

# **Calibration as the basis for reliable test results**

**Stephan Baumann**

**October 2016**

The international vocabulary of metrology gives a precise definition for calibration.

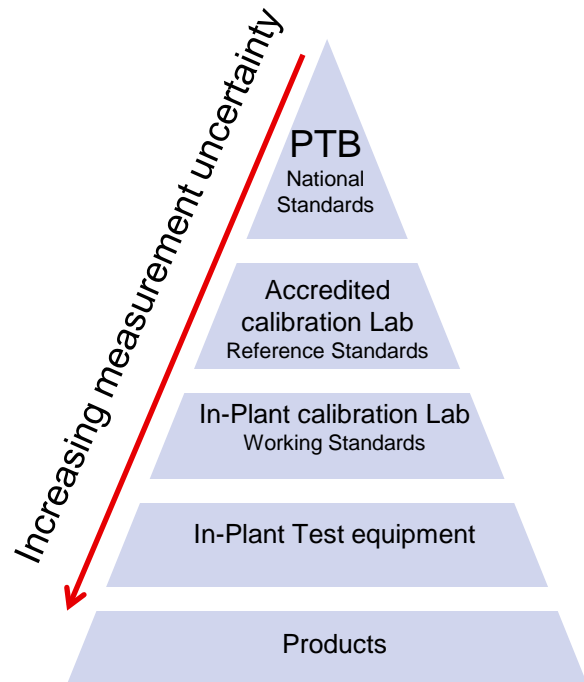
- Calibration:  
Operation that, under specific conditions, in a first step, establishes a relation between the quantity values with measurement uncertainties provided by measurement standards and corresponding indications with associated measurement uncertainties and, in a second step, uses this information to establish a relation for obtaining a measurement result from an indication.

## As the basis for reliable test results.

- Definition of „Calibration“
- Exemplary description of a calibration of a material testing machine
  - Interpretation of a DAkkS calibration certificate
  - Representation of the measurement uncertainty
  - Classification
- Conclusion and discussion

Measurement uncertainty is increasing along the traceability chain.

- Calibration means the determination and documentation of the deviation between the display of a measuring device ... and the correct value of the measured value ...



## As the basis for reliable test results.

- Definition of „Calibration“
- Exemplary description of a calibration of a material testing machine
  - Interpretation of a DAkkS calibration certificate
  - Representation of the measurement uncertainty
  - Classification
- Conclusion and discussion

# Form of the calibration certificate

## Interpretation of the DAkkS calibration certificate with conformity statement.

- Sign of the accreditation body and calibration mark
- Description of the calibration object including:
  - Type
  - Manufacturer
  - MSN and year of construction
  - Location of the machine
- Date of calibration, signature of the executing calibration engineer and signature of head of calibration lab.

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

**Zwick**  
Materialprüfung

---

akkreditiert durch die / accredited by the

**Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH**

als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the

**Deutschen Kalibrierdienst DKD**

Deutsche Akkreditierungsstelle  
D-K-18351-01-00

A20450
D-K-18351-01-00
Kalibrierzeichen Calibration mark
2015 - 05

Kalibrierschein  
Calibration Certificate

---

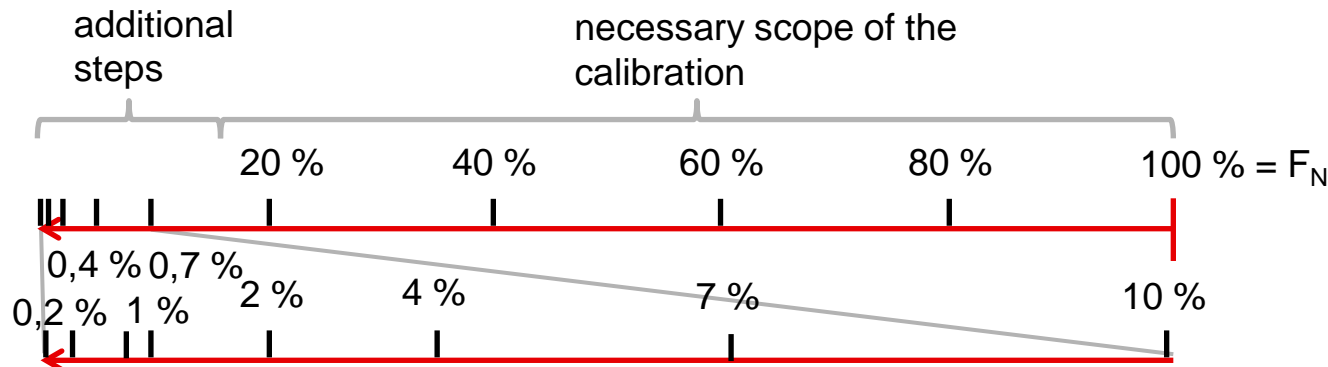
<b>Gegenstand</b> <i>Object</i>	<b>Materialprüfmaschine</b> <i>Materials Testing Machine</i>	Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Die DAkkS ist Unterzeichner der multilateralen 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.
<b>Hersteller</b> <i>Manufacturer</i>	Zwick GmbH & Co. KG August-Nagel-Straße 11 89079 Ulm	
<b>Typ</b> <i>Type</i>	BT2-FR250SN.A4K	
<b>Fabrikat/Serien-Nr.</b> <i>Serial number</i>	204554 - 2012	
<b>Auftraggeber</b> <i>Customer</i>	Zwick GmbH & Co. KG Abt. Anwendungstechnisches Labor August-Nagel-Straße 11 89079 Ulm	
<b>Auftragsnummer</b> <i>Order No.</i>	DO710777	
<b>Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines</b> <i>Number of pages of the certificate</i>	- 14 -	
<b>Datum der Kalibrierung</b> <i>Date of calibration</i>	11.05.2015 - 13.05.2015 und / and 18.05.2015	

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 <i>Date</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Head of the calibration laboratory</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
29.05.2015	Gaubé	Glöckler

## The calibration of the load cell is performed according DIN EN ISO 7500-1 : 2016.

- Calibration of the load cell according DIN EN ISO 7500-1 : 2016
  - Description of the force measuring system including load cell and measuring chain.
  - Check of the statuses of the material testing machine.
  - Calibration of the force indication by using working standards traceable to national standards.
    - for each sensor
    - for each indication interval
  - Zwick calibrations include additionally to the necessary scope of the calibration according DIN EN ISO 7500-1 steps of 0,2/0,4/0,7/1/2/4/7/10 %



## Interpretation of the DAkkS calibration certificate with conformity statement.

- Reference of the standard DIN EN ISO 7500-1
- Used working standards with traceability
- Description of the stated measurement uncertainty U
- Environmental condition during calibration
- General inspection of the material testing machine
- Legend

Zwick  
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

C30455

D.K.  
18351-01-00

2016 - 08

Seite 2 zum Kalibrierschein vom / Page 2 of the calibration certificate from 12.09.2016

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

#### 1.1 Kalibrierverfahren / Calibration method

Die Kalibrierung der gesamten Messkette, einschließlich aller Soft- und Hardwarekomponenten erfolgte beim Auftraggeber nach DIN EN ISO 7500-1:2016-05.

The calibration of the complete measuring chain, including all soft- and hardware components, was carried out at customer site according to DIN EN ISO 7500-1:2016-05.

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

Digitalkompensator Digital compensator	Seriennummer Serial number	Kalibrierschein-Nr. Calibration certification No.
MGCplus	801211856	43811 D.K.12029-01-00 2014-09
Kraftaufnehmer und Gewichte Load cell and weights	Seriennummer Serial number	Kalibrierschein-Nr. Calibration certification No.
50 kN	61695	5391 D.K.15106-01-00 2015-01
50 kN	61685 10kN	5390 D.K.15106-01-00 2015-01
2 kN	B43694	5850 D.K.15106-01-00 2015-08
100 N	C10454	5051 D.K.15106-01-00 2014-07
Belastungskörpersatz - Weight	127	G6-100 DKD-K-11601 2013-04

#### 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.

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%.

#### 1.4 Umgebungsbedingung / Environmental conditions

Raumtemperatur / Room temperature : 23,0 °C ± 1°C

#### 1.5 Einzelergebnisse / Individual results

##### 1.5.1 Allgemeine Untersuchung der Prüfmaschine / General inspection of the testing machine

- a) Aufstellung und Aufbau der Maschine / Installation and construction of the machine
  - b) Zustand und Funktion der Maschine / Condition and functioning of the machine
  - c) Zustand der Druckplatten / Condition of the compression plates
  - d) Prüfung des Traversenantriebs / Testing of the crosshead drive
- überprüfte Positionen: a, b, d Die Untersuchung ergab keine Beanstandung.  
checked positions: a, b, d The inspection did not give cause for complaints.

##### 1.5.2 Legende für Ergebnistabelle / Legend for result table:

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



## Interpretation of the DAkkS calibration certificate with conformity statement.

- Description of the calibration object
- Mounting of the calibration object during calibration
- Measuring chain of the calibration object
- Description of the calibration method and detailed results of the calibration
  - Relative display deviation, repeatability and reversible range
  - Display resolution
  - Measurement uncertainty

**Zwick**

**Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory**

C30455

D-K-18351-01-00

2016 - 08

Seite 3 zum Kalibrierschein vom / Page 3 of the calibration certificate from 12.09.2016

1.6 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.
20 kN	Xforce K+	Zwick/Roell	759255	759255

Der Kraftaufnehmer war unter der Fahrtraverse montiert.  
The load cell was mounted below the moving crosshead.  
Steckplatz / Slot : 2

1.6.1 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 series.

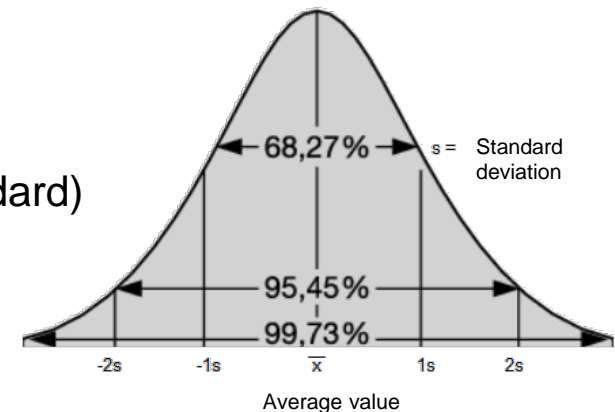
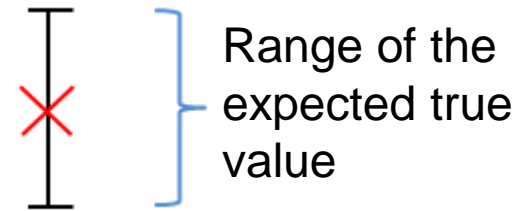
Prüfrichtung : Zug / Prüfraum: unten Test direction: Tensile / Test area: lower						
F <sub>i</sub> in N	F in N	q in %	b in %	v in %	a in %	U in ± %
40,0	39,96	0,09	0,12	-0,11	0,25	0,20
80,0	80,02	-0,02	0,07	-0,04	0,13	0,14
100,0	100,02	-0,02	0,06	-0,01	0,10	0,13
100,0	100,12	-0,12	0,12	0,40	0,10	0,19
140,0	140,19	-0,13	0,05	0,19	0,07	0,18
200,0	200,12	-0,06	0,03	0,28	0,05	0,17
400,0	400,22	-0,05	0,02	0,15	0,03	0,15
800,0	800,49	-0,06	0,02	0,08	0,01	0,15
1400,0	1400,88	-0,06	0,02	0,05	0,01	0,15
2000,0	2001,58	-0,08	0,01	0,02	0,01	0,15
2000,0	2005,92	-0,30	0,14	0,29	0,01	0,15
4000,0	4006,07	-0,15	0,03	0,10	0,00	0,12
8000,0	8007,59	-0,09	0,01	0,01	0,00	0,12
8000,0	8007,95	-0,10	0,00	0,07	0,00	0,12
12000,0	12012,74	-0,11	0,01	0,04	0,00	0,12
16000,0	16016,00	-0,10	0,01	0,02	0,00	0,12
20000,0	20022,51	-0,11	0,00	0,01	0,00	0,12

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

## A classification under consideration of the expanded measurement uncertainty.

- Measurement uncertainty as a statistical Value out of:

- Working standard
  - Measurement uncertainty out of the recalibration of the working standard
  - Long-term drift (Ageing)
  - Environmental condition during calibration ( $\Delta T$  between calibration and recalibration of standard)
- Calibration object
  - Resolution of the calibration object
  - Repeatability of the calibration



- The expanded measurement uncertainty  $U$  is indicated. The values determined are with a probability of 95% in the assigned value interval.

## Interpretation of the DAkkS calibration certificate with conformity statement.

- Classification of the calibration object according to the above-described standard
  - For each indication range
  - For each test direction
  - Individual measurement ranges can be classified differently

**Zwick**  
Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

C30455
D-K-18351-01-00
2016 - 08

Seite 4 zum Kalibrierschein vom / Page 4 of the calibration certificate from 12.09.2016

Prüfrichtung : Druck / Prüfraum: unten Test direction: Compression / Test area: lower						
F <sub>i</sub> in N	F in N	q in %	b in %	v in %	a in %	U in ± %
40,0	40,04	-0,09	0,19	-0,06	0,25	0,22
80,0	80,02	-0,02	0,12	-0,04	0,13	0,15
100,0	100,12	-0,12	0,10	-0,02	0,10	0,14
100,0	100,14	-0,14	0,11	0,17	0,10	0,15
140,0	140,16	-0,11	0,11	0,22	0,07	0,15
200,0	200,24	-0,12	0,05	0,08	0,05	0,13
400,0	400,16	-0,04	0,07	0,04	0,03	0,12
800,0	800,27	-0,03	0,05	0,01	0,01	0,12
1400,0	1400,51	-0,04	0,03	0,01	0,01	0,12
2000,0	2000,68	-0,03	0,04	0,01	0,01	0,19
2000,0	2006,08	-0,30	0,07	0,30	0,01	0,19
4000,0	4004,98	-0,12	0,02	0,08	0,00	0,12
8000,0	8008,44	-0,11	0,01	0,02	0,00	0,12
8000,0	8010,36	-0,13	0,03	0,08	0,00	0,12
12000,0	12014,67	-0,12	0,01	0,07	0,00	0,12
16000,0	16018,96	-0,12	0,03	0,03	0,00	0,12
20000,0	20023,75	-0,12	0,01	0,02	0,00	0,12

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

### 1.6.2 Konformitätsaussage / Conformity statement

Die Kraftmesseinrichtung wurde gemäß der aufgeführten Norm(en) kalibriert. Die erweiterte Messunsicherheit wird für die Klassifizierung gemäß Beiblatt 4 zur DIN EN ISO 7500-1 mit berücksichtigt. Die Prüfmaschine kann wie folgt eingesetzt werden:

The force measuring device was calibrated according to the listed standard(s). The expanded measuring uncertainty is considered for the classification according supplementary sheet 4 to DIN EN ISO 7500-1. The Materials Testing Machine can be used as follows:

im Anzeigenbereich in the indication range	von from	bis to	Prüfrichtung test direction	Klasse Class
20 kN	40 N	20000 N	Zug / Tensile	0,5
	40 N	20000 N	Druck / Compression	0,5

## Interpretation of the DAkkS calibration certificate with conformity statement.

- Classification of the calibration object according to the above-described standard
  - For each indication range
  - For each test direction
  - Individual measurement ranges can be classified differently

<b>Zwick</b> Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory		C30455
		D-K: 18351-01-00
Seite 8 zum Kalibrierschein vom / Page 8 of the calibration certificate from 12.09.2016		2016 - 08

2.6 Kalibriergegenstand / Calibration object

Längenänderungs-Messeinrichtung mit / Extension measuring device with:

Typ Type	Hersteller Manufacturer	Hersteller-Nr. Manufact. No.	Werk-Nr. Serial No.
BTC-EXACLIBI.001	Zwick/Roell	--	222822

Auflösung / resolution : 0,01 µm

Steckplatz / Slot : 2

Messprinzip / Measurement type : berührend / contact

Messsystem / Measuring system : analog / analogue

2.6.1 Ergebnistabellen / Result tables

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

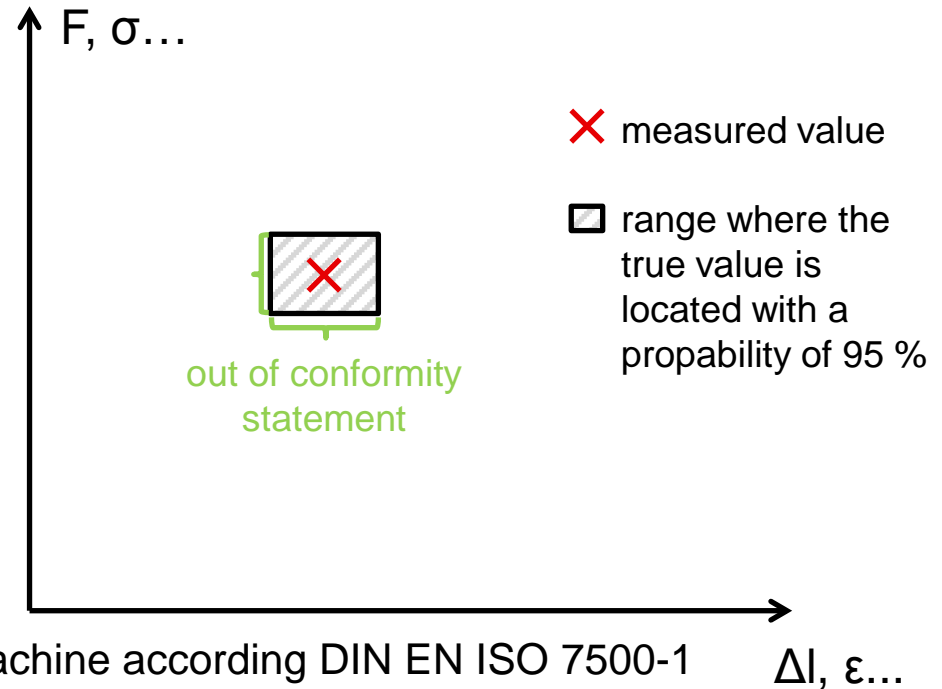
Fühlerlänge / length of Sensor arms : Clip-On (Länge)

Nennwert der Anfangsmesslänge Nominal value of the initial gauge length $L_e$ in mm	Gemessene Anfangsgerätemesslänge Measured initial gauge length $L_e$ in mm	Rel. Abw. der Anfangsgerätemesslänge Relative deviation of the initial gauge length $q_e$ in %	Relative Messunsicherheit rel. uncertainty $U$ in %
25,00	25,03	0,13	0,15

Prüfrichtung : Zug / Prüfraum: unten Test direction: Tensile / Test area: lower							
Messreihe 1 / measurement row 1			Messreihe 2 / measurement row 2			U	
$l$ in mm	$k$ in mm	$q_e / q_e$	$l$ in mm	$k$ in mm	$q_e / q_e$	in ± %	in ± µm
0,0048	0,0047	0,1 µm	0,0048	0,0047	0,1 µm	10,64	0,5
0,0098	0,0097	0,1 µm	0,0098	0,0098	0,0 µm	5,13	0,5
0,0199	0,0198	0,1 µm	0,0200	0,0199	0,1 µm	2,52	0,5
0,0300	0,0299	0,1 µm	0,0300	0,0300	0,0 µm	1,67	0,5
0,0401	0,0400	0,1 µm	0,0401	0,0401	0,0 µm	1,25	0,5
0,0501	0,0501	0,0 µm	0,0502	0,0502	0,0 µm	1,00	0,5
0,1006	0,1006	0,0 µm	0,1007	0,1006	0,1 µm	0,50	0,5
0,2012	0,2012	0,0 µm	0,2012	0,2013	-0,1 µm	0,25	0,5
0,3014	0,3016	-0,06 %	0,3015	0,3017	-0,06 %	0,17	0,5
0,4017	0,4020	-0,07 %	0,4018	0,4020	-0,04 %	0,15	0,6
0,5018	0,5022	-0,09 %	0,5019	0,5022	-0,06 %	0,15	0,8
0,5721	0,5725	-0,07 %	0,5722	0,5726	-0,07 %	0,15	0,9
0,6421	0,6426	-0,07 %	0,6423	0,6427	-0,07 %	0,15	1,0
0,7822	0,7828	-0,08 %	0,7824	0,7828	-0,06 %	0,15	1,2
0,9220	0,9227	-0,08 %	0,9221	0,9227	-0,06 %	0,15	1,4
1,0620	1,0629	-0,08 %	1,0622	1,0629	-0,07 %	0,15	1,6
1,2021	1,2028	-0,06 %	1,2020	1,2028	-0,07 %	0,15	1,8

Calibration certificates indicate the range in which the true value is located.

- More and more Auditors don't accept manufacturers calibration certificates (Even if they are issued by an accredited laboratory)
- ISO / TS 16949 demands (indirect) DAkkS calibration certificates for testing devices.
- Benefits of a DAkkS-calibration
  - A calibration certificate for the whole machine according DIN EN ISO 7500-1 res. DIN EN ISO 7500-2 and DIN EN ISO 9513 which is national and international accepted.
  - A classification under consideration of the expanded measurement uncertainty.



## As the basis for reliable test results.

- Definition of „Calibration“
- Exemplary description of a calibration of a material testing machine
  - Interpretation of a DAkkS calibration certificate
  - Representation of the measurement uncertainty
  - Classification
- Conclusion and discussion

By interpreting the calibration certificate it is possible to estimate the measurement uncertainty that the test machine introduces into the material testing.

- A calibration certificate shows the display deviation of the material testing machine.
  - In addition, a repeatability is indicated when the force is calibrated.
  - Conformity statements of Zwick calibration certificates takes the extended measurement uncertainty into account.
  - The range of the true value can be calculated out of a measured value by the classification and measurement uncertainty out of the calibration certificate.
- A DAkkS calibration certificate provides a reliable statement about the measurement uncertainty (accuracy) of the material testing machine.
- The user determines which of his material testing machines is calibrated when and how.