

Drehmoment

Messmethoden

Methoden zum Messen von Drehmomenten

➔ **Messen der Reaktionskraft am Hebelarm**

➔ **Ermitteln aus der elektrischen Leistung**

➔ **Verformung eines Elementes im Wellenstrang**

Änderung von

- Kapazität
- Induktivität
- Widerstand**
- Permabilität
- Phasenlage

Dehnungsmessstreifentechnologie

Kompensationsmöglichkeiten mit der Wheatstone'schen Brückenschaltung

Sehr hohe Grenzfrequenzen (>50kHz)

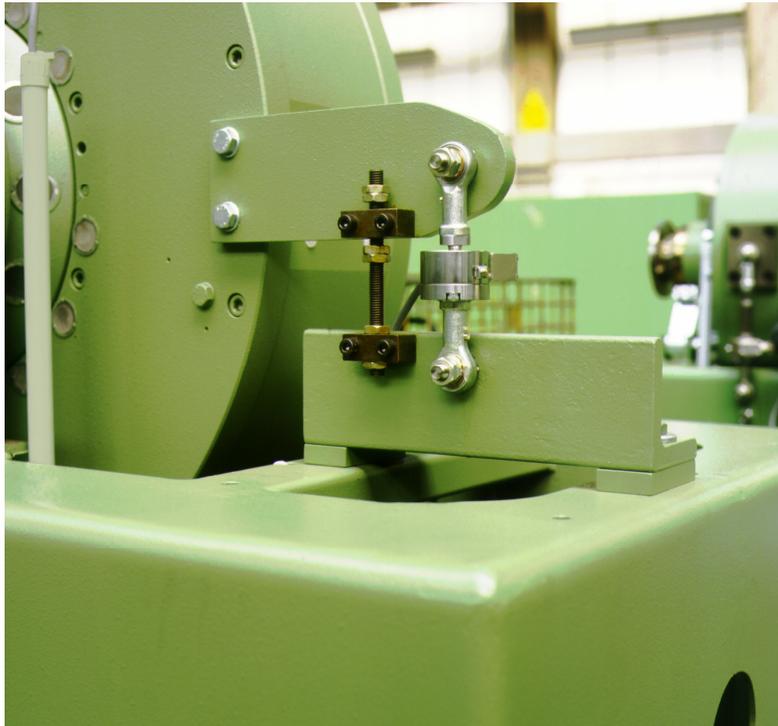
Sehr hohe zulässige Zentrifugalbeschleunigungen

Erfassen von statischen und dynamischen Vorgängen in \pm Wirkungsrichtung, drehend und nicht drehend

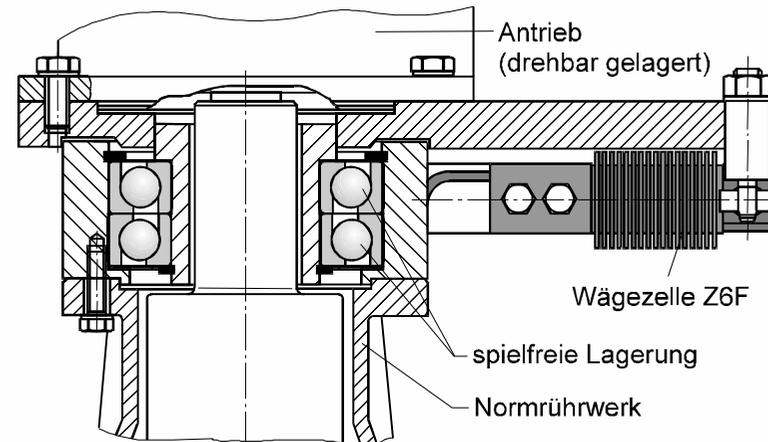
Hohe Schwingfestigkeit und Wechsellastbeständigkeit

Sehr gute Langzeitstabilität

Messen der Reaktionskraft am Hebelarm



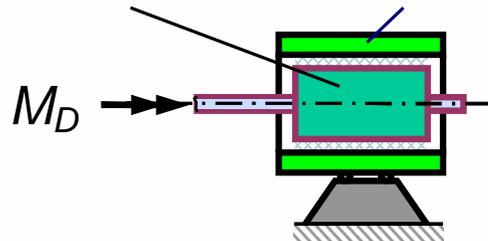
**Reaktionskraftmessung
am Hebelarm mittels U2B**



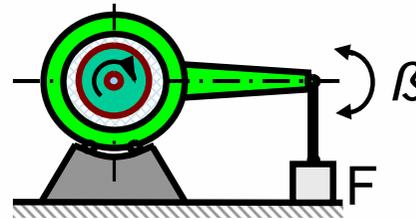
**Viskositätsmessung
mittels Wägezelle Z6F**

Reaktionsmomentmessung / Pendelmaschine

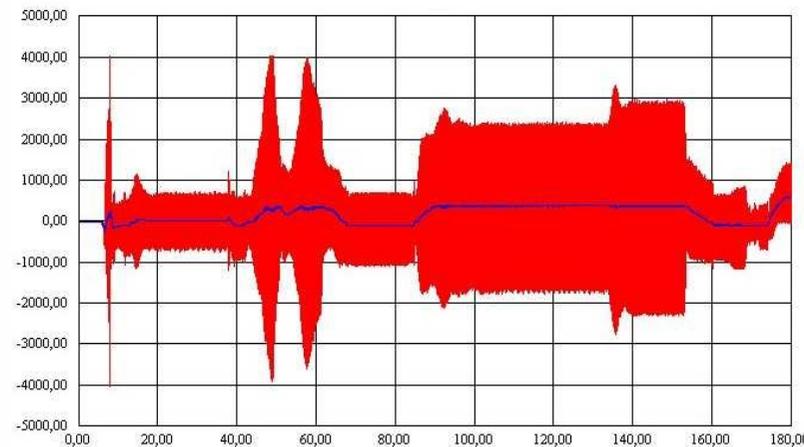
Rotationsträgheit



Gehäuseträgheit



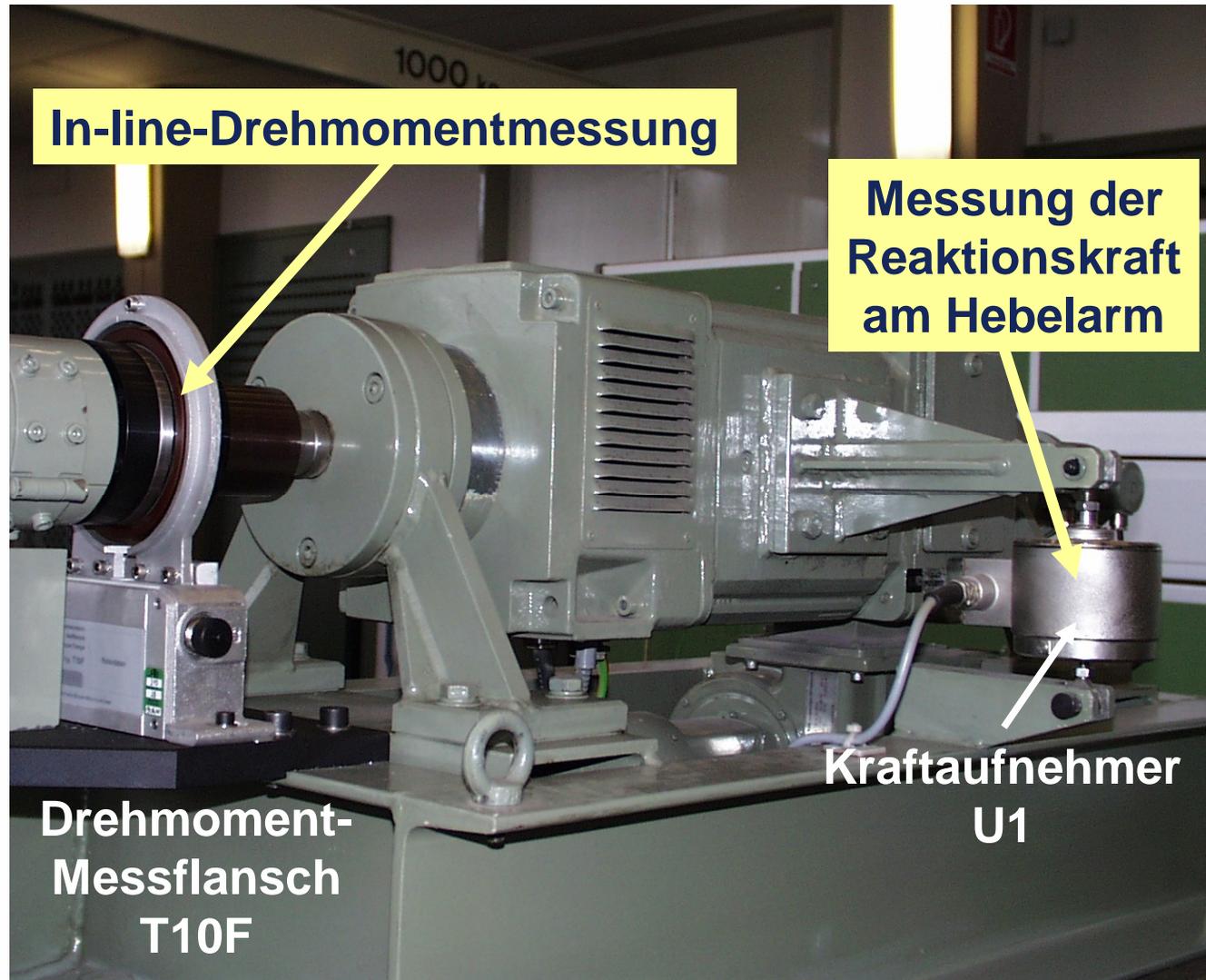
Hebelarm (Länge ,
Trägheitsmoment)



Drehmomentspitzen werden zur Beschleunigung der Maschinenmasse „aufgebraucht“ und vom Kraftaufnehmer nicht gesehen !

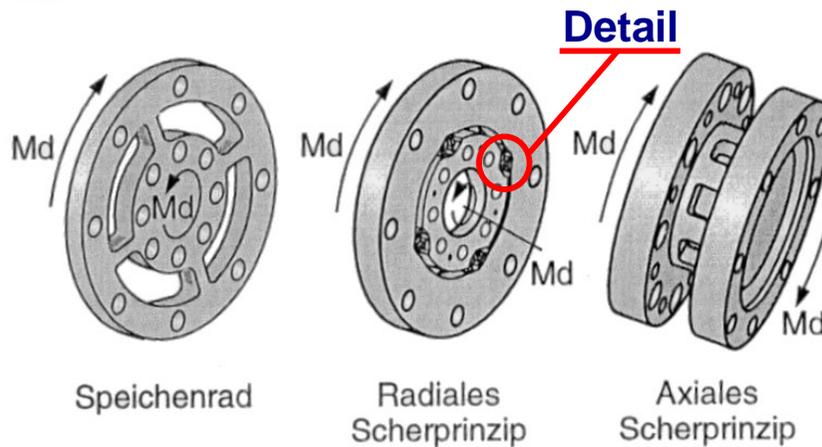
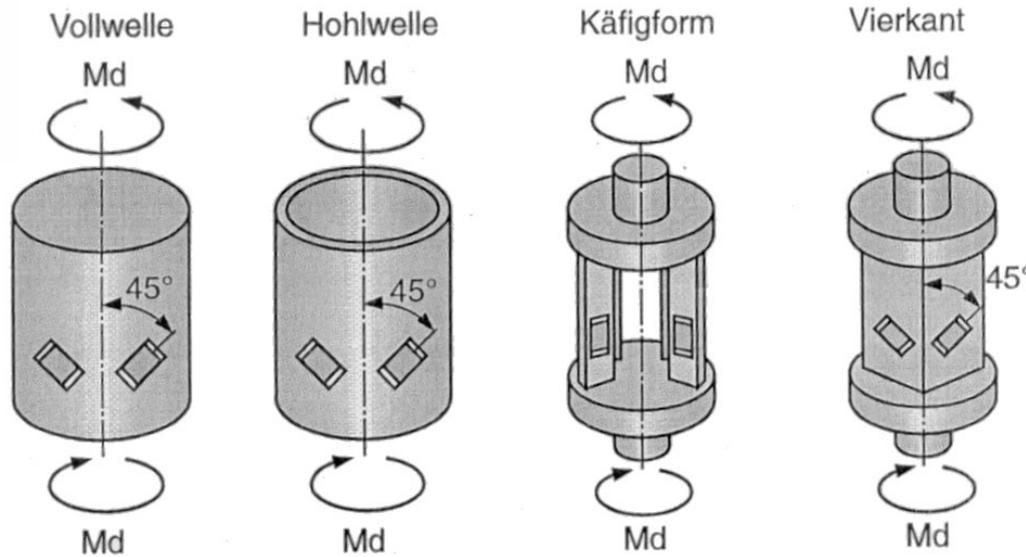
➔ „mechanischer Tiefpass“

Aktion- und Reaktionsmessung

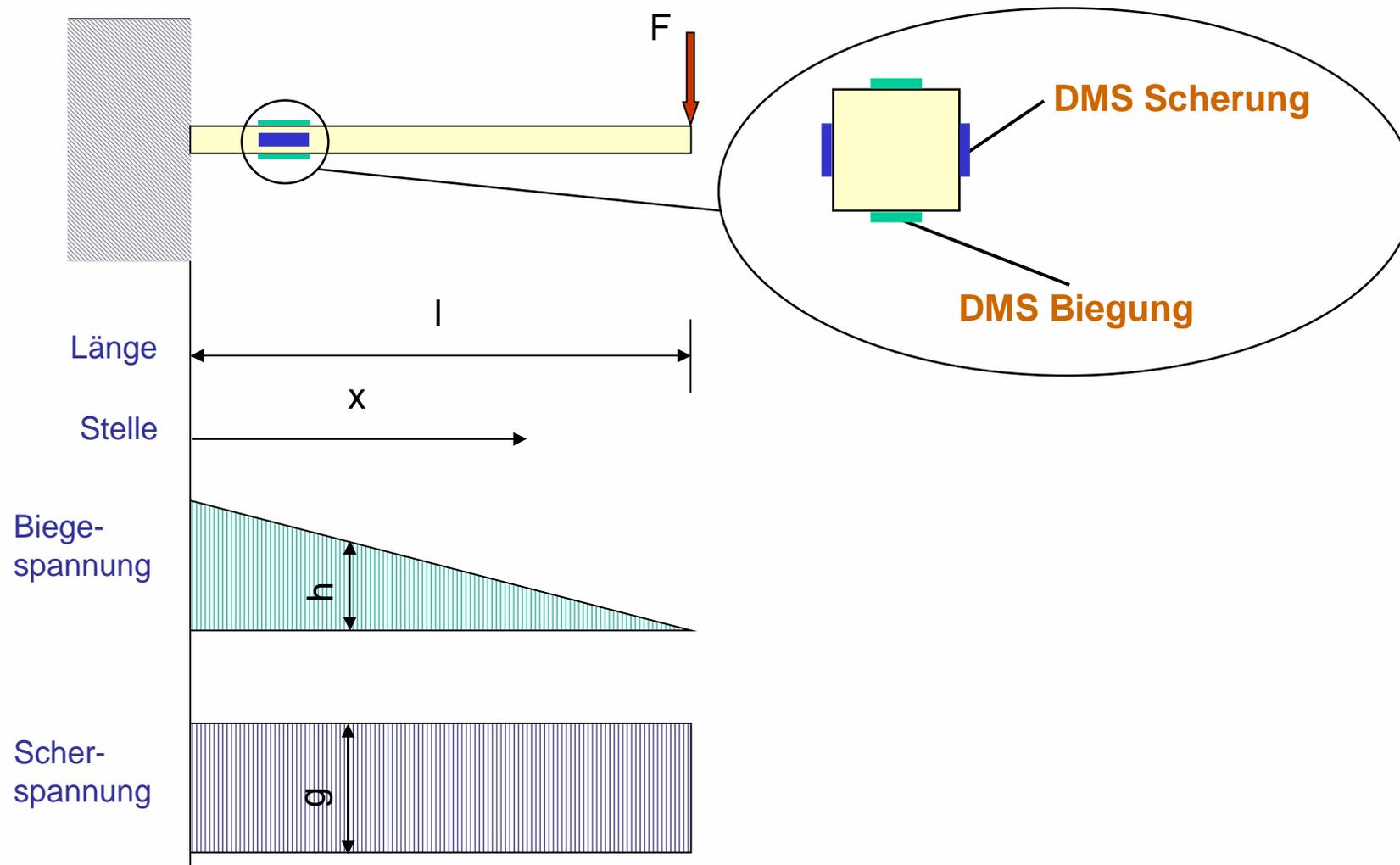


Messkörper

Ausführungsformen von Messkörpern

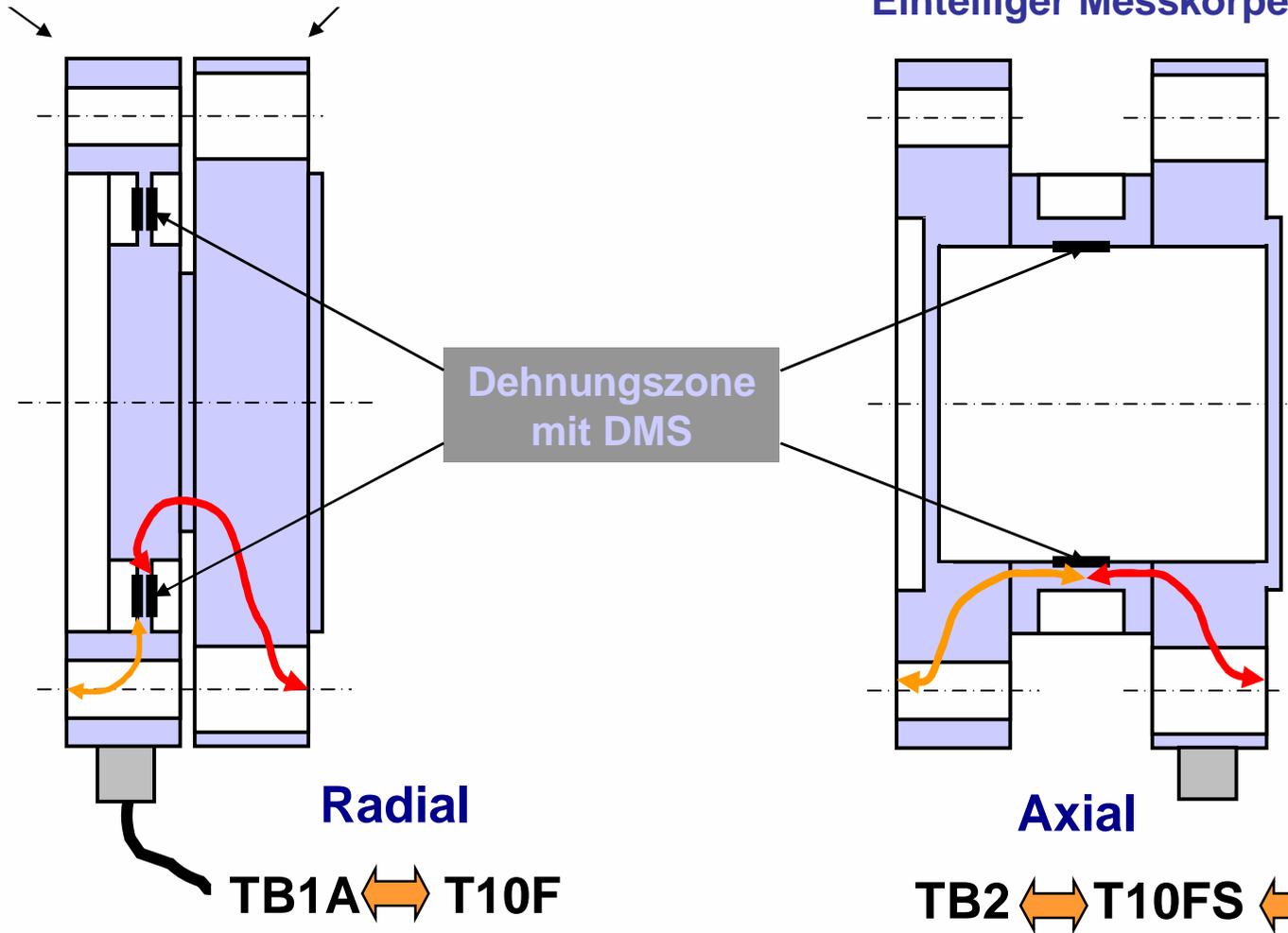


Spannungen am Biegebalken (schematisch)

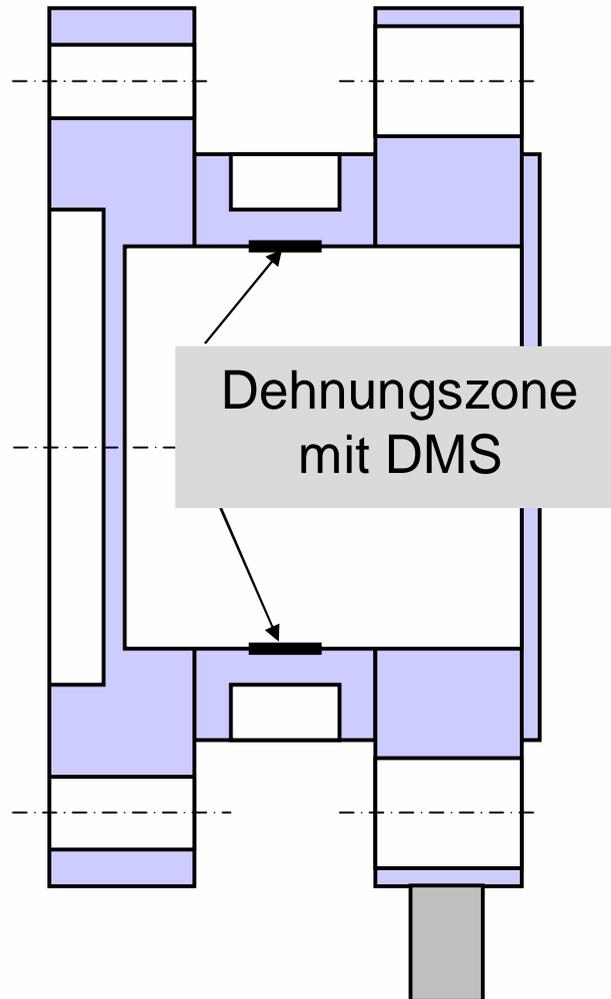


Drehmomentfluss

Messkörperseite Adapterseite



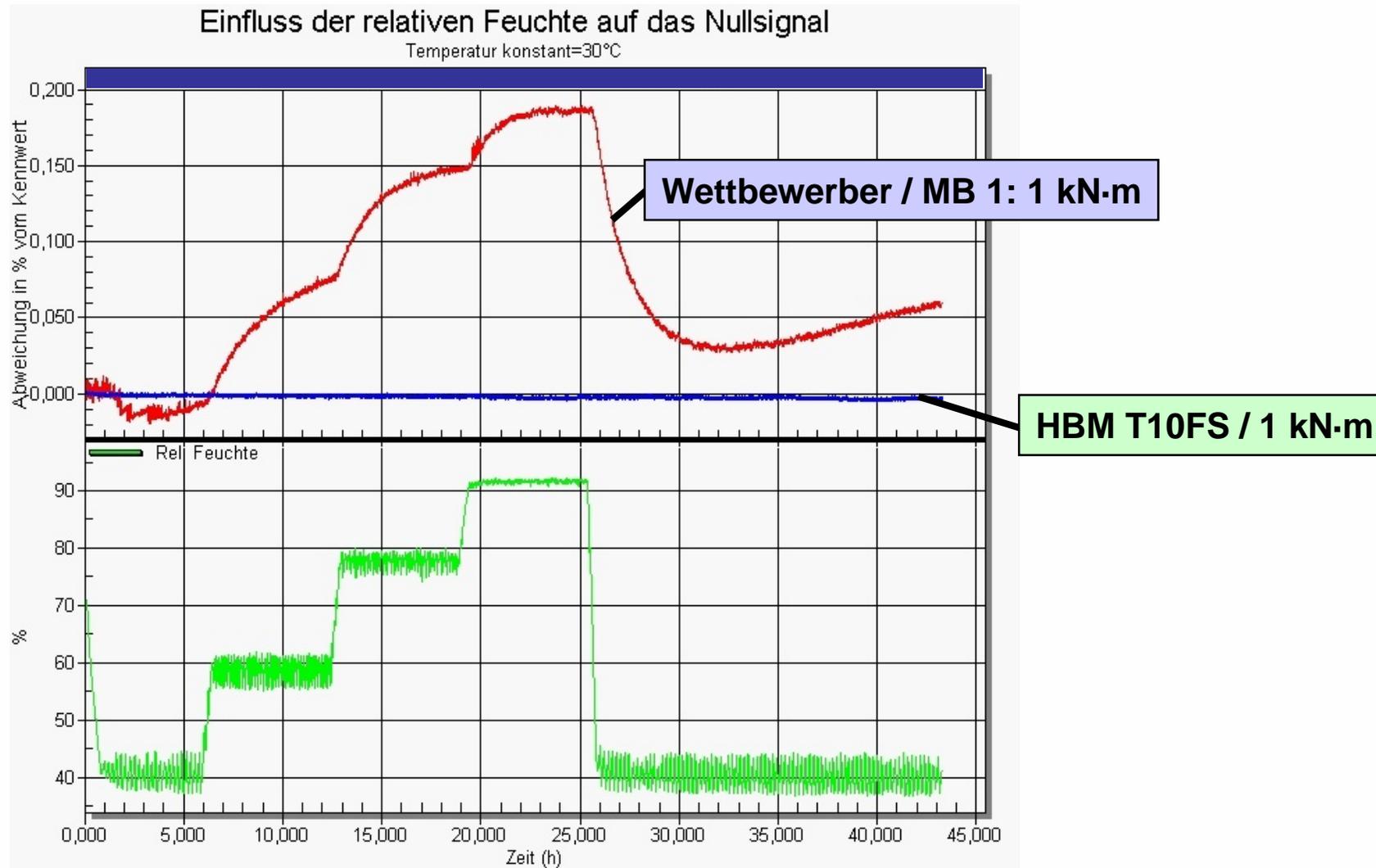
Mechanischer Aufbau



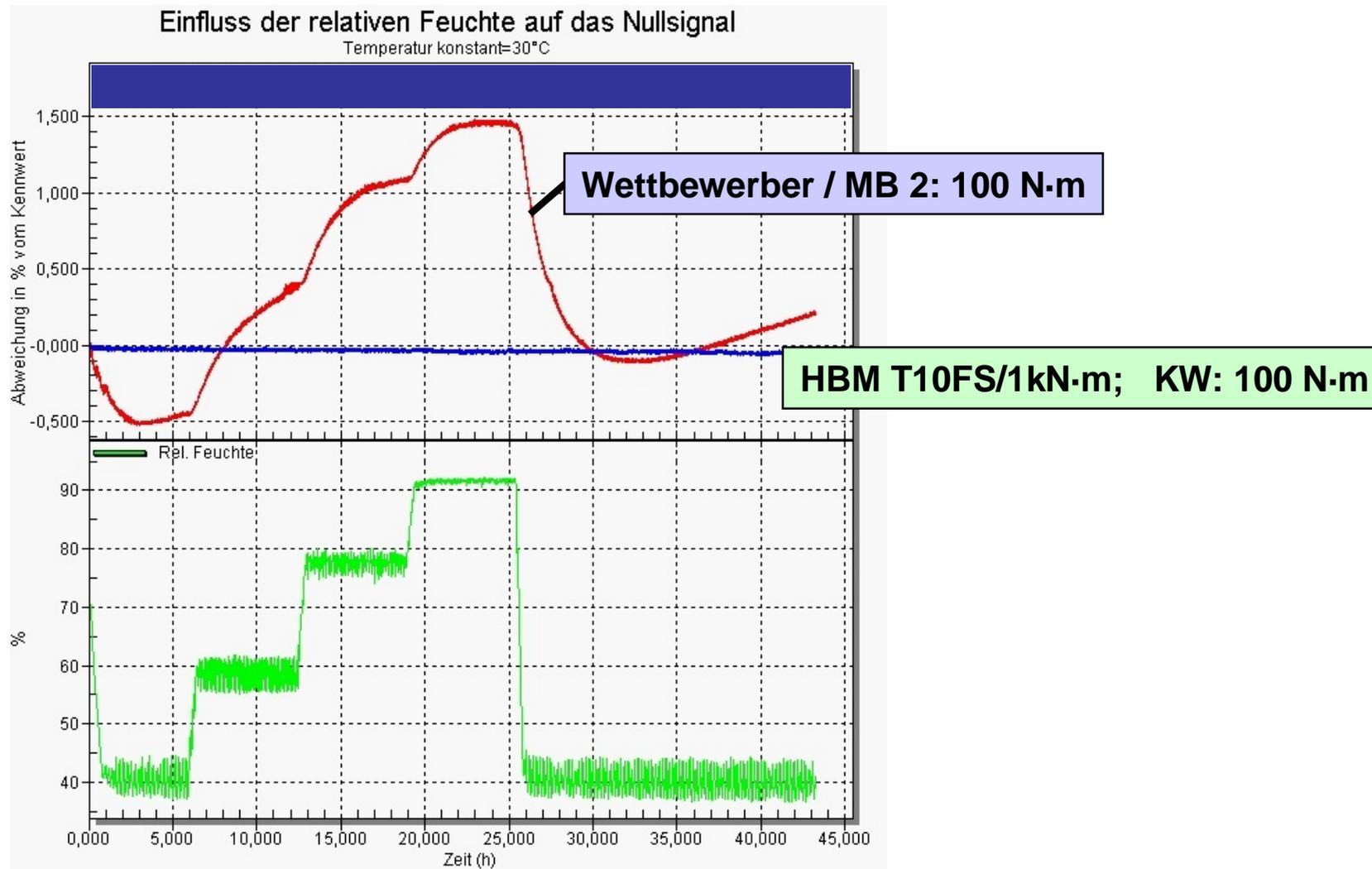
Stärken dieses Designs

- unempfindlich gegen Einflüsse aus Einbau
- bessere messtechnische Eigenschaften wegen Symmetrie
- Applikation geschützt im Innern des dicht geschlossenen Messkörpers

Feuchteeinfluss



Feuchteinfluss



Temperaturkompensation

Philosophie der Temperaturkompensation des Nullpunktes

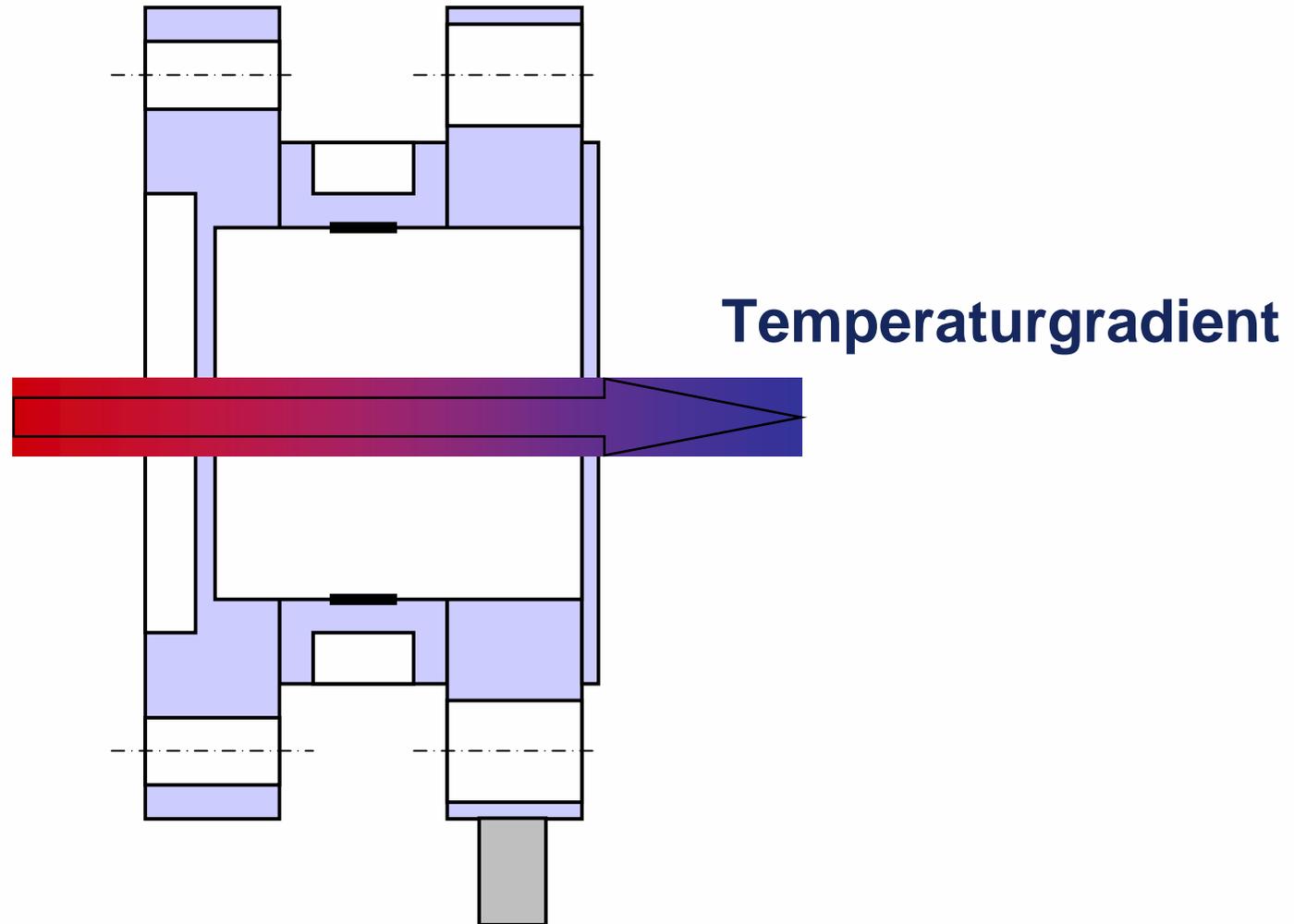
Aktiv

Zusätzliche
Temperaturmessstelle;
Prozessor für Online-
Verrechnung

Passiv

Nutzung der
Kompensationsmöglichkeiten
der Wheatstone Brücke

Problem in der Praxis



Probleme der aktiver Kompensation

Temperaturmessstelle (PT xxx) sitzt an einer
anderen Stelle wie die DMS ? $T_{DMS} ? T_{PTxxx}$

Auch PTxxx hat Messunsicherheit

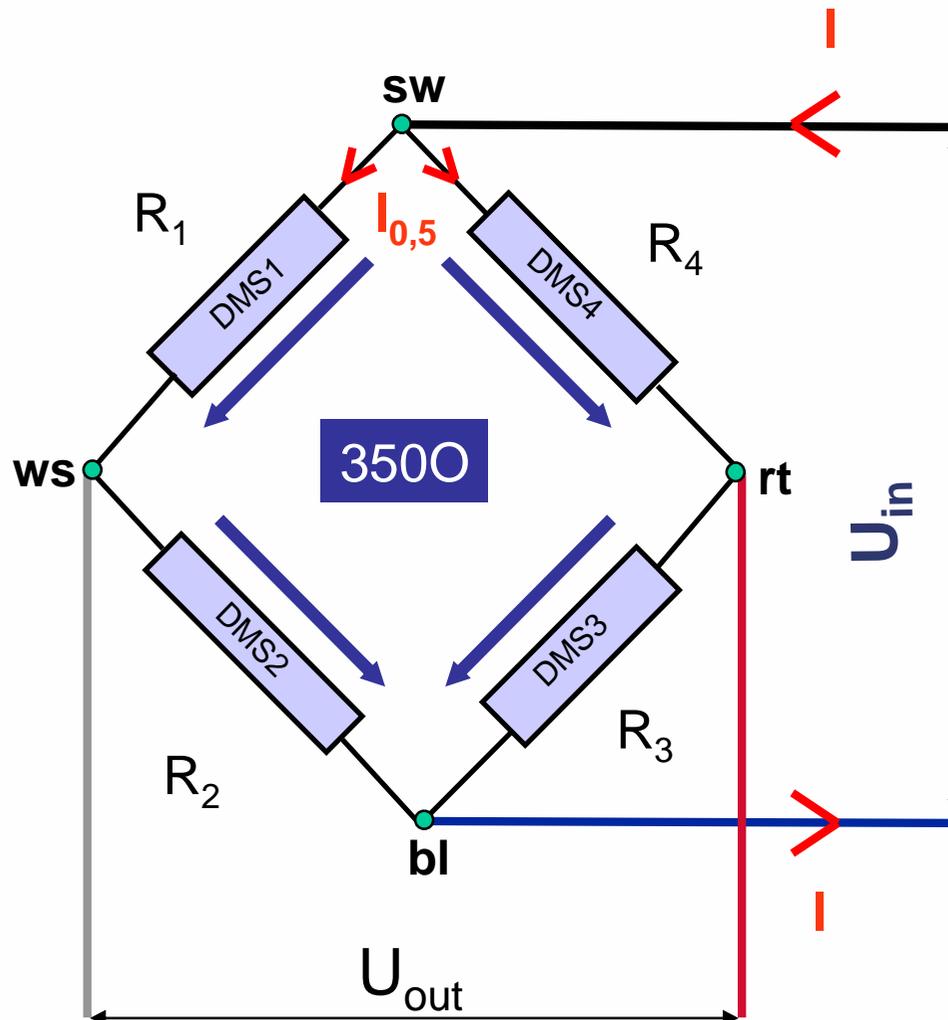
Aktive Bauteile (Prozessor) erzeugen Rauschen
und Drift

Voraussetzung für passive Kompensation

Alle Widerstände der Wheatstonebrücke sind gleich groß

Mehrere aktive Wheatstonbrücken symmetrisch auf dem Messkörper verteilt

Wheatstone Brücke



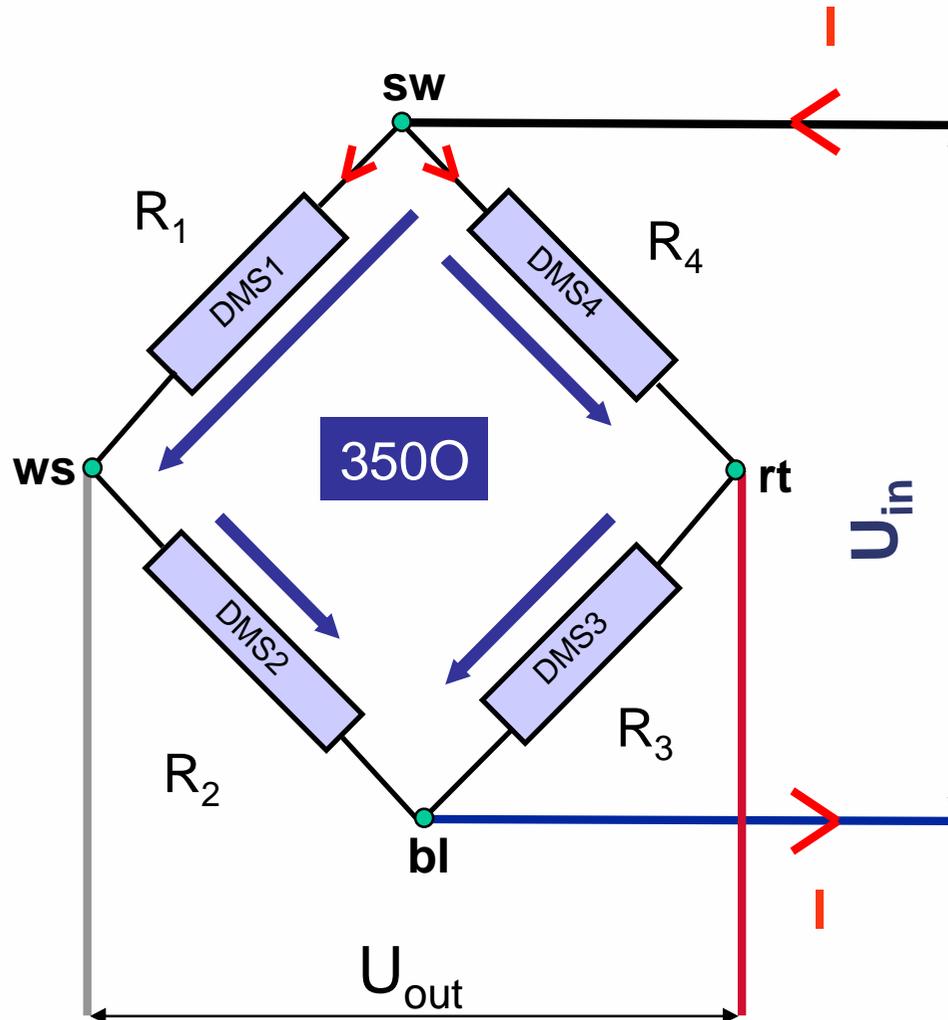
Fall 1: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

$ws = rt = U_{in0,5}$

$U_{out} = 0V$

$$I = \frac{U}{R}$$

Wheatstone Brücke



Fall 2: $R_2=R_3=R_4$

$R_1 = R_1 + ? R$

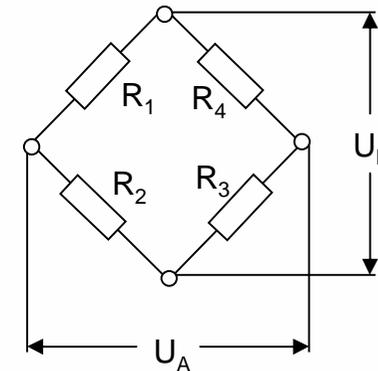
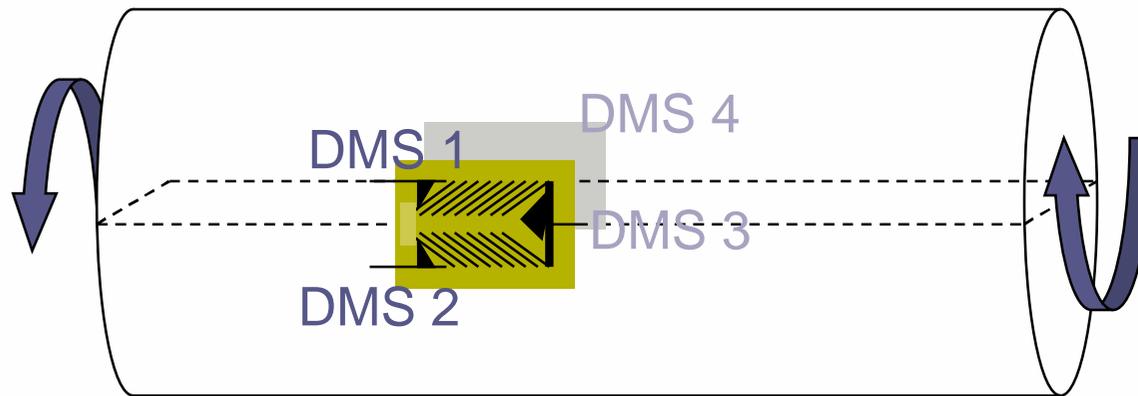
$rt = U_{in0,5}$

$WS = U_{in} - ? U_{R1}$

$U_{out} = xV$

$$U = R \cdot I$$

Messung am Torsionsstab (DMS-Vollbrücke)

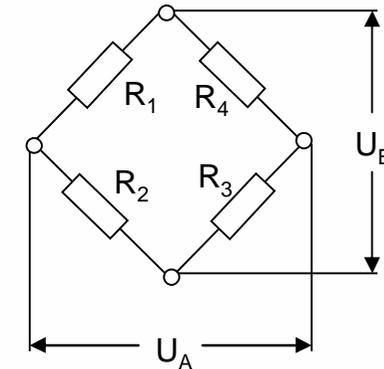
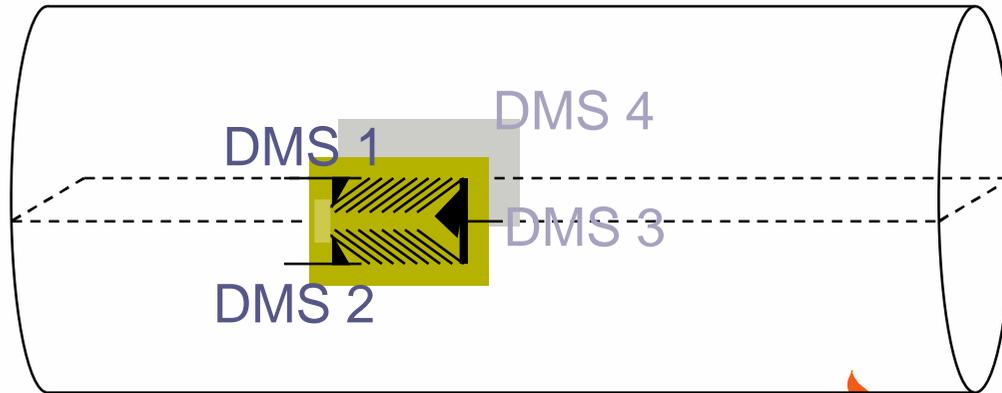


**Beanspruchung
infolge Torsion**

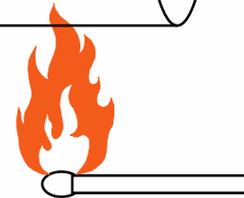
DMS 1: +
DMS 2: -
DMS 3: +
DMS 4: -

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{k}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4)$$

Theorie

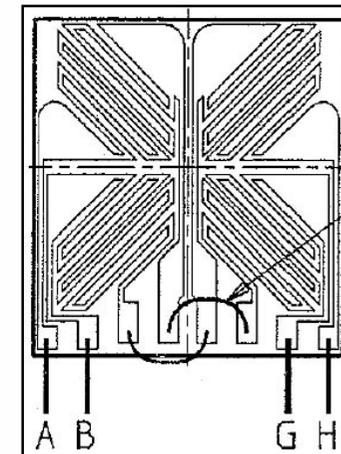


**Alle temperaturbedingten
Dehnungen haben
gleiches Vorzeichen!**



$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{k}{4} (\epsilon_1 - \epsilon_2 + \epsilon_3 - \epsilon_4)$$

- DMS 1: +
- DMS 2: +
- DMS 3: +
- DMS 4: +



Umsetzung

TK_R der DMS sehr klein und immer gleich

32 DMS

Sehr hohe Symmetrie:

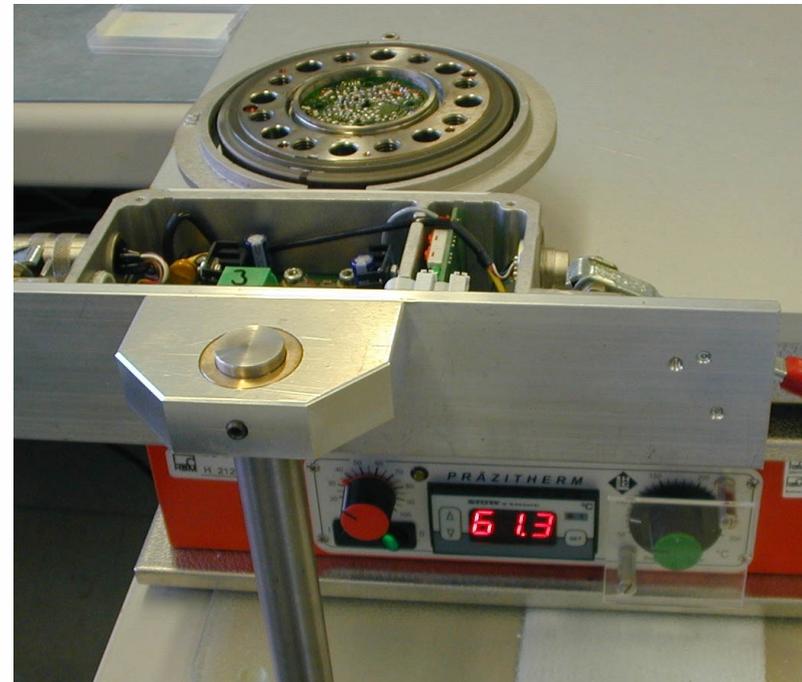
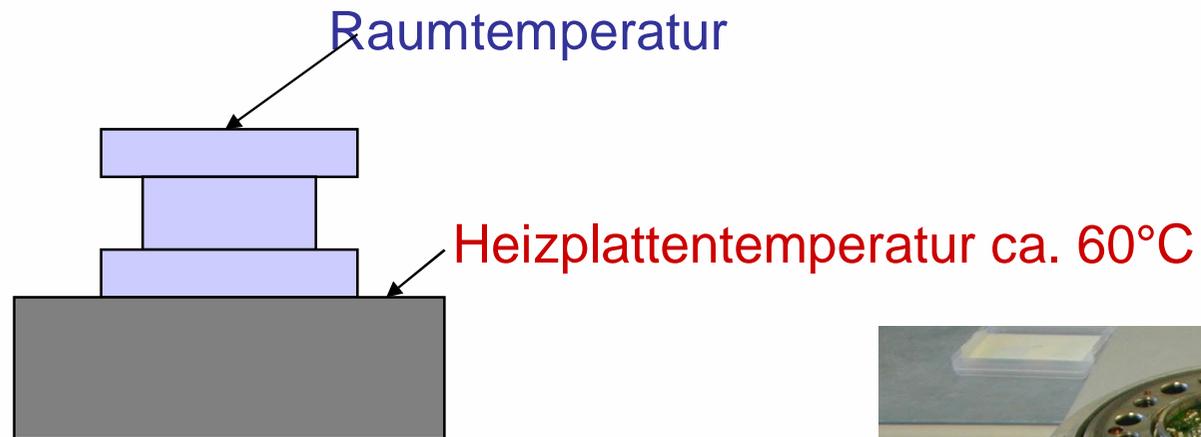
Dehnungsmessstreifen

Leitungslänge und -widerstand

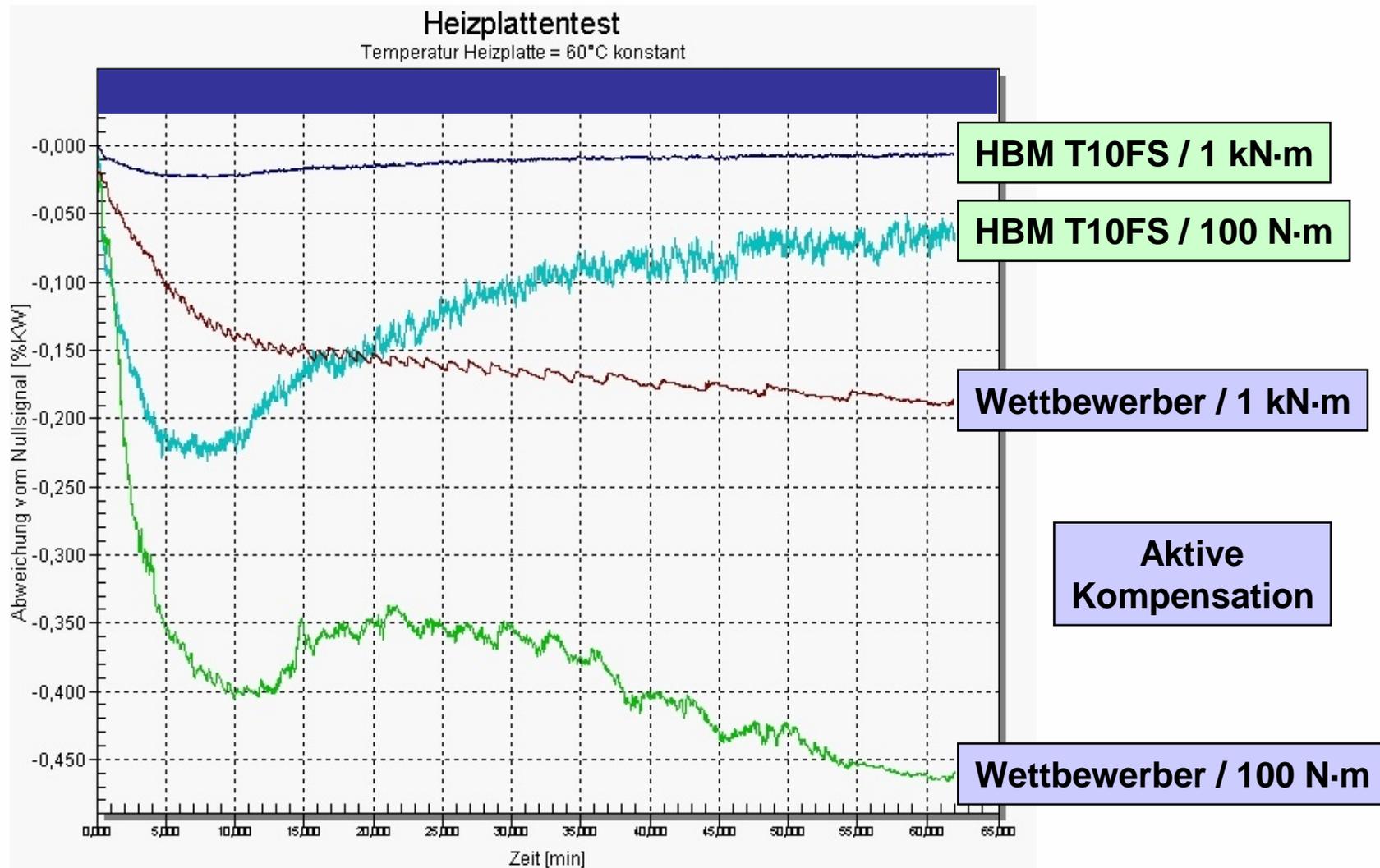
Separat abgegliche Elektronik

Keine aktiven Bausteine -> Keine Driften

Prüfung



Ergebnisse



Was macht die Qualität eines Aufnehmers aus?

Absolut wichtig ist eine sehr hohe Grundgenauigkeit

- **Ausgefeilte Konstruktion des Messkörpers**
- **Minimierung von Fehlereinflüssen durch den Einsatz optimierter Komponenten (z. B. DMS)**
- **Entsprechendes (> 45 Jahre) Fertigungs-Know-How von HBM**
- **Bei Drehmomentaufnehmern und Dehnungsmessstreifen**

Ganzheitliche Betrachtung in der Anwendung ist sehr wichtig

Signalerfassung und Übertragung

Physikalische Auflösungsgrenze T12

Effektivwert der thermischen Rauschspannung

$$e_n = \sqrt{4 \cdot k \cdot T \cdot R \cdot B}$$

k -> Boltzmann-Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
 T -> Absolute Temperatur in K (z.B. 296 K)
 R -> Aufnehmerwiderstand in ?
 B -> Frequenzbandbreite in Hz

Konstruktive Einflussgrößen

Aufnehmerwiderstand 1400 ?
 Frequenzbandbreite in Hz
 Nennausgangssignal ca. 1,2 mV/V
 Brückenspeisespannung 5 V

$$e_n \approx 5nV \cdot \sqrt{B} / \sqrt{1Hz}$$

$$e_{pp} \approx 20nV \cdot \sqrt{B} / \sqrt{1Hz}$$

Grenze der Auflösung
300.000 d

T12: 19 Bit = 524 288 Digit -> Ausgang 1 000 000 Digit

Berührungslose Signalverarbeitung – notwendige Komponenten

a. Auf dem Rotor

Spannungsversorgung der Wheatstone Brücke

Messverstärker

U/f Wandler

Übertrager

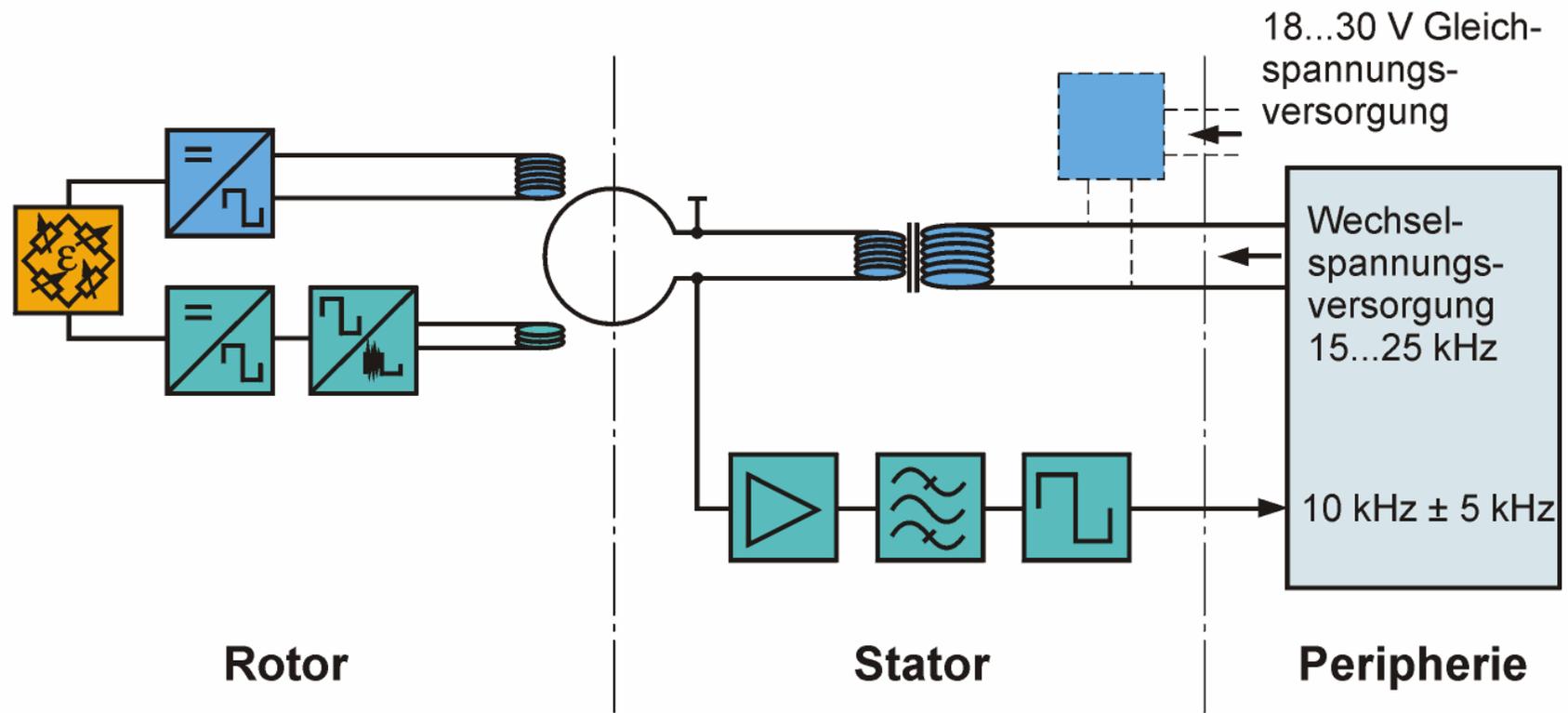
b. Auf dem Stator

Energieversorgung

Empfänger

Endstufe (Option)

Berührungslose Übertragung bei T10-Familie



Grenzen der analogen Verstärker

**Gleichspannungsmessverstärker überträgt Thermospannungen
Mehrstufige Verstärker ? erzeugen und verstärken 50Hz Rauschen**

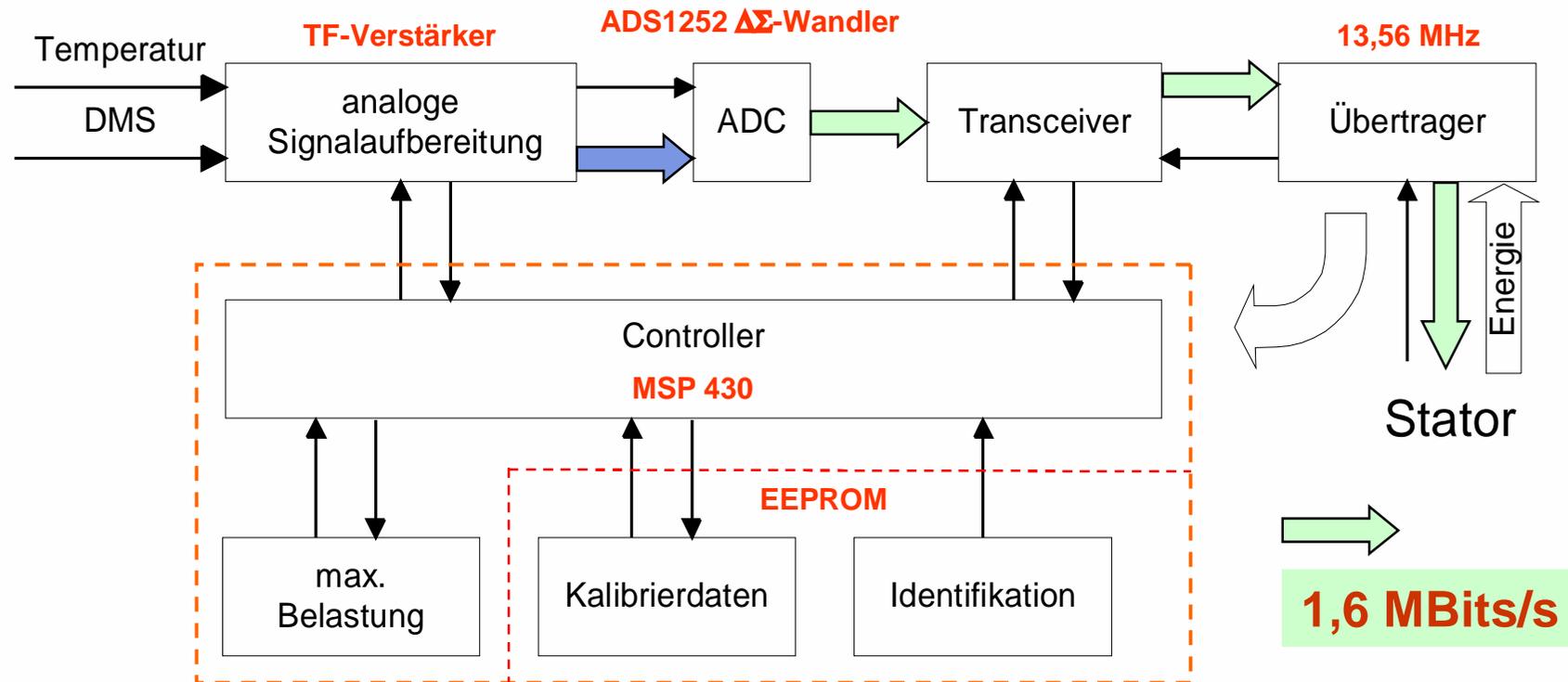
Beispiel: TK0 ? T10FS 0,03%/10K

Ausnutzung der Rotorfähigkeiten nur durch digitale Elektronik

**TF Verstärker ? keine Thermospannungen
Frühzeitige Digitalisierung ? minimale Drift und Rauschen
Digitale Übertragung ? stabile EMV-freie Datenübertragung**

Beispiel: TK0 ? T12 0,01%/10K

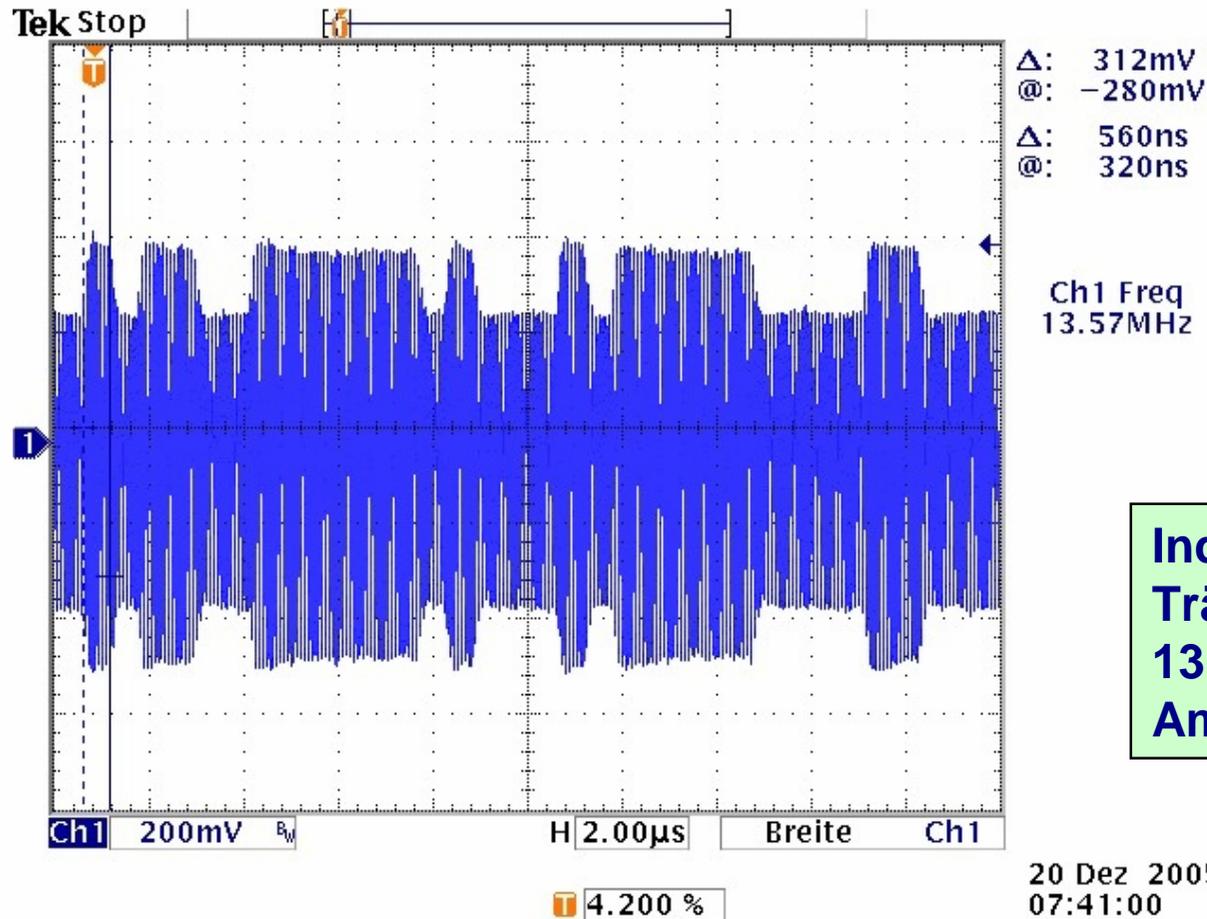
Funktionsstruktur Rotor



- Analoge Signalaufbereitung (DMS Signale, Temperatursignal)
- A/D-Wandler
- AM-Transmitter (analog)

- FM-Receiver (digital)
- Controller / Flash-Speicher
- Energieversorgung

Digitale Übertragung



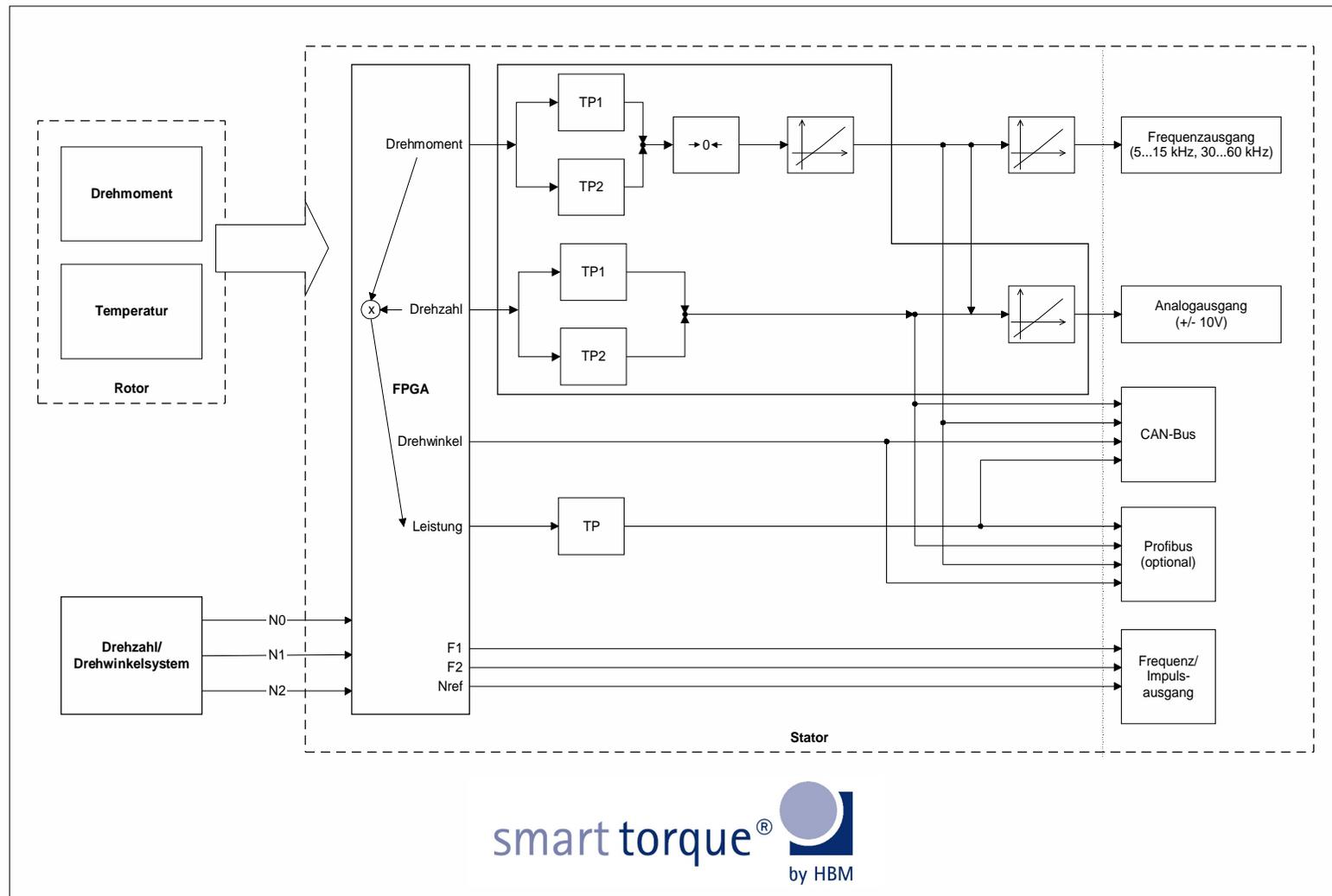
➔ 1,6 MBits/s
➔ 38,4 kS/s
➔ * 19 Bit
+ Hilfskanäle

Induktive Übertragung
Träger (Energie)
13,56 MHz
Amplitudenmoduliert

20 Dez 2005
07:41:00

1 Bit -> 8 Schwingungen

Signalflussplan



Möglichkeiten eines digitalen Konzeptes am Beispiel T12

Kennwerttoleranz $\pm 0,05$ %

Linearitätsabweichung incl. Hysterese $< \pm 0,02$ % ($< \pm 0,01$ %)

Rel. Standardabweichung der Reproduzierbarkeit $< \pm 0,01$ %

Toleranz des Shuntsignals $\pm 0,05$ %

Temperatureinfluss $TK_C < \pm 0,03$ % / 10 K

Temperatureinfluss $TK_N < \pm 0,02$ % / 10 K ($< \pm 0,01$ % / 10 K)

danke...

... für Ihre Aufmerksamkeit

hbm

academy

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH
Im Tiefen See 45
D-64293 Darmstadt

www.hbm.com

Thomas Hesse
Abteilung hb academy
Tel. 0 61 51 / 8 03 - 179
Thomas.hesse@hbm.com



measurement with confidence