

Mit dem neuen Drehmomentsensor DR-2554 von Lorenz Messtechnik ist es gelungen, diese Eigenresonanz um mehr als den Faktor 3 zu vergrößern.

Drehmomentaufnehmer in Kupplung integriert:

Eigenresonanz um Faktor 3 vergrößert

Die Eigenresonanz des mechanischen Aufbaus einer Drehmomentmesseinrichtung gehört zu den wichtigen, dynamischen Eigenschaften der Messanordnung. Mit dem neuen Drehmomentsensor DR-2554 von Lorenz Messtechnik ist es gelungen, diese Eigenresonanz um mehr als den Faktor 3 zu vergrößern, wodurch dynamische Messungen mit noch höherer Präzision möglich werden. Dies wurde durch eine konsequente Weiterentwicklung der Drehmomentsensoren und eine enge Zusammenarbeit mit einem Kupplungshersteller erreicht. Zusätzlich ergab sich eine große Flexibilität bei den Adaptionmöglichkeiten – bei gleichzeitig kurzer Bauweise.

In der Drehmomentmesstechnik werden sehr häufig dynamische Messungen durchgeführt. Hierbei ist zu unterscheiden, ob die Anregung des Drehmoments periodisch erfolgt, oder ob es sich um einen einmaligen Vorgang handelt. Typische, periodische Drehmomentverläufe werden bei Kolbenmotoren, Pressen, Zahnstößen in Getrieben, Asynchronmotoren usw. beobachtet. Die Drehmomentverläufe bei Anfahr- und Bremsvorgängen sind Vertreter für nichtperiodische Anregungen.

Bei periodischen Verläufen zeigt der Drehmomentaufnehmer, zusammen mit den an ihn montierten Teilen, die Eigenschaften eines mechanischen Schwingkreises, mit einer Überhöhung der Amplitude in der Resonanzfrequenz. Folge daraus ist, dass die Anregungsfrequenz nicht gleich der Eigenresonanz der Anordnung sein darf, da durch die geringe Dämpfung des Messaufbaus mit starken Überhöhungen des Drehmoments gerechnet werden muss. Bei einer Anregungsamplitude nahe dem Nenndrehmoment können somit Drehmomente entstehen, die Teile im Wellenstrang beschädigen. Ein schnelles Durchfahren der Eigenresonanz ist aber durchaus möglich, denn das System hat keine Zeit, um die Amplitude gefährlich ansteigen zu lassen.

Weiter gilt es zu beachten, dass jede periodische Anregung mithilfe einer Fourierreihe in diskrete, sinusförmige Frequenzteile

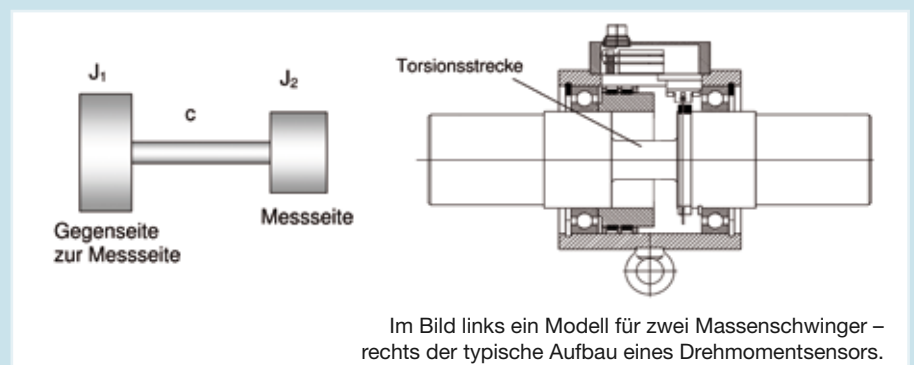
zerlegt werden kann. Die Frequenzen der Sinusschwingungen sind dabei ein Vielfaches der Grundfrequenz. Ein Vertreter für nichtperiodische Signale ist beispielsweise die Sprungfunktion. Eine sprungförmige Änderung des Drehmomentes bewirkt eine Schwingung mit der Eigenresonanz des mechanischen Aufbaus. Die Amplitude der Schwingung ist abhängig von der Dämpfung und kann max. den zweifachen Betrag der Sprungamplitude annehmen.

Wir haben also, bedingt durch die Eigenresonanzen des mechanischen Aufbaus, Verfälschungen des Messsignals zu erwarten, denn der Messaufbau wirkt wie ein mechanischer Tiefpass. Unterhalb der Eigenresonanz werden die Drehmomentamplituden sehr gut gemessen. Im Resonanzbereich sind starke Überhöhungen zu erwarten und bei größeren Drehmomentamplituden ist mit der Beschädigung von Teilen zu rechnen. Oberhalb

des Resonanzbereichs erhält man geringere Messwerte. In der Praxis ist deshalb eine möglichst hohe Eigenresonanz des Sensors erwünscht.

Bestimmung der Eigenresonanz

Im einfachsten Fall kann ein Drehmomentsensor als Schwinger mit einer Drehfeder, an deren beiden Enden je eine Masse befestigt ist, betrachtet werden. Es ist zwischen Messseite und Antriebsseite (Gegenseite zur Messseite) zu unterscheiden. Das





Massenträgheitsmoment J eines Körpers stellt seinen Widerstand gegen Drehbeschleunigungen dar. Zwischen den beiden trägen Massen befindet sich der Torsionskörper, der hauptsächlich zur elastischen, federnden Wirkung beiträgt. Für ihn ist die Federkonstante c das entscheidende Maß. Zur näherungsweisen Berechnung der Eigenresonanz werden die Massen den beiden Seiten der Torsionsstrecke zugeordnet.

Die Torsionseigenresonanzfrequenz der Anordnung berechnet sich damit nach der Gleichung $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{J_1 + J_2}}$. Wir können der Gleichung entnehmen, dass mit der Federkonstanten-größe sich auch die Eigenfrequenz der Messanordnung erhöht. Umgekehrt gilt: Je kleiner das Massenträgheitsmoment wird, umso größer wird ebenfalls die Eigenresonanz. Ein guter Drehmomentsensor hat also einen mechanisch möglichst steifen Aufbau und geringe Massen. Da der Drehmomentaufnehmer über drehsteife Kupplungen in den Wellenstrang eingebaut wird, ist es sinnvoll, in die Betrachtung der Eigenresonanz die verwendeten Kupplungen mit aufzunehmen.

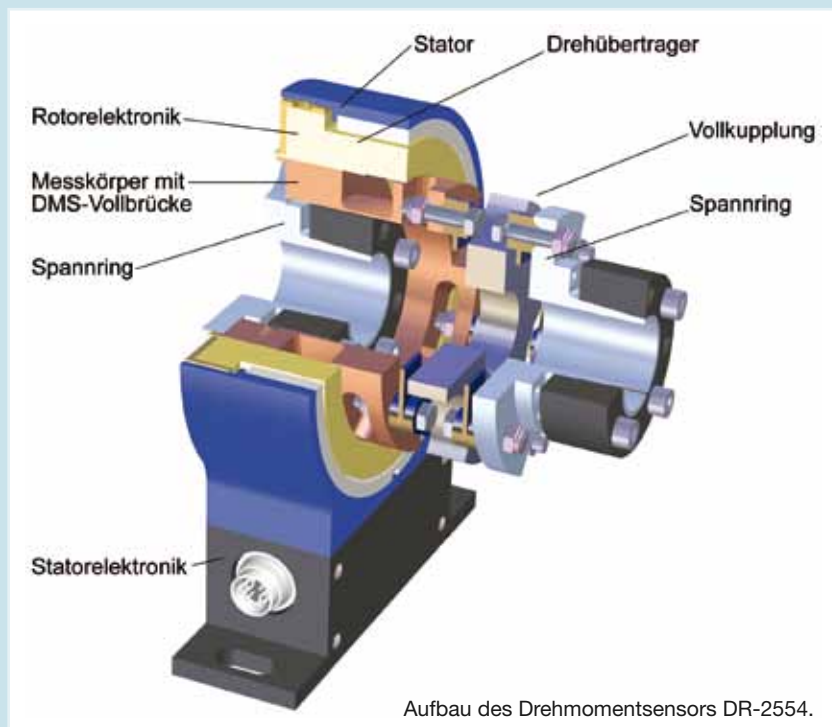
Der von Lorenz Messtechnik (ÖV: Gatterbauer Messtechnik) neu entwickelte Drehmomentsensor wurde zuerst ohne Kupplung und Einspannteile berechnet. Danach erfolgte die Berechnung der empfohlenen Kombination aus Spannabe an der Antriebseite und Vollkupplung mit Spannabe an der Messseite. Zum

Vergleich wurde die Berechnung an einer Kombination mit konventionellem Aufbau aus Drehmomentsensor zwischen zwei Halbkupplungen durchgeführt (Anm.: siehe Box Vergleich mit/ohne Kupplung)

Der Vergleich zeigt, dass der DR-2554 eine mehr als 3-fach höhere Eigenresonanz hat als ein konventioneller Drehmomentsensor – dies gilt sowohl für den Sensor als auch für die Kombination aus Drehmomentsensor mit Kupplungen. Der neue Sensor schiebt also die für dynamische Messungen notwendige, hohe Eigenresonanz zu wesentlich höheren Werten als bei konventionell aufgebauten Drehmomentsensoren.

Aufbau des Drehmomentsensors

Der Aufnehmer besteht aus einem feststehenden Teil, dem Stator, und dem rotierenden Teil, dem Rotor. Im Stator sind die Statorelektronik, die für die Signalübertragung notwendigen Spulen und der Steckverbinder für den elektrischen Anschluss des Sensors untergebracht. Hier finden wir auch den optionalen Drehzahlsensor. Der nicht gelagerte Rotor besteht aus dem Messkörper, auf dem die Vollbrückenschaltung mit Dehnungsmessstreifen appliziert ist. Am Messkörper sind die rotierende Elektronik und der rotierende Teil des Drehübertragers befestigt. An der linken Seite des Messkörpers ist ein Spannring und an der rechten Seite die Vollkupplung befestigt. →



Aufbau des Drehmomentsensors DR-2554.



Software für
Prozess- und
Qualitätsmanagement

www.consense-gmbh.de

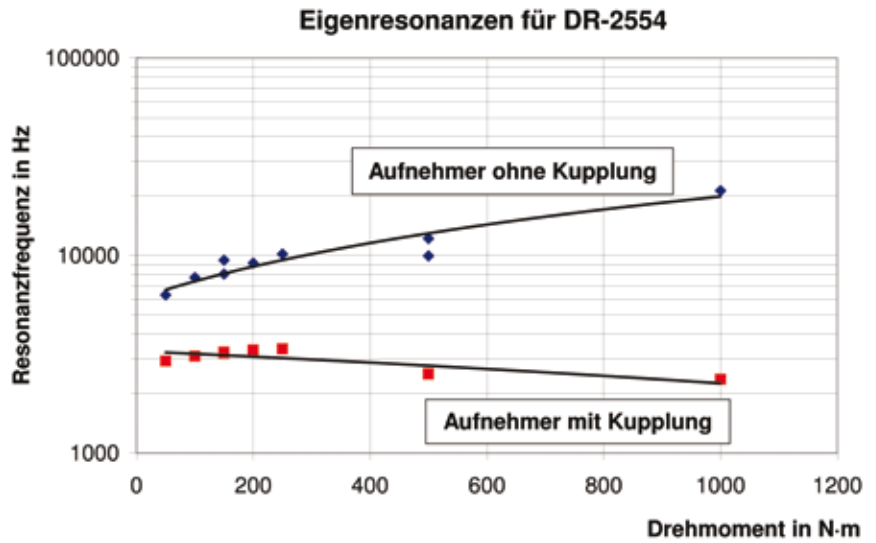
Durch den lagerlosen Aufbau der Messanordnung hat man bei den Messungen mit keiner zusätzlichen Lagerreibung der Drehmomentmesswelle zu rechnen. Jede Reibung – auch die eines Kugellagers – bedeutet eine Verfälschung des Drehmoments und eine zusätzliche Erwärmung des Aufnehmers. Da der Aufnehmer keine verschleißenden Teile beinhaltet, ist er nahezu wartungsfrei. Durch die Verringerung der Anzahl von Teilkomponenten hat der Sensor sehr kleine Einbaumaße. Das Messelement besitzt eine hohe Messgenauigkeit und hat auch eine sehr große Bohrung, die in Sonderfällen zur Durchführung von Leitungen bzw. Schläuchen genutzt werden kann.

Integrierter Messverstärker

Die integrierte Elektronik hat sowohl im Stator als auch im Rotor einen Mikroprozessor mit einem zugehörigen Speicher. Die Messwertaufnahme erfolgt auf dem Rotor mittels Dehnmessstreifen, das Messsignal wird sofort verstärkt und digitalisiert. Dieses digitale Signal gelangt anschließend in einen Prozessor, der es zur Übertragung auf den Stator vorbereitet. Im Stator wird das Datensignal in einem Prozessor für ein Gleichspannungssignal mit $0\text{ V} \pm 5\text{ V}$ oder eine serielle RS 485 Schnittstelle umgesetzt. Versorgt wird der Drehmomentsensor über eine Gleichspannung von 12 V bis 28 V.

Durch die Verwendung von Prozessoren können sowohl auf der Welle, als auch im Stator Seriennummer, Kalibrierwerte, Messbereich, Kalibrierdatum usw. abgespeichert werden, die dann auf Anforderung ausgelesen werden.

Vergleich mit/ohne Kupplung



Aufnehmertyp	Aufnehmer ohne Kupplung	Aufnehmer mit Kupplung
konventioneller Sensor	1 kHz – 6 kHz	300 Hz – 1 kHz
DR-2554	6 kHz – 20 kHz	2,3 kHz – 3,3 kHz

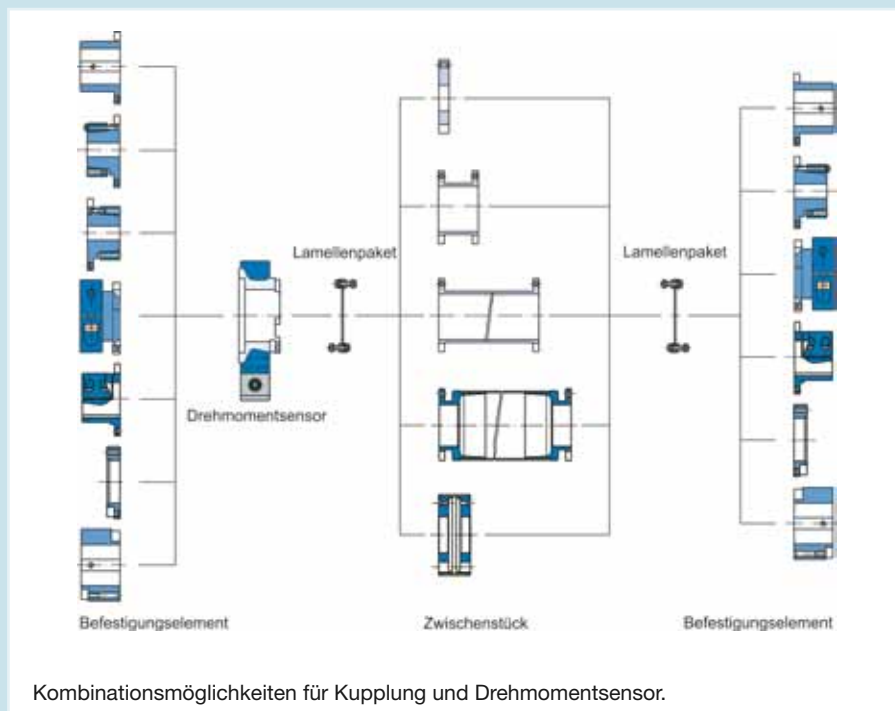
Die Speisung des Sensors erfolgt mittels einer vom Prozessor überwachten Versorgungseinheit, die auch eine Kalibrierkontrolle zur Überprüfung des Sensors aufschalten kann. Durch die Digitalisierung des Messsignals direkt am Entstehungsort und die Abspeicherung und Auslesung von Sensordaten wird eine sehr hohe Betriebssicherheit der Messeinrichtung erreicht.

Kombinationsmöglichkeiten für Kupplungen

Durch die Kombination des Sensors DR-2554 mit der Wellenkupplung Roba-DS aus dem Hause Mayr Antriebstechnik entsteht ein Modul, welches hinsichtlich Leistungsdichte und Marktanforderung dem aktuellen Stand der Technik entspricht.

Über diverse Passfedernaben, Spanning- und Klemmnaben werden neben einer Flanschverbindung sechs verschiedene Welle-Nabe-Verbindungen angeboten. Um neben Axial- und Winkelversätzen auch entsprechende Lateralversätze auszugleichen, wird die Wellenkupplung grundsätzlich in einer doppelkardanischen Ausführung angeboten.

Je nach Ausführung der gewählten Verbindungskomponente können Anforderungen wie kompakte Bauweise, flexible Baulänge, hohe Drehzahl bei kurzer und langer Bauform, geringe Unwuchten sowie Kriechstromisolation erfüllt werden. Mit dieser lagerlosen Drehmomentsensor-Kupplung-Kombination ist es also gelungen, hohe Dynamik mit großer Flexibilität zu verbinden.



Kombinationsmöglichkeiten für Kupplung und Drehmomentsensor.

Gatterbauer Messtechnik
 Fliederstraße 2, A-4621 Sipbachzell
 Tel. +43 7240-8600-0
www.gmt.at