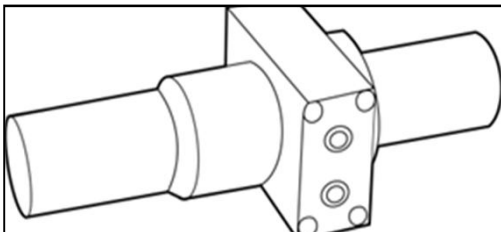


Vortrag im Vortragsforum zur

28. testXpo - Internationale Fachmesse für Prüftechnik

Eigenschaften einer für nationale und internationale Vergleichsmessungen optimierten Referenzmesskette

Erläuterungen am Beispiel einer Präzisionsmesskette aus Drehmoment-TransfERNormal TN und Hochpräzisionsverstärker DMP41 mit verbesserter Benutzerfreundlichkeit für Ringvergleiche metrologischer Labors



Dr. - Ing. André Schäfer
HBM - Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH,
Im Tiefen See 45, 64293 Darmstadt, Germany
E-Mail: andre.schaefer@hbm.com

- Messtechnik für mechanische Größen auf Basis von Dehnungsmessstreifen = Möglichkeit beim Aufbau von Präzisionsmessketten **kleinste Messunsicherheiten** zu realisieren.
- Dehnungsmessstreifen (DMS) -Technologie prädestiniert für den **Aufbau einer metrologischen Infrastruktur**, also die korrekte Rückführung einer metrologischen Größe auf das nationale Normal.
- Daher: Rückführbarkeit auf Basis von DMS dominiert Anwendungen in **Kraft-**, in **Drehmoment-** als auch in **Hochdruck-**Labors.
- **Präzisionsmessgerät, auf Basis eines Präzisions-Brückenverstärkers**, wird benötigt, sollte noch einmal vielfach genauer sein, damit eine hohe Gesamtgenauigkeit der Messkette erreicht wird.

Weltmarktführer im Bereich hoch präziser Drehmomentmessflansche. Drehmoment-Messkette mit integrierten Elektroniken und Software aus einer Hand.

Genauigkeitsklassen bis 0,02.

Drehmoment

T12 HP



- Standardprodukte für bis zu 300 kN·m.
- Kundenspezifische Aufnehmer für bis zu einige MN·m

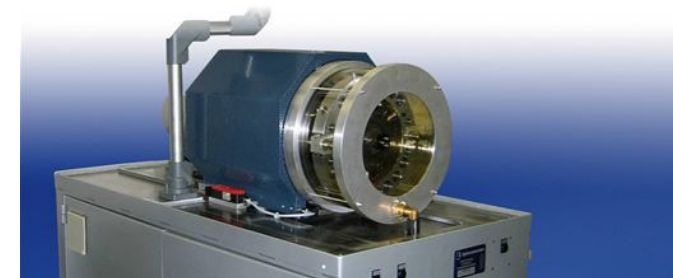
Anbieter **kompletter** Lösungen für die Drehmomentmessung aus einer Hand



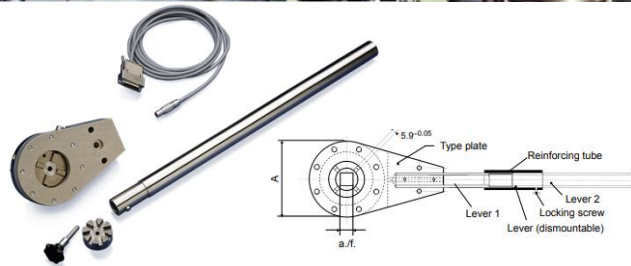
... in Leistungsprüfständen



... in der Fertigungsüberwachung



.. in Bauteilprüfständen



Quelle: PTB, Braunschweig, Abt. 1



1977 war HBM das **erste** unter dem Deutschen Kalibrierdienst (DKD) akkreditierte **Kalibrierlabor** für Kraft in Deutschland.

Bis 1992 /1993 erfüllte die **20-kN·m-Totgewichtsanlage für Drehmoment** die Funktion eines Nationalen Standards in Deutschland.

2005 führte HBM den **TTS Drehmoment-Referenzschlüssel** als Standardprodukt ein, verfügbar für 100·Nm, 200 N·m, 500 N·m, 1 kN·m & 3 kN·m

Seit 2010 verzeichnen wir eine ständig wachsende Nachfrage nach **Rückführbarkeit höherer Drehmomentwerte** bis in den MN·m-Bereich: HBM-Beteiligung an zahlreichen EU-Metrologieprojekten (EURAMET)

400 kN·m



Messunsicherheit 0,1 %

60 kN·m



Messunsicherheit 0,2 %

25 kN·m



Messunsicherheit 0,008 %

20 kN·m



Messunsicherheit 0,02 %

1 kN·m



Messunsicherheit 0,01 %

200 N·m

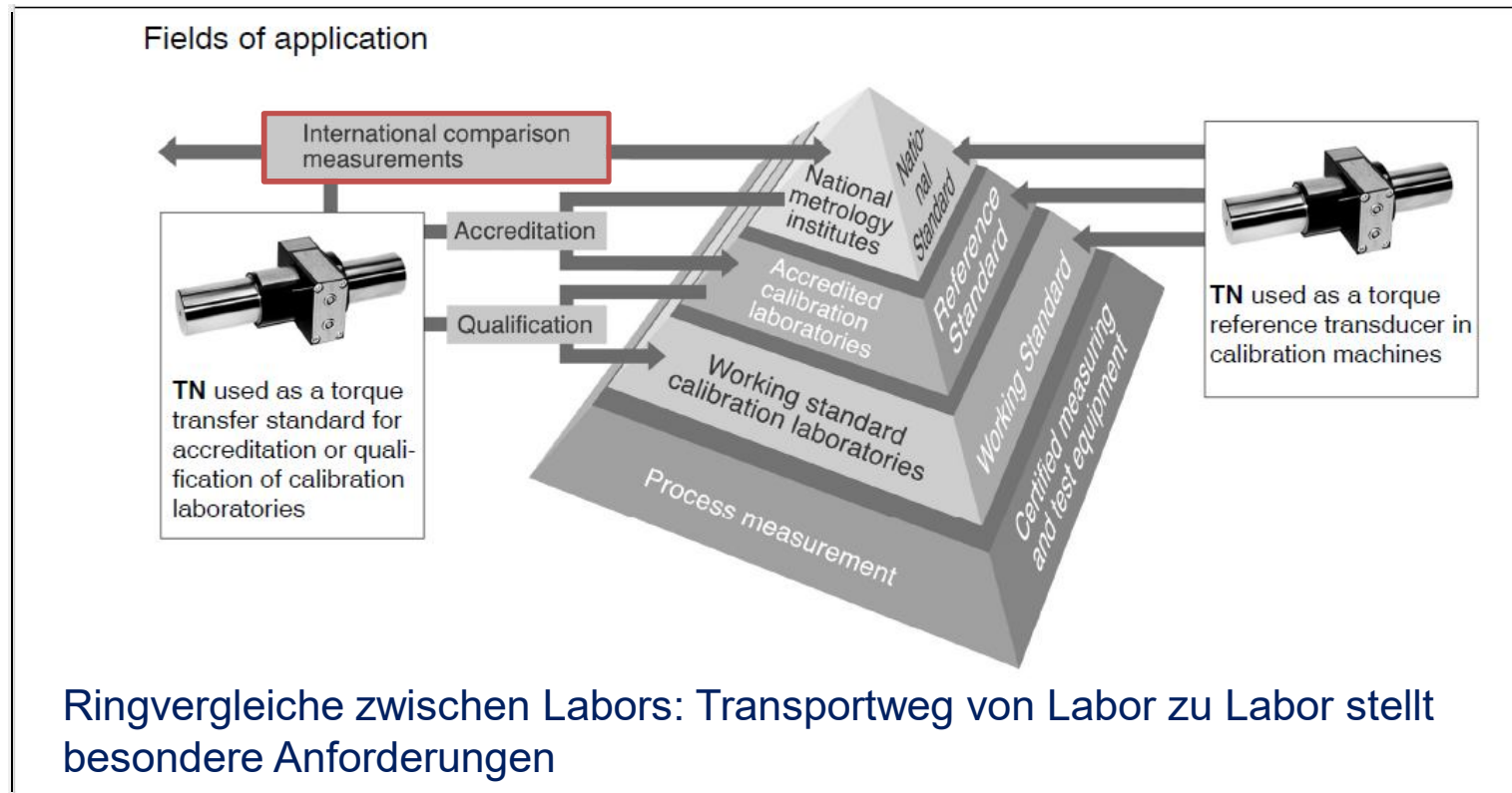


Messunsicherheit 0,4 %

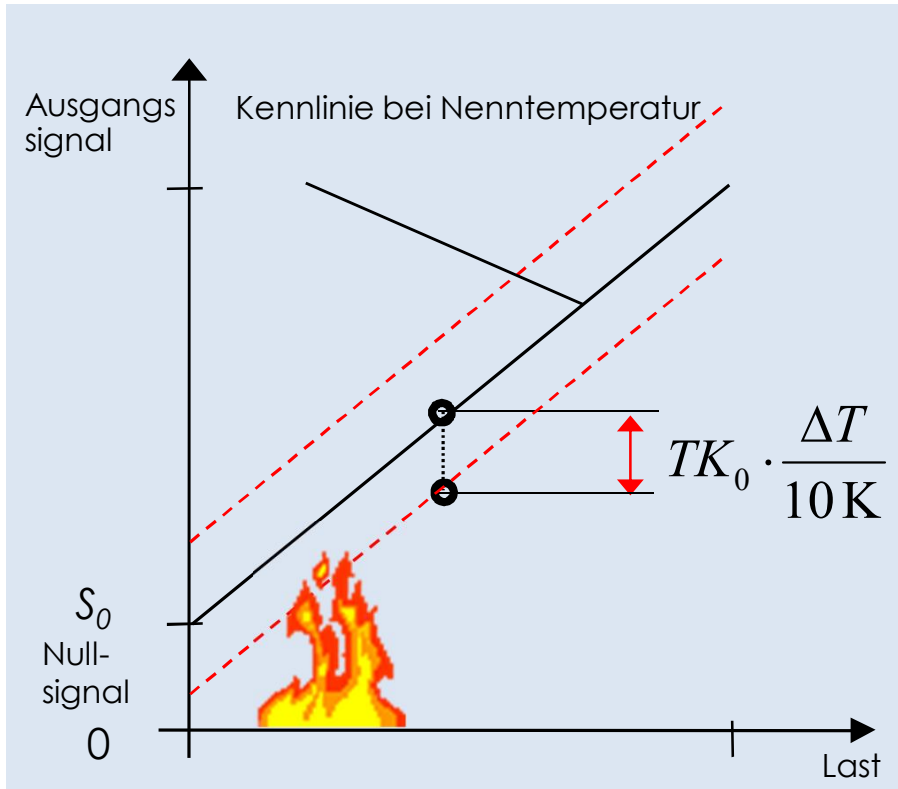
Anwendungsfelder für Drehmoment-Referenzaufnehmer

Vielseitiger Einsatz in Kalibrieranlagen möglich

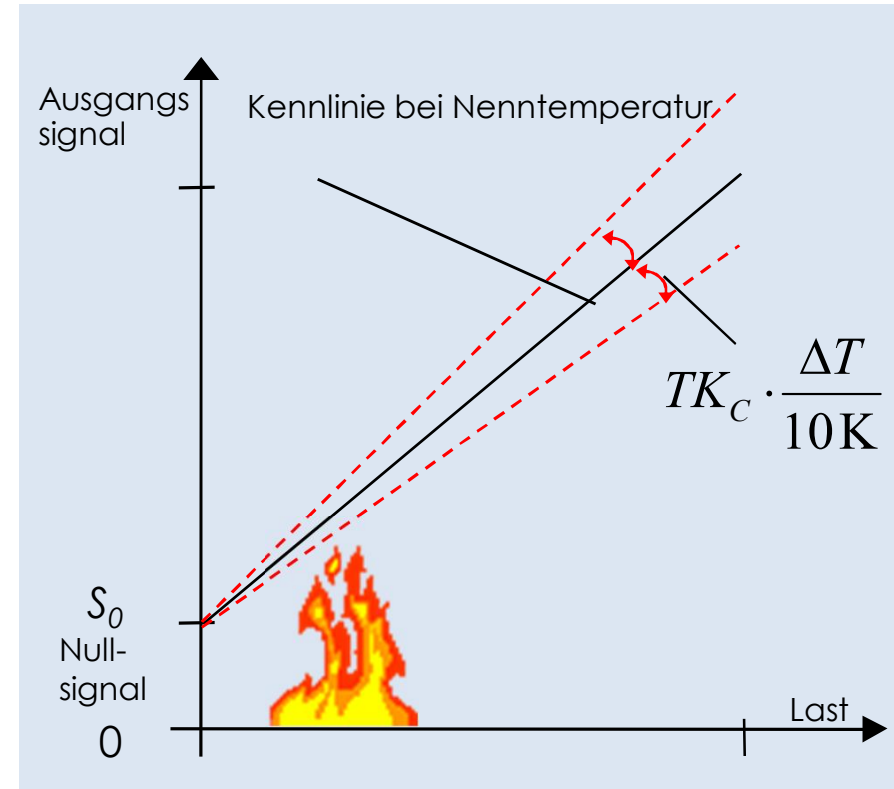
- Unterschiedliche Anwendungsgebiete wie
 - Internationale Vergleichsmessungen / Ringvergleiche
 - Akkreditierung
 - Qualifizierung



Parameter TK_0



Parameter TK_C



Beide Parameter sind in Datenblättern als obere Grenze für den zulässigen Temperatureinfluss definiert und zwar in Bezug auf eine Temperaturänderung von 10 K

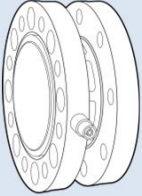
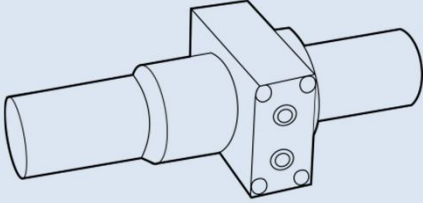


Verbesserte technische Daten im Detail:		
Merkmale	TB2 bisher	TB2 von nun an
TK Null TK_0	0,02 %	0,01 %
TK Kennwert TK_C	0,03 %	0,02 %
Linearitätsabweichung einschl. Hysterese	0,03 %	0,01 %
Relative Standardabweichung	0,01 %	0,005 %

➤ TB2 erreicht nun die HBM-Genauigkeitsklasse 0,02

Wichtigste Auswahlkriterien für die Bauform v. Referenz Drehmomentaufnehmern



Typ	Drehmomentmessflansch	Drehmomentmesswelle
Beispiele aus HBM-Serien	TB2	TN
Schematische Darstellung		
Diskussion	Am besten geeignet für hohe Steifigkeit und beengte Bedingungen, z.B. in Prüfständen	NMIs benötigen häufig den Schafttyp für ihre Montageanordnung und die angebotene monolithische Messwelle als Messkörper.

Jedoch ist es bei dieser Bauform schwierig, die DMS hermetisch zu kapseln und das Signal könnte durch Umgebungsluftfeuchtigkeit beeinflusst werden

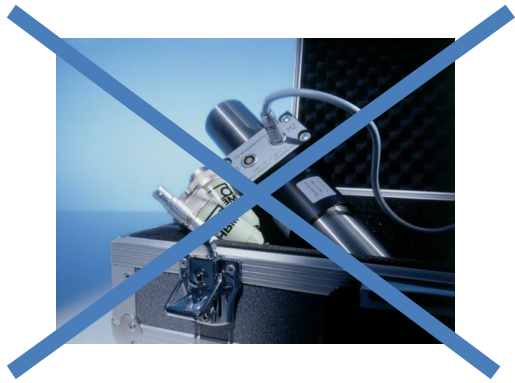
Ziel muss sein: Einfluss der Umgebungsluftfeuchtigkeit begrenzen



- Problemstellung: Um einen Kraftnebenschluss zu verhindern, muss der Rotor vollständig vom Stator getrennt sein.
- Durch den erforderlichen Ringspalt kann Umgebungsluft in das Gehäuse und schließlich in die auf der Welle applizierten Dehnungsmessstreifen eindringen.



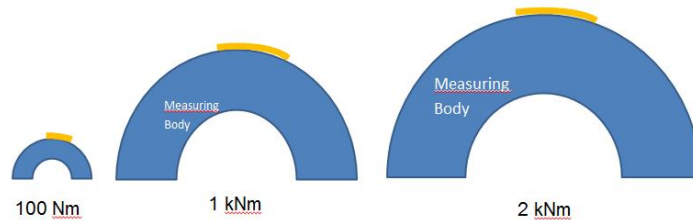
Eine Möglichkeit: Verwendung eines Tragekoffers mit Dichtlippe



Verringerung des relativen Luftfeuchtigkeitskoeffizienten von TN

➤ Im neu konstruierten TN wird PEEK als DMS-Trägerwerkstoff verwendet

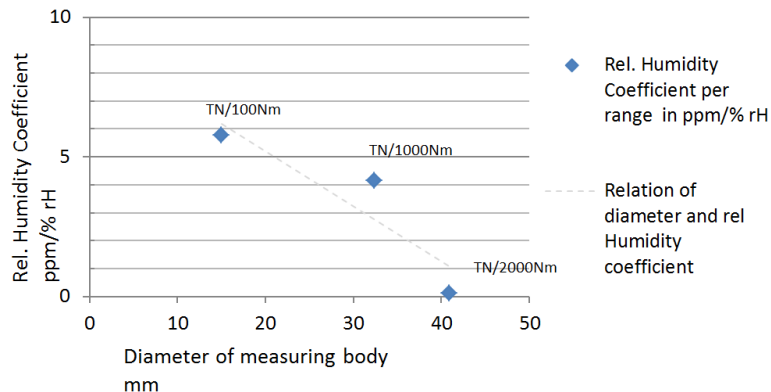
Bedingungen für die verschiedenen Messbereiche



Unterschiedliche Bedingungen für verschiedene Messbereiche:

- Durch die ringförmiger Bauweise wird ein Höhengewinn als Dehnungssignal angesehen (etwa wie bei einem Schwamm)
- Mit zunehmender Feuchtigkeit steigende Empfindlichkeit bei Bauformen mit kleinerem Durchmesser und daher für kleinere Nennbereiche

Rel. Humidity Coefficient per range in ppm/% rH



Ergebnis unserer Messungen mit dem neuen TN:

- Messungen mit Prüflingen mit Bereich 100 N · m, 1 kN · m, 2 kN · m
- In allen Bereichen lag der relative Luftfeuchtigkeitskoeffizient für den neuen Referenz-Drehmomentaufnehmer TN deutlich unter dem Ziel von **< 10 ppm/ % rH** oder weniger^{[1],[2]}.

Quellen:

- [1] Brüge, A. ; Simplified measurements of the humidity coefficient of torque transducers in calibration laboratories ; ACTA IMEKO 2014, Vol.3, No. 2, 32 – 38
- [2] Brüge, A. ; Influence of Humidity on Torque transducer- Estimation methods for Calibration Laboratories; Proceedings of IMEKO World Congress 2012, Busan, Korea

Präzisionsverstärker DMP41- der weltweit präziseste DMS-Messverstärker



Luftfeuchte auch ein Thema für Präzisionsmessgeräte in Messketten:
HBM - Innovator und Hersteller des **weltweit präzisesten Messverstärkers** auf
Dehnungsmessstreifen-Basis



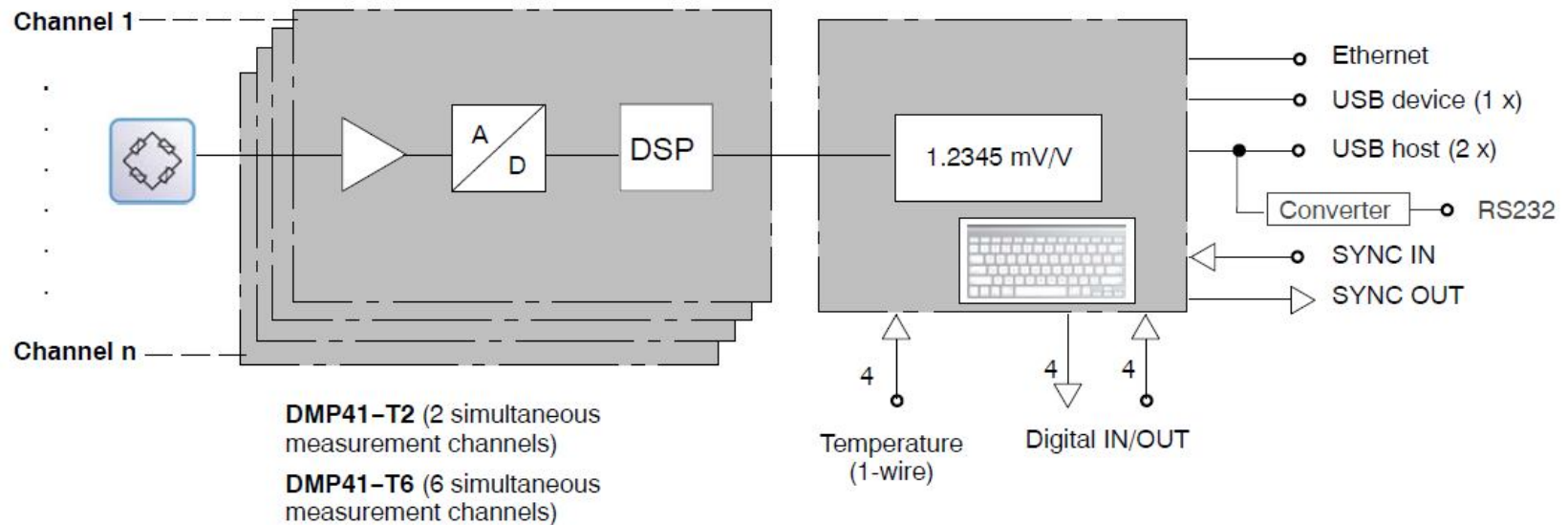
Abbildung zeigt das Gerät in der Betriebsart „Measuring mode“

DMP41: umfangreiche Einstellmöglichkeiten



Abbildung zeigt Gerät in Betriebsart „Setup mode“: geräte- wie kanalspez. Einstellungen

Prinzipschaltbild des Präzisionsverstärkers DMP41

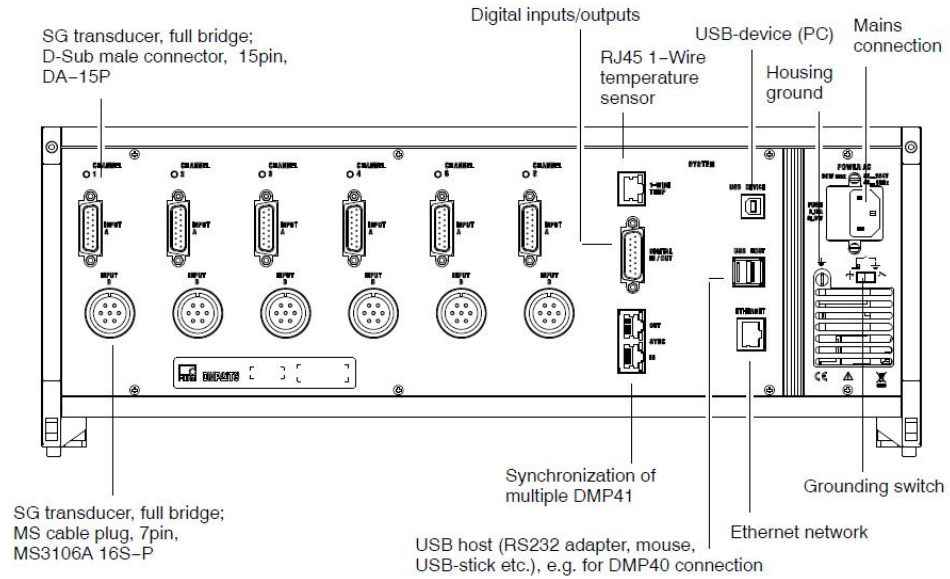


Jeder Kanal misst synchron und dennoch unabhängig von den anderen

DMP41 Anschlussmöglichkeiten



DMP41-T6

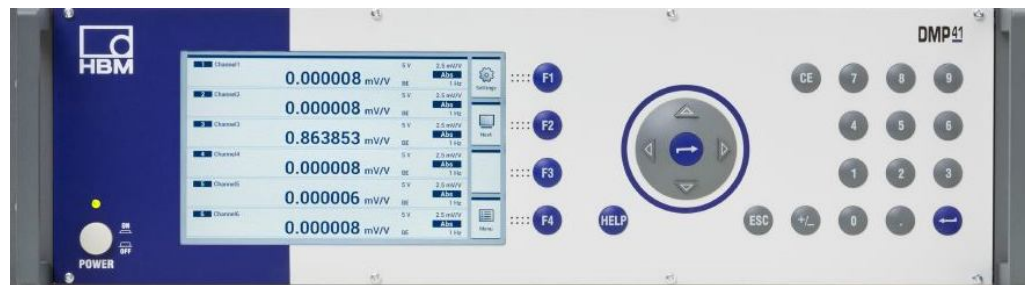


Die neuen Auswahlmöglichkeiten beim "interfacing":

- Ethernet
- USB Device
- USB Master



DMP41 im Rack-Gehäuse - ideal für den Einsatz in der Fertigung



„Klimasicherheit von elektrischen Baugruppen“

Der Einsatz hoch genauer Elektroniken erfordert **gezielte Untersuchungen** und Schutz vor schädlichen Umgebungseinflüssen wie Feuchtigkeit/Kondensation und Umgebungstemperatur

Falsche Messergebnisse können der Grund für die folgenden Fehlerbilder sein:

- Elektrochemische Migration
- Auftreten von elektrischen Leckströmen
- Funkenüberschlag
- Kalte Lötstelle
- Korrosion

[3] berichtete, dass die “Stabilität von BN100A unter veränderter Luftfeuchte verifiziert wurde”, während „DMP40 mit steigender Luftfeuchte eine leicht lineare Trendlinie zeigte“



Weitere
Reduzierung der
Abhängigkeit von
der Luftfeuchte
erreicht



Quelle: [3] K.M. Khaled, D. Röske et al. Humidity and temperature effects on torque transducers, bridge calibration unit and amplifiers, Measurement 74 (2015) p. 31–42

Typische Werte für die Feuchteempfindlichkeit der Komponenten



ERGEBNISSE:



Gerätefamilie	In den Ausprägungen (Bestellnummer)	Feuchteempfindlichkeit - typische Werte
Transfer-normal TN (neue Ausführung 2019/2020)	1-TN/100Nm 1-TN/200Nm 1-TN/500Nm 1-TN/1kNm 1-TN/2kNm 1-TN/5kNm 1-TN/10kNm 1-TN/20kNm	Typ. < 10 ppm/ % rH
Höchstpräzisionsmessgerät DMP 40 (Baujahre 1995- 2013)	1-DMP40 1-DMP40S2	Typ. < 0,6 ppm/% rH
Höchstpräzisionsmessgerät DMP 41 (Baujahre 2013-jetzt)	DMP41-T2 DMP41-T6	Typ.< 0,04 ppm/% rH

- Die neue Referenz-Drehmomentaufnehmerreihe TN ist sowohl für **primäre** wie auch **sekundäre** Drehmomentreferenzanwendungen geeignet und brilliert mit geringsten Messunsicherheitsbeiträgen.
- Wie für andere Referenz-Messgrößenaufnehmer gilt für Drehmomentreferenzaufnehmer, dass ein **monolithischer Aufbau** von Vorteil ist.
- Die Verbesserungen des Sensors selbst in Verbindung mit einem neuen Tragekoffer bieten guten **mechanischen Schutz** sowie gute Isolation gegen unterschiedliche Umgebungsbedingungen.
- Im Allgemeinen ermöglicht eine Verringerung der Feuchtigkeitsempfindlichkeit/-aufnahme durch eine bessere **Abschirmung vor Umgebungsbedingungen** und die Verwendung weniger hygroskopischer DMS-Werkstoffe eine **Verkürzung** der oben erwähnten **Zeit für die „Akklimation“ vor dem Start der Messung.**



Wahl der Elemente einer Messkette ist eng verbunden mit der Frage der zunehmenden Forderung eines immer geringeren Messunsicherheitsbudgets.

Im Sinne einer zielführenden Gesamtgenauigkeit der Messkette gilt:

- Es muss immer eine **Abwägung** von technischen Möglichkeiten und dazu erforderlichem Aufwand erfolgen
- Innerhalb der Messkette müssen und können in Bezug auf die Genauigkeitsklasse an den Präzisionsverstärker **deutlich höhere Anforderungen gestellt** werden als an den Referenzempfänger

Für Ringvergleiche zwischen Labors und die kleinste Messunsicherheit kombiniert man am besten TN-Aufnehmer mit einem DMP41-T6 in einer **Höchst - Präzisionsmesskette**.



Vielen Dank...

... für ihre Aufmerksamkeit

www.hbm.com

Dr.-Ing. André Schäfer
Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH
Senior Business Manager
High Precision & Calibration Systems
Im Tiefen See 45, 64293 Darmstadt, Germany
Tel: +49-6151-803224, Fax: +49-6151-8039224



Quelle: PTB, Braunschweig, Abteilung 1