

## Applikation einer Drehmoment-Messwelle

### Vorgaben:

Auf einer Antriebswelle sollen Drehmomente bis **1000Nm** erfasst und die Meßergebnisse berührungslos zu einer stationären Auswerteeinheit übertragen werden. Die Drehmomentsignale sollen an der stationären Auswerteeinheit im Spannungsbereich von +/-10Volt zur Verfügung gestellt werden.

Das Nenn-Drehmoment beträgt 1000Nm und die Antriebswelle soll mit Hilfe eines Drehmoment-Prüfstand entsprechend kalibriert werden (Kalibrier-Protokoll).

**Daten der Welle: Hohlwelle, D=60mm, d= 56mm, Länge 700mm, Stahl**



Antriebswelle vor der Applikation

### Arbeitsumfang der Installation:

- DMS-Applikation im Heißklebeverfahren
- Installation der Rotorelektronik (TEL1-PCM-STG) und der Induktionsspule auf der Antriebswelle
- Befestigung der Komponenten auf der Welle
- Kalibration und Parametrierung des Systems

### Verwendetes Telemetriesystem: TEL1-PCM-IND

Drehmoment-Telemetriesystem zur berührungslosen Übertragung von Drehmomenten



1-Kanal Telemetriesystem (SET), mit Rotorelektronik, Induktivkopf, Auswerteeinheit und Installationsmaterial. Die Auswerteeinheit (Decoder) verstärkt das DMS-Signal wählbar um die Faktoren 250, 500, 1000 oder 2000 und gibt das DMS-Signal (Drehmoment) im Spannungsbereich von +/-10Volt wieder.

## Arbeitsschritte:

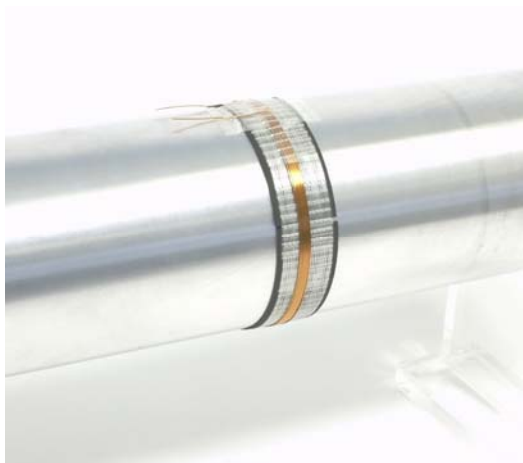
### 1.) Installation der Induktionsspule und Rotorelektronik



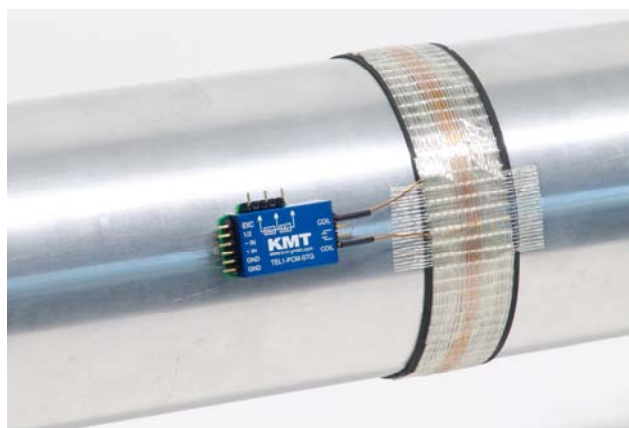
zwei Lagen Ferrit-Tape um die Welle wickeln



5...15 Wdg. Cul-Draht um das Ferrit-Tape wickeln



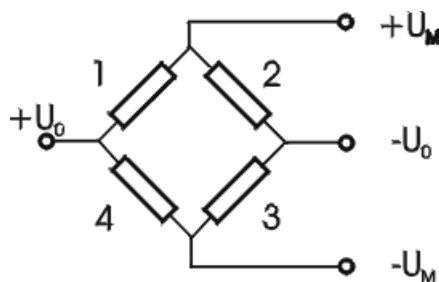
Induktionsspule fertig gewickelt



Rotorelektronik auf der Welle befestigen und mit den Anschlüssen der Induktionsspule verbinden

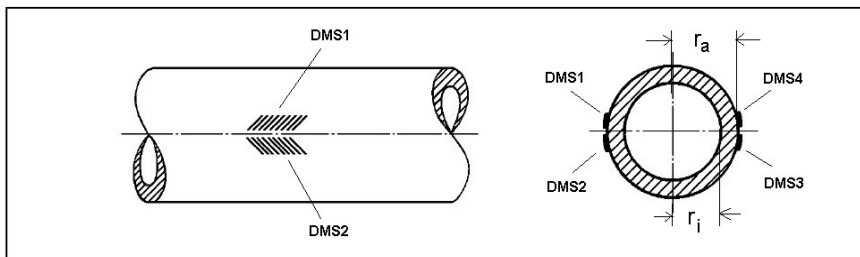
### 2.) DMS-Applikation im Heißklebeverfahren

Das über eine Welle übertragene Drehmoment führt zu einer Verdrehung der Welle. Diese Verdrehung führt zu einer Dehnung an der Wellenoberfläche. Im elastischen Verformungsbereich des Wellenmaterials ist die Dehnung direkt proportional der Belastung. Die Dehnung wiederum lässt sich mit Dehnmessstreifen (DMS) messen.

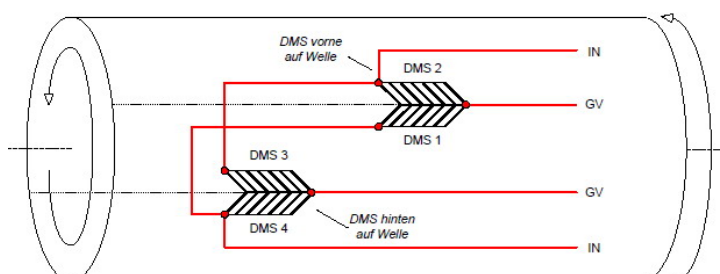


DMS, Wheatstonesche Brücke

Zur Kompensation von Querkräften werden zwei DMS-Halbrücken in Fischgräten-Form verwendet, die gegenüber liegend (um 180° verschoben) auf die Welle geklebt werden.

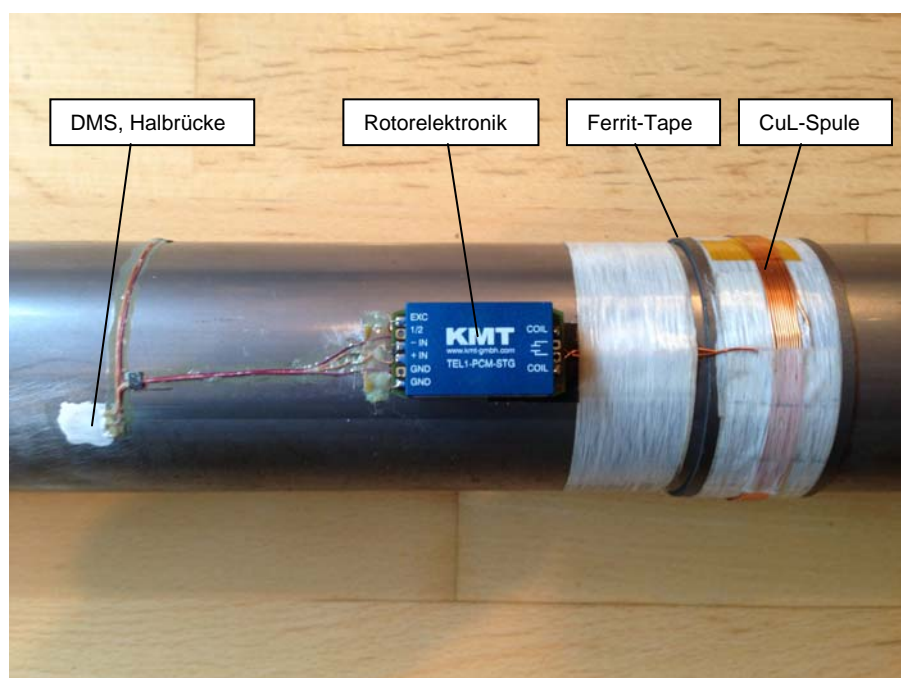


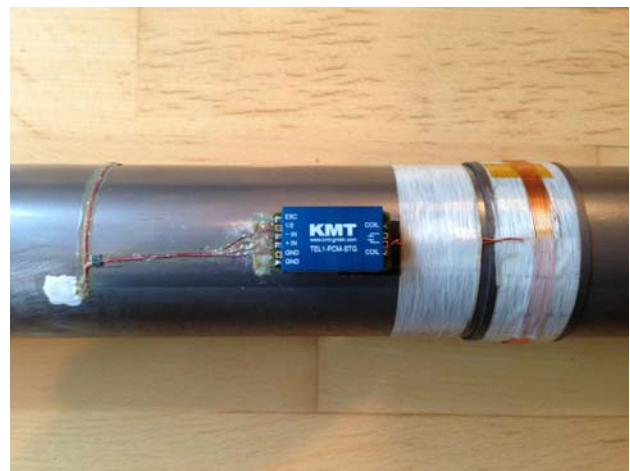
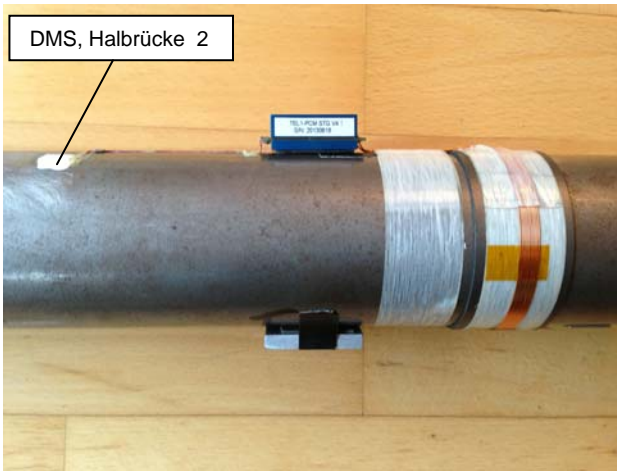
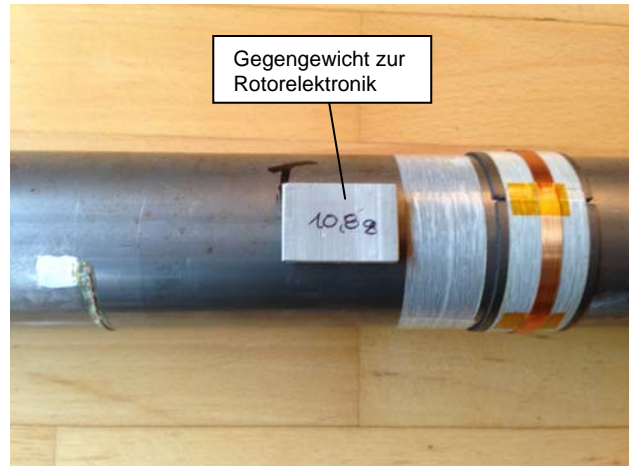
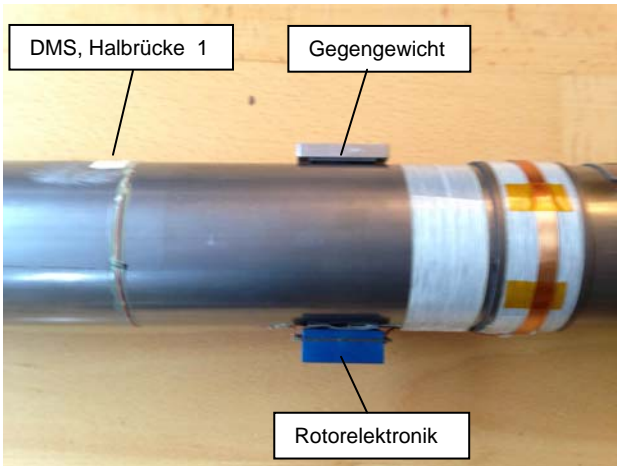
Bei der nachfolgend dargestellten Anordnung und der eingezeichneten Richtung des Drehmoments werden DMS 2 und DMS 4 gesteckt und DMS 1 und DMS 3 gestaucht. Daraus folgt, dass sich die Widerstände in DMS 2 und DMS 4 vergrößern und in DMS 1 und DMS 3 verkleinern.



Die Befestigung der DMS auf der Welle geschieht durch Kleben. Dazu muss die Welle an den Klebestellen gereinigt und vor entfettet werden. Das Material wird aufgeraut, chemisch neutralisiert und die Klebung kann erfolgen. Der Aushärtungsprozess des Klebers wird wesentlich von Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflusst. Dieser ganze Prozess kann durchaus zwei bis drei Stunden in Anspruch nehmen. Für Messstellen, die hohen Temperaturen standhalten müssen, werden heiß klebende Verfahren eingesetzt.

### 3.) Applizierte Messwelle mit Induktionsspule, Rotorelektronik und aufgeklebten DMS (2 Halbrücken)

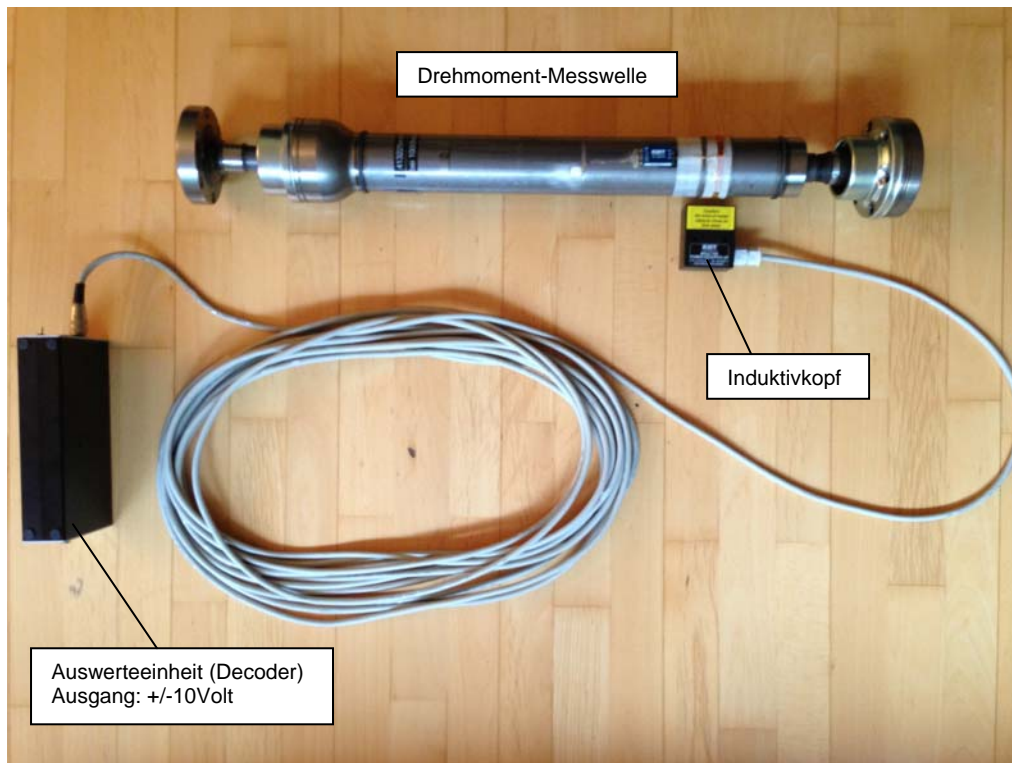




Messwelle mit positioniertem Induktivkopf (Stator), Abstand Spule <-> Induktivkopf 1...2cm

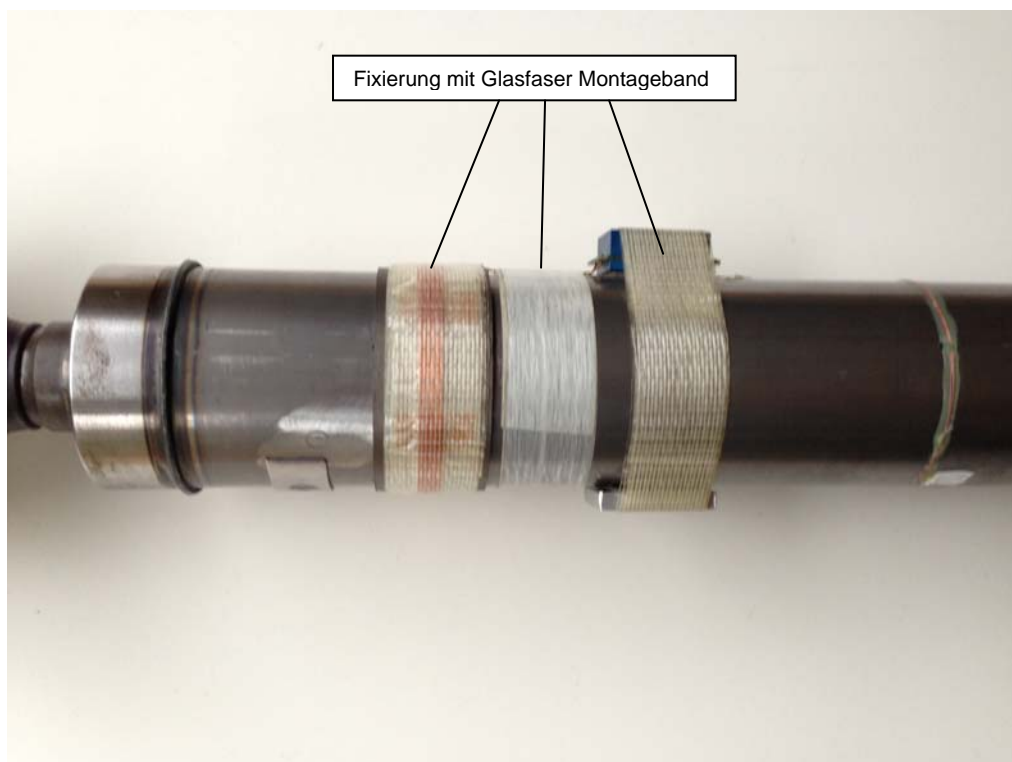


Messwelle mit Induktivkopf, Verbindungskabel und Auswerteeinheit (Decoder)



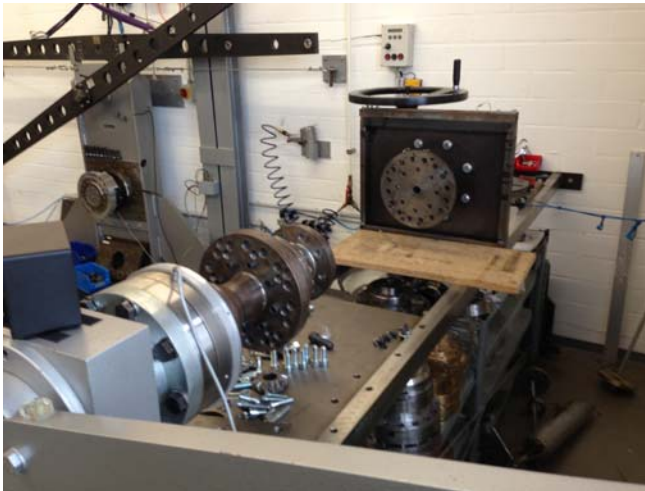
#### 4.) Fertig applizierte Welle vor Inbetriebnahme

Rotorelektronik, Kontergewicht und Induktionsspule werden mit glasfaserverstärktem Montageband auf der Welle fixiert und so gegen Ablösung (Fliehkräfte) gesichert

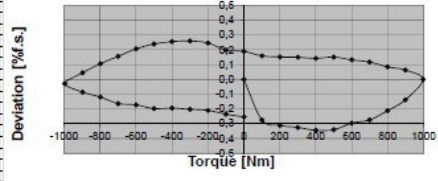


## 5.) Kalibration und Messergebnisse

Zur Kalibration wird die Messwelle mit Hilfe eines Drehmoment-Prüfstandes in einzelnen Schritten bis auf das geforderte Nenn-Drehmoment von +/-1000Nm belastet und die daraus resultierenden Ausgangsspannung an der Auswerteeinheit gemessen und dokumentiert.



28.05.2013		Nennmoment (Nm):	3000	KMT-Messtechnik
Md Referenz Analogspg. (V)	Md Referenz (Nm)	Uout_KMT (V)	Uout_soll (V)	Fehler (%)
0.000	0.00	0.020	0.020	0.000
0.000	100.00	0.537	0.533	-0.774
0.400	200.00	1.094	1.147	-0.311
0.800	300.00	1.651	1.710	-0.325
0.800	400.00	2.215	2.273	-0.344
1.000	500.00	2.775	2.836	-0.340
1.199	599.50	3.347	3.397	-0.295
1.399	699.00	3.914	3.960	-0.279
1.598	799.00	4.485	4.521	-0.211
1.795	898.00	5.055	5.079	-0.139
1.994	997.00	5.626	5.626	0.000
1.795	898.00	5.059	5.079	0.063
1.598	799.00	4.435	4.521	0.085
1.399	699.00	3.980	3.960	0.117
1.200	600.00	3.422	3.400	0.132
1.000	500.00	2.862	2.836	0.151
0.801	400.00	2.300	2.278	0.141
0.601	300.00	1.738	1.713	0.150
0.401	200.00	1.175	1.149	0.154
0.201	100.00	0.613	0.588	0.159
0.000	0.00	0.052	0.020	0.189
-0.199	-99.50	-0.507	-0.540	0.198
-0.400	-200.00	-1.065	-1.107	0.248
-0.600	-300.00	-1.626	-1.670	0.260
-0.800	-400.00	-2.190	-2.233	0.255
-1.000	-500.00	-2.758	-2.798	0.239
-1.199	-599.50	-3.322	-3.357	0.207
-1.398	-699.00	-3.891	-3.917	0.159
-1.597	-798.50	-4.460	-4.478	0.109
-1.795	-897.50	-5.028	-5.038	0.048
-1.993	-996.50	-5.596	-5.593	-0.029
-1.795	-897.50	-5.050	-5.038	-0.086
-1.597	-798.50	-4.498	-4.478	-0.119
-1.398	-699.00	-3.945	-3.917	-0.163
-1.199	-599.50	-3.388	-3.357	-0.173
-0.999	-499.50	-2.827	-2.794	-0.197
-0.800	-400.00	-2.266	-2.233	-0.194
-0.600	-300.00	-1.704	-1.670	-0.202
-0.400	-200.00	-1.142	-1.107	-0.216
-0.200	-100.00	-0.583	-0.543	-0.239
0.001	0.00	-0.020	0.020	-0.283
Verstärkung (Gem): 1000		Steigung (V/Nm):		0,006632889
Temperatur: 22.2°C		Hub (V):		18,988
Luftfeuchtigkeit: 49%				

### Messergebnis

Vorgaben:

- eingestellte Spannungsverstärkung der Auswerteeinheit: Faktor 1000
- DMS-Brücke Versorgungsspannung: 4V

Bei einem Nenn-Drehmoment von 1000Nm und einer eingestellten Spannungsverstärkung von Faktor 1000 ergibt sich an der Auswerteeinheit eine Ausgangsspannung von 5,653Volt.

- Drehmoment +/- 1000Nm liefert ein Ausgangsspannung von +/- 5,653Volt
- Drehmoment 0Nm liefert ein Ausgangsspannung von 0V

Die Empfindlichkeit der DMS-Brücke berechnet sich zu:

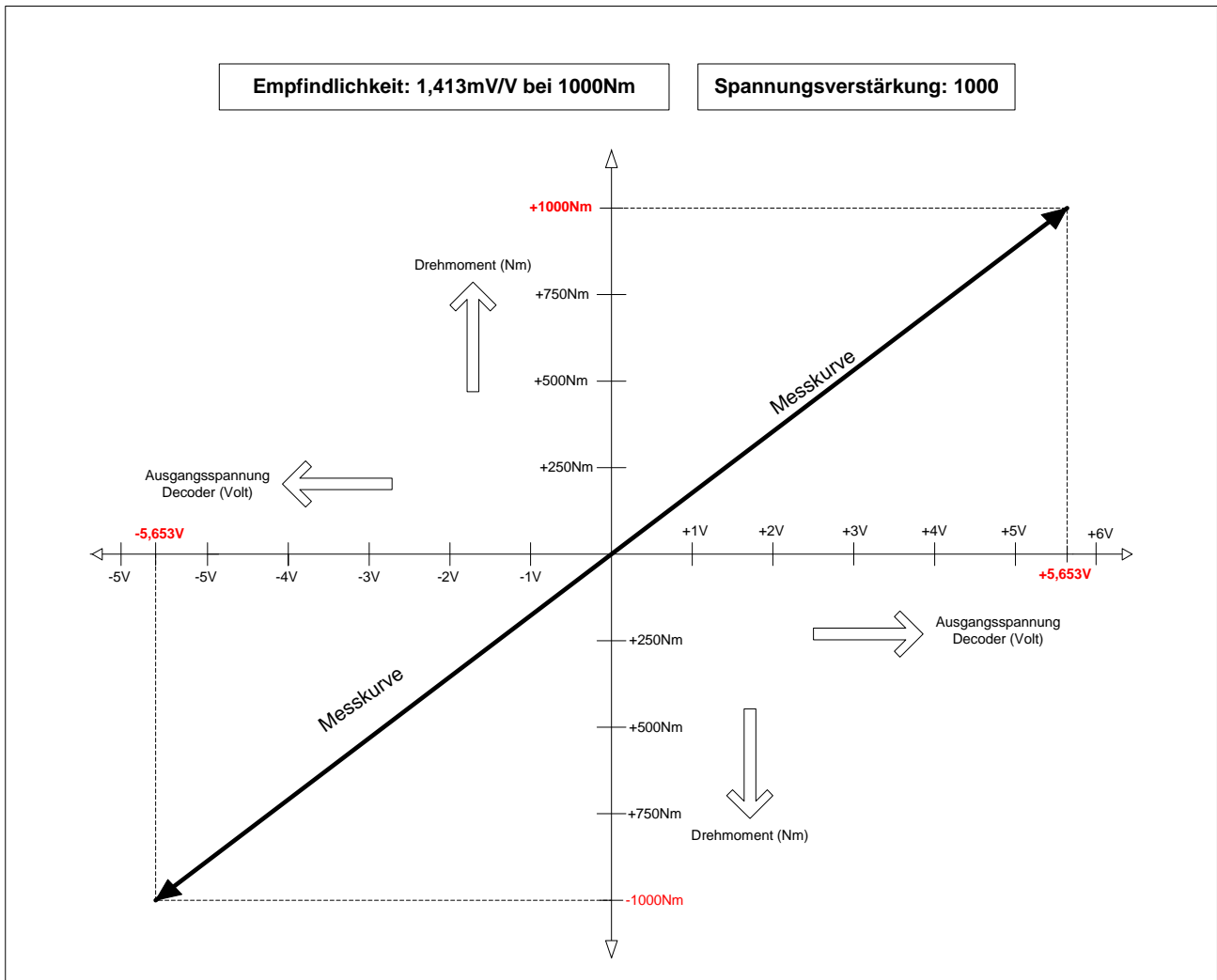
$$\text{Empfindlichkeit} = \text{Meßsignal} / \text{Brücken-Versorgungsspannung} \times \text{Verstärkung}$$

$$\text{Empfindlichkeit} = 5,653\text{V} / 4\text{V} \times 1000 = 1,413\text{mV/V bei } 1000\text{Nm}$$



Die Empfindlichkeit der DMS-Brücke wird als spezifischer Kennwert auf der Welle notiert.

## Übertragungskurve: Drehmoment <-> Ausgangsspannung



### 6.) Inbetriebnahme als Messwelle in Prüfständen, Grundeinstellungen

- a) Induktivkopf (Pick Up) der Telemetrie in Linie vor die Induktionsspule der Welle positionieren.  
 Abstand/Luftspalt zwischen Stirnseite Pick Up und Induktionsspule auf der Welle: ca. 1 cm.



- b) Auswerteeinheit (Decoder) zeigt an der Frontplatte die erfolgte Synchronisation an. Die rote " Sync-Loss"-LED geht aus.
- c) Spannung am Ausgang des Decoders messen. Ohne Drehmoment muß die Ausgangsspannung des Decoders 0,0 Volt betragen. Sollte eine Restspannung angezeigt werden, den Taster "AZ" (Auto Zero) kurz betätigen. Anschließend stellt sich die Ausgangsspannung automatisch auf 0,0 Volt ein und diese Einstellung wird netztausfallsicher im Decoder gespeichert.