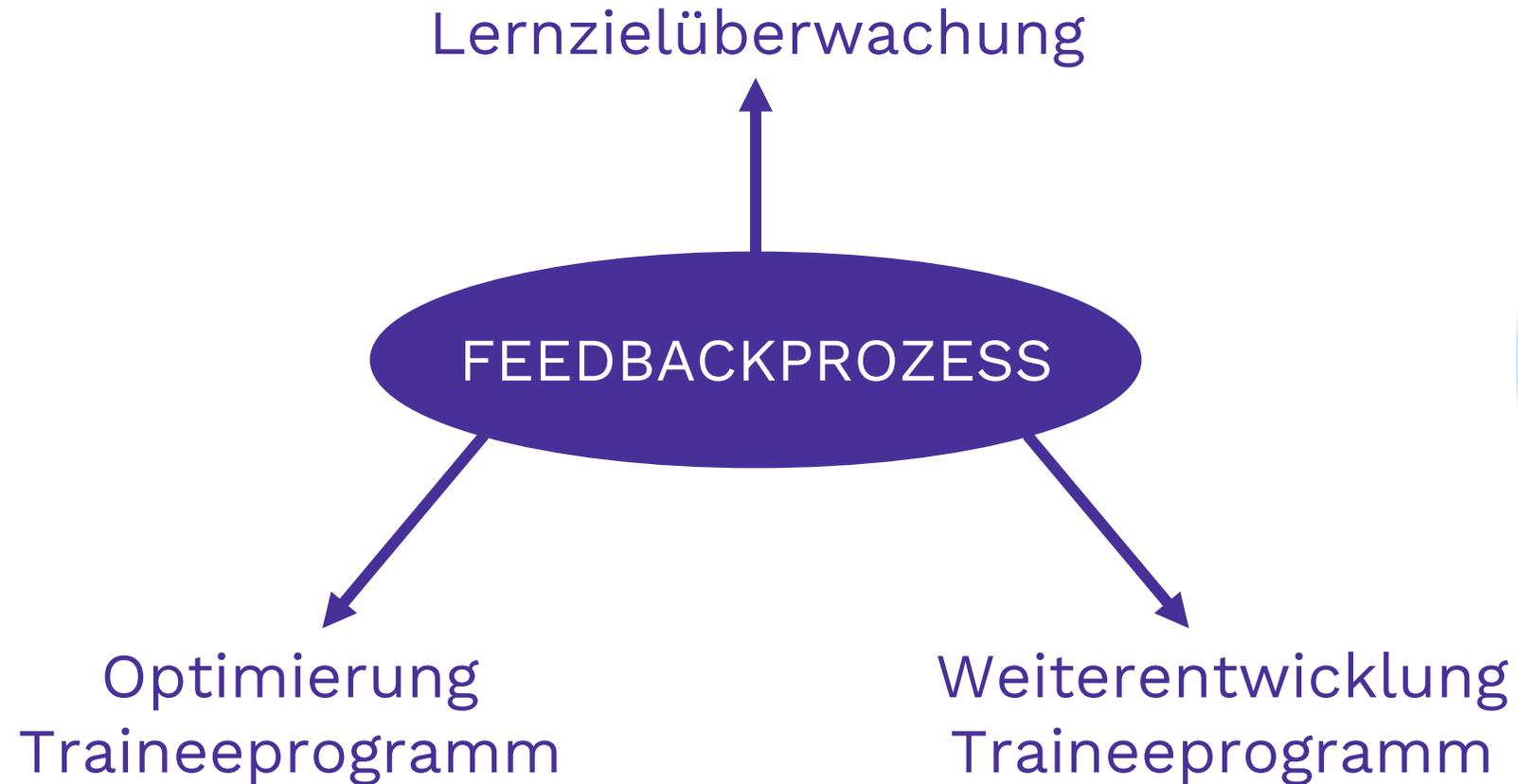
# TRAINEEPROGRAMM



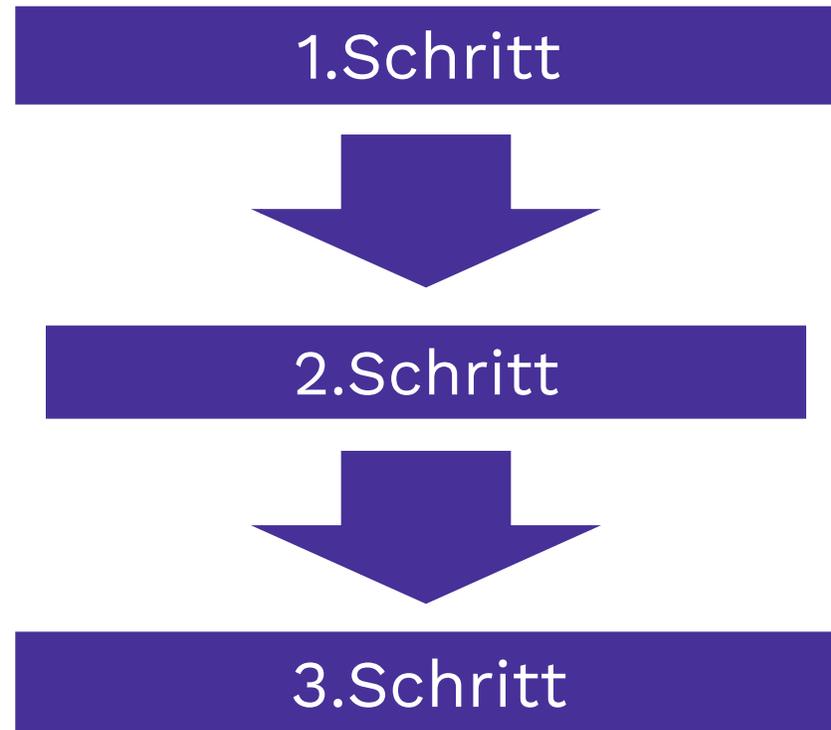
# TRAINEEPROGRAMM



# TRAINEEPROGRAMM



# Kompetenzmanagement



# Kompetenzmanagement

Interne Live Schulungen



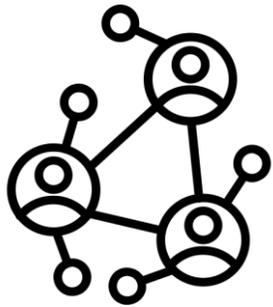
2.Schritt



3.Schritt

# Kompetenzmanagement

## INTERNE LIVE SCHULUNGEN



# Kompetenzmanagement

Interne Live Schulungen



2.Schritt



3.Schritt

# Kompetenzmanagement

Interne Live Schulungen



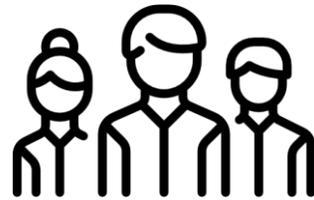
E-Learnings



3.Schritt

# Kompetenzmanagement

## E-LEARNING



# Kompetenzmanagement

Interne Live Schulungen



E-Learnings



3.Schritt

# Kompetenzmanagement

Interne Live Schulungen



E-Learnings

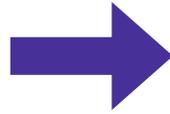


Lernmanagementsystem



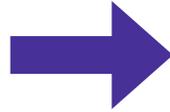
# Kompetenzmanagement

LMS



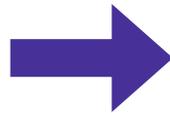
Strukturierte  
Wissenssammlung

Attraktiveres Lernen



Externe Inhalte

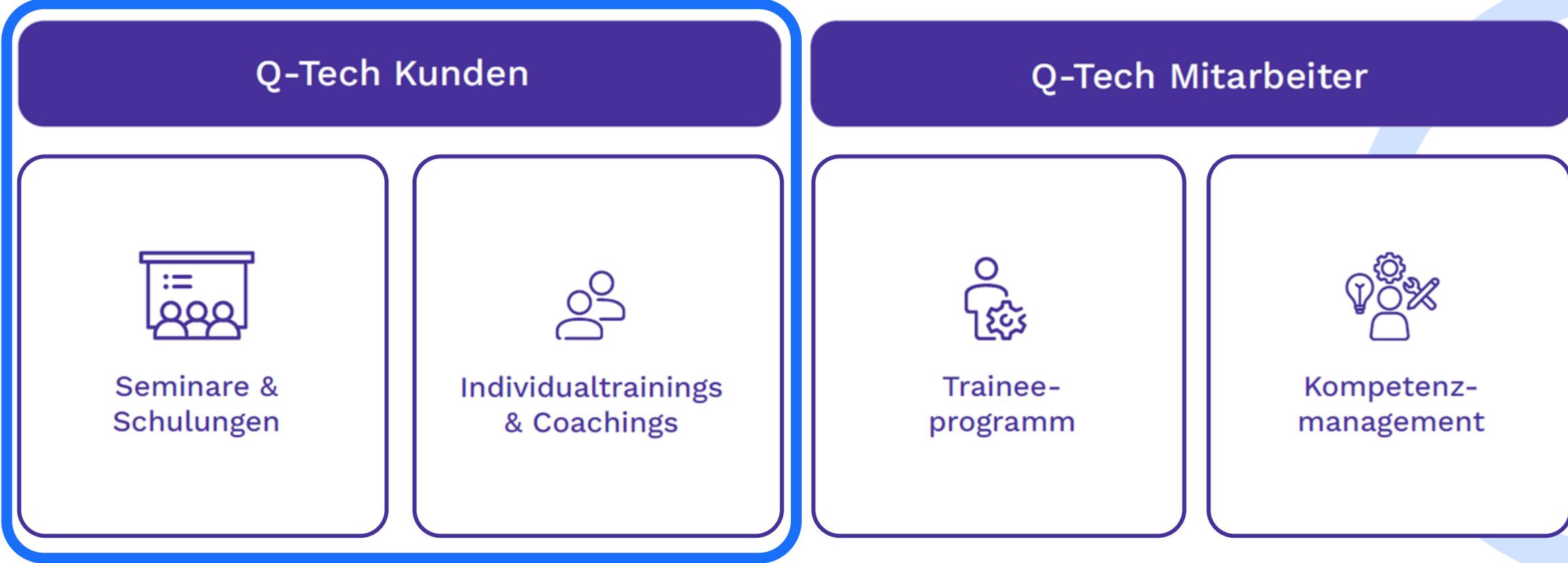
Abwechslungsreiche  
Lernen



Autorentool



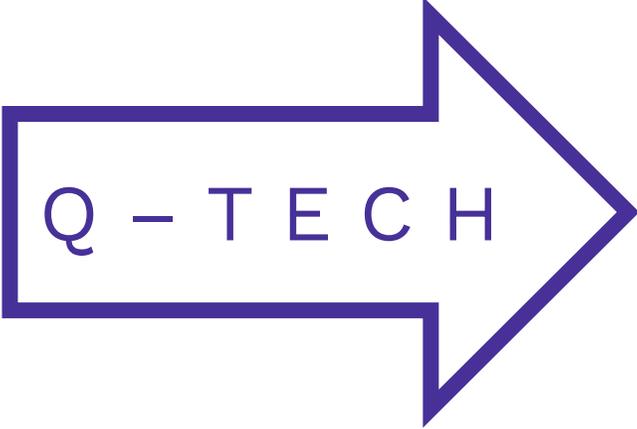
# Kunden Academy



# Kunden Academy



FACHKRAFT



SPEZIALISTEN

# Kunden Academy



# Schulungen und Seminare

## Eigene Experten

Schulungen mit unseren eigenen  
Experten – direkt aus  
der industriellen Messtechnik

## Gastdozenten & Partner

Seminare mit ausgewählten  
Partnern – für praxis-  
relevantes Spezialwissen

# Schulungen und Seminare

Schulungen  
und  
Seminare



# Schulungen und Seminare Individualtrainings und Coachings

- Kleine Gruppen
- Lockere Atmosphäre
- Interaktiv und praxisnah
- Verständlich & direkt umsetzbar

# SCHLUSSWORT

Unser Ziel ist es, Wissen nicht nur zu vermitteln, sondern praxisnah, partnerschaftlich und mit Blick auf die Herausforderungen der Zukunft weiterzuentwickeln.



**Infostand Expert Academy**



**Q-TECH**  
Vielen Dank!

Kontaktieren Sie mich gerne!



**Celine Schindler**

Celine.Schindler@q-tech-roding.de