Willkommen zum Webinar
„Das 1 x 1 der Messunsicherheit bei Drehmomentmessungen”

Die Präsentation beginnt um 10 Uhr

Organisatorische Hinweise

- Die **Mikrophone** aller Teilnehmer sind für die gesamte Dauer des Webinars **stumm geschaltet**.

- Für die **Tonübertragung** müssen Sie die **Lautsprecher** Ihres Rechners einschalten oder **Kopfhörer** anschließen.

- Wenn Sie Fragen haben, können Sie diese gerne über das Fenster '**Fragen und Antworten**' stellen. Alle Fragen werden am Ende der Präsentation beantwortet.

- Nach dem Webinar werden wir Ihnen die **Präsentationsunterlagen** per E-Mail zusenden.

- Dieses Webinar wird **aufgezeichnet** und ist demnächst auf unserer Website verfügbar.

© HBM

Sprecher

- **Guy Beaho**
- Dipl. Ing., MBA
- Schwerpunkt-Thema: Drehmoment-Anwendungen

Guy Beaho

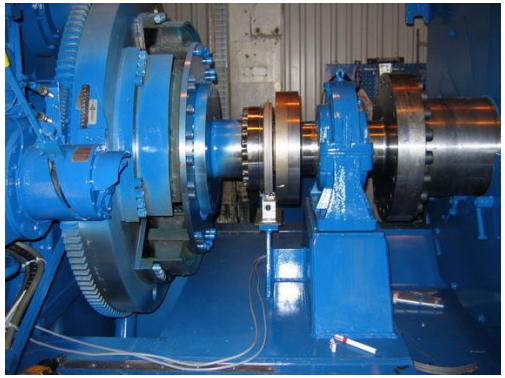
guy.beaho@hbm.com

© HBM

Beispielanwendungen

Chemical: Viskositätsbestimmung mN.m → N.m

Offshore: Prüfen & Monitoren von Schiffsmotoren > kN.m



Automotiv: Leistungsprüfständen N.m → kN.m

Energy: Prüfen & Monitoren von Hebewerke kN.m → MN.m

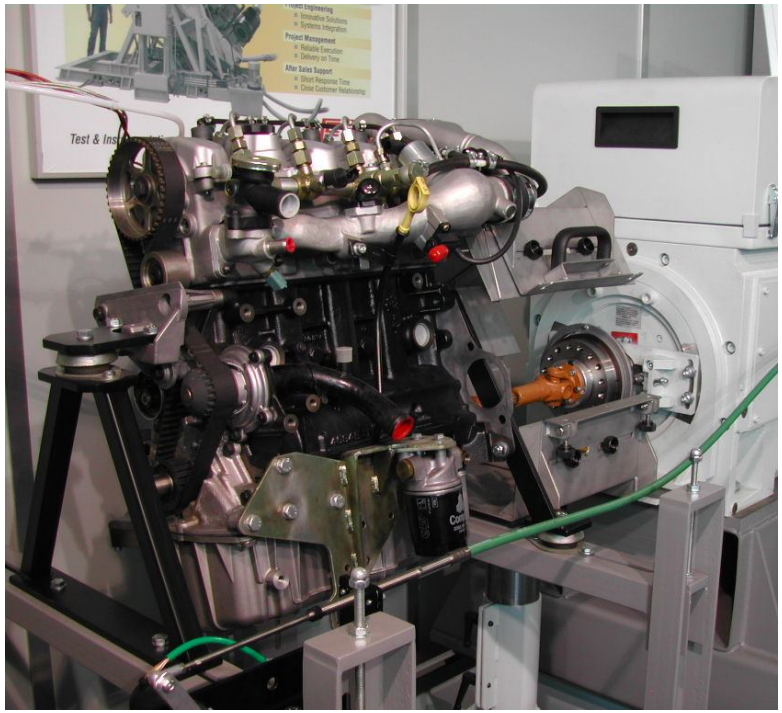
© HBM

Agenda

1. Ermittlung geeigneten Parameter & Erweiterungsfaktoren
2. Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit
3. Berechnung der Gesamt-Messunsicherheit
4. Berechnung der erweiterten Messunsicherheit

© HBM

Parameter der Beispielanwendung



Drehmomentbereich:	-100 Nm … 700 Nm
Temperaturbereich:	13°C … 43°C
Parasitäre Belastung:	$F_a \approx 0$
	$F_l = 950$ N
	$M_b = 95$ Nm

© HBM

Auswahl des Aufnehmers

© HBM

Ermittlung geeigneten Parameter & Erweiterungsfaktoren

			Verteilungsfaktor	
	Parameter	Bez. auf	Rechteck	Normal
Aufnehmer	Kennwerttoleranz [%]	Max. Drehm.	0,58	
	Linearität + Hysterese [%]	Endwert	0,58	
	TK0 pro10K Abweichung von 23°C [%]	Endwert	0,58	
	TKC pro 10K Abweichung von 23°C [%]	Max. Drehm.	0,58	
	Wiederholbarkeit [%]	Δ Drehm.		1
Umfeld	Summe der parasitären Belastung [%]	Endwert	0,58	
Prozess				

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}58$$

© HBM

Schritte

1 Ermittlung geeigneten Parameter & Erweiterungsfaktoren

2 Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit

3 Berechnung der Gesamt-Messunsicherheit

4 Berechnung der erweiterten Messunsicherheit

© HBM

Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit

A - Kennwerttoleranz

Datenblattangaben

Kennwerttoleranz (Abweichung der tatsächlichen Ausgangsgröße bei M_{nom} vom Nennkennwert)		
Feldbusse	%	± 0,05
Frequenzausgang	%	± 0,05
Spannungsausgang	%	± 0,1

$$u_{dC} = 0{,}58 \cdot d_C \cdot M_{\max} = 0{,}58 \cdot 0{,}05\% \cdot 700Nm = 0{,}20Nm$$

© HBM

Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit
B - Linearitätsabweichung und Hysterese

Datenblattangaben

Linearitätsabweichung einschließlich Hysterese, bezogen auf den Nennkennwert		
Feldbusse	%	~~± 0,02~~ (± 0,01 optional)
Frequenzausgang 10 kHz/60 kHz	%	± 0,02 (± 0,01 optional)
Spannungsausgang	%	± 0,05

$$u_{dlh} = 0{,}58 \cdot d_{lh} \cdot M_{nom} \cdot 2 = 0{,}58 \cdot 0{,}02\% \cdot 1kNm \cdot 2 = 0{,}23Nm$$

© HBM

Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit

C_1 - Temperatureinfluss auf das Nullsignal (TK0)

Datenblattangaben

Temperatureinfluss pro 10 K im Nenntemperatur-bereich		
auf das Ausgangssignal, bezogen auf den Istwert der Signalspanne	%	< 0,03
auf das Nullsignal	%	< 0,03

$$u_{TK0} = 0{,}58 \cdot TK_0 \cdot M_{nom} \cdot \frac{\Delta T}{10K} = 0{,}58 \cdot 0{,}03\% \cdot 1kNm \cdot \frac{20K}{10K} = 0{,}35Nm$$

© HBM

Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit

C_2 - Temperatureinfluss auf den Kennwert (TKC)

Datenblattangaben

Temperatureinfluss pro 10 K im Nenntemperatur-bereich		
auf das Ausgangssignal, bezogen auf den Istwert der Signalspanne	%	< 0,03
auf das Nullsignal	%	< 0,03

$$u_{TKC} = 0{,}58 \cdot TK_C \cdot M_{\max} \cdot \frac{\Delta T}{10K} = 0{,}58 \cdot 0{,}03\% \cdot 700Nm \cdot \frac{20K}{10K} = 0{,}24Nm$$

© HBM

Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit
D - Standardabweichung der Wiederholbarkeit

Datenblattangaben

Rel. Standardabweichung der Wiederholbarkeit nach DIN 1319, bezogen auf die Ausgangssignaländerung		
Feldbusse/Frequenzausgang	%	± 0,01
Spannungsausgang	%	± 0,03

$$u_{\sigma rel} = 1 \cdot \sigma_{rel} \cdot \Delta M = 1 \cdot 0{,}01\% \cdot 800\,Nm = 0{,}08\,Nm$$

© HBM

Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit

E – Summe der parasitären Belastung

Grenzlängskraft (statisch) ±	kN	5	10	16	19	39	42	80	120
Grenzlängskraft (dynamisch) Amplitude	kN	2,5	5	8	8,5	19,5	21	40	60
Grenzquerkraft (statisch) ±	kN	1	2	4	5	9	10	12	18
Grenzquerkraft (dynamisch) Amplitude	kN	0,5	1	2	2,5	4,5	5	6	9
Grenzbiegemoment (statisch) ±	N·m	50	100	200	220	560	600	800	1200
Grenzbiegemoment (dynamisch) Amplitude	N·m	25	50	100	110	280	300	400	600

7) Jede irreguläre Beanspruchung (Biegemoment, Quer- oder Längskraft, Überschreiten des Nenndrehmomentes) ist bis zu der angegebenen Grenze nur dann zulässig, solange keine der jeweils anderen von ihnen auftreten kann. Andernfalls sind die Grenzwerte zu reduzieren. Wenn je 30 % des Grenzbiegemomentes und der Grenzquerkraft vorkommen, sind nur noch 40 % der Grenzlängskraft zulässig, wobei das Nenndrehmoment nicht überschritten werden darf. Im Messergebnis können sich die zul. Biegemomente, Längs- und Querkräfte wie ca. 0,3 % des Nenndrehmomentes auswirken.

Datenblattangaben

	Grenzlast nach Datenblatt	Maximallast nach Anwendung	Verhältnis Maximallast / Grenzlast
Axialkraft	19 kN	≈ 0 N	0%
Querkraft	5 kN	0,95 kN	19,00%
Biegemoment	220 Nm	95 Nm	43,18%
Summe			62,18%

$$u_{para} = 0{,}58 \cdot d_{para} \cdot \frac{L_{para}}{L_{para,ref}} \cdot M_{nom} \cdot 0{,}30\% = 0{,}58 \cdot 62{,}18\% \cdot 1kNm \cdot 0{,}30\% = 1{,}08Nm$$

© HBM

Schritte

1. Ermittlung geeigneten Parameter & Erweiterungsfaktoren
2. Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit
3. **Berechnung der Gesamt-Messunsicherheit**
4. Berechnung der erweiterten Messunsicherheit

© HBM

Berechnung der Gesamt-Messunsicherheit

$$u_{total} = \sqrt{u_{dC}^{\ 2} + u_{dlh}^{\ 2} + u_{TK0}^{\ 2} + u_{TKC}^{\ 2} + u_{\sigma rel}^{\ 2} + u_{para}^{\ 2}}$$

$$u_{total} = \sqrt{0{,}20Nm^2 + 0{,}23Nm^2 + 0{,}35Nm^2 + 0{,}24Nm^2 + 0{,}08Nm^2 + 1{,}08Nm^2}$$

$$u_{total} = 1{,}20Nm$$

© HBM

Schritte

1. Ermittlung geeigneten Parameter & Erweiterungsfaktoren
2. Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit
3. Berechnung der Gesamt-Messunsicherheit
4. **Berechnung der erweiterten Messunsicherheit**

© HBM

Berechnung der erweiterten Messunsicherheit

Vertrauensbereich in [%]	Erweiterungs-faktor k
68,27	1
90	1,645
95	1,96
95,45	2
99	2,576
99,73	3

$$U_{total} = k \cdot u_{total}$$

$$U_{total} = 2 \cdot 1{,}20\,Nm$$

$$\boxed{U_{total} = 2{,}40\,Nm}$$

Vertrauensbereich 95,45%

© HBM

Resümee

1. Ermittlung geeigneten Parameter & Erweiterungsfaktoren
2. Berechnung der einzelnen Beiträge zur Messunsicherheit
3. Berechnung der Gesamt-Messunsicherheit
4. Berechnung der erweiterten Messunsicherheit

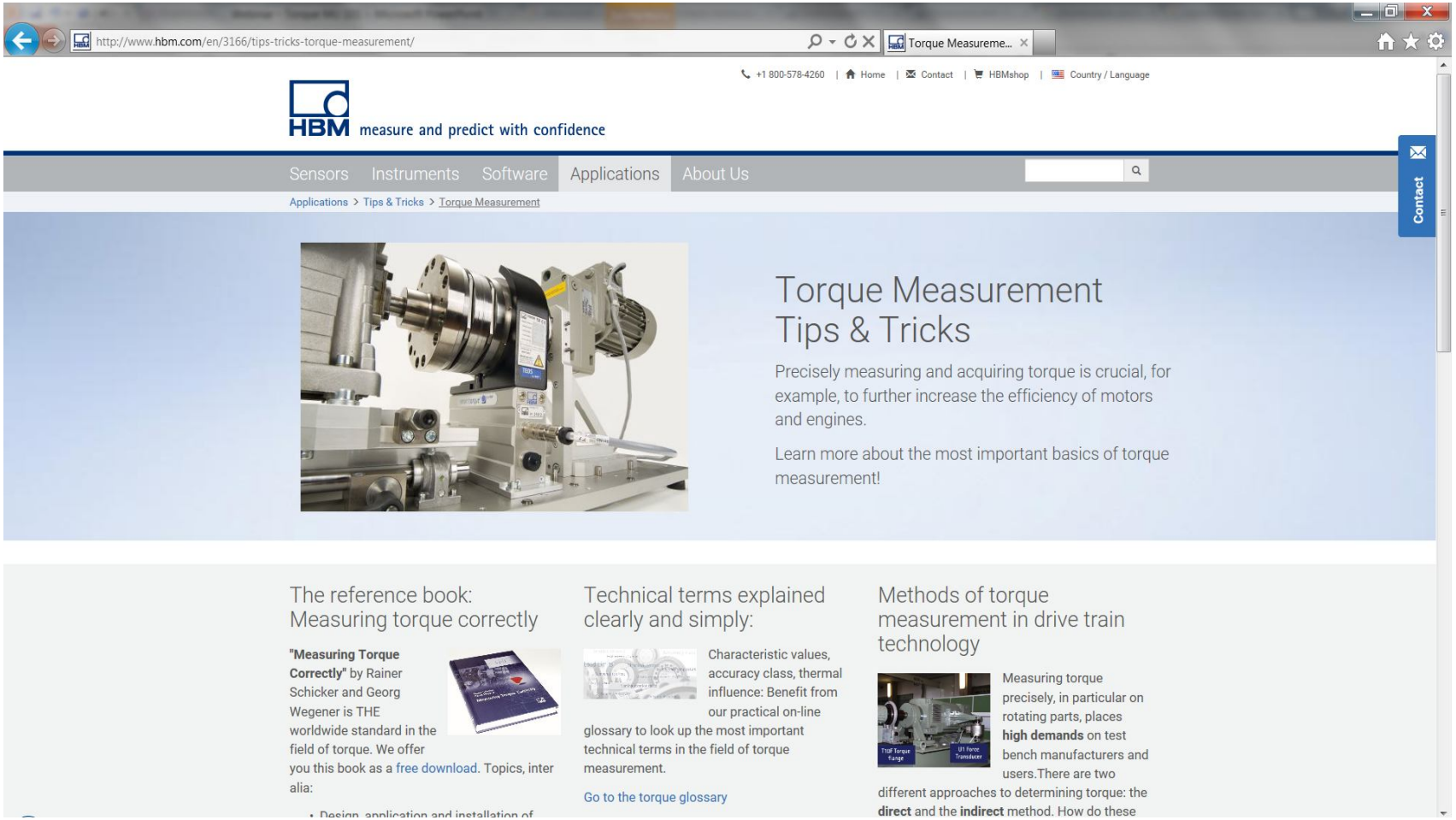
© HBM

Vielen Dank

© HBM

Zusätzliche Informationen

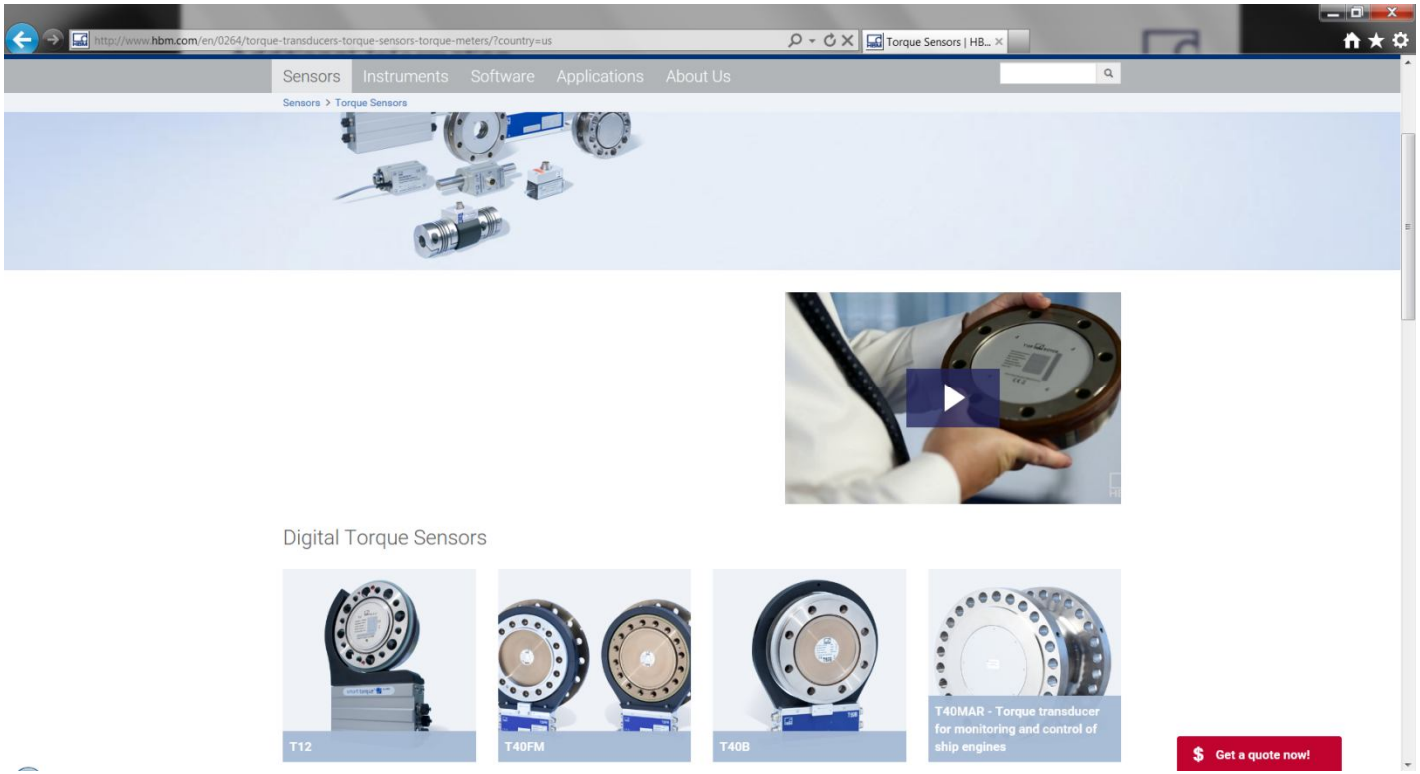
http://www.hbm.com/en/3166/tips-tricks-torque-measurement/



© HBM

Zusätzliche Informationen

- http://www.hbm.com/en/0264/torque-transducers-torque-sensors-torque-meters/?country=us



© HBM

Zusätzliche Informationen – Webinare

→ www.hbm.com/webinare

© HBM

Noch Fragen?

- Für weitere Fragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung. Wir freuen uns auf Ihre E-Mail: emarketing@hbm.com

- Oder mailen Sie direkt dem Referenten: guy.beaho@hbm.com

© HBM

HBM: public