

**GTM Testing and Metrology GmbH**  
**Philipp-Reis-Straße 4-6**  
**DE - 64404 Bickenbach**



akkreditiert durch die / *accredited by the*

**Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH**



als Kalibrierlaboratorium im / *as calibration laboratory in the*

**Deutschen Kalibrierdienst** **DKD**

Kalibrierschein  
*Calibration certificate*

Kalibrierzeichen  
*Calibration mark*

MU-18.3
D-K- 15106-01-00
2014-10

**Musterkalibrierschein**

Gegenstand  
*Object* Kraftaufnehmer 100 kN

Hersteller  
*Manufacturer* Dummy-Hersteller

Typ  
*Type* Dummy-Typ

Fabrikat/Serien-Nr.  
*Serial number* 12345

Auftraggeber  
*Customer* GTM GmbH  
 Philipp-Reis-Straße 6  
 64404 Bickenbach

Auftragsnummer  
*Order No.* 123456

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines  
*Number of pages of the certificate* 9

Datum der Kalibrierung  
*Date of calibration* 30.10.2014

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.*

Dieser Kalibrierschein darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung sowohl der Akkreditierungsstelle des DAkkS 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 Accreditation Body of the DAkkS and the 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>
30.10.2014	Schwind	Hahn

## 1 Kalibriergegenstand *Calibrated object*

Beschreibung: <i>Description</i>	Kraftaufnehmer 100 kN
Hersteller: <i>Manufacturer</i>	Dummy-Hersteller
Typ: <i>Type</i>	Dummy-Typ
Seriennummer: <i>Serial number</i>	12345
Baujahr: <i>Year of manufacture</i>	2012
Nennlast: <i>Nominal load</i>	100 kN
Messbereich: <i>Measuring range</i>	100 kN
Kabellänge: <i>Cable length</i>	5 m
Nullsignal: <i>Zero signal</i>	0.001978 mV/V
Anschlusstechnik: <i>Connection technology</i>	6-Leitertechnik
Bemerkung: <i>Comment</i>	

## 2 Anzeigergerät *Indicator*

Beschreibung: <i>Description</i>	Trägerfrequenzmessverstärker
Hersteller: <i>Manufacturer</i>	HBM
Typ: <i>Type</i>	DMP40
Seriennummer: <i>Serial number</i>	72320009
Baujahr: <i>Year of manufacture</i>	2002
Speisespannung: <i>Excitation voltage</i>	5 V
Auflösung: <i>Resolution</i>	0,000001 mV/V
Prüfzahl: <i>Calibration signal</i>	2,499996 mV/V
Filter / Integrationszeit: <i>Filter / Integration time</i>	0,1 Hz Bessel
Tarierautomatik: <i>Automatic taring</i>	---
Autokalibrierung: <i>Autocalibration</i>	Ein
Bemerkung: <i>Comment</i>	

### 3 Messbedingungen *Measurement conditions*

#### 3.1 Messeinrichtung *Calibration device*

Beschreibung: <i>Description</i>	K-BNME 100 kN
Hersteller: <i>Manufacturer</i>	GTM GmbH
Seriennummer: <i>Serial number</i>	103
Baujahr: <i>Year of manufacture</i>	1992
Messbereich: <i>Measurement range</i>	100 kN
Erweiterte rel. Messunsicherheit ( $k=2$ ): <i>Expanded rel. uncertainty (<math>k=2</math>)</i>	0,01 %
Bemerkung: <i>Comment</i>	

#### 3.2 Technische Einzelheiten *Technical details*

Einbaubedingungen: <i>Mounting conditions</i>	
Koeffizienten einer systematischen Korrektur (nur zu Dokumentationszwecken): <i>Coefficients of a systematic correction (only for documentation)</i>	0;1;0;0;0;1;0;0
Bemerkung: <i>Comment</i>	

### 4 Kalibrierverfahren *Calibration procedure*

Die Kalibrierung wurde gemäß GTM-RL-003 ausgeführt.  
Der Kalibriergegenstand wurde dreimal mit Messbereichsendlast in der jeweiligen Belastungsrichtung vorbelastet. Vor jeder Benutzung des Kalibriergegenstandes ist diese Vorbelastung zu wiederholen. Nach der dritten Vorlast und vor der ersten Messreihe wurde eine Kriechmessung durchgeführt. Nach der vollständigen Entlastung wurden nach 30 Sekunden und nach weiteren 270 Sekunden die Messwerte für die Ermittlung des Kriechens bestimmt. Die Messreihen 1 und 2 sind Anzeigewerte bei zunehmender und abnehmender Belastung, die Messreihen 3 bis 8 sind Anzeigewerte bei zunehmender Belastung. Nach der Messreihe 2, 4 und 6 wurde der Prüfling jeweils um 90° in seiner Einbaustellung um die Belastungsachse gedreht. Nach jeder Drehung erfolgte eine einmalige Vorbelastung. Die Belastungszeit betrug in den einzelnen Stufen 30 bis 45 Sekunden.

*The calibration was carried out according to GTM-RL-003.*

*The calibrated object was pre-loaded three times in the actual direction with the maximum load of the measurement range. Before each use this pre-loading has to be repeated. After the third pre-load and before the first series a creep test was performed. 30 seconds and further 270 seconds after unloading the readings for the determination of the creep test were measured. The measurement series 1 and 2 are indication values with increasing and decreasing load, the measurement series 3 to 8 are indication values with increasing load. After measurement series 2, 4 and 6 the object was rotated by 90° around its load axis. After each rotation one pre-load was carried out. The loading time of the various measurement steps was between 30 and 45 seconds.*

## 5 Messunsicherheit *Measurement uncertainty*

Zur Berechnung der Messunsicherheit sind drei Fälle I, II und III zu unterscheiden.

Fall I: Der Referenzkraftaufnehmer wird in der Messeinrichtung mit unterschiedlichen Ausgleichskurven für zunehmende Kräfte und für abnehmende Kräfte betrieben. Im Messunsicherheitsbudget entfällt der Beitrag der Umkehrspanne. In der Interpolationsabweichung sind auch die Messwerte bei abnehmenden Kräften berücksichtigt, wobei der jeweils größere Unsicherheitsbeitrag aus zunehmenden und abnehmenden Kräften genommen ist.

Fall II (entspricht Fall D der ISO 376): Der Referenzkraftaufnehmer wird in der Messeinrichtung mit der Ausgleichskurve für zunehmende Kräfte betrieben. Der Beitrag der Umkehrspanne ist im Messunsicherheitsbudget enthalten.

Fall III: Der Referenzkraftaufnehmer wird in der Messeinrichtung mit der Ausgleichskurve aus den Mittelwerten von zunehmenden und abnehmenden Kräften betrieben. Dadurch wird der Anteil der Interpolationsabweichung größer, die Umkehrspanne ist mit der Halbwertsbreite berücksichtigt.

In den nachfolgenden Tabellen sind die erweiterten relativen Messunsicherheiten  $W$  angegeben. Sie wurden gemäß DAkkS-DKD-3, EURAMET/cg-04, DIN EN ISO 376 und GTM-RL-003 ermittelt. Für die Fälle I, II und III ergeben sich diese aus der kombinierten Standardunsicherheit  $w_c$  durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k=2$ . Ein Anteil für die Langzeitinstabilität des Kalibriergegenstandes ist nicht enthalten. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Werteintervall.

*For the calculation of the measurement uncertainty the four cases I, II and III are distinguished.*

*Case I: The reference force transducer is used with different best-fit curves for increasing and decreasing forces in the standard machine. Therefore the input of the reversibility error can be left unattended within the uncertainty budget, but for the interpolation error the readings of the decreasing forces have to be taken into account whereat the respectively bigger uncertainty input of increasing and decreasing forces have to be used.*

*Case II (equal ISO 376): The reference force transducer is used with a best-fit curve for increasing forces only in the standard machine. The uncertainty input of the reversibility error has to be added to the uncertainty budget.*

*Case III: The reference force transducer is used with a best-fit curve of the mean values of increasing and decreasing forces in the standard machine. Thus the part of the interpolation error gets bigger. The reversibility error is used with half width.*

*In the following tables the expanded relative uncertainties  $W$  are indicated. They are determined as given by DAkkS-DKD-3, EURAMET/cg-04, DIN EN ISO 376 and GTM-RL-003. For cases I, II and III the expanded relative uncertainty results from the standard deviation  $w_c$  multiplied by the expansion factor  $k=2$ . It does not contain any contribution concerning the long-term instability of the calibration object. The measured values are within the given interval with a probability of 95 %.*



## 6 Umgebungsbedingungen

*Ambient conditions*

Raumtemperatur an der Messeinrichtung: <i>Ambient temperature at the calibration device</i>	21,0 °C
Raumtemperatur am Kalibriergegenstand: <i>Ambient temperature at the calibrated object</i>	21,0 °C
Luftdruck: <i>Atmospheric pressure</i>	1014 hPa
Rel. Luftfeuchte: <i>Relative humidity</i>	50 %

## 7 Information an den Benutzer

*Information for the user*

**8 Messergebnisse***Measurement values***Druckbelastung***Compression Force***Anzeigewerte der Vorbelastung***Indicated values of pre-loading*

	Reihe 1 Series 1 ( 0° ) mV/V	Reihe 1 Series 1 ( 0° ) mV/V	Reihe 3 Series 3 ( 90° ) mV/V	Reihe 5 Series 5 ( 180° ) mV/V	Reihe 7 Series 7 ( 270° ) mV/V
Nullpunkt <i>Zero signal</i>	0,001978	0,002086	0,002114	0,002114	0,002114
Nennkraft <i>Nom. force</i>	2,002359	2,002363	2,002369	2,002369	2,002369
Restnullp. <i>Zero signal</i>	0,002090	0,002121	0,002145	0,002145	0,002145
rel. Nullabw. <i>rel. zero err.</i>	0,006 %	0,002 %	0,002 %	0,002 %	0,002 %

**Kriechmessung zwischen zweiter Vorlast und erster Messreihe***Creep test between second preload and before first series*

Nullpunkt <i>Zero signal</i> mV/V	Nennkraft <i>Nom. force</i> mV/V	30 s mV/V	300 s mV/V	Kriechen <i>Creep</i> %
0,002114	2,002369	0,002153	0,002263	0,006

**Anzeigewerte der tarierten Messreihen***Tared measurement values of series*

Last <i>Load</i> kN	Reihe 1 Series 1 auf / up 0° mV/V	Reihe 1 Series 1 ab / down 0° mV/V	Reihe 2 Series 2 auf / up 0° mV/V	Reihe 2 Series 2 ab / down 0° mV/V
Nullpunkt <i>Zero value</i>	0,002118	---	0,002117	---
10	0,199911	0,200055	0,199910	0,200062
20	0,399863	0,400095	0,399852	0,400103
30	0,599861	0,600134	0,599874	0,600145
40	0,799884	0,800077	0,799885	0,800158
50	0,999829	1,000193	0,999945	1,000122
60	1,199938	1,200116	1,199911	1,200205
70	1,400047	1,400326	1,400062	1,400327
80	1,600097	1,600200	1,600143	1,600353
90	1,800259	1,800356	1,800286	1,800386
100	2,000334		2,000363	0,000000
0		0,000041		0,000053
rel. Nullabw. <i>rel. zero err.</i>		0,002 %		0,003 %

**Arithmet. Mittelwert***Arithmetic mean*

R 1;2 auf up mV/V	R 1;2 ab down mV/V	R 1;2 auf + ab up + down mV/V
0,000000	0,000000	0,000000
0,199911	0,200059	0,199985
0,399858	0,400099	0,399978
0,599868	0,600140	0,600004
0,799885	0,800118	0,800001
0,999887	1,000158	1,000022
1,199925	1,200161	1,200043
1,400055	1,400327	1,400191
1,600120	1,600277	1,600198
1,800273	1,800371	1,800322
2,000349	2,000349	2,000349

**Anzeigewerte der tarierten Messreihen***Tared measurement values of series***Arithmet. Mittelwert***Arithmetic mean*

Last Load	Reihe 3 Series 3 auf / up 90° mV/V	Reihe 4 Series 4 auf / up 90° mV/V	Reihe 5 Series 5 auf / up 180° mV/V	Reihe 6 Series 6 auf / up 180° mV/V	Reihe 7 Series 7 auf / up 270° mV/V	Reihe 8 Series 8 auf / up 270° mV/V	R 1-8 auf up mV/V
Nullpunkt Zero value	0,002069	0,002114	0,002069	0,002114	0,002069	0,002114	0,000000
10	0,199916	0,199901	0,199916	0,199901	0,199916	0,199901	0,199909
20	0,399875	0,399864	0,399875	0,399864	0,399875	0,399864	0,399867
30	0,599858	0,599856	0,599858	0,599856	0,599858	0,599856	0,599860
40	0,799880	0,799819	0,799880	0,799819	0,799880	0,799819	0,799858
50	0,999902	0,999922	0,999902	0,999922	0,999902	0,999922	0,999906
60	1,199935	1,199884	1,199935	1,199884	1,199935	1,199884	1,199913
70	1,400072	1,400065	1,400072	1,400065	1,400072	1,400065	1,400065
80	1,600174	1,600038	1,600174	1,600038	1,600174	1,600038	1,600110
90	1,800263	1,800231	1,800263	1,800231	1,800263	1,800231	1,800253
100	2,000384	2,000291	2,000384	2,000291	2,000384	2,000291	2,000340
0	0,000130	0,000098	0,000130	0,000098	0,000130	0,000098	
rel. Nullabw. rel. zero err.	0,006 %	0,005 %	0,006 %	0,005 %	0,006 %	0,005 %	

**Auswertung der Messergebnisse***Measurement results*

Alle Angaben in Prozent sind auf den Istwert bezogen und in der zweiten/dritten Nachkommastelle gerundet.

*All data in percent are relative to the actual value are rounded to the second/third decimal place.*

Last Load	Rel. erw. Wiederhol- präzision Rel. repeat- ability error	Rel. erw. Vergleichs- präzision Rel. reproduc- ibility error	Rel. Umkehr- spanne Rel. revers- ibility error
kN	$b'$ %	$b$ %	$v$ %
0	---	---	---
10	0,001	0,008	0,075
20	0,003	0,006	0,061
30	0,003	0,004	0,046
40	0,001	0,009	0,030
50	0,012	0,012	0,028
60	0,003	0,005	0,020
70	0,002	0,002	0,020
80	0,003	0,009	0,010
90	0,002	0,004	0,006
100	0,002	0,005	0,000

Rel. Nullpunkt abw.  
Rel. zero error  $f_0$  0,007 %

Rel. Kriechabweichung  
Rel. creep error  $c$  0,006 %

## Auswertung der Messergebnisse

### Measurement results

Alle Angaben in Prozent sind auf den Istwert bezogen und in der zweiten/dritten Nachkommastelle gerundet.

All data in percent are relative to the actual value are rounded to the second/third decimal place.

Last	Ausgegl. Mittelwert auf	Rel. Interpolations-abw. auf	Ausgegl. Mittelwert ab	Rel. Interpolations-abw. ab	Ausgegl. Mittelwert auf+ab	Rel. Interpolations-abw. auf+ab
Load	Balanced mean up	Rel. Interpolation error up	Balanced mean down	Rel. Interpolation error up	Balanced mean up+down	Rel. Interpolation error up+down
kN	$X_a$ mV/V	$f_c$ %	$X_a$ mV/V	$f_c$ %	$X_a$ mV/V	$f_c$ %
0	0,000000	---	0,000000	---	0,000000	---
10	0,199915	-0,004	0,200039	0,010	0,199978	0,041
20	0,399866	0,001	0,400077	0,006	0,399973	0,032
30	0,599848	0,003	0,600112	0,005	0,599982	0,027
40	0,799859	-0,001	0,800148	-0,004	0,800005	-0,015
50	0,999896	0,002	1,000183	-0,003	1,000041	-0,016
60	1,199955	-0,004	1,200218	-0,005	1,200088	-0,014
70	1,400033	0,003	1,400255	0,006	1,400146	0,013
80	1,600127	-0,002	1,600293	-0,001	1,600213	-0,006
90	1,800233	0,002	1,800333	0,003	1,800288	0,005
100	2,000349	-0,001	2,000376	-0,002	2,000370	-0,002

Eine Interpolation mit Hilfe einer kubischen Funktion kann folgendermaßen durchgeführt werden:

It is possible to use a 3rd order polynomial with the following coefficients for interpolation:

#### Zunehmende Kräfte / Increasing forces

Kraft zu Signal / Force to signal

$$X_a = (1,99897E-02) \cdot F + (1,91103E-07) \cdot F^2 + (-5,30827E-10) \cdot F^3$$

Signal zu Kraft / Signal to force

$$F_a = (5,00258E+01) \cdot S + (-2,38999E-02) \cdot S^2 + (3,32373E-03) \cdot S^3$$

#### Abnehmende Kräfte / Decreasing forces

Kraft zu Signal / Force to signal

$$X_a = (2,00040E-02) \cdot F + (-1,24182E-08) \cdot F^2 + (9,71887E-11) \cdot F^3$$

Signal zu Kraft / Signal to force

$$F_a = (4,99899E+01) \cdot S + (1,55108E-03) \cdot S^2 + (-6,06957E-04) \cdot S^3$$

#### Abnehmende und zunehmende Kräfte / Decreasing and increasing forces

Kraft zu Signal / Force to signal

$$X_a = (1,99970E-02) \cdot F + (8,59962E-08) \cdot F^2 + (-1,88032E-10) \cdot F^3$$

Signal zu Kraft / Signal to force

$$F_a = (5,00075E+01) \cdot S + (-1,07505E-02) \cdot S^2 + (1,17663E-03) \cdot S^3$$



**Messunsicherheit***Uncertainty*

Last	Fall I	Fall II	Fall III
Load	Case I	Case II	Case III
kN	$W(k=2)$ %	$W(k=2)$ %	$W(k=2)$ %
0	---	---	---
10	0,027	0,089	0,094
20	0,022	0,073	0,075
30	0,021	0,057	0,062
40	0,020	0,039	0,045
50	0,024	0,040	0,039
60	0,021	0,031	0,037
70	0,021	0,030	0,034
80	0,019	0,022	0,024
90	0,019	0,020	0,021
100	0,019	0,019	0,019