



Messungen im Kraftnebenschluss mit den piezoelektrischen Messringen CFW

Kraftmessringe müssen immer unter einer Vorspannung montiert werden. Dies gilt auch für die piezoelektrischen Kraftmessringe CFW. Nach der Montage liegen die Messringe im Kraftnebenschluss, d. h. ein Teil der Kraft fließt nicht mehr durch den Sensor, sondern durch die Vorspanneinrichtung, z. B. die Vorspannsätze CPS.

Je nach Konstruktion, die die Vorspannkraft erzeugt, ändert sich die Empfindlichkeit der Messkette. Bei Verwendung der HBM-Vorspannsätze CPS zum Beispiel verringert sich die Empfindlichkeit der piezoelektrischen Messringe CFW um 7 – 12 %. Um die Empfindlichkeit zuverlässig zu ermitteln, müssen die Messringe nach erfolgter Montage eingemessen werden.

Einmessen unter Verwendung von kalibrierten Kraftaufnehmern

Ein Weg, die Sensoren einzumessen, ist die Nutzung von kalibrierten Kraftaufnehmern. Hierzu wird neben dem Kraftaufnehmer ein Verstärker benötigt. Besonders gut geeignet sind Referenzkraftaufnehmer auf Basis von Dehnungsmessstreifen (Serie C18, Z30a).

Auch Kraftaufnehmer für den industriellen Einsatz, wie z. B. S9M von HBM, können verwendet werden. Wenn kein entsprechender Verstärker für Sensoren auf Basis von Dehnungsmessstreifen zur Verfügung steht, können auch die Sensoren der Serie CFT verwendet werden. Die Serie CFT umfasst Aufnehmer auf piezoelektrischer Basis, die kalibriert, d. h. mit bekannter Empfindlichkeit ausgeliefert werden.

Bei der Auswahl des Referenzaufnehmers ist zu beachten, dass die später erreichbare Genauigkeit nicht besser sein kann als die Präzision des Einmessvorgangs, die von der Genauigkeit der Referenzmesskette bestimmt wird.

Einmessen der Messkette in drei Schritten

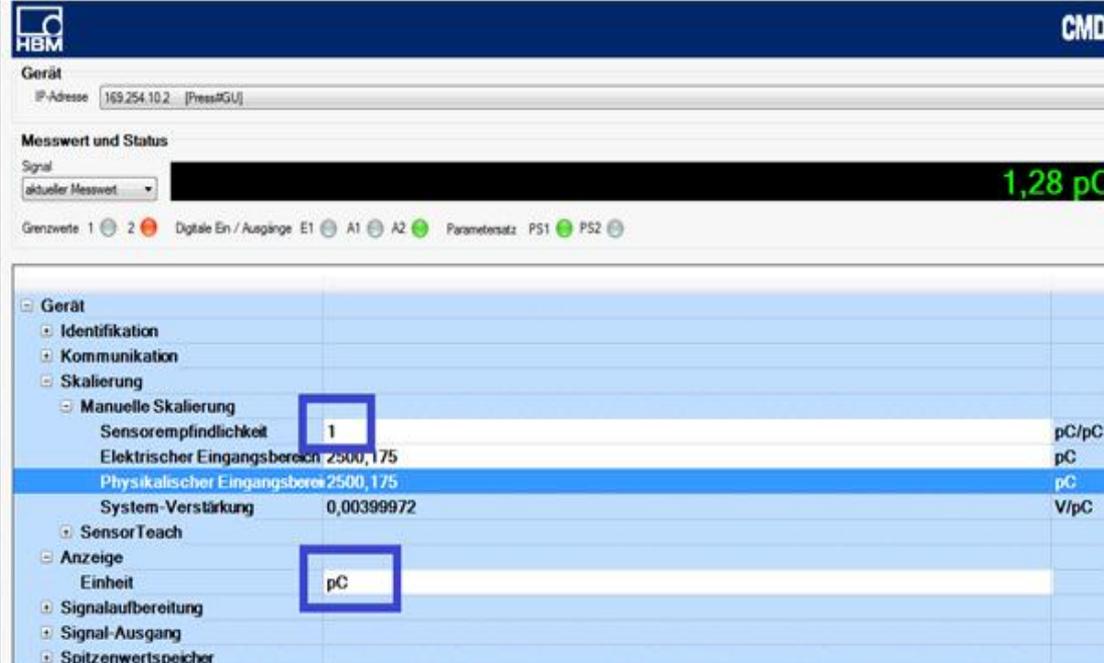
Wie oben bereits erwähnt, muss das Einmessen einer Messkette, die piezoelektrische Kraftmessringe (CFW) als Sensoren beinhalten soll, immer dann erfolgen, wenn der Sensor montiert ist. Das bedeutet, dass nach dem Einmessvorgang an der mechanischen Einbausituation nichts mehr geändert werden sollte. Dies gilt insbesondere für die Vorspannung.

Drei Schritte sind zum Einmessen einer Messkette erforderlich:

- **Ermitteln der Empfindlichkeit des Sensors nach der Montage:** Hierzu wird die Kraft in N, eine Masse in kg, o. ä. gleichzeitig mit der Ladung, die von den piezoelektrischen Messringen bei dieser Kraft erzeugt wird, gemessen. Die Empfindlichkeit kann nun einfach errechnet werden, indem die Ladung durch die Kraft geteilt wird (Empfindlichkeit = Ladung/Kraft).
- **Einstellen des Ladungsverstärkers:** Der digitale Ladungsverstärker CMD600 ist hinsichtlich Messbereich und Verstärkung frei einstellbar. Die oben errechnete Empfindlichkeit ist in den Assistenten einzugeben. Der Messbereich sollte sinnvoll eingestellt werden, um eine optimale Auflösung zu garantieren.
- **Verifikation der eingestellten Parameter:** Zum Abschluss empfiehlt es sich, die Messkette nochmals mit der Referenzmesskette zu vergleichen.

Im weiteren Artikel gehen wir davon aus, dass Ihr Sensor montiert ist, und Sie eine geeignete Vorspannung erzeugt haben. Sie können die Vorspannung direkt mit dem Messring messen. Hierzu liegt ein Prüfprotokoll bei. Stellen Sie die Empfindlichkeit am CMD600 entsprechend ein und erhöhen Sie die Vorspannung bis zum gewünschten Wert. Minimum: 10 % der Nennkraft des Messrings.

Wenn Sie den Ladungsverstärker CMD600 einsetzen, verbinden Sie diesen mit einem PC und verwenden Sie den CMD-Assistenten zur Einrichtung. Beachten Sie hierzu die Bedienungsanleitung des CMD600. Schalten Sie die Sensorempfindlichkeit auf 1, die Einheit auf pC. In dieser Einstellung misst der Verstärker die Ladung in pC.

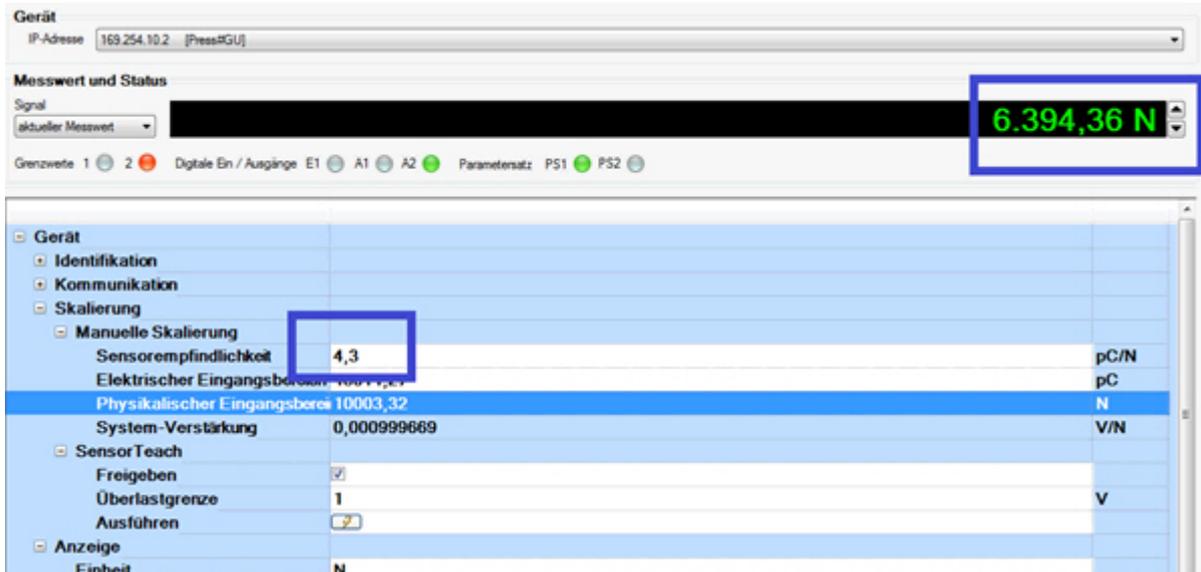



The screenshot shows the HBM CMD600 software interface. At the top, the device name 'CMD' is visible. Below it, the IP address is 169.254.10.2. The 'Messwert und Status' section shows a signal value of 1,28 pC. The 'Manuelle Skalierung' section is expanded, showing the following settings:

Parameter	Value	Unit
Sensorempfindlichkeit	1	pC/pC
Elektrischer Eingangsbereich	2500,175	pC
Physikalischer Eingangsbereich	2500,175	pC
System-Verstärkung	0,00399972	V/pC

The 'Einheit' (Unit) is set to pC. The 'aktuelle Messwert' (current measurement value) is 1,28 pC.

Konfigurieren Sie den CMD wie oben dargestellt: Die Empfindlichkeit ist 1 und Sie messen das Sensorsignal in pC. So können Sie den Einmessvorgang beginnen.

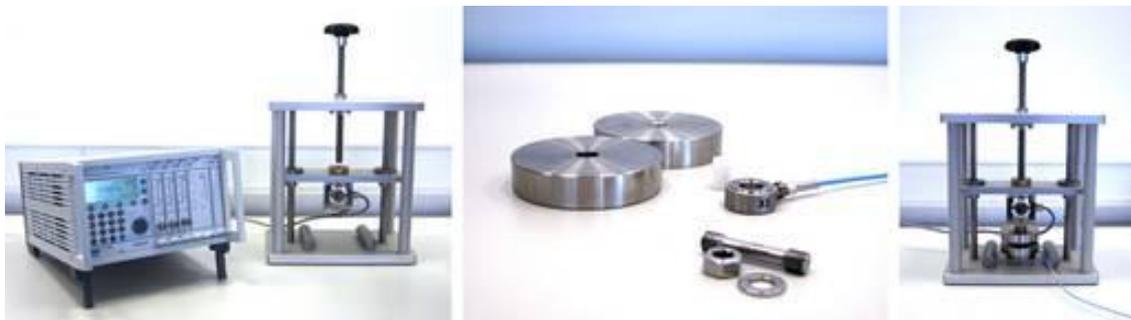


The screenshot shows the HBM software interface. At the top, the device name is 'Gerät' and the IP address is '169.254.10.2 [Press#GU]'. The 'Messwert und Status' section displays a signal value of '6.394,36 N' in a green box. Below this, the 'Skalierung' (Scaling) section is expanded, showing 'Manuelle Skalierung' (Manual Scaling) with a sensitivity of '4,3' pC/N, which is highlighted in a blue box. Other parameters include 'Elektrischer Eingangsbereich' (Electrical Input Range) at 10000, 'Physikalischer Eingangsbereich' (Physical Input Range) at 10003,32, and 'System-Verstärkung' (System Gain) at 0,000999669. The 'Sensor Teach' section includes 'Freigeben' (Release) checked, 'Überlastgrenze' (Overload Limit) at 1, and 'Ausführen' (Execute) checked. The 'Anzeige' (Display) section shows 'Finheit' (Resolution) at N.

Die Empfindlichkeit des CMD wurde nach Prüfprotokoll eingestellt (4,3 pC/N). Es handelt sich um einen CFW/50 kN. Die minimale Vorspannung beträgt 10 % = 5000 N. Hier wurde eine Vorspannung von etwas mehr als 6000 N verwendet.

Schritt 1: Ermitteln der Empfindlichkeit des Sensors

Schließen Sie den Sensor an den Ladungsverstärker an. Achten Sie darauf, dass die gesamte Messkette die Umgebungstemperatur angenommen hat. Führen Sie den Einmessvorgang erst durch, wenn der Ladungsverstärker zwei Stunden in Betrieb war, um Einlaufvorgänge auszuschließen. Positionieren Sie den Referenzkraftaufnehmer so, dass die gesamte Kraft durch ihn hindurch geleitet wird (Vermeidung von Kraftnebenschlüssen).



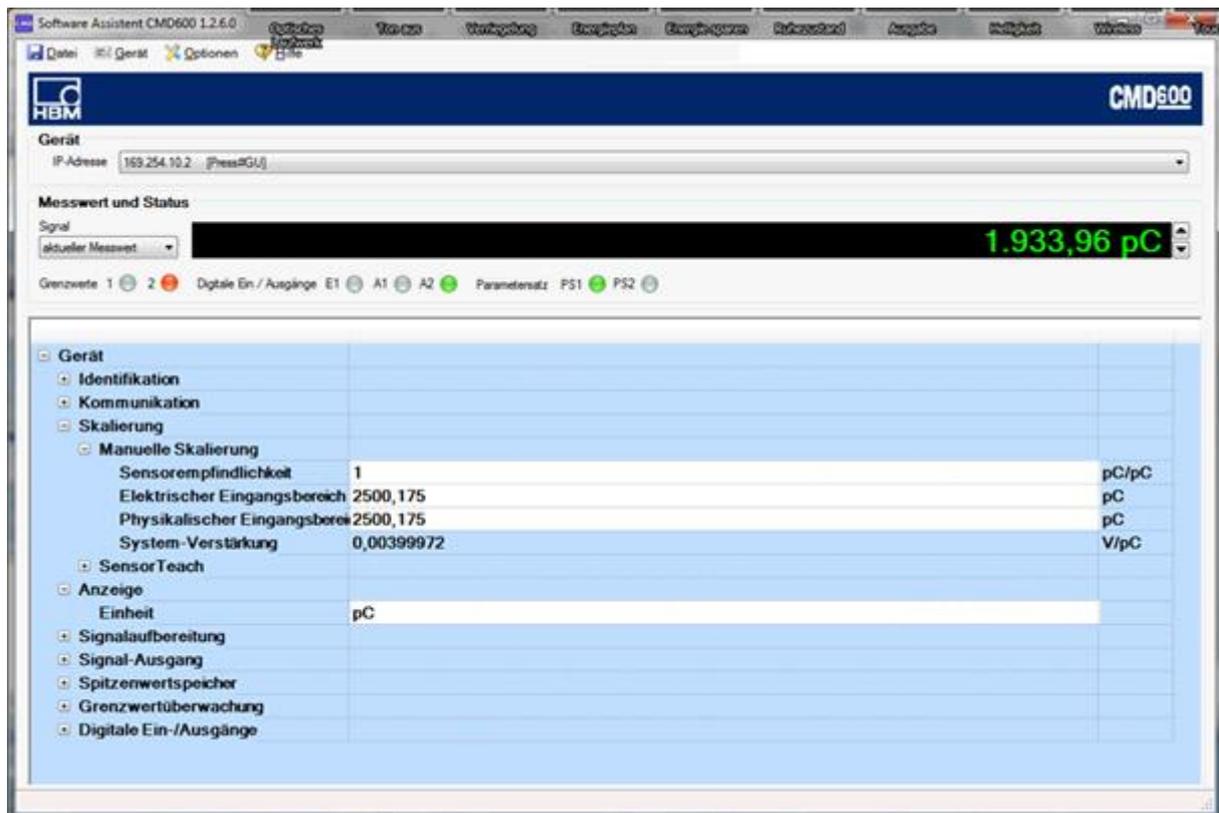
Ein Beispiel für das Einmessen eines Messringes. Der Kraftaufnehmer auf DMS-Basis liegt in Reihe mit dem vorgespannten CFW. Ein MGCplus dient dazu, das Signal des als Kraftsensor verwendeten S9M zu verstärken. Bei höchsten Anforderungen an die Präzision, ist der Einsatz von Referenzkraftaufnehmern zu empfehlen.

Der Messring CFW ist vorgespannt und wird gleichzeitig mit dem Kraftaufnehmer S9M belastet. Dies ist nur ein Beispiel. In der Praxis gibt es vielfältige Möglichkeiten zur Kalibrierung, z. B. mit Gewichten oder indem man die Kraft durch die Maschine erzeugt, die mit dem CFW überwacht werden soll (Pressen, Schweißmaschinen, usw.)

Wichtig ist auch die Einstellung des Messbereiches. Hierzu multiplizieren Sie die Kraft, mittels derer Sie die Messkette einmessen möchten, mit 4 pC/N. Dies ist eine übliche Empfindlichkeit für piezoelektrische Sensoren, die im Kraftnebenschluss montiert sind. Addieren Sie zu dem Ergebnis rund 20 % und geben Sie diese Ladung als physikalischen Messbereich in den CMD-Assistenten ein. In unserem Beispiel oben wird mit etwa 500 N eingemessen, entsprechend erwarten wir bei einer Empfindlichkeit von 4 pC/N ein Signal von etwa 2000 pC ($4\text{pC/N} \cdot 500\text{ N} = 2000\text{ pC}$). Wir stellen den Messbereich auf 2500 pC ein.

Die Kraft, die Sie zum Einmessen verwenden, sollte nicht kleiner als 30 % der maximal mit dem CFW zu messenden Kraft sein, um eine geeignete Genauigkeit zu gewähren. Eine Überlastung der Sensoren ist unbedingt zu vermeiden. Führen Sie unmittelbar vor Beginn der Referenzmessung ein Reset an der piezoelektrischen Messkette durch und tarieren Sie die Referenzmesskette.

Belasten Sie die Messeinrichtung und messen Sie die Kraft mithilfe der Referenzmesskette. Gleichzeitig wird Ihnen am Bildschirm des PCs, auf dem der CMD-Assistent läuft, die Ladung in pC angezeigt.



Die **Berechnung der Sensorempfindlichkeit** erfolgt nun durch:

$$\text{Sensorempfindlichkeit}[\text{pC} / \text{N}] = \frac{\text{Ladung}[\text{pC}]}{\text{Kraft}[\text{N}]}$$

Natürlich können Sie auch andere Messgrößen als Kraft (Masse, Drehmoment, ...) sinngemäß einmessen.

In unserem Beispiel ergibt sich:

$$\text{Sensorempfindlichkeit}[\text{pC} / \text{N}] = \frac{1934[\text{pC}]}{508,8[\text{N}]} = 3,801 \text{ pC} / \text{N}$$

Verwenden Sie einen Verstärker der Serie CMA, so ist es der einfachste Weg, die gesamte Messkette einzumessen. Messen Sie hierzu direkt die Ausgangsspannung des Ladungsverstärkers. Sinngemäß entsteht somit eine Messkettenempfindlichkeit:

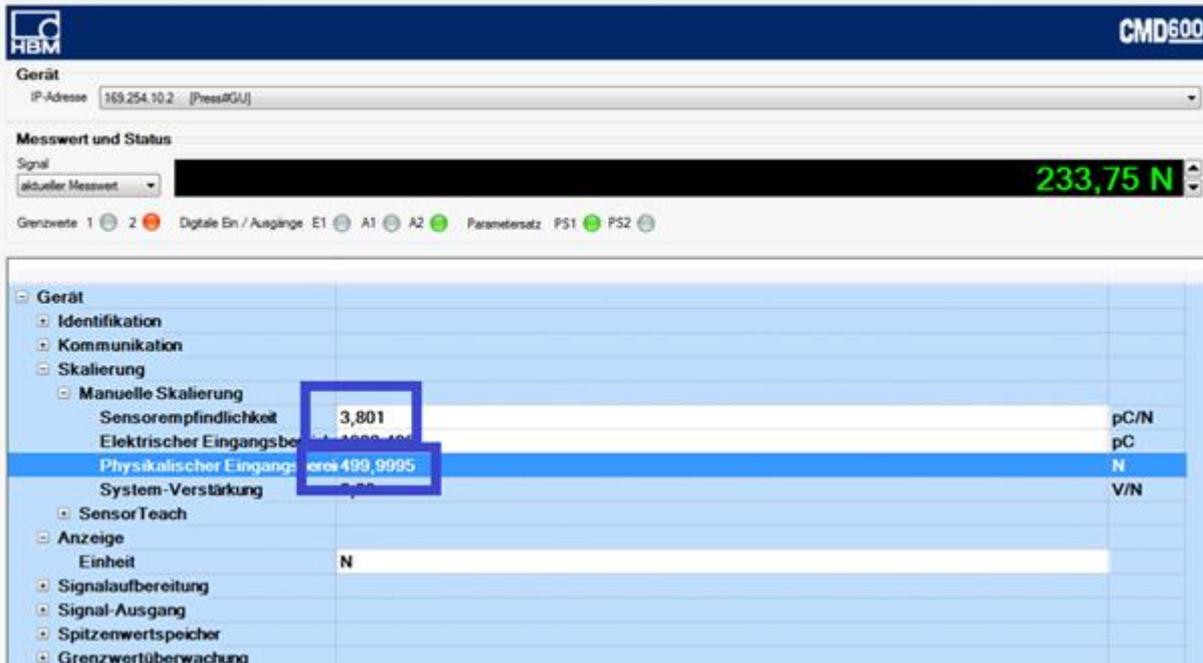
$$\text{Messkettenempfindlichkeit}[V/N] = \frac{\text{Ausgangsspannung}[V]}{\text{Kraft}[N]}$$

Schritt 2: Einstellen des Verstärkers

Im CMD-Assistenten können Sie nun die Empfindlichkeit eintragen. Hierzu steht Ihnen das Feld „Sensorempfindlichkeit“ zur Verfügung.

Nun können Sie noch den „physikalischen Eingangsbereich“ definieren. Dies ist der Messbereich. Tragen Sie hier die größte Kraft ein, die Sie messen möchten. Sollte später ein größerer Kraftwert anliegen, so kann der CMD dies am Spannungsausgang nicht mehr ausgeben.

Arbeiten Sie mit einem analogen Ladungsverstärker der Serie CMA, so müssen Sie die Skalierung an der nachfolgenden Elektronik vornehmen.

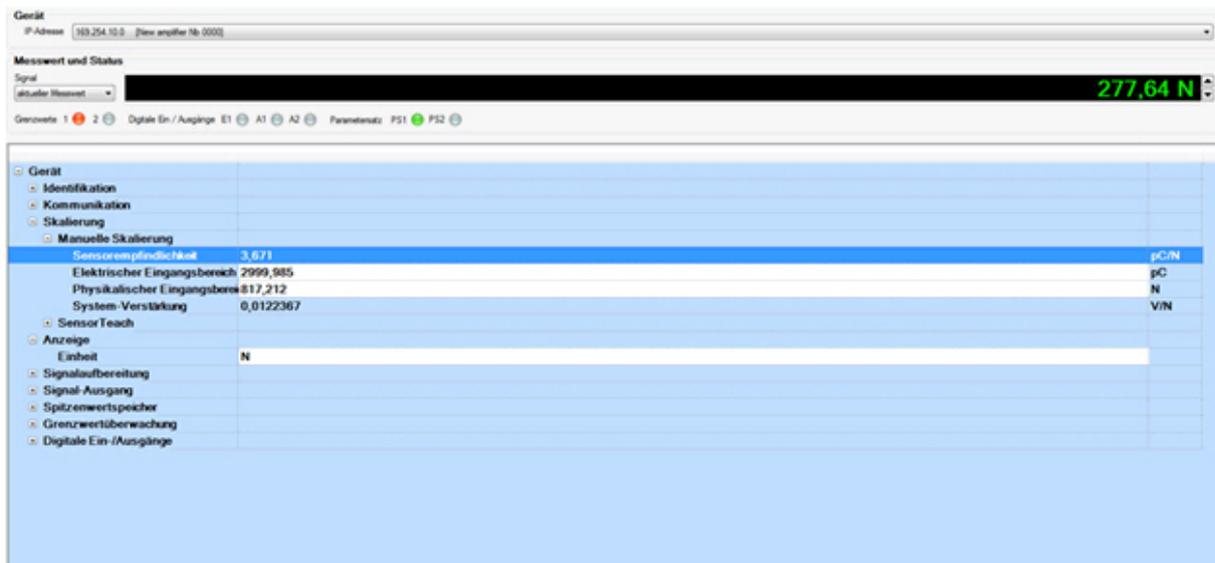


Gerät	IP-Adresse	Messwert und Status
Gerät	169.254.10.2 [Press#GU]	Signal: aktueller Messwert: 233,75 N
Gerät		Grenzwerte 1 2 Digitale Ein / Ausgänge E1 A1 A2 Parametersatz P51 P52
Gerät		<ul style="list-style-type: none"> Identifikation Kommunikation Skalierung <ul style="list-style-type: none"> Manuelle Skalierung <ul style="list-style-type: none"> Sensorempfindlichkeit: 3,801 pC/N Elektrischer Eingangsbereich: 1000,00 pC Physikalischer Eingangsbereich: 499,9995 N System-Verstärkung: 10,00 V/N SensorTeach Anzeige <ul style="list-style-type: none"> Einheit: N Signalaufbereitung Signal-Ausgang Spitzenwertspeicher Grenzwertüberwachung

Einstellen des CMA. Die Sensorempfindlichkeit wurde entsprechend der Berechnung oben mit 3,801 pC/N und der Messbereich gemäß der Anwendung mit 500 N definiert. Der CMD skaliert sich entsprechend. Am Ausgang liegen bei 500 N 10 V an.

Schritt 3: Verifikation

Es ist empfehlenswert, nochmals den Vergleich mit der Referenzmesskette durchzuführen, wenn Sie alle Einstellungen vorgenommen haben. Belasten Sie die Messeinrichtung erneut und vergleichen Sie die beiden Messketten.



Referenzmessung. Der Unterschied zwischen den beiden Messketten ist auch Teillastbereich gering- Ergebnis hervorragender Linearität der piezoelektrischen und der DMS-basierten Messkette.





Thomas Kleckers

Product and Application Manager
Force Transducers

HBM Test and Measurement

E-Mail: thomas.kleckers@hbm.com

HBM Test and Measurement

www.hbm.com
E-Mail: info@hbm.com

Tel. 06151 803-0
Fax 06151 803-9100

measure and predict with confidence

