



# **Einpunktkalibrierung Drehzahlregelung / Drehzahlkorrektur**

Gerd Pecher

Bühlermotor GmbH

# Daten Schwingkalibrator

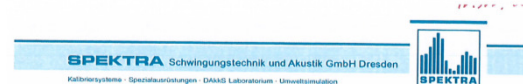


## Specifications – Calibration Exciter Types 4294 and 4294-002

|                                       | 4294                                                                                                                                                                                       | 4294-002  |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Dynamic Characteristics               |                                                                                                                                                                                            |           |
| Frequency (Hz)                        | 159.15 ± 0.02%                                                                                                                                                                             |           |
| Acceleration (ms <sup>-2</sup> (RMS)) | 10 ± 3%                                                                                                                                                                                    | 3.16 ± 3% |
| Velocity (mms <sup>-1</sup> (RMS))    | 10 ± 3%                                                                                                                                                                                    | 3.16 ± 3% |
| Displacement (µm)                     | 10 ± 3%                                                                                                                                                                                    | 3.16 ± 3% |
| Transverse Amplitude                  | < 5% of main axis amplitude                                                                                                                                                                |           |
| Distortion                            | 4294:< 2% for 10 to 70 g<br>4294-002: < 2% for 10 to 200 g load<br>4294 & 4294-002: typical < 7% for 0 to 10 g. Use DB-2996 (10 g) with very light accelerometers to achieve 2% distortion |           |
| Power Requirements                    |                                                                                                                                                                                            |           |
| Built-in Battery                      | One 9 V Alkaline Battery QB-0016 (IEC type 6LR61)                                                                                                                                          |           |
| Battery Life                          | Approx. 200 calibrations, each lasting 100 s with automatic switching off at the end of each calibration                                                                                   |           |
| Warm-up Time (Seconds)                | < 5                                                                                                                                                                                        |           |

## Schwingkalibrator B&K 4294

# DAkks Schwingkalibrator



akkreditiert durch die / accredited by the  
**Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH**  
als Kalibrierlaboratorium im / as calibration laboratory in the  
**Deutschen Kalibrierdienst**



Kalibrierschein  
Calibration Certificate

Kalibrierzeichen  
Calibration mark

0 8 1 8 8  
D-K-  
15183-01-00  
2018-08

|                                                                               |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gegenstand<br>Object                                                          | Schwingungskalibrator    | Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem internationalen Einheitensystem (SI).<br>Die DAkks ist Unterzeichner der multi-lateralen Übereinkommen der European co-operation for Accreditation (EA) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) zur gegenseitigen Anerkennung der Kalibrierscheine.<br>Für die Einhaltung einer angemessenen Frist zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.<br><i>This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).<br/>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.<br/>The user is obliged to have the object recalibrated at appropriate intervals.</i> |
| Hersteller<br>Manufacturer                                                    | Brüel & Kjær             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Typ<br>Type                                                                   | 4294                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Fabrikat/Serien-Nr.<br>Serial number                                          | 2284588<br>Pr.-Nr. 18303 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Auftraggeber<br>Customer                                                      |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Auftragsnummer<br>Order No.                                                   | AG18-01932               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Anzahl der Seiten des Kalibrierscheines<br>Number of pages of the certificate | 3                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Datum der Kalibrierung<br>Date of calibration                                 | 03.08.2018               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

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 the issuing laboratory. Calibration certificates without signature are not valid.*

|               |                                                                                        |                                |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Datum<br>Date | Stellv. Leiter des Kalibrierlaboratoriums<br>Deputy head of the calibration laboratory | Bearbeiter<br>Person in charge |
| 03.08.2018    | Mario Chares                                                                           | Uwe Zettl                      |

DK18-081883



SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden  
Heidelberger Str. 12, DE-01189 Dresden - Tel.: +49 351 400 24-0

Seite 2 / 3 zum Kalibrierschein vom 03.08.2018  
Page of calibration certificate dated

0 8 1 8 8  
D-K-  
15183-01-00  
2018-08

## 1. Kalibriergegenstand

Gegenstand: Schwingungskalibrator  
Hersteller: Brüel & Kjær  
Typ: 4294  
Serien-Nr.: 2284588

## 2. Kalibrierverfahren

Die Kalibrierung erfolgte durch Messung der vom Kalibrator erzeugten Schwingbeschleunigung mit einer Normalmesseinrichtung. Die Messung erfolgt schmalbandig mit dem Sinus-Approximationsverfahren bei der zuvor ermittelten Frequenz (beschrieben in ISO 16063-11). Der gemessene Klirrfaktor ist das Verhältnis der Grundschiwingung zu zehn harmonischen Oberschwingungen. Die Ergebnisse (Frequenz, Beschleunigung, Klirrfaktor) sind der Mittelwert aus 12 Einzelergebnissen.

## 3. Umgebungsbedingungen

Umgebungstemperatur des Prüflings:  $(23,6 \pm 1) ^\circ\text{C}$   
Relative Luftfeuchte:  $(58 \pm 5) \%$

## 4. Messbedingungen

Lage der angeregten Achse(n) im Erdschwerefeld: vertikal  
Befestigung des Bezugsnormals auf dem Schwingerreger: Gewindestift (10-32 auf 10-32)  
Anzugsdrehmoment: 0,5 N m  
gesamte Zusatzmasse: 20 g  
(Bezugsnorm., Kabelanteil, Gewindestift)

Einstellungen am Kalibriergegenstand: keine

## 5. Messunsicherheit

Die relativen Gesamtmeßunsicherheiten für die ausgewiesenen Werte betragen:

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| - bei Ermittlung der Beschleunigung | 0,5 %   |
| - bei Ermittlung der Frequenz       | 0,05 Hz |
| - bei Ermittlung des Klirrfaktors   | 0,2 %   |

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 Wertintervall.

DK18-081883



SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden  
Heidelberger Str. 12, DE-01189 Dresden - Tel.: +49 351 400 24-0

Seite 3 / 3 zum Kalibrierschein vom 03.08.2018  
Page of calibration certificate dated

0 8 1 8 8  
D-K-  
15183-01-00  
2018-08

## 6. Bestandteile der Normalmesseinrichtung

| Vergleichsnorm<br>Kalibriersystem | Hersteller<br>SPEKTRA | Typ<br>CS18 DKD 10 | Serien-Nr.<br>16319<br>201414 |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|

## 7. Ergebnisse

### Frequenz:

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Sollwert:                | 159,155 Hz |
| Messwert (Mittelwert):   | 159,161 Hz |
| Abweichung vom Sollwert: | 0,006 Hz   |
| Standardabweichung:      | 0,008 %    |

### Beschleunigung:

|                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| Sollwert (RMS):              | 10 m/s <sup>2</sup>   |
| Messwert (RMS - Mittelwert): | 9,85 m/s <sup>2</sup> |
| Abweichung vom Sollwert:     | -1,5 %                |
| Standardabweichung:          | 0,02 %                |

Klirrfaktor: 0,7 %

### Bemerkung:

Der Mittelwert und die Standardabweichung wurden aus 12 Einzelwerten gebildet, wobei die 2 Extremwerte gestrichen wurden.

Die Konformität mit Herstellertoleranzen ist für die im Kalibrierschein ermittelten Kennwerte gegeben.

|                | Sollwert            | Zulässige Toleranz | Abweichung vom Sollwert |
|----------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Beschleunigung | 10 m/s <sup>2</sup> | ± 3 %              | -1 %                    |

DK18-081883



SPEKTRA Schwingungstechnik und Akustik GmbH Dresden  
Heidelberger Str. 12, DE-01189 Dresden - Tel.: +49 351 400 24-0

# Beschleunigungsaufnehmer 1-Achs



## Model 7251A-10, -100 and 500

- Hermetically Sealed
- Wide Bandwidth
- New Low Profile
- 360° Cable Orientation
- Machine Tool Measurements, Shaker Tables, Flight Test / Aerospace



| DYNAMIC CHARACTERISTICS             |  | Units | -10                               | -100              | -500         |
|-------------------------------------|--|-------|-----------------------------------|-------------------|--------------|
| RANGE                               |  | g     | ±500                              | ±50               | ±10          |
| VOLTAGE SENSITIVITY, ±10% [1]       |  | mV/g  | 10                                | 100               | 500          |
| FREQUENCY RESPONSE                  |  |       |                                   |                   |              |
| Resonance Frequency                 |  | kHz   |                                   | 45                |              |
| Amplitude Response [2]              |  |       |                                   |                   |              |
| ±5%                                 |  | Hz    | 1 to 10 000                       | 1 to 10 000       | 1 to 10 000  |
| ±1dB                                |  | Hz    | .5 to 20 000                      | .5 to 20 000      | .5 to 20 000 |
| TRANSVERSE SENSITIVITY              |  | %     |                                   | ≤ 5               |              |
| TEMPERATURE RESPONSE                |  |       |                                   | See Typical Curve |              |
| AMPLITUDE NONLINEARITY, to F.S. [3] |  | %     | ≤1                                | ≤1                | ≤2           |
| ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS       |  |       |                                   |                   |              |
| TEMPERATURE RANGE                   |  |       | -67°F to +257°F (-55°C to +125°C) |                   |              |
| HUMIDITY                            |  |       | Hermetically sealed               |                   |              |
| SINUSOIDAL VIBRATION LIMIT          |  | g pk  | 500                               |                   |              |
| SHOCK LIMIT                         |  | g pk  | 5000                              |                   |              |

Beschleunigungs-  
aufnehmer

# Grundlagen

## □ Kenngrößen

○ Sensitivity

○ Frequency response

○ Uncertainty



MEGGITT  
Meggit Sensing Systems  
30700 Rancho Viejo Road  
San Juan Capistrano  
CA 92675-1748 USA  
Tel: +1 (949) 493 8181  
Fax: +1 (949) 661 7231  
www.meggit-sensing-systems.com  
www.meggit.com

Temperature (°C): 24 , (°F): 76  
Relative Humidity (%): 47

## Calibration Certificate

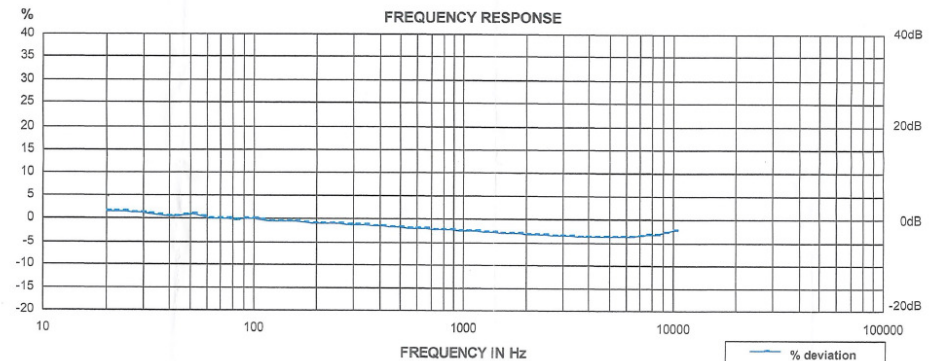
Document number: 58880  
Description: ISOTRON accelerometer  
Manufacturer: ENDEVCO  
Model Number: 7251A-100  
Serial Number: 14682

Transverse Sensitivity(%): 1.3

Sensitivity:  
100.8 mV/g @ 100 Hz, 10 g pk  
10.27 mV/m/s<sup>2</sup> @ 100 Hz, 98 m/s<sup>2</sup> pk

Excitation: 4.0 mA

Notes:



Console serial number: AC34  
Equipment used: 2901  
Ref Manufacturer: ENDEVCO  
Ref Model number: 2270M7A/2771A-10  
Ref Serial number: AC85/MXM  
NIST traceability #: 822/279532-10  
Test Name: FINAL 2901 REV E

Uncertainty estimate (95% confidence, k=2)  
+/- 1.5 % 100.0 Hz Sensitivity  
+/- 1.7 % 20.0 < f <= 100.0 Hz  
+/- 1.5 % 100.0 < f <= 2500.0 Hz  
+/- 2.7 % 2500.0 < f <= 10000.0 Hz  
+/- 6.0 % 10000.0 < f <= 20000.0 Hz

By: Xiu Ming Wu  
Test Date: 2/16/2012 2:56 PM  
Print Date: 2/16/2012

MXM #3  
s/w 8.05

Reported data as received



CALIBRATION CERT #2602.01

MX421 Rev K  
Page 1 of 1

This instrument was tested using comparison calibrations on Endevco's Commercial Automated Accelerometer Calibration System (CAACS) PN 65377. This calibration is traceable to the National Institute of Standards and Technology and is in accordance with ISO/IEC 17025:2005 and ANSI/NCCL Z540-1-1994 (MIL-STD 45882A). Test procedure follows CL-TP-004. Calibration performed at Meggit (Xiamen) Sensors Controls Co Ltd, No.230 South 5 Gaoqi Road, Xiamen Fujian Province, 351006, P.R. China

# Beschleunigungsaufnehmer 3-Achs



## MODEL 65

- Triaxial, Low-Impedance Output
- Small Size (10-mm cube, 5 gram)
- High Output (100 mV/g), High Resolution (Mili-g)
- Ideal for Structural Analysis
- Shock-Proof, Overload-Protected
- Single Connector, Flexible Cable



Actual size

### Specifications

| PARAMETER             | VALUE (ENGLISH   METRIC)                |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| Output type           | Voltage (IEPE)                          |
| Sensitivity           | 10 mV/g   1.02 mV/(m/sec <sup>2</sup> ) |
| Max Measurement Range | 500 g pk   4905 m/sec <sup>2</sup> pk   |
| Max Frequency (±5%)   | 10000 Hz   10000 Hz                     |
| Weight                | 0.176 oz   5 gm                         |
| Number of Axis        | 3                                       |
| Replacement (-R)      | No                                      |

Beschleunigungs-  
aufnehmer

# Einpunktkalibrierung vs. Breitband



## □ Einpunktkalibrierung

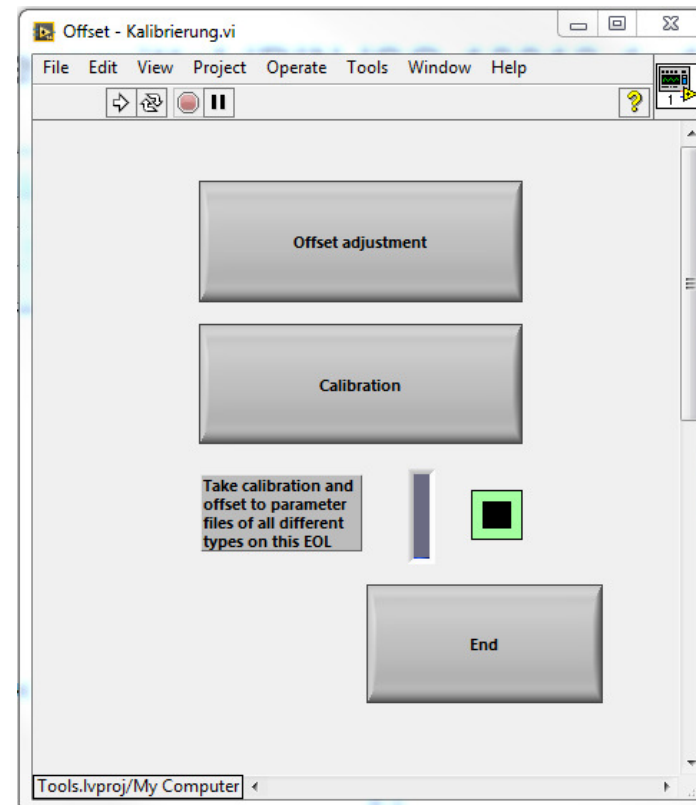
- *Frequenz 159Hz*
- *Amplitude 10m/s<sup>2</sup>*
- *Kalibrierung vor Ort*
- *Schnelle Kalibrierung*
- *Einfache Kalibrierung*
- *Preiswert*
- *Golden sample erforderlich für Messbereichsabsicherung (Frequenzgang)*

## □ Breitbandkalibrierung

- *Sinussweep 0-50kHz*
- *Amplitude 1m/s<sup>2</sup>-10m/s<sup>2</sup>*
- *Kalibrierung im Labor*
- *Hoher Zeitaufwand*
- *Komplexe Kalibrierung*
- *Hohe Kosten*

# Offsetabgleich und Kalibrierung

- Offsetabgleich
  - *AC-Signal Überprüfung*
  - *Einschwingverhalten Masseanbindung (<20s)*
  - *Abweichung Frequenzgang*
- Kalibrierung
  - *Einpunkt*
  - *Übertragungsverhalten (Hüllkurve)*
  - *Abgleich (Justage)*





# Offsetabgleich



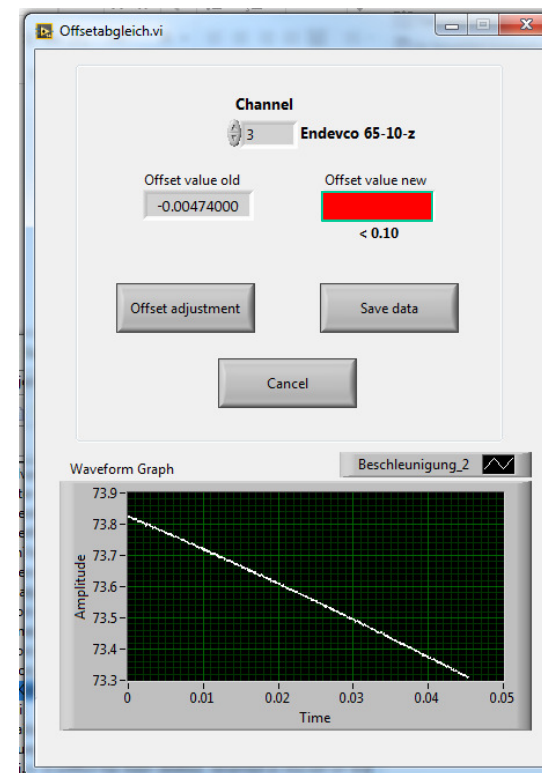
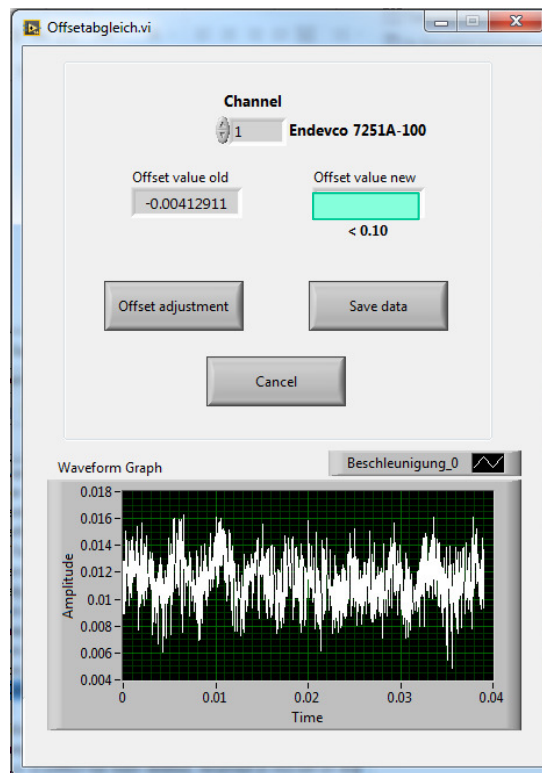
## Model 7251A-10, -100 and 500

- Hermetically Sealed
- Wide Bandwidth
- New Low Profile
- 360° Cable Orientation
- Machine Tool Measurements, Shaker Tables, Flight Test / Aerospace

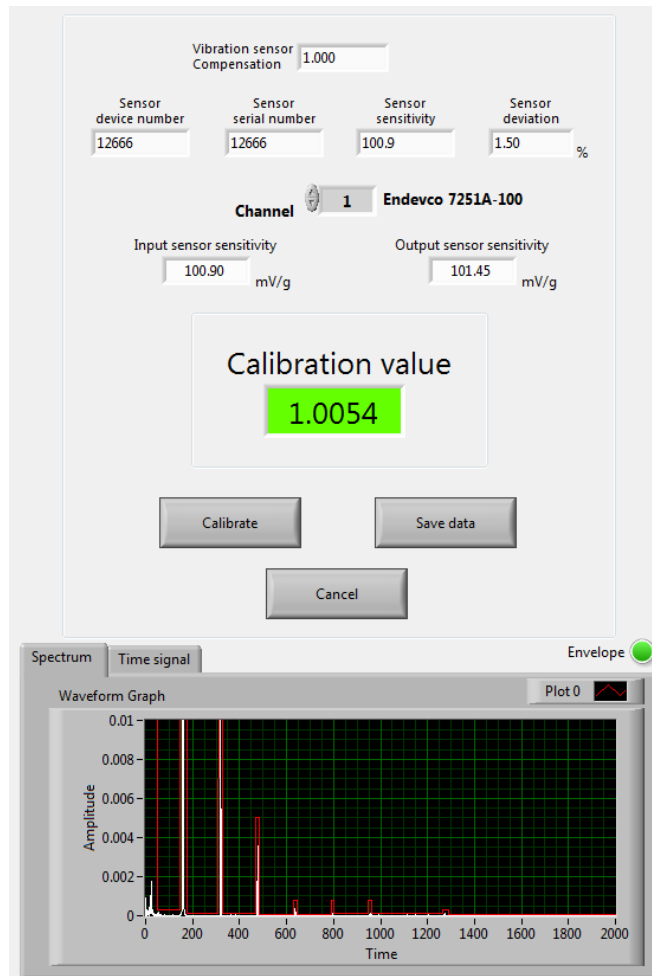


## MODEL 65

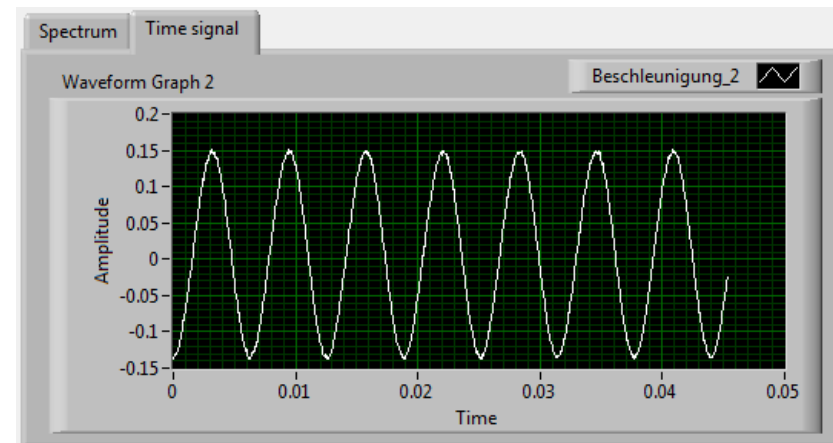
- Triaxial, Low-Impedance Output
- Small Size (10-mm cube, 5 gram)
- High Output (100 mV/g), High Resolution (Milli-g)
- Ideal for Structural Analysis
- Shock-Proof, Overload-Protected
- Single Connector, Flexible Cable



# Kalibrierung



- Kalibrierung
- Prüfmittelnummer
- Seriennummer
- Empfindlichkeit
- Genauigkeit
- Hüllkurvencheck



# Kalibrierzertifikat



|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| Calibration certificate | Bühler<br>Motor<br>Bühler |
|-------------------------|---------------------------|

|                   |                                                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|
| Measuring Device: | Noise Tester <b>line</b> (customer), Test tool number 22002 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|

## Calibrator

Acceleration calibrator Bruel&Kjaer Type 4294 (0.5%)  
Calibration traceable back to PTB device no. 18303

Power supply Delta SM18-50 Device no. 21766 / SN 10169049

| Measuring chain (DATA) | Device denotation      | Device no. | Serial no. | Sensitivity | Accuracy Sensor | Accuracy chain |
|------------------------|------------------------|------------|------------|-------------|-----------------|----------------|
| Channel 1              | <u>Endevco</u> 65-10-y | 21763      | 13067      | 10.09mV/g   | 0.7%            | 1.2%           |
| Channel 2              | <u>Endevco</u> 65-10-z | 21763      | 13067      | 10.02mV/g   | 0.2%            | 0.7%           |

## Signal acquisition card / Data acquisition mode

NI-PCI 4474 Referenced Single Ended

## Reference of Calibrator

Frequency 159.15 Hz  
Acceleration 10.000 m/s<sup>2</sup>  
Uncertainty 3%

## Analog signal features

Signal range max. +/- 10V  
Coupling AC/DC  
Amplification 1

| Measuring chain (calibration data) | Measurand        | Offset   | Reference           | Correction value | Deviation to reference |
|------------------------------------|------------------|----------|---------------------|------------------|------------------------|
| Channel 1                          | Acceleration [g] | -1.34E-2 | 10 m/s <sup>2</sup> | 0.9941           | -0.59%                 |
| Channel 2                          | Acceleration [g] | -1.27E-2 | 10 m/s <sup>2</sup> | 0.9950           | -0.50%                 |

## Calibration date

10.11.2016

## User

Name|

# Drehzahlkorrigierte Geräuschprüfung

- Prozess
  - Motorhochlauf
  - Drehzahlkorrektur
  - Mathematischer Abgleich

