

## Hochgenaue Drehmomenterfassung an Serienteilen durch Drift- und E-Modulkompensation – am Beispiel eines Getriebeflansches

### Motivation – Veredelung eines Serienteils

Klimaziele, drohende Fahrverbote, aber auch die zunehmende Wettbewerbssituation unter den Automobilherstellern fordern bei der Neuentwicklung von Fahrzeugen hochpräzise Messmittel zur Optimierung der Antriebseffizienz.

Im ersten Schritt sind diese hochgenauen Messmittel am Prüfstand – häufig nur für Teilbereiche des Antriebsstrangs – im Einsatz. Hier herrschen zunächst noch optimale Bedingungen für die Messung und Identifikation von beispielsweise vermeidbaren Verlusten durch Reibungen, bedingt durch fehlende Schmierung an den Antriebsteilen.

Sowohl die Temperatur- als auch die Platzverhältnisse ermöglichen neben der noch fehlenden Fahrtumgebung oder den möglichen Störfeldern durch einen Elektromotor das Ausmessen der neuentwickelten Antriebseffizienz mit weniger Aufwand.

Nachdem im nächsten Fahrzeugentwicklungsschritt alle Komponenten zusammengeführt wurden, ist allerdings der dynamische Leistungsflusswert an Eingang und Ausgang jeder Komponente als Einzelwert nur noch unzureichend, um letzte Prozentpunkte der Antrieboptimierung zu identifizieren. Hierzu müssen Messpunkte im zusammengebauten Fahrzeug unter realen Fahrbedingungen implementiert werden.

Ein zentrales Element zur Bestimmung der Gesamtantriebseffizienz stellen neben den Seitenwellen die Getriebeflansche dar. Entscheidender Vorteil der Getriebeflansche gegenüber den Seitenwellen ist die höhere erreichbare Messgenauigkeit aufgrund des besseren Werkstoffes und dessen Dauerfestigkeit. Ein „Schwimmen“ des Nullpunktes durch kurzzeitige Überlastspitzen, wie es bei Seitenwellen bekannt ist, gibt es hier nicht.

Damit stellt der Seriengetriebeflansch am Ausgang des verlustbehafteten Getriebes als Verbindungselement zu den Antriebswellen das ideale Messinstrument zur Optimierung bei der Fahrzeugneuentwicklung dar.

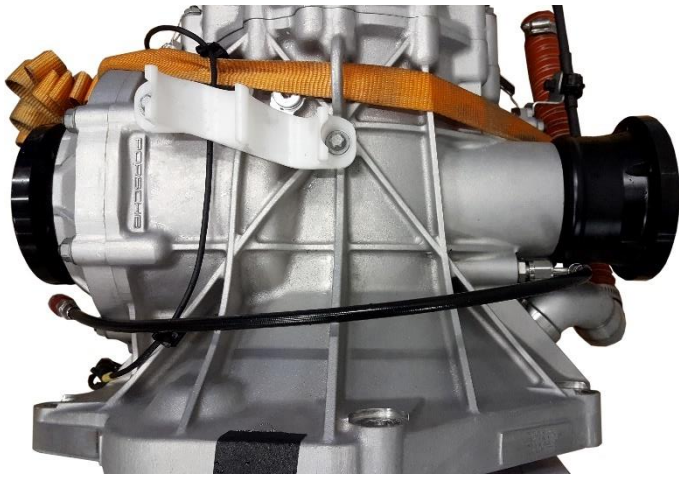


Abbildung 1: Getriebe



Abbildung 1: Kompensierter Getriebeflansch mit induktiver Versorgungsantenne (weitere Miniaturisierung der Antenne möglich)



Abbildung 3: Applizierter Getriebeausgangsflansch (Messbereich 3000 N·m)

## Herausforderungen

Die Messung am Serienteil Getriebeflansch im realen Fahrzeugbetrieb unter anspruchsvollen Dauertests stellt wiederum besondere Ansprüche an die Messtechnik.

Zum einen sind bei Anwendungen im realen Fahrzeugbetrieb Messtechnikkomponenten zu verwenden, welche den hohen Umwelтанforderungen und Platzverhältnissen entsprechen:

- Verstärkertechnologie mit mindestens zwei hochgenauen Messkanälen je Messstelle: DMS- und Temperaturmesskanal
- Intelligente Verstärkertechnik mit Nullpunktjustierbarkeit und integriertem Health Monitoring des Systems
- Messsignal mit hoher 16 Bit Auflösung, hoher Abtastrate und für die Dynamik ausreichende Übertragungsbandbreite (Standard 1 kHz)
- Vibrationsfeste und drehzahlfeste Komponenten mit flexiblem, miniaturisiertem Formfaktor sowie hoher Temperaturfestigkeit
- Zuverlässige induktive Übertragungstechnik, ungestört durch EMV-Quellen

Obwohl der Getriebeflansch als Originalteil nicht die optimalen Werkstoffeigenschaften in Bezug auf die Messaufnehmerqualität, verglichen mit einem Prüfstands-aufnehmer, besitzt, ist er besser geeignet als die Serienseitenwellen. Dennoch kommt es gerade nahe am Getriebe ohne entsprechende Maßnahmen durch die hohe Temperaturentwicklung zu großen Messfehlern. Unter realen Umweltbedingungen wird je nach Fahrzeugtyp in einem Temperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$ ... $+150^{\circ}\text{C}$  gemessen.

Sowohl der übliche nichtlineare Nullpunktsdrift als auch die E-Moduländerung (Änderung der Materialsteifigkeit) über der Temperatur sind an einem zum Drehmomentaufnehmer veredelten Serienteil zu kompensieren. Nur so kann der Anspruch an die Messgenauigkeit über den gesamten Fahrbetriebstemperaturbereich sichergestellt werden und damit mit hoher Genauigkeit beispielsweise Reibleistungsverluste erfasst werden.

Ohne Kompensationsmaßnahmen, muss man resultierend aus diesen Effekten, mit erheblicher Messwertabweichung rechnen. Da sich beide Messfehler nicht linear verhalten, sind generelle Kompensationsmethoden bei hochgenauen Messungen unzureichend.

## Lösung

Für die Herstellung eines hochgenauen Messgliedes aus einem Serienteil wie dem Getriebeflansch hat die Firma MANNER neben der benötigten robusten, hochgenauen und miniaturisierten induktiven Messtechnik mit Dauerfestigkeit zwei Kompensationsverfahren entwickelt.

Um den Nullpunktsdrift zu kompensieren, werden die Nullpunkt-ablagen mit einem bestimmten Verfahren erfasst und im Rotormessverstärker (Sensor-signalverstärker) hinterlegt. Der Sensor-signalverstärker führt dann in Echtzeit die Korrektur der Nullpunkttemperatur-ablagen, bedingt durch die Umgebungstemperaturänderung durch.

Alleine durch diese Kompensation kann der Messfehler je nach Stahlqualität signifikant reduziert werden.

Bei noch höheren Anforderungen an das Messglied kann zusätzlich die Kompensation des E-Modulfehlers durchgeführt werden. Hierfür hat die Firma MANNER einen Echtzeit-Signalprozessor entwickelt, der aus mehreren erfassten Größen wie beispielsweise dem Drehmomentwert und der Aufnehmertemperatur sowie dem entsprechenden Verfahren den realen Drehmomentwert errechnet. Das entwickelte mathematische Verfahren erlaubt anschließend eine hochpräzise Korrektur.

Durch den Einsatz beider Korrekturverfahren können Drehmomentaufnehmer realisiert werden, die über den gesamten Umgebungstemperaturbereich konstante **Messwerte mit einer Messgenauigkeit von 0,05 %** liefern.

Neben dem hier vorgestellten Getriebeflansch bietet die Firma MANNER auch die Veredelung anderer Serienteile an. Sowohl Getriebeeingangswellen, Flexplates als auch Seitenwellen können durch unser messtechnisches Know-How und die Kompensationsmethoden zu hochgenauen und dauerfesten Messmitteln veredelt werden.



MANNER Sensortelemetrie GmbH  
Eschenwasen 20  
78549 Spaichingen

Tel.: +49 7424 93 29-0  
Fax: +49 7424 93 29-29  
[info@sensortelemetrie.de](mailto:info@sensortelemetrie.de)  
[www.sensortelemetrie.de](http://www.sensortelemetrie.de)