

# **Kalibrierung als Grundlage für sichere Prüfergebnisse**

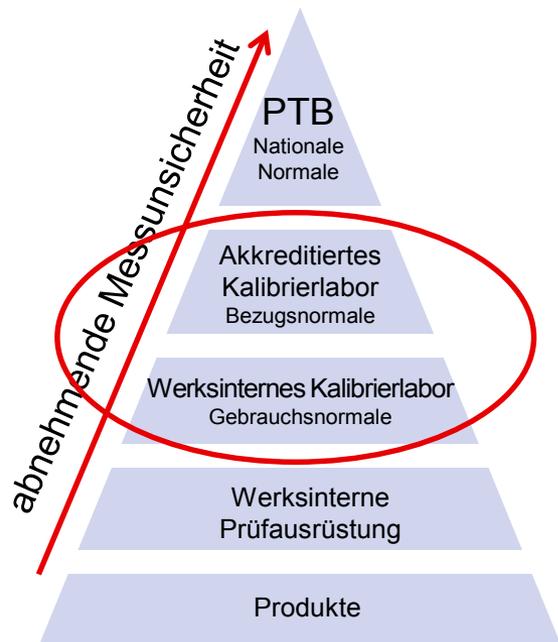
**Interpretation, Messunsicherheit, und Klasseneinteilung bei der Kalibrierung**

**Stephan Baumann**

**Oktober 2018**

## Die Messunsicherheit steigt über die Kalibrierkette.

- Kalibrierung beinhaltet:
  - rückgeführtes Messen
  - Anwendung validierter (normierter) Verfahren
  - Kompetenz (DIN EN ISO/IEC 17025)
  - unter Angabe von Messunsicherheiten



**Beschreibung einer Kalibrierung am  
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer  
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer  
nach DIN EN ISO 9513**

**Darstellung des  
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins  
mit Konformitätsaussage**

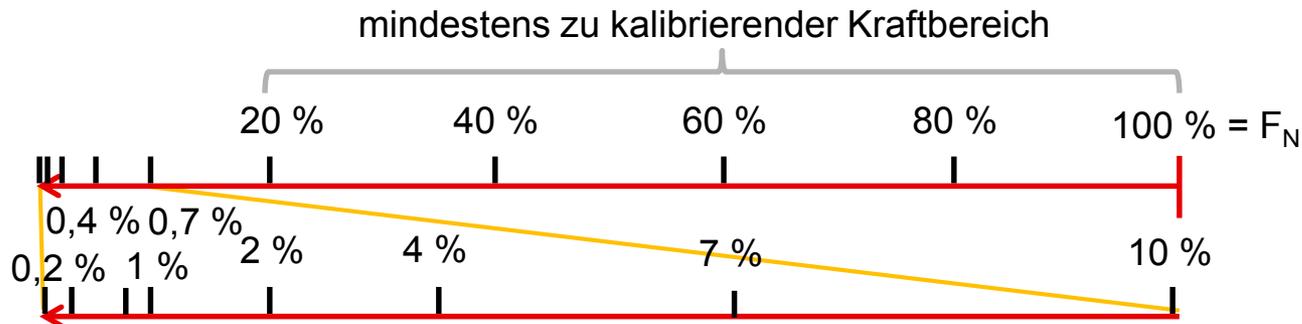
**Fazit und Diskussion**

## Das internationale Wörterbuch der Metrologie definiert Kalibrierung sehr präzise.

- Kalibrierung:  
Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt eine Beziehung zwischen den durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten mit ihren Messunsicherheiten und den entsprechenden Anzeigen mit ihren beigeordneten Messunsicherheiten herstellt und in einem zweiten Schritt diese Information verwendet, um eine Beziehung herzustellen, mit deren Hilfe ein Messergebnis aus einer Anzeige erhalten wird.

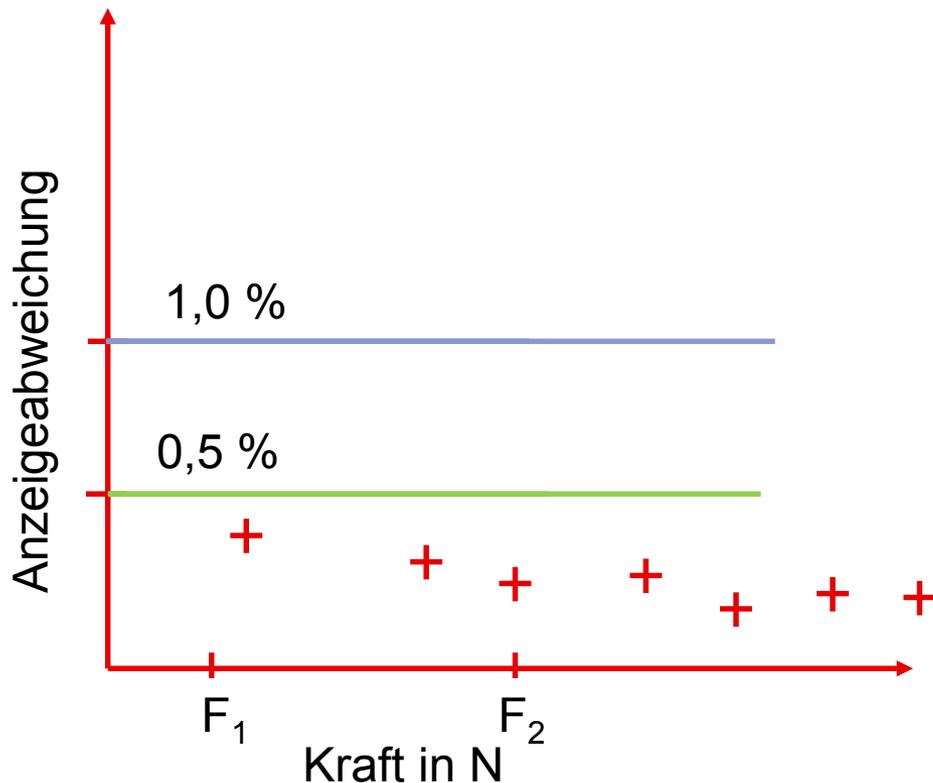
Die Kalibrierung der Materialprüfmaschine erfolgt nach aktuellen Normen für die Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung.

- Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung nach DIN EN ISO 7500-1 : 2018-06
  - Beschreibung des Systems aus Kraftaufnehmer und Messkette
  - Überprüfen des einwandfreien Zustandes der Materialprüfmaschine
  - Kalibrierung der Kraftanzeige unter Verwendung rückgeführter Gebrauchsnormale
    - für jede Kraftmesseinrichtung
    - für jeden Anzeigebereich



- Zwick Kalibrierungen umfassen zusätzlich zum notwendigen Umfang einer Kalibrierung zusätzliche Kraftstufen bis zu 0,1 % des Nennwertes

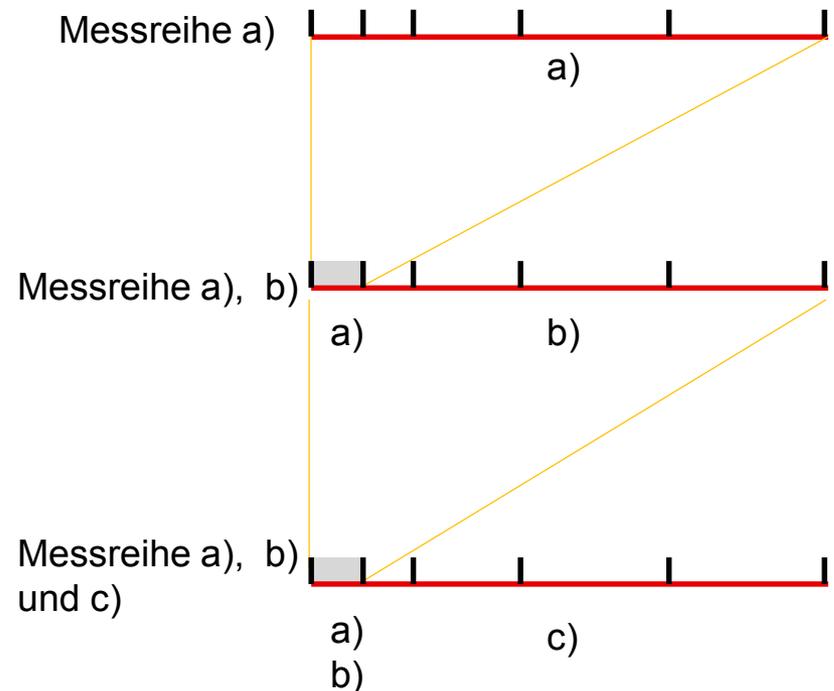
## Beispiele für die Klassifizierung nach DIN EN ISO 7500-1:2018 unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4.



- Relative Anforderungen an die Klassen der DIN EN ISO 7500-1
- Klassifizierung des Kalibriergegenstandes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit
  - nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4
  - durch Addition der Messunsicherheit zu den Messwerten

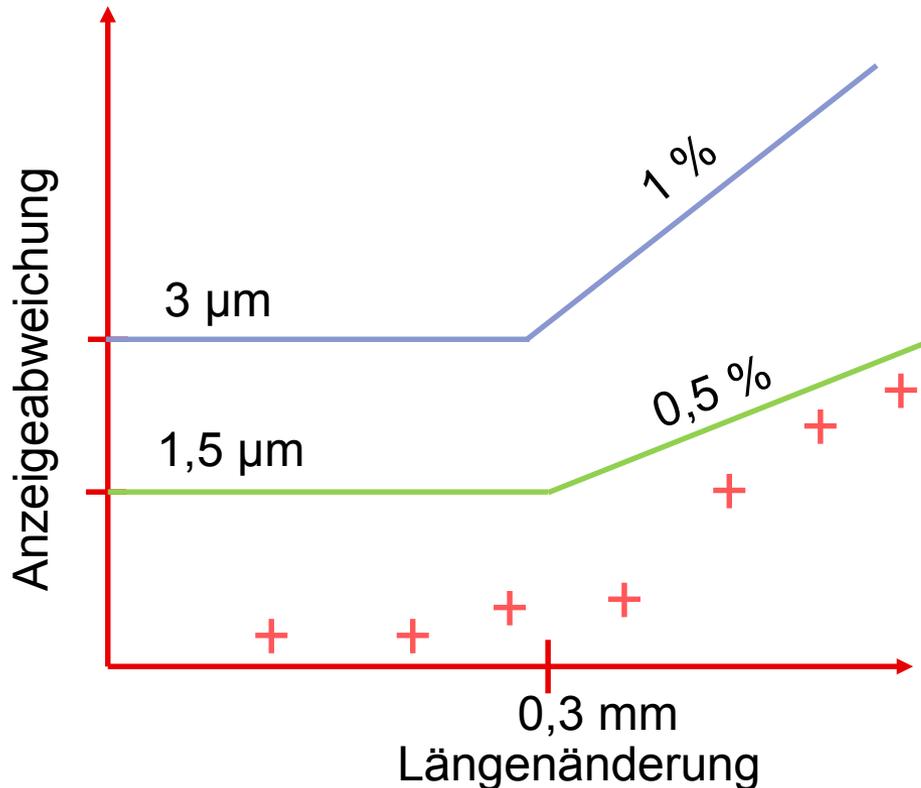
Die Kalibrierung der Materialprüfmaschine erfolgt nach aktuellen Normen für die Kalibrierung eines Extensometers.

- Kalibrierung der Längenänderungs-Messeinrichtung nach DIN EN ISO 9513 : 2013-05
  - Beschreibung des Systems aus Extensometer und Messkette
  - Kalibrierung der Anzeige der Längenänderungs-Messeinrichtung unter Verwendung rückgeführter Gebrauchsnormale
  - Dokumentation des Zustandes „wie vorgefunden“ ggf. Dokumentation des Zustandes „wie zurückgelassen“ bzw. „nach Justage“



Kalibrierstufen nach DIN EN ISO 9513

## Beispiele für die Klassifizierung nach DIN EN ISO 9513:2013 unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nach DIN EN ISO 9513:2013 Anhang A.



- Absolute und relative Anforderungen an die Klassen der DIN EN ISO 9513
- Der jeweils höhere Wert ist gültig
- Klassifizierung des Kalibriergegenstandes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit
  - nach Anhang A
  - durch Addition der Messunsicherheit zu den Messwerten

**Beschreibung einer Kalibrierung am  
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer  
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer  
nach DIN EN ISO 9513**

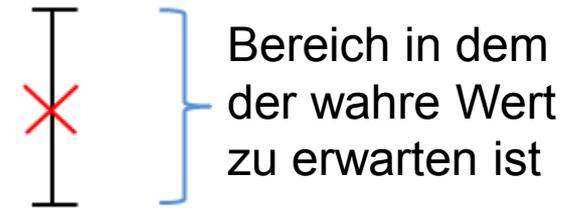
**Darstellung des  
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins  
mit Konformitätsaussage**

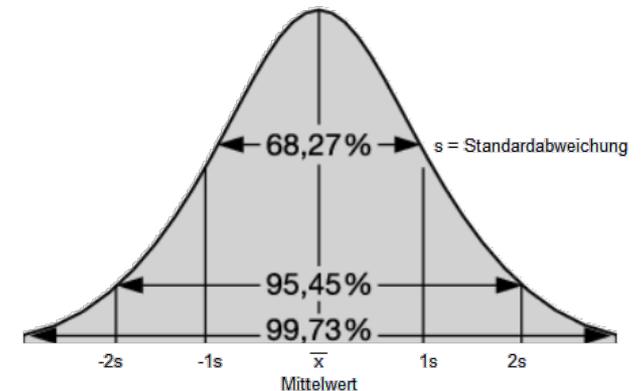
**Fazit und Diskussion**

Bei DAkkS-Kalibrierzertifikaten erfolgt die Konformitätsaussage unter Angabe der Messunsicherheit.

■ **Messunsicherheit** als statistische Abschätzung aus:



- Gebrauchsnormal
  - Messunsicherheit aufgrund der Kalibrierung des Gebrauchsnormals
  - Langzeitdrift des Gebrauchsnormals (aus Historie)
  - Umgebungsbedingungen ( $\Delta T$  zwischen Einsatz und Kalibrierung Gebrauchsnormal)
  - Messunsicherheit aus Linearitätsabweichung
- Kalibriergegenstand
  - Auflösung des Kalibriergegenstandes
  - Wiederholpräzision des Kalibriergegenstandes



■ Angegeben wird die erweiterte Messunsicherheit  $U \rightarrow$  Die ermittelten Werte liegen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Werteintervall

**Beschreibung einer Kalibrierung am  
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer  
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer  
nach DIN EN ISO 9513**

**Darstellung des  
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins  
mit Konformitätsaussage**

**Fazit und Diskussion**

## Interpretation eines DAkkS-Kalibrierscheins mit Konformitätsaussage

- Darstellung des Akkreditierungszeichens und der Kalibriermarke
- Beschreibung des Kalibriergegenstandes inklusive
  - Art
  - Hersteller und Typ
  - Werknummer und Baujahr
  - Standortbeschreibung
- Datum der Kalibrierung, durchführender Techniker und Laborleiter bzw. Stellvertreter

Zwick GmbH & Co. KG · August-Nagel-Straße 11 · D-89079 Ulm

akkreditiert durch die / accredited by the

**Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH**

als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the

**Deutschen Kalibrierdienst DKD**

Kalibrierschein  
Calibration Certificate

Gegenstand Object	Materialprüfmaschine Materials Testing Machine
Hersteller Manufacturer	Zwick GmbH & Co. KG August-Nagel-Straße 11 89079 Ulm
Typ Type	BT2-FR050THA1K
Fabrikat/Serien-Nr. Serial number	204489 - 2012
Auftraggeber Customer	Musterkunde
Auftragsnummer Order No.	DO710829 / SA2032525.00
Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines Number of pages of the certificate	- 10 -
Datum der Kalibrierung Date of calibration	22.05.2018

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift haben keine Gültigkeit.  
This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the permission of both the Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH and issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

Datum Date	25.05.2018
Leiter des Kalibrierlaboratoriums Head of the calibration laboratory	 Gaube
Bearbeiter Person in charge	 Schmidt

akkreditiert durch die / accredited by the

**Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH**

als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the

**Deutschen Kalibrierdienst DKD**

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

X11215
D-K-18351-01-00
2018 - 05

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen 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. Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.  
This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according 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 user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.

Zwick GmbH & Co. KG · August-Nagel-Straße 11 · D-89079 Ulm  
Telefon Kalibrierlaboratorium +49 7305 10-597

## Interpretation eines DAkkS-Kalibrierscheins mit Konformitätsaussage

- Normative Verweisung  
Bsp. DIN EN ISO 7500-1 : 2018-06
- Verwendete Gebrauchsnormale mit Angabe der Kalibrierscheinnummern
- Beschreibung der erweiterten Messunsicherheit U
- Umgebungsbedingungen zum Zeitpunkt der Kalibrierung
- Allgemeine Untersuchung der Maschine
- Legende

**Zwick**  
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

X11215
D-K-18351-01-00
2018 - 05

Seite 2 zum Kalibrierschein vom / Page 2 of the calibration certificate from 25.05.2018

Maschinenstandort / machine location: Messtechnik

**1 Ergebnisse zur Messgröße Kraft / Results for the quantity force to be measured**

1.1 Kalibrierverfahren / Calibration method

Die Kraftmesseinrichtung wurde einschließlich der Elektronikmodule kalibriert.  
The force measuring system was calibrated including electronic modules.

Die Kalibrierung erfolgte nach: DIN EN ISO 7500-1:2016-05

Zusätzlich Auswertung der Messwerte nach: ASTM E4 - 16

1.2 Verwendete Gebrauchsnormale und Prüfgeräte / Used working standards and testing devices

Messverstärker Measuring amplifier	Seriennummer Serialnumber	Kalibrierschein-Nr. Calibration certification No.
DK38	41675	6970 D-K-15106-01-00 2016-07
Kraftaufnehmer und/oder Gewichte Load cell and/or weights	Seriennummer Serialnumber	Kalibrierschein-Nr. Calibration certification No.
250 kN	G98040	6929 D-K-15106-01-00 2016-07
10 kN	H65928	6910 D-K-15106-01-00 2016-07
2 kN	H00897	6945 D-K-15106-01-00 2016-07

1.3 Messunsicherheit / Measuring uncertainty

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

Die Klassifizierung berücksichtigt die erweiterte Messunsicherheit nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4:2013-05.  
The expanded measuring uncertainty according to DAkkS-DKD-3 is specified, which is calculated by multiplying the standard measuring uncertainty by the factor  $k = 2$ . The probability of the measurement value in the dedicated interval is 95%.  
The classification takes into account the expanded measuring uncertainty according to DIN EN ISO 7500-1 Suppl. 4:2013-05.

1.4 Umgebungsbedingung / Environmental conditions

Raumtemperatur / Room temperature : 24,2 °C ± 1 °C

1.5 Die Anforderungen an die allgemeine Inspektion der Prüfmaschine sind erfüllt:

The requirements of the general inspection of the testing machine are fulfilled:	ja yes	nein no	entfällt inapplicable
Aufstellung und Aufbau der Maschine / installation and construction of the machine	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zustand und Funktion der Maschine / condition and functioning of the machine	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prüfung des Traversenantriebs / testing of the crosshead drive	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Relativer Biegeeinfluss $f_b$ / relative bending influence $f_b$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Anmerkungen oder Einschränkungen / remarks or restrictions: --			

1.6 Legende für Ergebnistabelle / Legend for result table:

- F: Maschinenanzeige / machine display
- F: wirklicher Wert / real value
- q: relative Anzeigeabweichung / relative display deviation
- b: relative Wiederholpräzision / relative range
- v: relative Umkehrspanne / relative reversible range
- a: relative Auflösung / relative resolution
- U: relative Messunsicherheit für q und v / relative measurement uncertainty for q and v

## Interpretation eines DAkkS-Kalibrierscheins mit Konformitätsaussage

- Beschreibung des Kalibriergegenstandes
  - Einbaulage des Kalibriergegenstandes
  - Messkette des Kalibriergegenstandes
  - Beschreibung der durchgeführten Kalibrierung und Ergebnisse
  - Kalibrierergebnisse der einzelnen Kalibrierstufen
- Beziehung zwischen durch Normale zur Verfügung gestellten Größenwerten und einer Anzeige

**Zwick**  
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

X11215
D-K-18351-01-00
2018 - 05

Seite 3 zum Kalibrierschein vom / Page 3 of the calibration certificate from 25.05.2018

### 1.7 Kalibriergegenstand / Calibration object

Kraftmesseinrichtung mit / Force measuring device with:

Kraftaufnehmer; Fmax Load cell; Fmax	Typ Type	Hersteller Manufacturer	Hersteller-Nr. Manufact.-No.	Werk-Nr. Serial-No.
50 kN	Xforce K	Zwick/Roell	752992	752992

Der Kraftaufnehmer war unter der Fahrtraverse montiert.  
The load cell was mounted below the moving crosshead.  
Steckplatz / Slot : 1  
Anzeige / display : tC II / testXpert II Version 3.4

### 1.7.1 Ergebnistabellen / Result tables

Werte vor/nach Justage / Values as found/as left : wie vorgefunden / as found

Die Messwerte der Tabellen wurden aus 3 Messreihen mit zunehmender Prüfkraft und einer 4. Messreihe mit abnehmender Prüfkraft berechnet.

The measured values of the tables have been calculated out of 3 measurement series with increasing test load and of a 4th measurement series with decreasing test load.

Die Master-Kraftaufnehmer wurden bei allen Messungen vor Beginn der 2. und 3. Messreihe um 120° gedreht.  
For all measurements, the Master-load cells were turned by 120° before starting the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> measurement serie.

Prüfrichtung : Zug / Prüfraum: unten Test direction: Tensile / Test area: lower						
F <sub>i</sub> in N	F <sub>i</sub> in N	q in %	b in %	v in %	a in %	U in ± %
100,0	100,09	-0,08	0,20	0,03	0,10	0,17
200,0	200,20	-0,10	0,06	0,12	0,05	0,12
350,0	350,21	-0,06	0,03	0,09	0,03	0,12
500,0	500,41	-0,08	0,02	0,00	0,02	0,12
1000,0	1000,99	-0,10	0,00	0,00	0,01	0,12
2000,0	2002,34	-0,12	0,01	0,00	0,01	0,12
2000,0	2002,96	-0,15	0,01	0,06	0,01	0,12
3500,0	3504,82	-0,14	0,00	0,03	0,00	0,12
5000,0	5006,54	-0,13	0,00	0,03	0,00	0,12
10000,0	10011,93	-0,12	0,00	0,00	0,00	0,12
10000,0	10020,40	-0,20	0,07	0,02	0,00	0,17
20000,0	20033,42	-0,17	0,02	0,03	0,00	0,17
30000,0	30043,86	-0,15	0,01	0,02	0,00	0,17
40000,0	40044,14	-0,11	0,01	0,02	0,00	0,17
50000,0	50027,96	-0,06	0,01	0,01	0,00	0,17

Relative Nullpunktabweichung / Relative zero deviation fo = 0,00%

Eine Klassifizierung betrachtet über die Anzeigeabweichung hinaus weitere Eigenschaften des Kalibriergegenstandes.

- Auszug aus DIN EN ISO 7500-1 : 2018-06 mit Ergänzung der Forderung an die Messunsicherheit nach DIN EN ISO 7500-1 Beiblatt 4 : 2013-03

Kraft nach / Force according to: DIN EN ISO 7500-1 mit Beiblatt 4 / with supplementary sheet 4						
Maschinen- klasse <i>Class of machine</i>	Höchstzulässiger Wert in % <i>Maximum permissible value in %</i>					
	Relative Anzeigeabweichung <i>Relative error of accuracy</i> $q$	Relative Wiederholpräzision <i>Relative error of repeatability</i> $b$	Relative Umkehrspanne <i>Relative error of reversibility</i> $v$	Relative Nullpunkt- abweichung <i>Relative error of zero</i> $f_0$	Relative Auflösung <i>Relative resolution</i> $a$	Relative Messunsicherheit <i>Relative measure- ment uncertainty</i> $U$
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25	0,3
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5	0,5
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0	1,1
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5	1,6

## Darstellung der Form eines DAkkS-Kalibrierscheins am Beispiel der Kraftkalibrierung.

- Klassifizierung des Kalibriergegenstandes unter Berücksichtigung der Messunsicherheit für jeden Anzeigebereich.
- für jede Prüfrichtung.
- einzelne Messbereiche können unterschiedlich klassifiziert werden.

Zwick  
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

X11215
D-K-18351-01-00
2018 - 05

Seite 4 zum Kalibrierschein vom / Page 4 of the calibration certificate from 25.05.2018

Prüfrichtung : Druck / Prüfraum: unten Test direction: Compression / Test area: lower						
$F_i$ in N	$F$ in N	$q$ in %	$b$ in %	$v$ in %	$a$ in %	$U$ in ± %
100,0	100,14	-0,14	0,24	-0,13	0,10	0,19
200,0	200,29	-0,15	0,06	-0,11	0,05	0,12
350,0	350,49	-0,14	0,04	-0,08	0,03	0,12
500,0	500,75	-0,15	0,01	-0,06	0,02	0,12
1000,0	1001,48	-0,15	0,01	-0,04	0,01	0,12
2000,0	2002,44	-0,12	0,02	0,00	0,01	0,12
2000,0	2000,75	-0,04	0,02	0,09	0,01	0,12
3500,0	3501,40	-0,04	0,01	0,06	0,00	0,12
5000,0	5002,29	-0,05	0,00	0,03	0,00	0,12
10000,0	10005,13	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,12
10000,0	10012,72	-0,13	0,03	0,12	0,00	0,14
20000,0	20021,11	-0,11	0,01	0,07	0,00	0,14
30000,0	30024,05	-0,08	0,02	0,02	0,00	0,14
40000,0	40031,62	-0,08	0,02	0,02	0,00	0,14
50000,0	50035,35	-0,07	0,02	0,01	0,00	0,14

Relative Nullpunktabweichung / Relative zero deviation  $f_0 = 0,00\%$

### 1.7.2 Konformitätsaussage / Conformity statement

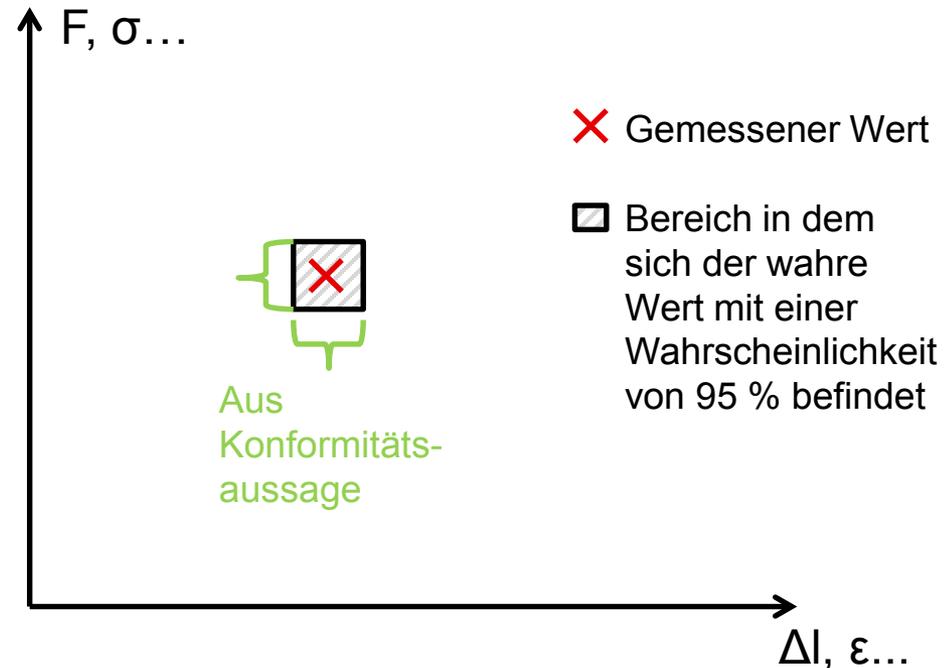
Die Kraftmesseinrichtung erhält die folgende Klassifizierung:

The force measuring device has the following classification:

im Anzeigebereich in the indication range	von from	bis to	Prüfrichtung test direction	Klasse Class
50 kN	100 N	50000 N	Zug / Tensile	0,5
	100 N	50000 N	Druck / Compression	0,5

DAkkS-Kalibrierzertifikate weisen aus, in welchem Intervall sich der wahre Wert der jeweiligen Messgröße befindet.

- Während einer Materialprüfung generierte Werte haben ein Intervall in dem der wahre Wert zu erwarten ist.
- Ein Kalibrierschein hilft den Einfluss der Messeinrichtungen auf ein Ergebnis zu bestimmen.
- Einflüsse durch den Bediener werden nicht betrachtet.



**Beschreibung einer Kalibrierung am  
Beispiel einer Materialprüfmaschine**

**Kraftaufnehmer  
nach DIN EN ISO 7500-1**

**Längenänderungsaufnehmer  
nach DIN EN ISO 9513**

**Darstellung des  
Messunsicherheitsbudgets**

**Form eines DAkkS-Kalibrierscheins  
mit Konformitätsaussage**

**Fazit und Diskussion**

Durch Interpretation des Kalibrierscheins kann abgeschätzt werden, welche Messunsicherheit die Maschine in die Materialprüfung einbringt.

- Ein Kalibrierschein weist die Anzeigeabweichung der Materialprüfmaschine aus.
- Zusätzliche Angaben im Kalibrierschein geben Informationen über:
  - Wiederholpräzision, Umkehrspanne, Auflösung und Messunsicherheit bei Kraftkalibrierung.
  - Auflösung und Messunsicherheit bei Längenkilibrierung.
- Durch die Angaben im Kalibrierschein kann der Bereich des wahren Wertes zu einem gemessenen Wert errechnet werden.
- Ein DAkkS Kalibrierschein bietet eine belastbare Aussage über die Messunsicherheit der Materialprüfmaschine.
- Der Anwender legt fest, welche seiner Materialprüfmaschinen wann und wie kalibriert werden. Er ist auch verantwortlich für die Kalibrierintervalle.