

Empfehlung für die Festlegung von Kalibrierintervallen

Einleitung

Die Prüfmittelüberwachung muss wie in den QM-Normen gefordert für jedes Prüf- bzw. Messmittel ein Kalibrierintervall festgelegt werden.

Diese Beschreibung soll dem Anwender von DMS-Drehmomentmessgeräten eine Hilfestellung geben, was in vielen Fällen bei der Festlegung des Kalibrierintervalls berücksichtigt werden soll. Der Anwender des Drehmomentmessgerätes ist aber für die Festlegung des genauen Kalibrierintervalls selbst verantwortlich. In seltenen Fällen kann es durchaus sinnvoll sein von dem hier geschriebenen abzuweichen.

Ermittlung von Prüfintervallen bei Erstausgabe

Es handelt sich hierbei um Erfahrungswerte für das Prüfintervall, die für den ersten Benutzungszeitraum des Sensors, als Richtwerte zur Einhaltung der Genauigkeit bei den Messungen festlegt. Erst durch vorliegen von entsprechenden Messwerten aus Wiederholungskalibrierungen können z.B. Aussagen über die Stabilität und das Änderungsverhalten des Messmittels vorgenommen werden kann.

Festlegungskriterien

Die Festlegung der Kalibrierintervalle hängt in der Regel von folgenden Punkten ab:

- › Überlastungen des Sensors
Biegemoment, Querkräfte, Kräfte bei Montage und Demontage
(Nullpunkt im ausgebauten Zustand hat sich mehr als 0,5 % verändert).
- › Schwingungen
durch Drehschwingungen können starke Überlastungen auftreten, welche den Sensor schädigen. (Messsignal des Sensors mit Oszilloskop betrachten)
- › Drift des Sensors für Nullpunkt und Kennwert (Bei regelmäßiger Tarierung des Sensors kann die Nullpunktabweichung leicht übersehen werden.)
- › Umweltbedingungen
starke Temperaturschwankungen
Verschmutzung des Sensors
- › Handhabung
häufige Montage und Demontage des Sensor
- › Eingebautes Kalibriersignal
Messwert sollte im Bereich der Genauigkeitsangabe liegen

Generell ist eine Überprüfung nach folgenden Punkten des Sensors angezeigt:

- › Überlastung
- › Starke Nullpunktabweichung im ausgebauten Zustand

Festlegung von Kalibrierintervallen

Einsatzbereich	Erstintervall neuer Sensor	nach Kalibrierung	
		Befund i.O.	Befund niO
Laborbedingungen	1 Jahr	1 ½ Jahre	½ Jahr
normaler Einsatz	1 Jahr	1 ½ Jahre	½ Jahr
Harter Einsatz	½ Jahr	1 Jahr	¼ Jahr



Empfehlung für die Festlegung von Kalibrierintervallen

Recommendation for definition of calibration interval

Maßnahmen zur Verbesserung des Vertrauens in die Messung:

- › Gegenmessung mit einem weiteren Sensor
- › Plausibilitätskontrolle der Messwerte
- › Überwachung des Nullpunktes des unbelasteten Sensors

Bewertung der Kalibrierergebnisse

Für die Bewertung des Sensors sind folgende Punkte aus der Kalibrierung wichtig:

Nullpunkt des Sensors (untariert) max. Abweichung 1 %

Kennwert des Sensors (Genauigkeitsklasse nach Hersteller z.B. max. Abweichung 0,1%)

Hysterese ermittelt aus Aufwärts- und Abwärtsreihe (siehe Datenblattangabe z.B. 0,1%)

Ermittlung der Prüfintervalle für Wiederholungsprüfungen (Dynamisierung)

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit (Senkung der Kalibrierkosten) kann das Prüfintervall für die Wiederholungsprüfungen auf der Basis der Ergebnisse aus

Wiederholkalibrierungen dynamisiert werden.

Entsprechende Methoden sind im Anhang A der ISO 10012 Teil 1 dargestellt.

Beispiel:

Ergibt sich bei den Wiederholungsprüfungen, dass sich das Messmittels um weniger als **50%** der zulässigen Abnutzungsspanne geändert hat, so ist es akzeptabel, dass das nächste Kalibrierintervall um max. **50%** des Erstintervalls **erhöht** wird.

Beispiel:

Ist das Erstintervall auf 12 Monate festgelegt, so kann als Ergebnis der Kalibrierung bei Gutbefund das Kalibrierintervall auf 12 Monate + 50% von 12 Monaten = **18 Monate** erhöht werden.

Liegen die Werte auch bei der nächsten Kalibrierung noch innerhalb der 50% Marke so kann auf **24 Monate** (18 Mon. + 50% von 12 Mon.) erhöht werden.

Hinweis:

Bei Drehmomentsensoren sollte das Kalibrierintervall maximal 26 Monate (DIN 51309) betragen.

Wichtig:

Wird festgestellt, dass die zulässige Abnutzungsspanne erreicht bzw. überschritten wurde, so ist der Nutzungszeitraum bis zur nächsten Kalibrierung zu halbieren.

Das jeweilige Anfangsintervall und das aktuell gültige Prüfintervall ist für jedes Messmittel in der Messmittelkartei zu vermerken.

Normen für Kalibrierintervall:

ISO 9000; DIN 51309; DIN ISO 10012 Teil 1



Kalibrationsklassen von Kraftsensoren

Calibration Class Load Cells

WHAT DOES A LOAD CELL CALIBRATION CONSIST OF?

There is no specific standard for load cell calibration except ASTM E74, which is targeted toward the force testing machines. A number of large companies and organizations such as Boeing and the USAF also have standards for load cell calibration. Standards such as ISO 17025 and Z54 lay out guidelines for calibration but do not specifically address load cells. As a result each manufacturer has their own standard of load cell calibration. However a typical calibration will indicate sensitivity while more comprehensive calibration might indicate linearity, error, best fit straight line hysteresis. A more elaborate calibration might calibrate the load cell in tension and compression and might use more data points. All calibrations should be traceable to NIST standards.

WHAT LOAD CELL CALIBRATION STANDARD SHOULD I ADOPT?

Calibration costs time and money so it is important to adopt a standard that is comprehensive enough to cover the needs of the application but not so comprehensive that time and money is spent needlessly. The calibration should be comprehensive enough to ensure that the uncertainty is four times better than the system that is to be calibrated. If measuring the uncertainty is too cumbersome, too complex or insufficient time can be invested in the project then at least an appreciation of the uncertainty should be attempted.

For example:

If the test rig on which the load cell is being used can only consistently reproduce loads to an accuracy of 5lbs then a load cell calibration that ensures better than 1.25 lbs is likely to be sufficient.

WHAT ARE IMPORTANT PARAMETERS FOR A CALIBRATION CLASS LOAD CELL?

Any load cell can be a calibration class load cell provided

- It's uncertainty is known
- It is used to calibrate load cells whose uncertainty only needs to be 4 x more (the generally accepted ratio) than this calibration standard
- It is only used over part of its measurement range (say 20% to 100%) which is dictated by the uncertainty of the cell

For example

A 1000 lb load cell with an uncertainty of 0.5 lbs (which means that if it measures a load and it indicates 760 lbs it could actually be anywhere between 759.5 lbs to 760.5 lbs.) Is used as a reference standard to calibrate other load cells provided that these cells under test are not required to report loads with a greater uncertainty of +/- 2 lbs. In addition this reference cell would not be able to carry out calibrations with loads less than 200 lbs. This lower limit is determined by multiplying the uncertainty by 400 for class A load cells and 2000 for class AA load cells.

WHAT ARE THE CHARACTERISTICS OF A LOW UNCERTAINTY CAL. CLASS LOAD CELL?

A low uncertainty calibration class load cell has the following attributes:

- The cell has a high repeatability (or a low repeatability error)
 - The linearity curve is well known. (It does not have to be highly linear. It just has to be well known either as a polynomial curve or a look up table)
 - The cell should have a low hysteresis
 - The cell should have very low creep
 - The cell should have low drift
 - The cell should be calibrated with a low uncertainty i.e. with good calibration practices on good calibration equipment.
- g) The read out should be highly accurate and have a good uncertainty. The fixturing used should be carefully designed that ensures accurate calibration with high repeatability

WHY DOES A CALIBRATION CLASS LOAD CELL HAVE A BASE PLATE AND A CALIBRATION ADAPTER?

In order to get high repeatability (low repeatability error) and low creep from a calibration class load cell Then the following conditions need to be met:

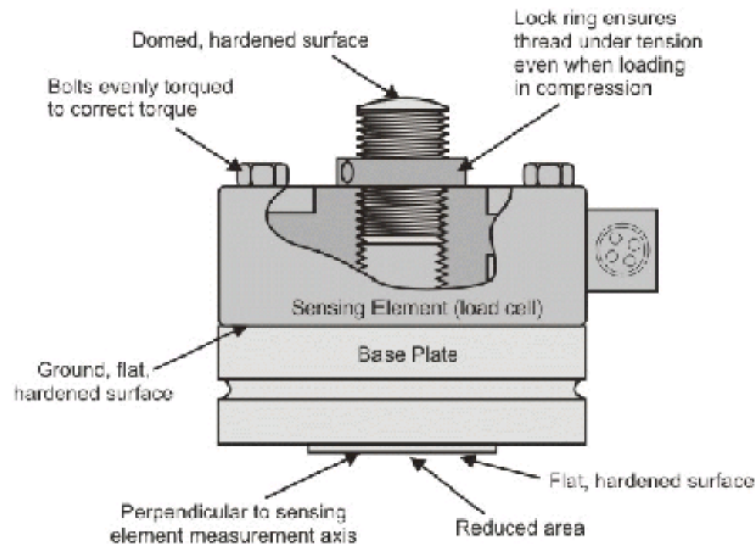


Kalibrationsklassen von Kraftsensoren

Calibration Class Load Cells

- The cell sensing element must be mounted on a flat surface
- The load cell sensing element must be rigidly fixed to the structure. Rigidly fixed usually means bolted down
- The load cell element should be torqued down evenly to avoid distortion
- Any threads used in the loading path should be pre-tensioned to avoid thread creep during the load cycle
- All compressive forces should be applied absolutely perpendicular to the sensing element and any side loading should be avoided.
- All tensile forces should be applied to the load cell absolutely perpendicular to the sensing element.

The calibration adapter and base plate help achieve all of these goals as shown in the diagram.



WHAT IS THE UNCERTAINTY OF A SENSOTEC LOAD CELL?

The uncertainty of a Sensotec load cell is determined by a number of factors

- The type of load cell
- The calibration procedure used in its calibration
- The range of the load cell
- The calibration test stand that was used to do the calibration
- If the low uncertainty option was specified at time of manufacture
- If the load cell includes pull plate and calibration adaptor.

An 10,000 lb imperial class calibration load cell with pull plate and calibration adaptor and SC2000 calibration class signal conditioning may have an uncertainty of 0.75 lbf or 0.0075%

A 100 lbf model 41 would have an uncertainty of 0.05 lbf or 0.05%

WHAT UNCERTAINTY SHOULD MY CALIBRATION REFERENCE LOAD CELL HAVE?

The simple answer is that a calibration reference load cell should have an uncertainty that is 4 times better than the load cell it is going to be used in calibrating. The more complete answer is however that it is not strictly the load cell that has the uncertainty but the results obtained by that load cell. In order to get results from a calibration reference load cell the load cell needs a display, it needs signal conditioning, it needs a calibration stand or means of loading and it needs a calibration procedure. If you look at the contributing uncertainties in the results obtained from a calibration load cell the largest contributors to error in descending order are likely to be:

- Fixturing
- Calibration rig or means of loading
- Reference load cell display and signal conditioning
- Reference calibration load cell calibration
- Reference Load cell creep
- Reference Load cell hysteresis
- Reference Load cell linearity



Kalibrationsklassen von Kraftsensoren

Calibration Class Load Cells

If a low uncertainty calibration result is desired then it makes sense to reduce individual contributors to the overall uncertainty budget. If the fixturing, calibration rig, display and signal conditioning are poor it would seem pointless to spend time and money employing a low (good) uncertainty load cell. If the fixturing, calibration rig, display and signal conditioning are good then it would be worthwhile spending time and money getting a low uncertainty calibration carried out on a low creep, low hysteresis, high linearity load cell.

DOES A LOAD CELL HAVE TO BE CALIBRATED WITH ITS DISPLAY?

Strictly speaking the answer is no. However when using the load cell the uncertainty of the signal conditioning cabling and the display unit need to be determined and added to that of the load cell. In addition the signal conditioning/display unit needs to be within its annual calibration. It is for these reasons that the signal conditioning/display unit is often included in the calibration of the load cells as it a) determines the uncertainty of the load cell and signal conditioning unit combined and b) ensures that the signal conditioning unit gets its annual or biannual calibration.

WHAT DOES THE ASTM E74 STANDARD SPECIFICALLY SAY ABOUT CALIBRATION CLASS LOAD CELLS?

- a. It outlines a procedure on how load cells should be calibrated and the terminology used
- b. Load cells should be tested by deadweight testing machines and hydraulic test machines and specifies the uncertainty of these weights and how local gravity needs to be determined.
- c. It defines how the linearity curve should be defined as a polynomial curve with a 2nd order fit but that up to 5th order can be used.
- d. It states that a calibration should be carried out at 10%, 20%, 30%, 40% 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% in ascending loading only. It also states that if increments in dead weights cannot be obtained to carry out these percentages that alternatives can be used but need to be specified in the calibration certificate
- e. A calibrated load cell cannot be used below 10% unless weights were applied below 10% and calibration results obtained.
- f. A load cell can never be used below 2000 times the uncertainty of the cell for a class AA load cell and 400x the uncertainty
- g. A load cell should never be used below 2% of its full scale output.
- h. It specifies good calibration practices to adopt like temperature control and application of the weights etc.
- i. It specifies that after the cell is taken through one 19 point calibration cycle that the cell should be rotated by 120 degrees and a 19 point calibration carried out again and then rotated again through 120 degrees for a third 19 point calibration carried out.
- j. The uncertainty of the cell is reported as 2.4 x the standard deviation of the results obtained during the calibration process.
- k. The uncertainty for a class A standard load cell should never exceed 0.25% and 0.05% for a class AA load cell
- l. The temperature error over the stated temperature range should not exceed 0.01 % for Class AA load cells and 0.05% for Class A load cells m. Load cells need to be re-calibrated 1 year after manufacture and then every 2 years provided the calibration has not changed by more than 0.1%. If the calibration has changed then the cells need to be recalibrated more frequently until a new time interval is established.
It specifies a format for the report or calibration certificate

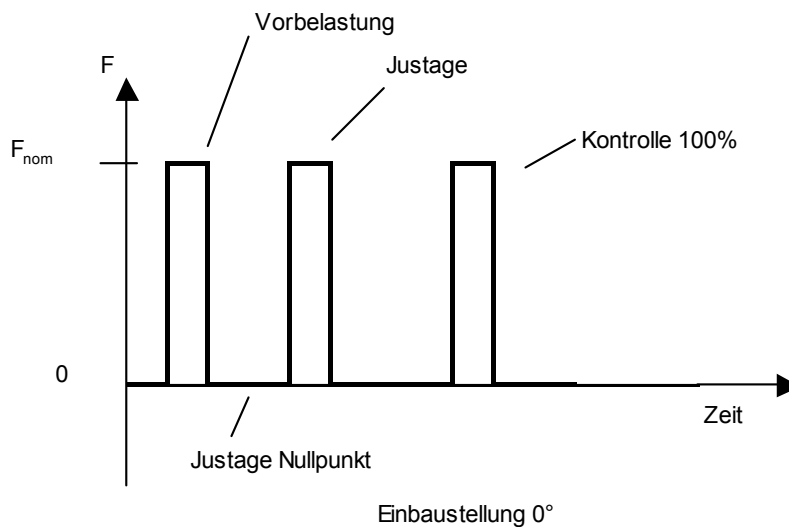
ASTM E74 does not specify the required accuracy of a load cell nor does it specify linearity or hysteresis



Rückführbarkeit für Lorenz- Produkte



Justiervorgang

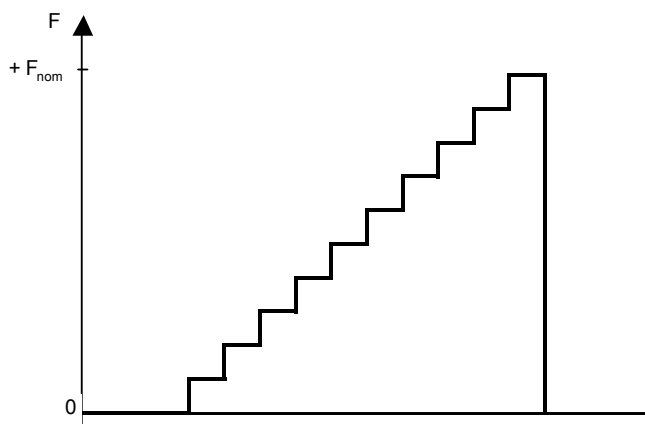


- Justage Nullpunkt und Nennkraft erfolgt iterativ
- Kontrolle von Stabilität des Sensors

Prüfen des Kraftsensors

Kennlinie ermitteln

Nennkraft	Anzahl der	eingebaute Elektronik -->
	Messpunkte	2 Messpunkte
< 2kN	2	
≥ 2kN	10	

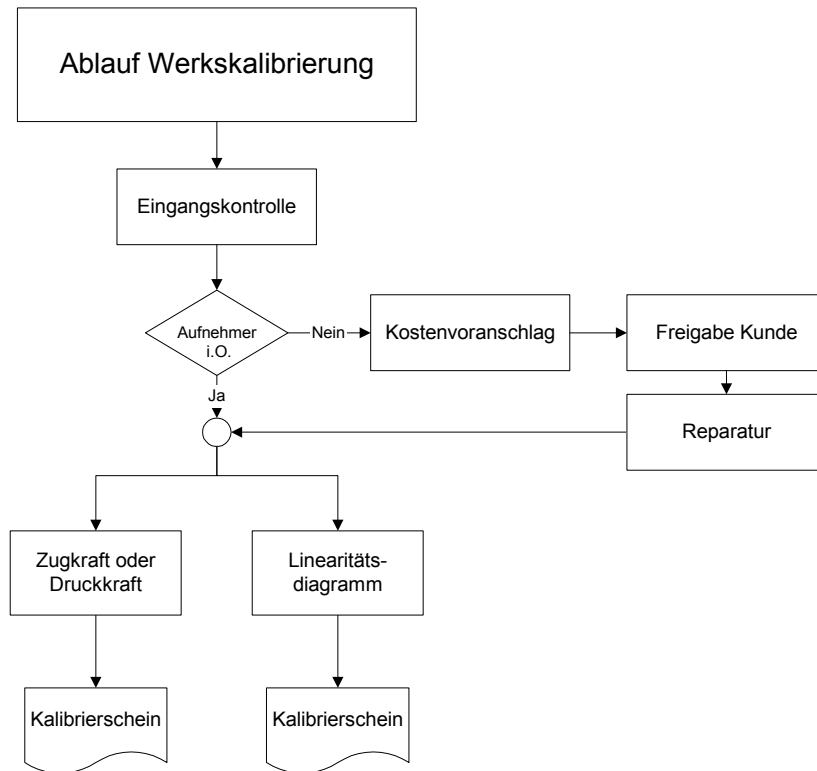


Beispiel für 10 Messpunkte

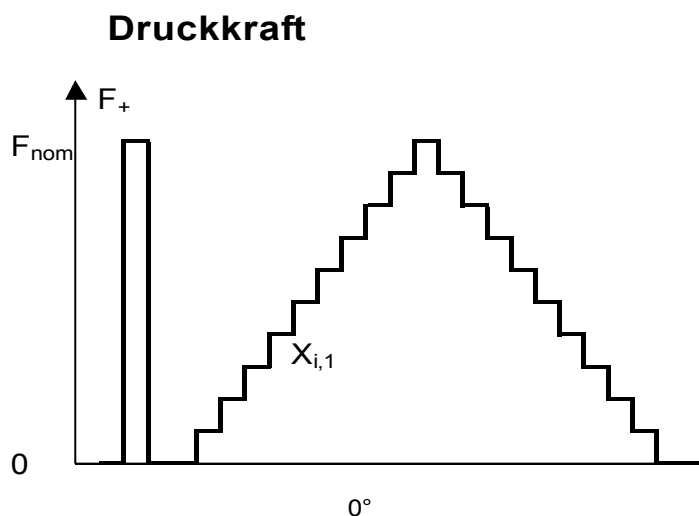
Angabe im Prüfprotokoll: Kennwert



Kalibrierung von Kraftsensoren



Linearitätsdiagramm mit 10%-Schritten Beispiel für Druckkraft



Übliche Stufungen:
10%- Schritte; 20%-Schritte; 25%-Schritte

Linearitätsdiagramm

Angaben
Sensortyp
Seriennummer
Messbereich
Kunde
Kalibrier Aufbau

Sensordaten

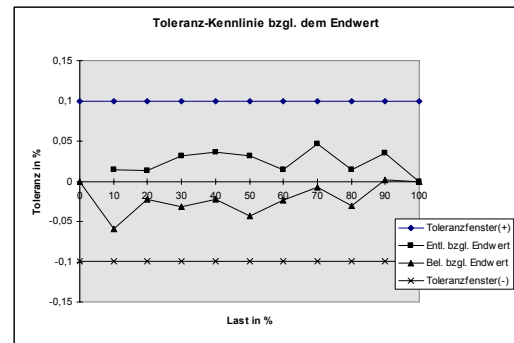
Serien-Nr: 48188
Sensor-Typ: K - 450
Meßbereich: 100 kN
Genauigkeitsklasse in %: 0,1
Empfindlichkeit in mV/V: 2,0380

Kunde: FröWag

Kalibrieraufbau

Kalibriereinrichtung: E 0069
Speisegerät: E 0180
Meßgerät: E 0657
Referenz: E0183 (R03)
Kalibriertemp.: 22 °C
Datum: 08.05.2002

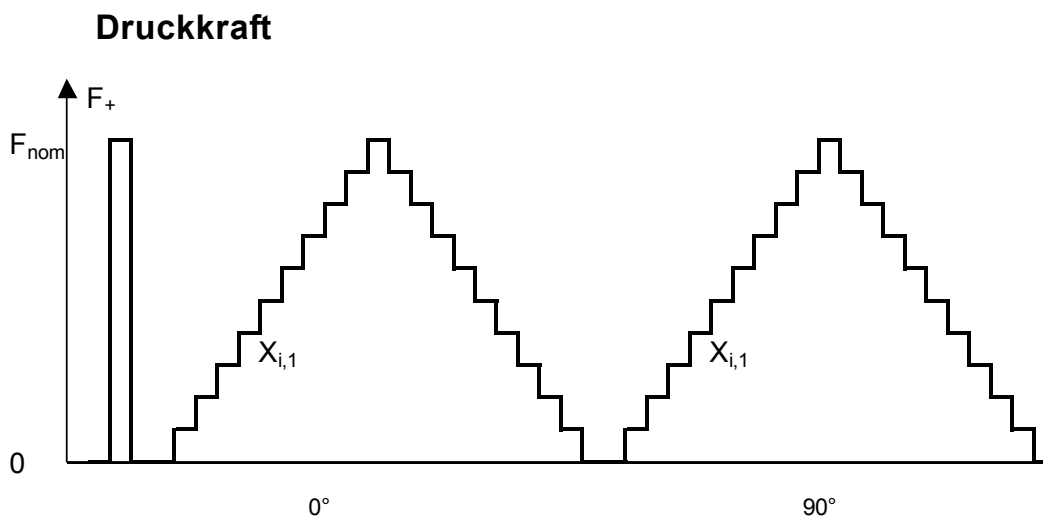
Last in %	MEßDATEN:	
	Belastung in mV/V	Entlastung in mV/V
0	0	0
10	0,20261	0,20411
20	0,40716	0,40789
30	0,61076	0,61207
40	0,81477	0,81597
50	1,01815	1,01968
60	1,22236	1,22311
70	1,42647	1,42759
80	1,62982	1,63074
90	1,83428	1,83497
100	2,03805	



Prüfer :

Die oben ausgewiesenen Maßwerte wurden auf einer Prüfmaschine ermittelt, deren jedes einzelne Maßstäbchen

Werkskalibrierung mit 10%-Schritten Beispiel für Druckkraft



Übliche Stufungen:
10%- Schritte; 20%-Schritte; 25%-Schritte



Werkskalibrierschein

Seite 1

- Gegenstand
- Hersteller
- Typ, Messbereich
- Fabrikat-/SerienNr
- Auftraggeber
- Auftragsnummer
- Seitenzahl
- Datum

Seite 2

- Messunsicherheit und Rückführbarkeitsnachweis für Referenznormale
- Beschreibung Kalibrierablauf
- Kalibrieraufbau

Seite 3

- Berechnungsformeln
- Kalibrierergebnis Genauigkeitsklasse

Seite 4

- Kalibrierergebnis Zugkraft
- Linearitätsdiagramm
- Messwerttabelle
- Linearitätsabweichung
- Hysterese

Seite 5

- Kalibrierergebnis Druckkraft
- Linearitätsdiagramm
- Messwerttabelle
- Linearitätsabweichung
- Hysterese

Berechnung der Messunsicherheiten

Die relative Messunsicherheit U einer Kalibrierung berechnet sich aus der erweiterten relativen Messunsicherheit des Drehmomentmessgerätes

$$U_{MG} = k \cdot u_{MG} \quad \text{mit } k = 2$$

Erweiterten relativen Messunsicherheit der Drehmoment- Kalibriereinrichtung U_{KE} nach der Beziehung

$$U = \sqrt{U_{MG}^2 + U_{KE}^2}$$

u_{MG} wird aus den Messunsicherheitsanteilen berechnet.

$$u_{MG}^2 = \frac{1}{12} f_0^2 + \frac{1}{12} b'^2 + \frac{1}{8} b^2 + \frac{1}{24} f_a^2 + \frac{1}{6} \left(\frac{r}{M_K} \right)^2 + \frac{1}{12} h^2$$



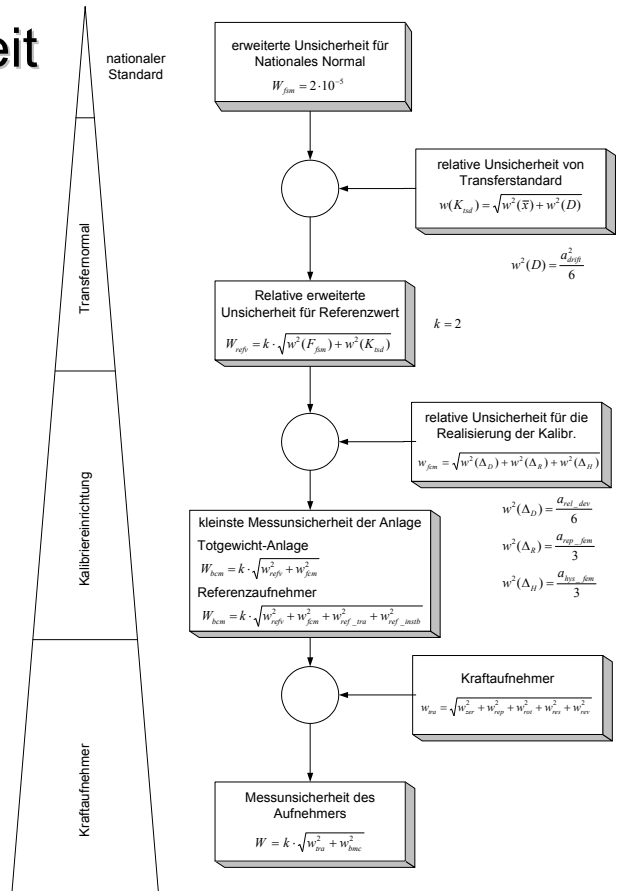
Bestimmung der Messunsicherheit von Kraftsensoren

Abweichungen des Kraftaufnehmers welche in die Unsicherheit eingehen

- Nullpunktabweichung
- Wiederholbarkeit ohne Rotation
- Wiederholbarkeit mit Rotation
- Interpolationsabweichung
- Auflösung
- Hysterese

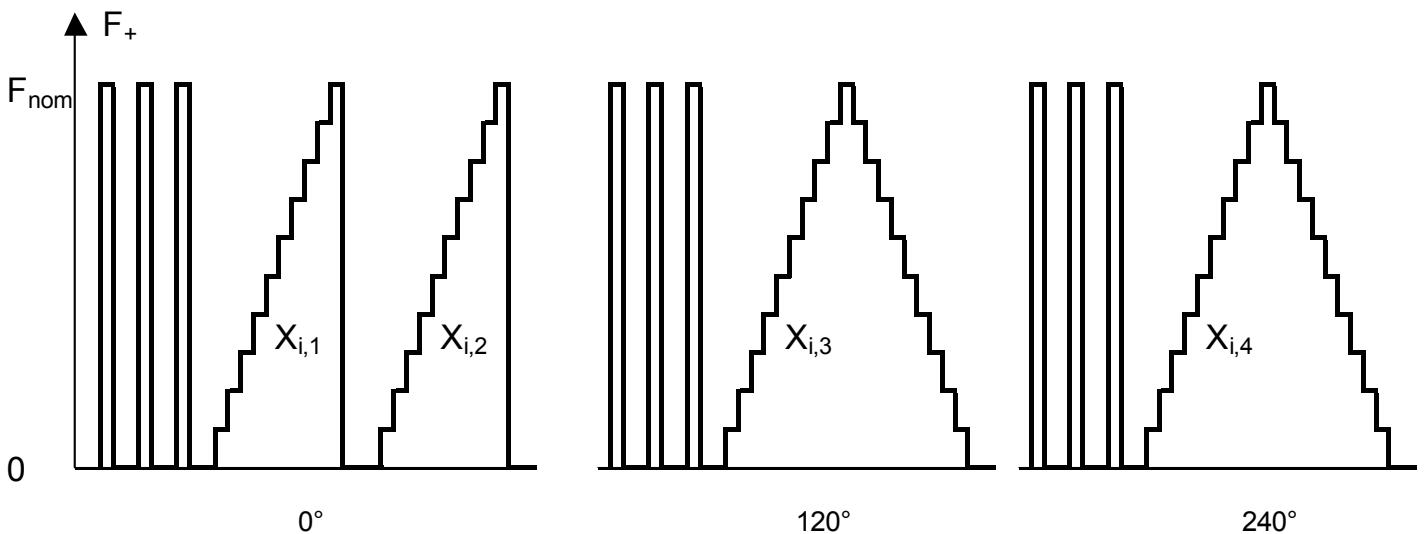
Siehe auch EAL-G22
European
co-operation for
Accreditation

170050a.ppt



Kraftkalibrierung nach DIN EN 10002-3

Druckkraft



Kalibrierergebnis

Für Kraft

- Gemittelte Messwerte
- Linearität
- Hysterese

Berechnung des Mittelwertes
für den i-te Drehmomentstufe

$$\bar{X}_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 X_{i,j}$$

Angabe der Messwerte im Kalibrierprotokoll

Berechnung des i-te Sollwertes

$$\bar{X}_{S_i} = \frac{M_i \cdot \bar{X}_{MN}}{M_N}$$

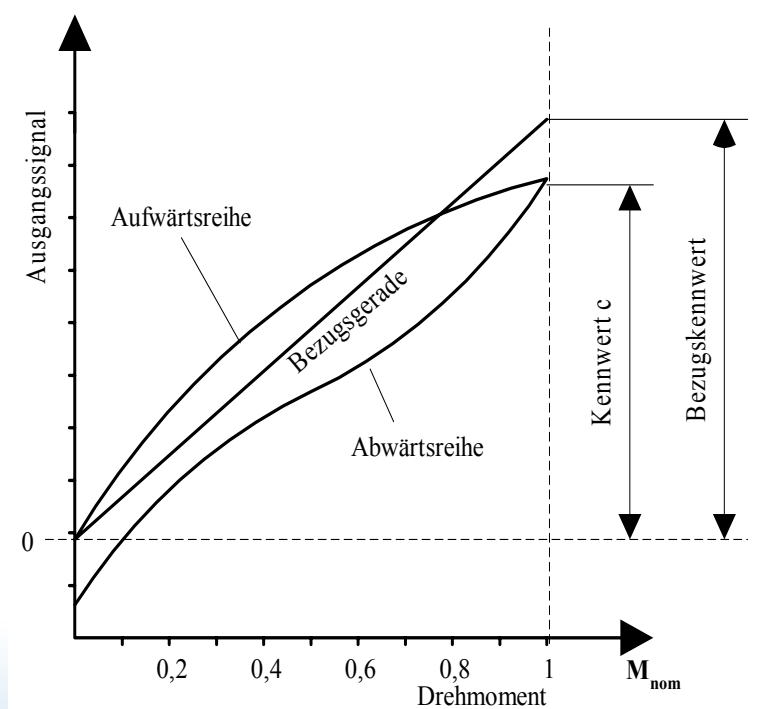
Berechnung der Linearität
für die i-te Drehmomentstufe

$$f_{lin,i} = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_{S_i}}{\bar{X}_{MN}} \cdot 100\%$$

Berechnung der Hysterese
für die i-te Drehmomentstufe

$$a_i = \frac{X'_i - \bar{X}_i}{\bar{X}_{MN}} \cdot 100\%$$

Bezugsgerade



Merkmale der Kraftmessgeräte (EN 10002-3)

Klasse	relative Fehlergrenzen des Kraftmessgerätes in %					Kalibrierkraft Mess- unsicherheit %
	Spannweite		Interplotsions- abweichung f_c	Nullpunkts- abweichung f_0	Umkehr- spanne u	
	b	b'				
00	0,05	0,025	$\pm 0,025$	$\pm 0,012$	0,07	$\pm 0,01$
0,5	0,10	0,05	$\pm 0,05$	$\pm 0,025$	0,15	$\pm 0,02$
1	0,20	0,10	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	0,30	$\pm 0,05$
2	0,40	0,20	$\pm 0,20$	$\pm 0,10$	0,50	$\pm 0,10$

