

akkreditiert durch die / accredited by the

Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the

Deutschen Kalibrierdienst



MUSTER / SAMPLE

Kalibrierschein
Calibration certificate

Kalibrierzeichen
Calibration mark

3816
D-K-17589-01-00
2012-02

Gegenstand **Laminar Flow Element 50MC02-06-FE**
Object

Hersteller **TetraTec Instruments GmbH**
Manufacturer

Typ **50MC02-06-FE**
Type

Fabrikat/Serien-Nr. **037L078**
Serial number

Auftraggeber **TetraTec Instruments GmbH**
Customer **71144 Steinenbronn**

Auftragsnummer **PC092**
Order No.

Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines **4**
Number of pages of the certificate

Datum der Kalibrierung **13.02.2012**
Date of calibration

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI). Der 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 Deutschen Akkreditierungsstelle 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 German Accreditation Body GmbH and the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.

Datum Date	Leiter des Kalibrierlaboratoriums Head of the calibration laboratory	Bearbeiter Person in charge
13.02.2012	Dr.rer.nat. Johannes Schubert	Dipl.-Ing. (FH) Peter Kienzle

3816
D-K- 17589-01-00
2012-02

Kalibriergegenstand

Laminar Flow Element 50MC02-06-FE

Typ 50MC02-06-FE
Hersteller TetraTec Instruments GmbH
Fabrikat/Serien-Nr. 037L078
Messbereich 0 ... 34000 L/min @ 0 ... 24 mbar

Kalibrierverfahren

VQ100 Laminar Flow Element im Saugbetrieb

Anzahl Messreihen R 3. R=1: (13.02.2012) R=2: (13.02.2012) R=3: (13.02.2012)

Medium Luft atmosphärisch

Berechnungsverfahren Dichte: Realgasberechnung für Luft
Viskosität: ideale Viskositätsberechnung

Anordnung: Atmosphäre - Prüfling - Kalibriernormal - Drossel - Vakuumpumpe

Messbedingungen

Der Messaufbau wurde vor der Kalibrierung auf Dichtheit geprüft.

Die Kalibrierung erfolgte nach angemessener Thermalisierung des Prüflings im Labor. Zur Vermeidung von Einlaufeffekten wurde der Prüfling vor der Messwerterfassung mindestens 10 min beim Maximaldurchfluss betrieben.

Umgebungsbedingungen

R=1: Luftdruck: (970,0 ± 1,0) mbar, Temperatur: (17,7 ± 0,5) °C, Luftfeuchtigkeit: (13,8 ± 3,0) %rH
R=2: Luftdruck: (969,7 ± 1,0) mbar, Temperatur: (17,8 ± 0,5) °C, Luftfeuchtigkeit: (14,0 ± 3,0) %rH
R=3: Luftdruck: (969,3 ± 1,0) mbar, Temperatur: (17,8 ± 0,5) °C, Luftfeuchtigkeit: (14,7 ± 3,0) %rH

Messergebnisse aus 3 Messreihen

Bei der Bestimmung des Betriebsvolumenstroms durch das LFE aus den Kalibrierdaten ist die Temperaturabhängigkeit der Viskosität zu berücksichtigen. Bezeichnet T_{kal} die Temperatur während der Kalibrierung, so gilt für den Betriebsvolumenstrom Q bei der Messtemperatur T nach Gleichung (1)

$$Q = Q_{kal} \cdot \frac{\eta(T_{kal})}{\eta(T)} \quad (1) \quad \eta(T) = 14,58 \cdot \frac{T^{3/2}}{110,4 + T} \quad (2) \quad \begin{array}{l} \eta \text{ Dyn. Viskosität in } \mu\text{Poi} \\ T \text{ Temperatur in } ^\circ\text{K} \end{array}$$

Die dynamische Viskosität trockener Luft in μPoi bei der Temperatur T in $^\circ\text{K}$ errechnet sich nach Gleichung (2).

Die Messgrößen Absolutdruck P_{Ap} , Temperatur T_p und Feuchte H_p wurden am Eingang des Prüflings gemessen. Die am Kalibriernormal ermittelten Volumenströme werden auf die Betriebsvolumenströme Q_{vol} am Eingang des Prüflings umgerechnet und gemäß Gleichungen (1) und (2) auf die Kalibriervolumenströme Q_{kal} (Betriebsvolumenströme bei einheitlicher Temperatur $T_{kal} = 21,11^\circ\text{C}$ ($294,26^\circ\text{K}$ bzw. 70°F)) korrigiert.

R	Q_{vol} L/min	PDp mbar	PAp mbar	T_p $^\circ\text{C}$	H_p %	Q_{kal} L/min	Q_{pol} L/min	ABW %	MU L/min
3	302,48	0,203	968,0	18,55	12,7	300,43	299,90	-0,18	0,90
3	749,21	0,503	968,0	18,49	12,8	744,03	742,50	-0,21	2,23
3	1339,58	0,900	968,0	18,42	12,6	1330,07	1327,96	-0,16	3,99
3	2244,75	1,510	968,1	18,53	12,6	2229,48	2225,26	-0,19	6,69
2	3759,91	2,541	968,5	18,58	12,8	3734,89	3739,51	0,12	11,20
2	6011,04	4,071	968,5	18,47	12,7	5969,30	5975,31	0,10	17,91
2	8860,21	6,006	968,2	18,40	12,6	8797,02	8787,42	-0,11	26,39
2	13334,82	9,081	967,7	18,33	12,7	13237,21	13214,53	-0,17	39,71
2	17660,47	12,102	967,2	18,11	12,6	17520,84	17517,14	-0,02	52,56
2	21853,57	15,074	966,7	18,24	12,7	21688,19	21701,12	0,06	65,06
2	25976,76	18,016	966,1	18,33	12,7	25786,76	25793,64	0,03	77,36
1	30184,49	21,067	965,7	18,76	13,2	29997,80	29986,19	-0,04	89,99
1	34231,83	24,009	965,0	18,25	13,5	33973,77	33977,11	0,01	101,92

Verwendete Bezeichner und Referenznormale

- Q_{vol} Betriebsvolumenstrom
R=1: Q Air, TGZ Turbinenrad-Gaszähler G6500 10000 m^3/h , SerNo: 3400017110/C/2008
R=2: Q Air, TGZ Turbinenrad-Gaszähler G1000 1600 m^3/h , SerNo: 7405033
R=3: Q Air, DKZ Drehkolbengaszähler G160 250 m^3/h , SerNo: 311650
- PDp Differenzdruck, max. erweiterte Messunsicherheit: 0,036 mbar
- PAp Absolutdruck, max. erweiterte Messunsicherheit: 0,5 mbar
- T_p Temperatur, max. erweiterte Messunsicherheit: 0,2 $^\circ\text{C}$
- H_p Relative Feuchte, max. erweiterte Messunsicherheit: 3 %
- Q_{kal} Kalibriervolumenstrom mit Korrektur des dynamischen Viskositätsverhältnisses auf Kalibrier-Standardbedingungen $P_{kal} = 1000 \text{ hPa}$, $T_{kal} = 21,11^\circ\text{C}$, $H_{kal} = 0\% \text{ rF}$
- Q_{pol} Volumenstrom berechnet aus Polynom, Ergebnis aus dem Polynom 4. Ordnung
- ABW Abweichung $Q_{pol} - Q_{kal}$ in % vom Wert Q_{kal}
- MU Erweiterte Messunsicherheit

Ein Volumenstrom Q_{kal} von 33964,4 L/min erzeugt bei Kalibrier-Standardbedingungen einen Differenzdruck PDp von 24 mbar.

3816
D-K- 17589-01-00
2012-02

Berechnung des Qpol = f(PDp) Polynoms 4. Ordnung in den Einheiten der Ergebnistabelle.

$$Q_{pol} = 3,633835E-06 PDp^4 - 8,934501E-03 PDp^3 - 2,392102 PDp^2 + 1477,69 PDp$$

Berechnung des (normalisierten) Qpol = f(PDp) Polynoms 4. Ordnung in SI-Basiseinheiten in fünf Schritten

Schritt 1: Umrechnen PDp in SI-Basiseinheit PDpSI in Pa

$$PDpSI = PDp * 100$$

Schritt 2: Normalisieren

$$X = PDpSI * PX$$

Schritt 3: Polynom Y = f(X) berechnen

$$Y = P4 * X^4 + P3 * X^3 + P2 * X^2 + P1 * X$$

Schritt 4: Normalisieren in SI-Basiseinheit QpolSI in m³/s

$$Q_{polSI} = Y / PY$$

Schritt 5: Umrechnen von QpolSI in m³/s in Qpol

$$Q_{pol} = Q_{polSI} * 60000$$

Koeffizienten des Y = f(X) Polynoms

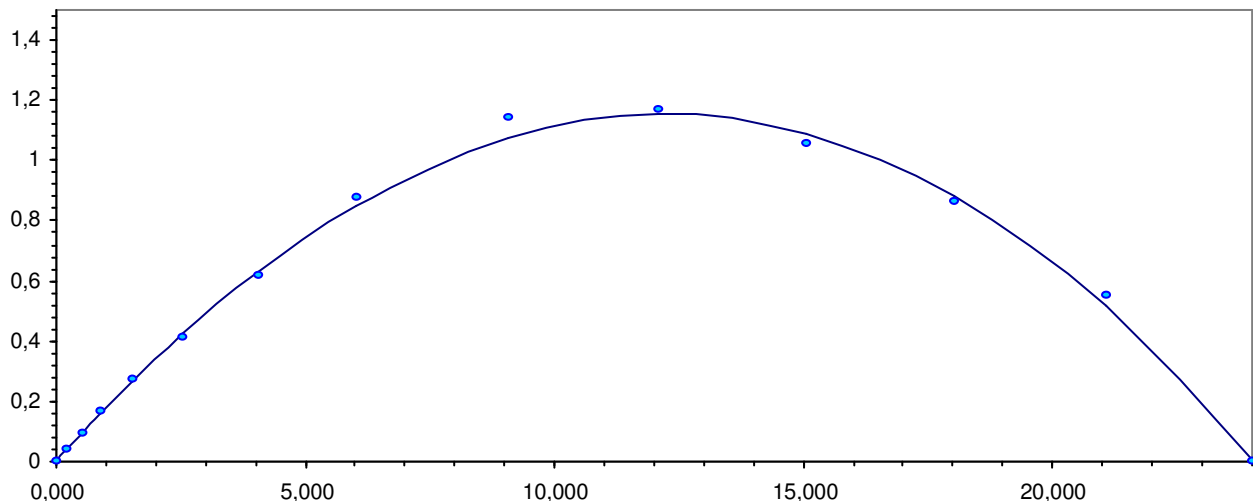
P0: 0,0000000E+00	P1: 1,0442908E+00
P2: -4,0588195E-02	P3: -3,6397549E-03
P4: 3,5542574E-05	P5: 0,0000000E+00
P6: 0,0000000E+00	P7: 0,0000000E+00
P8: 0,0000000E+00	P9: 0,0000000E+00

Normierungskoeffizienten

PX: 4,1650302E-04	PY: 1,7660685E+00
-------------------	-------------------

Die beiden Polynom-Darstellungen sind äquivalent

Linearitätsabweichung Polynomwert und Messwerte in % vom Endwert über PDp



Messunsicherheit

Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k = 2 ergibt und beinhaltet die Messunsicherheit des Normals und des Kalibrierverfahrens. Sie wurde gemäß DAkkS-DKD-3 ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im zugeordneten Werteintervall. Ein Anteil für die Langzeitstabilität des Kalibriergegenstandes ist nicht enthalten.

* * *