

## XXIII Messgröße Druck - Inhalt

XXIII Messgröße Druck - Inhalt .....	1
XXIII.1 Bezugs- und Gebrauchsnormale .....	2
XXIII.2 Kalibriergegenstände .....	3
XXIII.3 Umgebungsbedingungen .....	3
XXIII.4 Kalibrierverfahren .....	4
XXIII.5 Messunsicherheit .....	6
XXIII.5.1 Modellgleichung Kolbenmanometer .....	6
XXIII.5.3 Rechenbeispiel für die Druckstufe 10 bar im Niederdruck-Bereich .....	7
XXIII.5.4 Modellgleichung elektrisches Normal.....	7
XXIII.5.5 Tabellarische Aufstellung des Messunsicherheitsbudgets .....	8
XXIII.5.6 Rechenbeispiel für 2 bar, abs., in Stickstoff an WIKA CPC8000-DX.....	8
XXIII.5.7 Federmanometer und elektrische Druckmessgeräte .....	9
XXIII.5.8 Druckmessumformer mit elektrischem Ausgang.....	10
XXIII.5.9 Ergebnisse.....	12
XXIII.6 Gebrauchsnormale und vor-Ort Kalibrierung .....	13
XXIII.7 Zwischenprüfungen der Normale.....	14
XXIII.8 Musterkalibrierscheine .....	14

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 1 von 1
---------------------------	--	--	---	-------------------------

## XXIII Messgröße Druck

Die Kalibrierung von Absolut-, Über- und Unterdruck findet im innenliegenden Drucklabor der esz GmbH statt (s.a. Kapitel 3.1.1) und es wird ausschließlich nach genormten Verfahren kalibriert:

- DIN EN 837
- DKD-R 6-1
- EURAMET/cg-17/v.01

Eine zusätzliche Validierung gemäß QMH Kapitel 4.3.4 kann daher entfallen. Vom Laboratorium entwickelte Verfahren werden nicht eingesetzt.

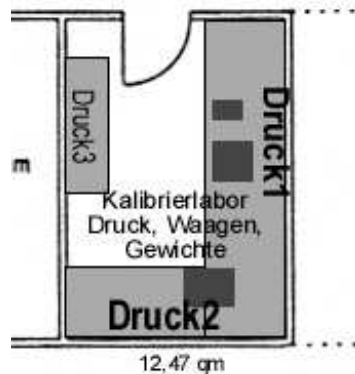


Bild XXIII.1 Raumplan



Bild XXIII.2 Messplatz Waagen und Gewichte (links) und Druck (rechts)

### XXIII.1 Bezugs- und Gebrauchsnormale

(DKD-R 6-1, Kapitel 3., siehe auch QMH Kapitel II)

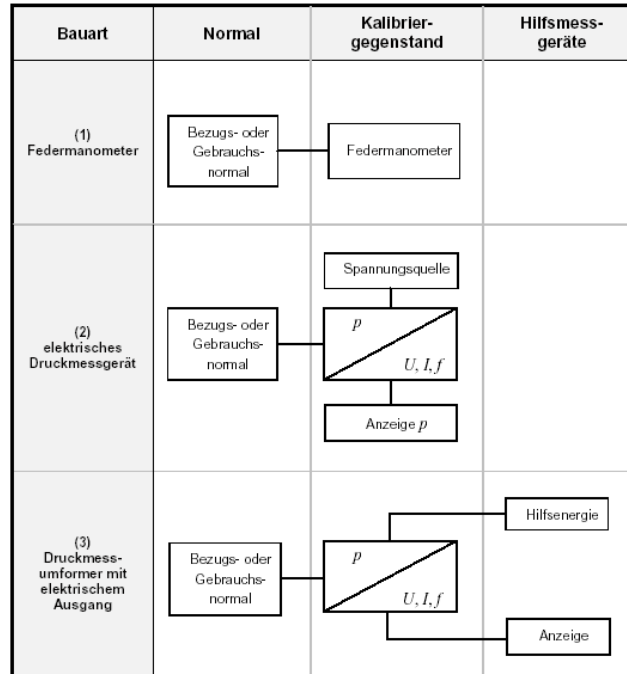
Pos.	Hersteller	Modell Identifikation	Gegenstand	Messbereich	Rückführung	Intervall
<b>Bezugsnormale</b>						
1	DH Budenberg	580DX SN 27468 KL 27050	Ölbetriebenes Kolbenmanometer mit zwei Messbereichen und Gewichtesatz	0 bar bis 700 bar Überdruck in Öl	DKD / PTB	60 Monate
2	WIKA	CPC8000DX SNZ80182C KL27079 KL27080	Quarزشwing- Druckcontroller	800 mbar bis 1100 mbar 0 bar bis 2 bar 0 bar bis 20 bar Absolutdruck in Gas (Stickstoff)	DKD / PTB	12 Monate
<b>Gebrauchsnormale</b>						
3	Crystal europascal	XP2i / BA2 KL27115	Digitalmanometer und manueller, pneumatischer Spindel- Druckkomparator	>19 bar bis 200 bar Überdruck in Gas (Stickstoff)	Pos. 1	12 Monate
4	Beamex	MC5-INTB SN 25513812 KL22066	Kalibrator integrierten Druckmodulen	Barometrisch 0,8 bar bis 1,2 bar Absolutdruck in Luft	Pos. 2	12 Monate
		MC-5-INT2C SN 25513812 KL22066		-1 bar bis 2 bar Über- und Unterdruck in Luft		
		MC-5-INT20C SN 25513812 KL22066		-1 bar bis 20 bar Über- und Unterdruck in Luft		
5	Keller AG	LP SN 4858 KL 27022	Druckkalibrator	-1 bar bis 6 bar Über- und Unterdruck in Luft	Pos. 2	12 Monate
		MP SN 4070 KL 27020		0 bar bis 25 bar Überdruck in Luft		
		HP SN 4099 KL 27021		0 bar bis 700 bar Überdruck in Öl		
6	Druck LTD.	DPI601 SN 601/4774 KL27001	Druckkalibrator	-1 bar bis 2 bar Über- und Unterdruck in Luft	Pos. 2	12 Monate

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	2 von 2

## XXIII.2 Kalibriergegenstände

(DKD-R 6-1, Kapitel 4)

Kalibriergegenstände können alle nach DKD-R 6-1-Abbildung 1 genannten Bauarten sein:



Sofern bei der Kalibrierung von Druckmessumformern mit elektrischem Ausgang (3) Hilfsmessgeräte zur Anzeige des elektrischen Signals erforderlich sind, so sind solche des elektrischen Laboratoriums zu verwenden. Zusätzliche Messunsicherheiten werden anhand der Analysen der elektrischen Messung (z.B. Kapitel IV) berücksichtigt.

## XXIII.3 Umgebungsbedingungen

(DKD-R 6-1, Kapitel 6), siehe auch QMH Kapitel I

Die Aufzeichnung und Rückführung der klimatischen Bedingungen erfolgt gemäß Kapitel I laufend. Die Langzeitstabilität der Umgebungstemperatur liegt innerhalb  $\pm 1$  K und entspricht VDI VDE 2627-Blatt1 Klasse B.

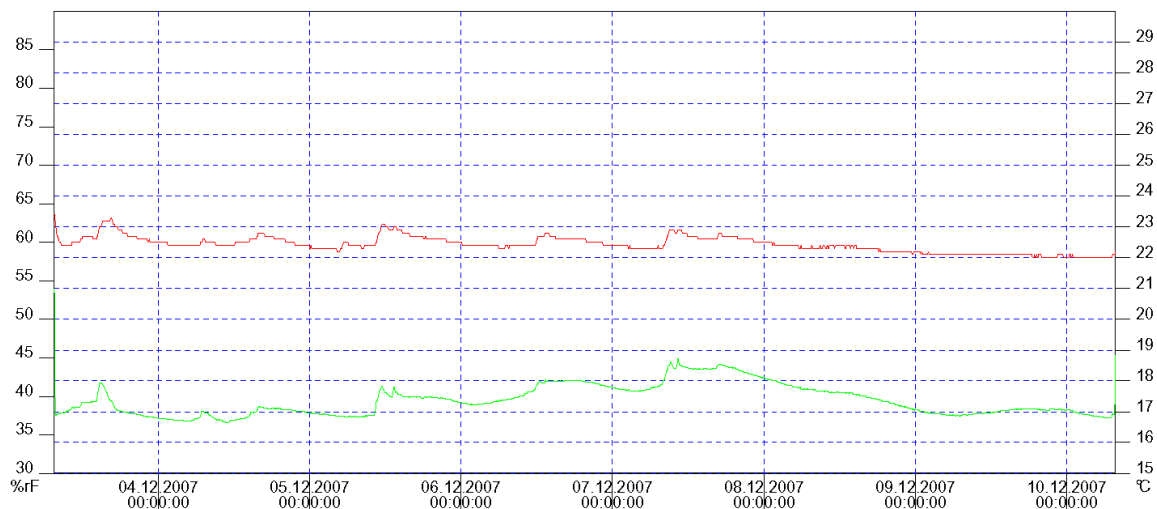


Bild XIII.3.1 typischer Temperatur-/ Feuchteverlauf im Drucklabor:  $22,5 \text{ °C} \pm 1 \text{ K}$

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	3 von 3

Aktuelle Temperatur, aktuelle Luftfeuchte und barometrischer Druck werden immer im Kalibrierschein protokolliert.

### Überwachte Umgebungsbedingungen

Pos.	Einflussgröße	Anforderung	Messgerät zur Überwachung	Rückführung
1	Temperatur	18 °C bis 28 °C	Datenlogger testo 175-H2, KL27078	DKD-K-18201
			Greisinger GMH 3750 + Pt100-Fühler im Messingblock, KL27081	DKD-K-18201
2	relative Luftfeuchte	(50 ± 30) %	Datenlogger testo 175-H2, KL27078	DKD-K-18201
3	atmosphärischer Luftdruck	920 mbar bis 980 mbar	WIKA CPC 8000DX, KL27079	DKD / PTB
4	lokale Fallbeschleunigung	(9,807300 ± 0,000022) m/s <sup>2</sup>	Berechnung durch das Gravity Information System der PTB: <a href="http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php">http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php</a>	PTB

## XXIII.4 Kalibrierverfahren

(DKD-R 6-1, Kapitel 7)

Gemäß Richtlinie gilt

- Das Druckmessgerät wird i.d.R. als Gesamtheit (Messkette) kalibriert.
- Die vorgeschriebene Einbaulage wird berücksichtigt
- Die Kalibrierung wird an gleichmäßig über den Kalibrierbereich verteilten Messpunkten durchgeführt.
- Anzahl der Messreihen gemäß Kalibrierablauf A, B oder C
- Vorbelastungs-, Beharrungs-, Lastwechselzeit >30 Sekunden
- Haltezeit am Endwert 2 Minuten

Für den Vergleich der Anzeigen von Normal und Kalibriergegenstand wird entweder

- der Zeiger des Messobjektes auf Skalendeckung gebracht und der zugehörige Referenzwert am Normal abgelesen (für Zeigermanometer zweckmäßig) oder
- der Druck direkt am Normal vorgegeben und eingestellt.

### DKD-R 6-1, Tabelle 1

Kalibrierablauf	angestrebte Messunsicherheit in % der Messspanne (*)	Anzahl der Messpunkte mit Null auf/ab	Anzahl der Vorbelastungen	Laständerung + Beharrungszeit (**) Sekunden	Haltezeit am Messbereichsendwert (***) Minuten	Anzahl der Messreihen	
						aufwärts	abwärts
<b>A</b>	< 0,1	9	3	> 30	2	2	2
<b>B</b>	0,1 ... 0,6	9	2	> 30	2	2	1
<b>C</b>	> 0,6	5	1	> 30	2	1	1

(\*) Der Bezug auf die Spanne wurde gewählt, um die Auswahl des Ablaufes (erforderlicher Kalibrieraufwand) aus der Tabelle zu ermöglichen, da üblicherweise die Genauigkeitsangaben der Hersteller auf die Messspanne bezogen sind.

(\*\*) Der Beharrungszustand (ausreichend stabile Anzeige des Normales und des Kalibriergegenstandes) ist in jedem Falle abzuwarten.

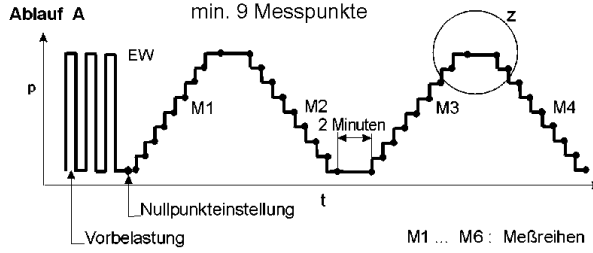
(\*\*\*) Für Federmanometer ist eine Haltezeit von 5 Minuten einzuhalten. Bei quasi-statischen Kalibrierungen (piezoelektrisches Sensorprinzip) können die Haltezeiten verringert werden.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	4 von 4

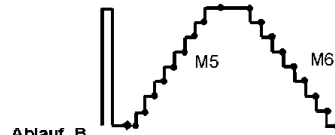
**DKD-R 6-1, Kalibrierabläufe**

MU besser 0,1%

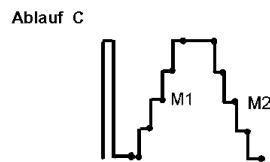
3 Vorbelastungen  
2x aufwärts, 2x abwärts  
min. 9 Messpunkte



Zusätzliche Wiederholungsmessung bei 2. Aufspannung



MU 0,1% bis 0,6%  
2 Vorbelastungen  
2x aufwärts, 1x abwärts  
min. 9 Messpunkte



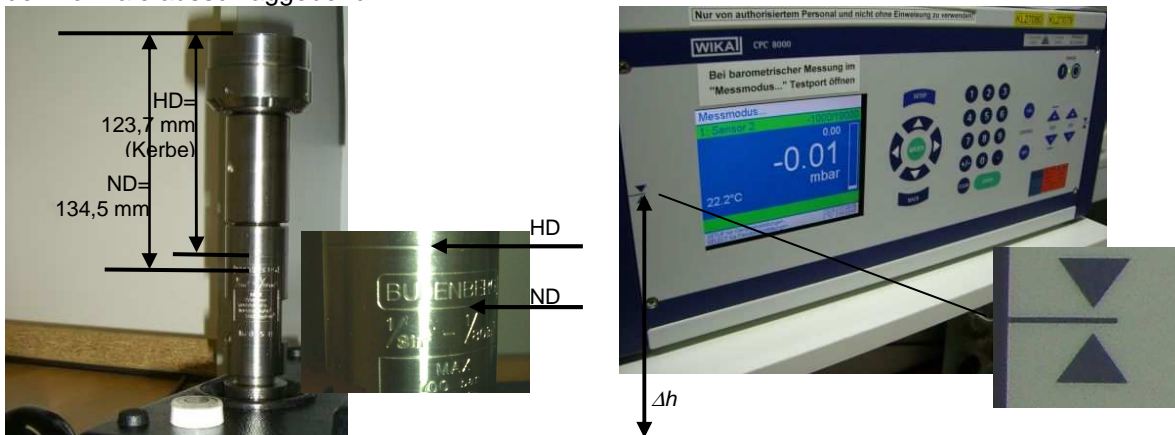
MU > 0,6%

1 Vorbelastung  
1x aufwärts, 1x abwärts  
min. 5 Messpunkte

Zur Druckerzeugung in Luft dient eine Stickstoffversorgung (>200 bar) bzw. eine Vakuumpumpe (bis <50 mbar absolut), die über geeignete Druckregler und Ventile an die Normale und Kalibriergegenstände angeschlossen sind.

**Druckbezugsebenen**

Für die Bestimmung des hydrostatischen Drucks aufgrund der Höhendifferenz sind die Bezugsebenen der Normale ausschlaggebend:



Druckbezugsebenen des Druckkolbenmanometers für den Hochdruck (HD)- und Niederdruck (ND)-Bereich

Druckbezugsebene des elektrischen Druckcontrollers

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 5 von 5
---------------------------	--	---	---	-------------------------

## XXIII.5 Messunsicherheit

Zur Berechnung der Messunsicherheit ist es zweckmäßig das Kalibrierverfahren in Untermodelle für Normal, Verfahren und Kalibriergegenstand aufzuteilen

### XXIII.5.1 Modellgleichung Kolbenmanometer

Mit den Symbolen aus DKD-R 6-1-2 gilt für die Druckerzeugung am Kolbenmanometer (Druckwaage)

aus  $p = \frac{m \cdot g}{A}$  die Druckgleichung<sup>1</sup> als

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot g_i \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_m}\right)}{A_0 \cdot [1 + (\alpha + \beta) \cdot (t - 20^\circ\text{C})] \cdot (1 + \lambda \cdot p)} + \Delta\rho \cdot g_l \cdot \Delta h$$
$$\Delta\rho = \rho_{Fl} - \rho_a$$

---

<sup>1</sup> in Pascal = 10<sup>-5</sup> bar

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	6 von 6

**XXIII.5.3 Rechenbeispiel für die Druckstufe 10 bar im Niederdruck-Bereich**

**XXIII.5.4 Modellgleichung elektrisches Normal**

Für die Kalibrierung an den elektrischen Normalen kann die Modellgleichung für den erzeugten Druck formuliert werden zu:

$$p = p_{Anzeige} - \Delta p_{Anzeige} + \delta p_{Kal} + \delta p_{Drift} + \delta p_{Auflösung} + \Delta \rho \cdot g_l \cdot \Delta h(-p_{amb}) \text{ bzw.}$$

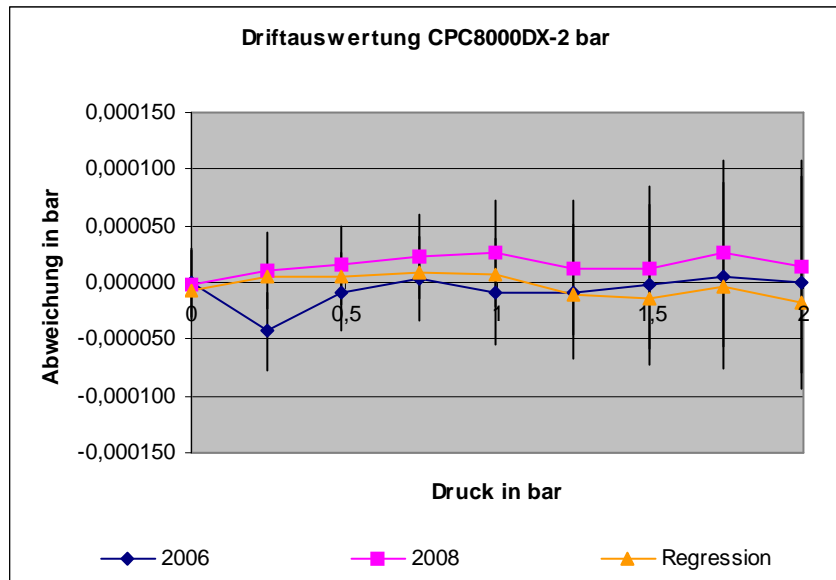


Bild XXIII.5.4.1 Driftauswertung des 2 bar Sensors: Unterhalb von 500 mbar lag diese bei maximal 54 µbar, darüber bei maximal 34 µbar.

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 7 von 7
---------------------------	--	---	---	-------------------------

**XXIII.5.5 Tabellarische Aufstellung des Messunsicherheitsbudgets**

**XXIII.5.6 Rechenbeispiel für 2 bar, abs., in Stickstoff an WIKA CPC8000-DX**

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 8 von 8
---------------------------	--	--	---	-------------------------



**Ergebnistabelle:**

$p_{Normal}$ bar	$p_{Anz,auf}$ M1 aufwärts bar	Abweichung $\Delta p_{auf}$ bar	$p_{Anz,auf}$ M2 abwärts bar	Abweichung $\Delta p_{ab}$ bar
0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
0,40	0,41	0,01	0,39	-0,01
0,80	0,82	0,02	0,81	0,01
1,20	1,22	0,02	1,19	-0,01
1,60	1,60	0,00	1,61	0,01
2,00	2,01	0,01	2,00	0,00

**XXIII.5.8 Druckmessumformer mit elektrischem Ausgang**

Für Druckmessumformer mit druckproportionalem Spannungs- oder Stromausgang wird das Modell für die Empfindlichkeit des Druckaufnehmers nach DKD-R 6-1-8.5 formuliert als:

$$S_{auf/ab} = \frac{V_{anz,auf/ab}}{p_{normal}} \cdot K_{Nullpunktabweichung} \cdot K_{Wiederholpräzision} \cdot K_{Vergleichpräzision}$$

Die **relative** erweiterte Messunsicherheit bei getrennter Betrachtung der Auf- und Abwärtsreihen bestimmt sich zu:

$$W_{auf/ab} = k \cdot w_{auf/ab} = k \cdot \sqrt{w_{Normal}^2 + w_{Anz}^2 + w_{Nullp}^2 + w_{WH}^2 \left( + w_{Vgl}^2 \right)}$$

**Messbeispiel elektrischer Druckumformer**

Kalibrierablauf A mit Messreihen M1 bis M6

Kalibriergegenstand: Absolutdruck-Messumformer, 2 bar  
 Genauigkeitsangabe des Herstellers: 0,05% vom Messwert  
 Ausgangssignal: 0 V bis 10 V  
 Normal: WIKA CPC8000DX 2bar/20bar  
 elektrisches Normal: Digitalmultimeter Keithley 2000, 6,5 Digit  
 $U_{Normal} (k=2)$ :  $6,4 \cdot 10^{-5} \cdot p$ , min. 0,08 mbar bis 1 bar Überdruck  
 $7,0 \cdot 10^{-5} \cdot p$ , min. 1 mbar >1 bar Überdruck  
 $U_{Anz} (k=2)$ ,  $V_{anz}$ =Spannung in Volt  $3,5 \cdot 10^{-5} \cdot V_{anz} + 60 \mu V$   
 Medium: Stickstoff, Dichte  $\rho_{Fl}=1,15 \text{ kg/m}^3$   
 Umgebungstemperatur  $t_{amb}$ :  $(22,5 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$   
 Umgebungsdruck  $p_{amb}$ :  $(980 \pm 1) \text{ mbar}$   
 Bezugsebene: Mitte Anschluss Kalibriergegenstand  
 Einbaulage: horizontal

**Ergebnistabelle:**

$p_{Normal}$ bar	$V_{Anzeige}$ M1 auf Volt	$S_{M1,auf}$ Volt/bar	M2 ab Volt	$S_{M2,ab}$ Volt/bar	M3 auf Volt	$S_{M3,auf}$ Volt/bar	M4 ab Volt	$S_{M4,ab}$ Volt/bar	M5 auf Volt	$S_{M5,auf}$ Volt/bar	M6 ab Volt	$S_{M6,ab}$ Volt/bar	Wiederhol- barkeit relativ	Vergleich- präzision relativ
0,2000	1,0010	5,0050	1,0008	5,0040	1,0012	5,0060	1,0005	5,0025	1,0011	5,0055	1,0015	5,0075	3,0E-04	7,0E-04
0,4000	2,0010	5,0025	2,0012	5,0030	2,0013	5,0033	2,0014	5,0035	2,0011	5,0028	2,0018	5,0045	1,5E-04	3,0E-04
0,6000	3,0017	5,0028	3,0015	5,0025	3,0020	5,0033	3,0020	5,0033	3,0018	5,0030	3,0020	5,0033	1,7E-04	1,7E-04
0,8000	4,0021	5,0026	4,0020	5,0025	4,0025	5,0031	4,0019	5,0024	4,0022	5,0028	4,0025	5,0031	1,0E-04	1,2E-04
1,0000	5,0021	5,0021	5,0019	5,0019	5,0019	5,0019	5,0019	5,0019	5,0022	5,0022	5,0022	5,0022	4,0E-05	6,0E-05
1,2000	6,0028	5,0023	6,0030	5,0025	6,0026	5,0022	6,0025	5,0021	6,0029	5,0024	6,0032	5,0027	8,3E-05	3,3E-05
1,4000	7,0031	5,0022	7,0035	5,0025	7,0026	5,0019	7,0033	5,0024	7,0032	5,0023	7,0025	5,0018	7,1E-05	1,4E-04
1,6000	8,0030	5,0019	8,0040	5,0025	8,0035	5,0022	8,0039	5,0024	8,0031	5,0019	8,0027	5,0017	6,2E-05	1,6E-04
1,8000	9,0033	5,0018	9,0041	5,0023	9,0030	5,0017	9,0037	5,0021	9,0034	5,0019	9,0030	5,0017	4,4E-05	1,2E-04
2,0000	10,0050	5,0025	10,0049	5,0025	10,0051	5,0026	10,0050	5,0025	10,0051	5,0026	10,0040	5,0020	1,0E-05	9,0E-05

### XXIII.5.9 Ergebnisse

Die detaillierten Berechnungen der verschiedenen Bedingungen und Druckbereiche sind den mitgeltenden Excel-Tabellen

**K:\Intranet\DKD-QS\DKD\Messunsicherheiten\QMH - Tabellen\Messunsicherheiten Tabelle XXIII Druck.XLS**

zu entnehmen. Die Ergebnisse werden im aktuellen Leistungsnachweis (Anlage zur Akkreditierung) geführt.

#### Leistungsangebot, permanentes Laboratorium:

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich	Messbedingungen / Verfahren	Messunsicherheit	Bemerkungen
Absolutdruck $p_{abs}$	0,05 bar bis 2,0 bar	DIN EN 837 DKD-R 6-1 EURAMET/cg-17/01	$6,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 60 $\mu$ bar	Druckmedium: Gas
	>2,0 bar bis 20 bar		$6,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 0,60 mbar	
	>20 bar bis 201 bar		$2,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 30 mbar	
Absolutdruck $p_{abs}$	2 bar bis 701 bar	DIN EN 837 DKD-R 6-1 EURAMET/cg-17/01	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 1,0 mbar	Druckmedium: Öl
Negativer und positiver Überdruck $p_e$	-1,0 bar bis 0,0 bar	DIN EN 837 DKD-R 6-1 EURAMET/cg-17/01	0,11 mbar	Druckmedium: Gas
	>0 bar bis 1,0		$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 0,11 mbar	
	>1 bar bis 19 bar		$6,5 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 0,60 mbar	
>19 bar bis 200 bar	$2,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 30 mbar			
Negativer und positiver Überdruck $p_e$	1 bar bis 700 bar	DIN EN 837 DKD-R 6-1 EURAMET/cg-17/01	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 1,0 mbar	Druckmedium: Öl

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 12 von 12
---------------------------	--	---	---	---------------------------

## XXIII.6 Gebrauchsnormale und vor-Ort Kalibrierung

Die in XXIII.1 genannten Gebrauchsnormale werden sowohl im Labor als auch vor-Ort verwendet. Daneben ist es sogar möglich die Bezugsnormale vor-Ort beim Kunden einzusetzen. Es stehen hierfür spezielle Transportkisten für das Druckkolbenmanometer und die Auflagen zur Verfügung sowie geeignete Transportbehälter für die übrigen Normale. Bei vor-Ort Einsätzen wird in Plausibilitätsprüfungen an den Bezugsnormalen die ordnungsgemäße Funktion und Einhaltung der Messunsicherheit vor und nach dem Transport überprüft. Sofern die in Kapitel XXIII.3 genannten Umgebungsbedingungen eingehalten und ermittelt werden können ist bekannt, dass die spezifizierten Messunsicherheiten mindestens mit einem Faktor  $MU_{\text{vor-Ort}} \leq 1,25 \cdot MU_{\text{Labor}}$  anwendbar sind. Ein reibungsloser Ablauf eines vor-Ort-Auftrages wird garantiert durch:

### Prüfung der technischen Machbarkeit

Mit dem Kunden muss gemäß den gerätetechnischen Begebenheiten die technische Machbarkeit der Vor-Ort-Kalibrierung geklärt werden. Dazu ist eine Kontaktaufnahme mit dem Kunden erforderlich (Kontaktaufnahme durch die Technik, Absprache spezieller Kalibrieranforderung, Klärung und Bewertung der Bedingungen, des Arbeitsplatzes und des Betreuers vor-Ort, Bestimmung der lokalen Fallbeschleunigung am Einsatzort).

### Terminierung

Ist die technische Realisierung geklärt, erfolgt die Terminabstimmung mit dem Kunden. Die Freigabe erfolgt erst nach Zusage durch die Laborleitung, den technischen Terminverantwortlichen und den ausführenden Techniker

### Technische Umsetzung

Zusammenstellung des technischen Equipments, ggf. Anleitungen, Zubehör und Anschlusstechnik. Plausibilitätsprüfung der Normale und Überprüfung auf Einhaltung der Messunsicherheit. Kalibrierdatenbank und Formulare werden aktualisiert, Drucker, Laptop, Thermohygrometer auf Einsatzfähig geprüft und am Einsatztag reserviert

### Logistische Umsetzung

Definition der An- und Abreisedetails, Reservierung eines Fahrzeug aus dem Firmenpool, Reservierung der Unterkunft, Klärung von Zoll- und Sicherheitsbestimmungen am Einsatzort, Sicherstellung der Erreichbarkeit des Technikers, Maut, Benzin und Routenplanung, angemessener und sachgemäßer Transport der Normale zum Kunden.

### Sicherstellung der Messbedingungen

Um thermische Beruhigungszeiten einzuhalten werden Normale und Kalibriergegenstände mindestens 8 Stunden im Messraum vorbereitet. Dies erfolgt am besten über Nacht am Anreisetag nach der Einrichtung des Arbeitsplatzes.

### Abschluss der Kalibrierung und Auswertung

Plausibilitätsprüfung der Normale und Überprüfung auf Einhaltung der Messunsicherheit nach Abschluss der Kalibrierung und Aufbau des Messplatzes im Labor.

Ausgabe:	erstellt	geprüft/ genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	13 von 13

**Leistungsangebot, vor Ort Kalibrierung:**

Messgröße / Kalibriergegenstand	Messbereich	Messbedingungen / Verfahren	Messunsicherheit	Bemerkungen
Absolutdruck $p_{abs}$	0,05 bar bis 2,0 bar >2,0 bar bis 20 bar >20 bar bis 201 bar	DIN EN 837 DKD-R 6-1 EURAMET/cg-17/.01	$8,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 80 $\mu$ bar $8,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 0,80 mbar $3,1 \cdot 10^{-4} \cdot p_{abs}$ , jedoch nicht kleiner als 38 mbar	Druckmedium: Gas
Absolutdruck $p_{abs}$	2 bar bis 701 bar	DIN EN 837 DKD-R 6-1 EURAMET/cg-17/.01	$1,9 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 1,3 mbar	Druckmedium: Öl
Negativer und positiver Überdruck $p_e$	-1,0 bar bis 0,0 bar >0 bar bis 1,0 >1 bar bis 19 bar >19 bar bis 200 bar	DIN EN 837 DKD R 6-1 EURAMET/cg-17/.01	0,14 mbar $1,9 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 0,14 mbar $8,1 \cdot 10^{-5} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 0,75 mbar $3,1 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 38 mbar	Druckmedium: Gas
Negativer und positiver Überdruck $p_e$	1 bar bis 700 bar	DIN EN 837 DKD R 6-1 EURAMET/cg-17/.01	$1,9 \cdot 10^{-4} \cdot p_e$ , jedoch nicht kleiner als 1,3 mbar	Druckmedium: Öl

### XXIII.7 Zwischenprüfungen der Normale

Um die Ordnungsgemäße Funktion der Normale im Drucklabor zu garantieren werden in regelmäßigen Abständen (mindestens 6 Monate) dokumentierte Zwischen- und Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. Dies erfolgt für durch

- Dicht-/ Funktionsprüfung des Druckkolbenmanometers Tabelle XXIII.1 Pos. 1 durch Messung der Drehdauer und Sinkgeschwindigkeit
- Plausibilitätsmessung Druck DPI601/ Keller Kalibratoren (Tabelle XXIII.1 Pos. 5.2 und Pos. 6) gegen WIKA Druckcontroller (Tabelle XXIII.1 Pos 2)

### XXIII.8 Musterkalibrierscheine

DKD-R 6-1 Kapitel 9

Gemäß oder zusätzlich zu den in DKD-5 enthaltenen Forderungen werden im Kalibrierschein folgende Angaben dokumentiert:

- Auflösung des Kalibriergegenstandes, Messbereichs- und Klassenangabe des Herstellers
- Kalibrierverfahren (DKD-R 6-1 Ablauf A, B oder C)
- Verwendete Kalibriernormale / -einrichtungen
- Umgebungstemperatur, -feuchte und -luftdruck (absolut)
- Druckübertragungsmittel und dessen Dichte bei Normalbedingungen
- Druckbezugsebene am Kalibriergegenstand
- Lage des Kalibriergegenstandes bei Kalibrierung
- gewählte Einstellungen am Kalibriergegenstand

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 14 von 14
---------------------------	--	---	---	---------------------------

# DEUTSCHER KALIBRIERDIENST **DKD**

Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

Akkreditiert durch die / accredited by the  
Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes



**esz AG calibration & metrology**



DKD-K-18201

Kalibrierschein  
Calibration certificate

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

08060906
DKD-K-18201
2008-06

Gegenstand  
Object Druckmessgerät (elektrisch)

Hersteller  
Manufacturer HBM

Typ  
Type PAP31 / DK38

Fabrikat/Serien-Nr.  
Serial number D62662

Auftraggeber  
Customer PTB Braunschweig  
D-38023 Braunschweig

Auftragsnummer  
Order No.

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines  
Number of pages of the certificate 3

Datum der Kalibrierung  
Date of calibration 17.06.2008

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Der DKD 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 DKD is signatory to the multilateral agreement 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 DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel 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 DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Stempel Seal	Datum Date	Leiter des Kalibrierlaboratoriums Head of the calibration laboratory	Bearbeiter Person in charge
	01.08.2008	P.Fleischmann	E.Eisele

**esz AG calibration & metrology**

Max-Planck-Str.16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-88887-0  
Fax: +49-8141-88887-77

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	15 von 15

Seite 2  
Page

08060906
DKD-K-18201
2008-06

1. Kalibriergegenstand

Der Kalibriergegenstand ist eine Messkette bestehend aus einem Drucksensor Typ: HBM PAP31 und einer Anzeigeelektronik Typ: HBM DK38.  
Messbereich: 0-500 bar entspricht 0 mV/V bis 2mV/V, Überdruck.  
Auflösung: 0,00001 mV/V

2. Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung erfolgte gemäß DKD-R 6-1, Kalibrierablauf A.

Verwendete Kalibriereinrichtungen:

PM-Nummer	Hersteller	Modell	Gegenstand	Prüfer	Kal.-Nr.	nächst. Kal.
KL27050	DH-Budenberg	580DX	Druckwaage+Gewichtsatz	DKD-K-05801	N787	02/2012

3. Messergebnisse

ab Seite 3

4. Messunsicherheit

Die angegebenen Messunsicherheiten setzen sich zusammen aus den Unsicherheiten des Kalibrierverfahrens und denen des Kalibriergegenstandes während der Kalibrierung. Ein Anteil für Langzeit-Instabilität des Kalibriergegenstandes ist nicht enthalten.

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 annähernd 95% im zugeordneten Wertintervall.

Dimensionslose Messunsicherheiten sind Relativwerte bezogen auf den Kalibrierwert.

Die Unsicherheit des Normals beträgt 0,015% jedoch min. 10 mbar

5. Umgebungsbedingungen

Temperatur  $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$   
Relative Luftfeuchte  $(45 \pm 20) \%$   
Umgebungsdruck:  $(947 \pm 5) \text{ mbar}$

6. Messbedingungen

Medium: Öl, Typ DH22 BUD, Dichte =  $(860 \pm 10) \text{ kg/m}^3$   
Bezugsebene: Untere Gehäusekante des Drucksensors.  
Einbaulage : Vertikal

esz AG calibration & metrology

Max-Planck-Str.16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-88887- 0  
Fax: +49-8141-88887-77

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	16 von 16

Seite 3

8060906
DKD-K-18201
2008-06

**Messergebnisse**

Unter den o.g. Bedingungen und bezogen auf die lineare Sollkennlinie

$$p_e = (\text{Ablesung} - U_{pe=0}) * \frac{(p_{\max} - p_{\min})}{(U_{\max} - U_{\min})} + p_{\min}$$

$U_{pe=0}$  Anzeige bei 0 bar

$p_{\min} = 0 \text{ bar}$   
 $p_{\max} = 500 \text{ bar}$

$U_{\min} = 0 \text{ mV/V}$   
 $U_{\max} = 2 \text{ mV/V}$

Es entsprach dem

Überdruck in Höhe des KG's in bar	Mittelwert der Anzeige		Mittelwert der Anzeige		Mittelwert der Messabweichung		Messunsicherheit	
	aufwärts in mV/V	abwärts in mV/V	aufwärts in bar	abwärts in bar	aufwärts in bar	abwärts in bar	aufwärts in bar	abwärts in bar
0,000	0,00000	0,00005	0,000	0,011	0,000	0,011	0,020	0,020
50,001	0,20015	0,20048	50,036	50,120	0,035	0,119	0,023	0,023
100,000	0,40030	0,40076	100,075	100,189	0,075	0,189	0,026	0,025
150,001	0,60044	0,60106	150,109	150,265	0,107	0,264	0,031	0,031
199,999	0,80054	0,80130	200,134	200,324	0,134	0,324	0,056	0,039
250,001	1,00072	1,00148	250,180	250,370	0,179	0,369	0,046	0,044
299,999	1,20089	1,20162	300,223	300,404	0,224	0,405	0,055	0,051
350,000	1,40106	1,40169	350,264	350,423	0,263	0,422	0,058	0,061
399,998	1,60125	1,60172	400,311	400,429	0,313	0,430	0,074	0,065
450,000	1,80142	1,80167	450,354	450,418	0,354	0,418	0,080	0,071
499,998	2,00154	2,00158	500,385	500,394	0,387	0,396	0,083	0,080

esz AG calibration & metrology

Max-Planck-Str. 16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-8888-70  
Fax.: +49-8141-8888-777

<b>Ausgabe:</b> 5.5.11	<b>erstellt</b> von: PF am: 22.07.2008	<b>geprüft/ genehmigt</b> von: KK am:	<b>Kapitel</b> XXIII – Messgröße Druck	<b>Seite</b> 17 von 17
---------------------------	--	---	---	---------------------------

**DEUTSCHER KALIBRIERDIENST DKD**

Kalibrierlaboratorium / Calibration laboratory

Akkreditiert durch die / accredited by the  
Akkreditierungsstelle des Deutschen Kalibrierdienstes



**esz AG calibration & metrology**



DKD-K-18201

Kalibrierschein  
Calibration certificate

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

08060831
DKD-K-18201
2008-06

Gegenstand  
*Object* Federmanometer

Hersteller  
*Manufacturer* Wallace & Tiernan

Typ  
*Type* FA 145

Fabrikat/Serien-Nr.  
*Serial number* 0588 G

Auftraggeber  
*Customer* PTB Braunschweig  
D-38023 Braunschweig

Auftragsnummer  
*Order No.*

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines  
*Number of pages of the certificate* 3

Datum der Kalibrierung  
*Date of calibration* 16.06.2008

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).

Der DKD 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 DKD is signatory to the multilateral agreement 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 DKD als auch des ausstellenden Kalibrierlaboratoriums. Kalibrierscheine ohne Unterschrift und Stempel 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 DKD and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.*

Stempel <i>Seal</i>	Datum <i>Date</i>	Leiter des Kalibrierlaboratoriums <i>Head of the calibration laboratory</i>	Bearbeiter <i>Person in charge</i>
	01.08.2008	P. Fleischmann	M. Kanzelsberger

**esz AG calibration & metrology**

Max-Planck-Str.16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-88887-0  
Fax: +49-8141-88887-77

Seite 2  
Page

08060831
DKD-K-18201
2008-06

1. Kalibriergegenstand

Federmanometer  
Messbereich: 3,0 kp/cm<sup>2</sup>, Überdruck  
Auflösung: 0,0025 kp/cm<sup>2</sup> ≤ 1,2 kp/cm<sup>2</sup>  
0,005 kp/cm<sup>2</sup> ≥ 1,2 kp/cm<sup>2</sup>

2. Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung erfolgte gemäß DKD-R 6-1, Kalibrierablauf A.

Verwendete Kalibriereinrichtungen:

PN-Nummer	Hersteller	Modell	Gegenstand	Prüfer	Kal.-Nr.	nächst. Kal.
KL27079	WIKA	CPC8000-DX 0-2b	Pressure Controller	DKD-K-03701	A10687	09/2009
KL27080	WIKA	CPC8000-DX 0-20	Pressure Controller	DKD-K-03701	A10679	09/2009

3. Messergebnisse

ab Seite 3

4. Messunsicherheit

Die angegebenen Messunsicherheiten setzen sich zusammen aus den Unsicherheiten des Kalibrierverfahrens und denen des Kalibriergegenstandes während der Kalibrierung. Ein Anteil für Langzeit-Instabilität des Kalibriergegenstandes ist nicht enthalten.

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 annähernd 95% im zugeordneten Wertintervall.

Dimensionslose Messunsicherheiten sind Relativwerte bezogen auf den Kalibrierwert.

Die Unsicherheit des Normals beträgt  $6,4 \cdot 10^{-6}$  jedoch min. 80 µbar ≤ 1 bar  
 $7,0 \cdot 10^{-6}$  jedoch min. 1 mbar > 1 bar

5. Umgebungsbedingungen

Temperatur (23 ± 1) °C  
Relative Luftfeuchte (45 ± 20) %  
Umgebungsdruck: (955 ± 5) mbar

6. Messbedingungen

Medium: Stickstoff, Dichte = 1,15 kg/m<sup>3</sup>  
Bezugsebene: Mitte Anschluss Kalibriergegenstand  
Einbaulage: horizontal

esz AG calibration & metrology

Max-Planck-Str.16  
D-82223 Eichenau

Tel.: +49-8141-88887-0  
Fax: +49-8141-88887-77

Ausgabe:	erstellt	geprüft/genehmigt	Kapitel	Seite
5.5.11	von: PF am: 22.07.2008	von: KK am:	XXIII – Messgröße Druck	19 von 19

Seite 3

8060831
DKD-K-18201
2008-06

**Messergebnisse**

Es entsprach dem

Überdruck in Höhe des KG's kp cm <sup>-2</sup> Messreihe:	Anzeige		Anzeige		Mittelwert der Messabweichung		Messunsicherheit	
	aufwärts kp cm <sup>-2</sup> M1	abwärts kp cm <sup>-2</sup> M2	aufwärts kp cm <sup>-2</sup> M3	abwärts kp cm <sup>-2</sup> M4	aufwärts kp cm <sup>-2</sup>	abwärts kp cm <sup>-2</sup>	aufwärts kp cm <sup>-2</sup>	abwärts kp cm <sup>-2</sup>
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0006	0,0006
0,3000	0,3009	0,3009	0,3007	0,3010	0,0008	0,0010	0,0006	0,0006
0,6000	0,6031	0,6034	0,6030	0,6030	0,0030	0,0032	0,0006	0,0007
0,9000	0,9031	0,9038	0,9030	0,9032	0,0030	0,0035	0,0006	0,0009
1,2000	1,2052	1,2059	1,2047	1,2049	0,0049	0,0054	0,0013	0,0016
1,5001	1,5079	1,5085	1,5081	1,5082	0,0079	0,0083	0,0016	0,0016
1,8001	1,8098	1,8098	1,8099	1,8097	0,0098	0,0096	0,0015	0,0015
2,1001	2,1146	2,1157	2,1131	2,1147	0,0138	0,0151	0,0023	0,0019
2,4001	2,4148	2,4158	2,4142	2,4158	0,0144	0,0157	0,0017	0,0015
2,7001	2,7175	2,7180	2,7164	2,7171	0,0168	0,0174	0,0020	0,0019
3,0001	3,0200	3,0200	3,0200	3,0199	0,0199	0,0198	0,0015	0,0016

Gesetzliche Druckeinheit ist Pascal (Pa).  
1 Pa = 0,010 mbar  
(1 kp/cm<sup>2</sup> = 0,980665 bar)