



# FUNKTIONSWEISE UND ARTEN DER DREHMOMENTERFASSUNG



MagneticSense

<b>1</b>	<b>DREHMOMENT UND DREHZAHL ALS EINGANGSGRÖSSE</b>	
	Einleitung	04
	Drehmomentmessung am Beispiel E-Bike	05
	Drehzahlmessung	05
	Der integrierte Drehmomentsensor	06
<b>2</b>	<b>DREHMOMENTERFASSUNG IN SERIENANWENDUNGEN</b>	
	Dehnungsmessstreifen auf der Messwelle	08
	Dehnungsmessstreifen Messflansch	08
	Passiver magnetostriktiver Drehmomentsensor	09
	Aktive magnetisch induktive Drehmomentsensoren	10
<b>3</b>	<b>FAZIT</b>	<b>11</b>



**Kontaktieren Sie uns online!**  
Schreiben Sie uns eine Email unter [info@magnetic-sense.de](mailto:info@magnetic-sense.de) oder folgen Sie uns auf diesen Social Media Plattformen:

- [twitter.com](#)
- [facebook.com](#)
- [xing.com](#)
- [linkedin.com](#)



## 08 DREHMOMENTMESSUNG AM BEISPIEL E-BIKE

In der anspruchsvollen Regelung des Antriebs eines E-Bikes geht es nicht nur um die Leistung und den Fahrkomfort. Auch die Sicherheit des Fahrers muss gewährleistet werden.



## 08 MAGNETISCH INDUKTIVER DREHMOMENTSENSOR

Aufbauend auf dem Prinzip der passiven magnetischen Drehmomentsensoren gibt es die aktiven magnetisch induktiven Drehmomentsensoren.

Hier eine Vorschau auf die Highlights aus den Themengebieten E-Bike, integrierter Drehmomentsensor und magnetisch induktiver Drehmomentsenor.

## Drehmoment und Drehzahl als Eingangsgröße

### Einleitung

Ein guter Vorgesetzter ist sich bewusst, dass die Leistung seiner Gruppe ausschlaggebend für den Erfolg ist und nicht die Arbeit. Leistung ist Arbeit pro Zeit und damit die überhaupt wichtigste Kenngröße. Dies gilt nicht nur für Unternehmen, sondern auch für viele mechanische Anwendungen.

In vielen Anwendungsspezifikationen, in denen sich Antriebswellen bewegen, ist es erforderlich das Drehmoment zu ermitteln und als Stellgröße für Regelungen zu verwenden. Das Drehmoment alleine ist allerdings oft nicht aussagefähig, da die dazugehörige Drehzahl einen maßgeblichen Anteil an der Leistung des Systems hat.

$$P = W/t$$

### Drehzahlmessung

Für die Drehzahlmessung gibt es viele verschiedene Möglichkeiten, die sich bereits seit Jahren in verschiedenen Anwendungen etabliert haben. Die herkömmlichsten Methoden sind

- Wirbelstrommessung einer Textur auf der Welle oder eines Zahnkranzes
- Hallsensormessung einer Textur auf einem magnetischen Band

Diese Methoden beruhen auf einer inkrementellen Methode. Eine weitere Methode die Drehzahl zu messen, ist über die Winkelgeschwindigkeit, d.h. die Winkeländerung pro Zeit. Absolute Winkelsensoren werden in den meisten Fällen jedoch nicht eingesetzt, da die Umsetzung als sehr kostenintensiv gilt. Daher wird die Winkelmessung häufig mit inkrementellen Winkelmessungen umgesetzt. Diese Umsetzung ist ausreichend, wenn es darum geht nur die Drehzahl zu ermitteln.



"Die Regelung der Unterstützung durch den Elektromotor basiert auf der Leistung..."

### Drehmomentmessung am Beispiel E-Bike

Ein gutes Beispiel für die Notwendigkeit der Leistungsmessung ist das E-Bike oder Pedelec. Die Regelung der Unterstützung durch den Elektromotor basiert auf der Leistung und nicht auf der Arbeit. Für das E-Bike ist diese Anforderung zum Teil Komfort für das Regelungsempfinden des

Fahrers, aber auch eine Sicherheitsanforderung. So darf z.B. das E-Bike nicht losfahren, wenn es an der Ampel steht und der Fahrer in die Pedale tritt und damit ein Drehmoment auf die Welle aufbringt.

## Der integrierte Drehmomentsensor

Die Firma Magnetic Sense hat eine Technologie entwickelt, die es ermöglicht einen Drehmomentsensor mit einem absoluten Winkelsensor zu kombinieren und als integrierte Sensorlösung anzubieten. Diese Sensorlösung erlaubt es nicht nur das Drehmoment, die Drehzahl und die Leistung zu ermitteln, sondern kann auch

die absolute Winkelposition ermitteln. Die absolute Winkelposition kann z.B. bei einer E-Bike Anwendung dazu verwendet werden, die Pedalstellung des Nutzers zu ermitteln und in die Regelung zu implementieren und so den Fahrkomfort zu steigern.



### Vorteile des Drehmomentsensors

- ✓ Kontaktloses Messprinzip
- ✓ Unempfindlich gegenüber mechanischer Überlast
- ✓ Digitales literarisiertes Ausgangssignal
- ✓ Robust gegenüber Störfeldern
- ✓ Keine mechanische/ magnetische Bearbeitung der Messstelle notwendig
- ✓ Keine spezifischen Anforderungen an das Material der Welle
- ✓ Keine Alterungseffekte

## Drehmomenterfassung in Serienanwendung

Viele verschiedene Sensoren haben sich in unseren Anwendungen manifestiert und sind nicht mehr wegzudenken. Es gibt jedoch in verschiedenen Bereichen noch nicht gelöste Aufgaben. So ist in der Medizintechnik die nicht invasive Erfassung von Blutdruckdaten ein bisher unzufrieden stellend gelöstes Problem.

Im Bereich von Industrieanwendungen gilt die Drehmomentmessung als Königsdisziplin für die Sensorik. Es gibt verschiedene Lösungen mit unterschiedlichen Ansätzen, um das Drehmoment zu messen. Im Folgenden gehen wir auf die verschiedenen Möglichkeiten näher ein.



"Im Bereich von Industrieanwendungen gilt die Drehmomentmessung als Königsdisziplin für die Sensorik."

## Dehnmessstreifen auf der Messwelle

Der Dehnmessstreifen wird seit 40 Jahren kontinuierlich weiterentwickelt und hat seine Produktreife in verschiedenen Einsatzgebieten erreicht. Die Drehmomentmessung mittels DMS ist in vielen Bereichen etabliert, dazu wird der DMS auf die Messwelle geklebt, um dort die Kraftwirkung auf die Messwelle durch eine Veränderung des Widerstandes zu messen. Um mit dieser Messmethode gute Messresultate zu erzielen, ist eine sehr genaue Ausrichtung des DMS in Bezug auf die Drehrichtung der Messwelle notwendig. Zusätzlich gilt die Schnittstelle zwischen dem DMS und der Messwelle als kritische Stelle, da der Kleber die physikalische Verdrehung der Welle auf den DMS überträgt. Verändert sich diese

mechanische Kraftübertragung aufgrund von Alterungseffekten des verwendeten Klebers findet das Auswirkungen auf die Qualität des Messsignals. Außerdem muss die Spannungsversorgung für den DMS und die Signalerfassung als elektrische Schnittstelle über die rotierende Welle übertragen werden. Dazu können entweder Schleifkontakte oder sogenannte Telemetriesysteme verwendet werden, die mittels drahtloser Übertragung die erfassten Messdaten übermitteln und gleichzeitig notwendige Energie für den DMS zur Verfügung stellen. Diese Drehmomentsysteme haben eine hohe Präzision sind aber in der Anschaffung und Unterhalt sehr teuer was wiederum ein Hindernis für den hochvolumigen Einsatz in der Serie darstellt.

## Dehnmessstreifen Messflansch

Neben der direkten Applikation des DMS auf die drehende Welle, gibt es Systeme bei denen ein DMS Messflansch zum Einsatz kommt. Der DMS Messflansch wird zwischen zwei Wellenenden fest montiert und liegt somit im Kraftfluss der Übertragungswelle. Um diesen DMS Messflansch zu integrieren, ist es notwendig dass die verwendete Welle unterbrochen wird und die Messwelle mit Anschlussnuten versehen ist. Dies bedeutet einen sehr großen Aufwand für die Integration des Drehmomentsensors. Weiterhin stellt diese Messmethode hohe Anforderungen an die Parallelität von Messflansch und Messwelle, da bereits geringe Abweichungen zu Querbelastungen führen können, die das Drehmomentsignal bereits signifikant verfälschen.

Trotz der etablierten Technologie und den präzisen Messungen, die hier ermöglicht werden, stellt der Integrationswand und der notwendige Platzbedarf jede Anwendung vor eine Herausforderung. Zusätzlich sind die Systeme sehr aufwändig hergestellt, was den Einsatz in einer Serie aufgrund der hohen Stückpreise uninteressant macht.

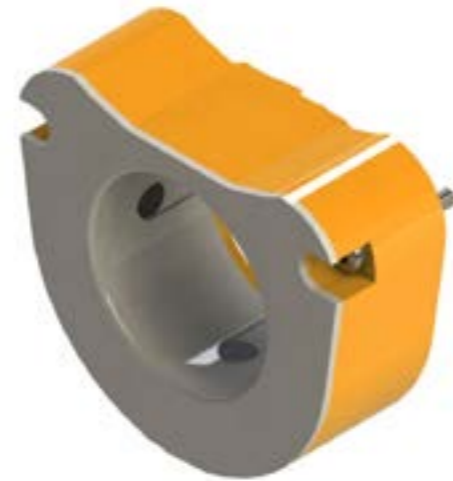
## Passiver magnetostriktiver Drehmomentsensor

Eine Technologie, die es seit ca. 15 Jahren gibt, deren verwendeter Messeffekt allerdings bereits einige Jahrhunderte bekannt ist, ist die Drehmomentmessung mittels Magnetostriktion. Bei dieser Technologie wird ein bei ferromagnetischen Materialien vorhandener Effekt ausgenutzt, der dazu führt, dass es einen Zusammenhang gibt zwischen dem Volumen und der makroskopischen Magnetisierung eines Materials. Durch die Einwirkung von Drehmomenten auf eine ferromagnetische Welle ändern sich deren Volumen und damit die makroskopische Magnetisierung. Die Veränderung der Magnetisierung kann durch den Einsatz von GMR (Giant Magneto Resistance), Flux Gates oder Hall Sensoren gemessen werden. Um diesen sehr kleinen Messeffekt in eine robuste Anwendung zu überführen, werden die Wellen vormagnetisiert. Diese Vormagnetisierung führt dazu, dass die Messsignale größer werden und damit ein verbessertes Signal zu Rauschverhalten erwartet

werden kann. Mit dieser Messmethode existiert die Möglichkeit kontaktlos an der Welle Drehmomente zu messen. Durch den Einsatz von Magnetfeldsensoren und die sehr kleinen Signalpegel sind diese Drehmomentsensoren leider sehr anfällig auf Störeinflüsse von außen. So können bereits kleinste Änderungen des Erdmagnetfeldes oder durch einen Elektromotor erzeugte Magnetfelder das Messsignal verändern, d.h. der Aufwand der gemacht werden muss, um das Sensorsignal vor Störeinflüssen zu schützen ist sehr groß. Eine zusätzliche Herausforderung ist die Magnetisierung der Welle. Diese basiert auf einer umständlichen Methode, da die Welle in verschiedene Magnetmuster eingeteilt werden muss, d.h. der Prozess dafür ist sehr aufwändig. Eine weitere Herausforderung ist die Alterung bzw. zeitliche Veränderung des Magnetfeldes. Eine zeitliche Abschwächung des Magnetfeldes führt zu einer Veränderung der Sensitivität und damit zu einem Fehler im Signal.

## Aktive magnetisch induktive Drehmomentensensoren

Aufbauend auf dem Prinzip der passiven magnetischen Drehmomentsensoren gibt es die aktiven magnetisch induktiven Drehmomentsensoren. Diese Technologie basiert darauf, dass die Messung der Magnetostriktion nicht bei einer bereits vormagnetisierten Welle geschieht, sondern das Magnetfeld bei jeder Messung aktiv erzeugt, in die Welle eingekoppelt wird und die resultierenden Magnetfelder gemessen werden. Auch bei dieser aktiven Magnetisierung der Welle muss das verwendete Material ferromagnetischer Basis entsprechen. Der Vorteil dieser ständigen Aufmagnetisierung der Welle ist, dass das Magnetfeld nicht altert und der Sensor eine Information über die Magnetfeldstärke hat. Durch diese aktive Magnetisierung sind die magnetischen Flüsse deutlich größer und damit das resultierende Signal zu Rausch Verhalten sehr viel besser. Dies trägt wesentlich zu einer Störuneempfindlichkeit bei. Auch kann mit dieser aktiven Magnetisierung und z.B. mit einem Ferrit ein räumlich und



zeitlich sehr definiertes Magnetfeld in die Welle eingepreßt werden. Diese Form der Drehmomentmessung ist wie die passive Technologie berührungslos und kann auf sehr engem Bauraum in eine Kundenanwendung integriert werden. Durch den Einsatz von einer hoch integrierten Schaltung und Planarspulen als Induktivität entsteht ein sehr robuster und zuverlässiger Sensor.

## Fazit

Es gibt weitere Methoden um Drehmomente an rotierenden Wellen zu messen, die jedoch noch in ihren technologischen Kinderschuhen stecken und hier nicht erwähnt werden. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die herkömmlichen Drehmomentsensoren auf Basis von Dehnungsmessstreifen ihre Einsatzberechtigung haben, wenn es darum geht sehr präzise zu messen, wie z.B. in Prüfstandsanwendungen. Für Serienanwendungen ist der Einsatz von Drehmomentsensoren auf magnetischer Basis sicherlich der richtige Ansatz. Hierbei hat der Einsatz von aktiven magnetisch induktiven Drehmomentsensoren deutliche Vorteile in Bezug auf Robustheit und die Integration in Kundenanwendungen.

Magnetic Sense GmbH  
Kelterstraße 59  
72669 Unterensingen

+49 7022 40590 0  
+49 7022 40590 29  
info@magnetic-sense.de