

Professionelle Messtechnik für Drehmoment, Kraft und Wägung



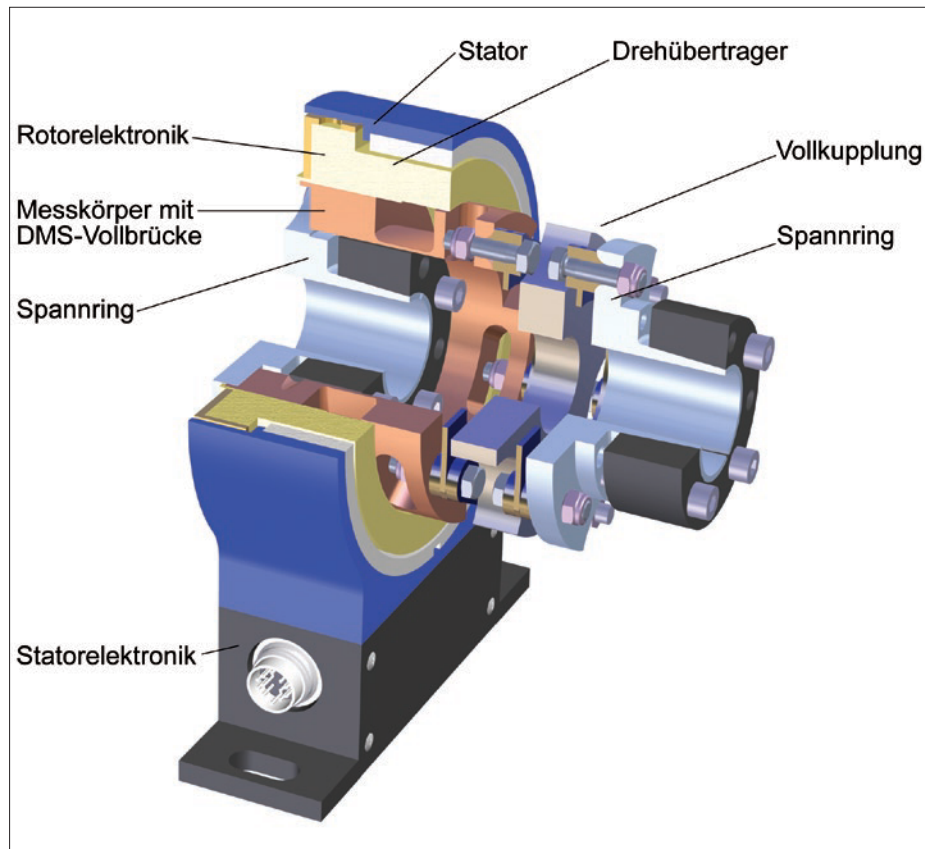
Kalibrierlaboratorium
DKD
DKD-K-37801
Deutscher Kalibrierdienst

Warum sich mit unsicheren Messergebnissen begnügen. In unserem umfangreichen Fertigungsprogramm finden auch Sie den richtigen Sensor. Lassen Sie sich durch unsere Experten beraten, es wird sich für Sie lohnen. Mit einer DKD-Kalibrierung in unserem Kalibrierlaboratorium minimieren Sie die Unsicherheit für Ihre Messergebnisse. Unser Team des DKD Kalibrierlaboratoriums ist auch für die Kalibrierung von Drehmomentsensoren anderer Hersteller vorbereitet.

Besuchen Sie uns im Internet unter:
<http://www.lorenz-messtechnik.de>

Traumpaarung

Drehmomentaufnehmer in Kupplung integriert



1: Aufbau des Drehmomentsensors DR-2554

lich, denn dann hat das System keine Zeit, die Amplitude gefährlich ansteigen zu lassen. Weiter gilt es zu beachten, dass jede periodische Anregung mit Hilfe 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 z. B. 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 maximal den zweifachen Betrag der Sprungamplitude annehmen.

Es sind 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 dagegen starke Überhöhungen zu erwarten und bei größeren Drehmomentamplituden ist mit der Beschädigung von Teilen zu rechnen. Oberhalb des Resonanzbereichs wird dagegen das Drehmoment zu niedrig gemessen. In der Praxis ist deshalb eine möglichst hohe Eigenresonanz des Sensors erwünscht.

Bestimmung der Eigenresonanz

Im einfachsten Fall kann ein Drehmomentensensor, wie in **Bild 2** links dargestellt, als Schwinger mit einer Drehfeder, an deren beiden Enden je eine Masse befestigt ist, betrachtet werden. Es ist zwischen Messseite und Antriebseite (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, welcher hauptsächlich zur elastischen, federnden Wirkung beiträgt. Für ihn ist die Federkonstante c das entscheidende Maß. Zur näherungsweise Berechnung der Eigenresonanz werden die Massen den beiden Seiten der Torsionsstrecke zugeordnet. Die Torsionseigenresonanz f der Anordnung berechnet sich damit zu:

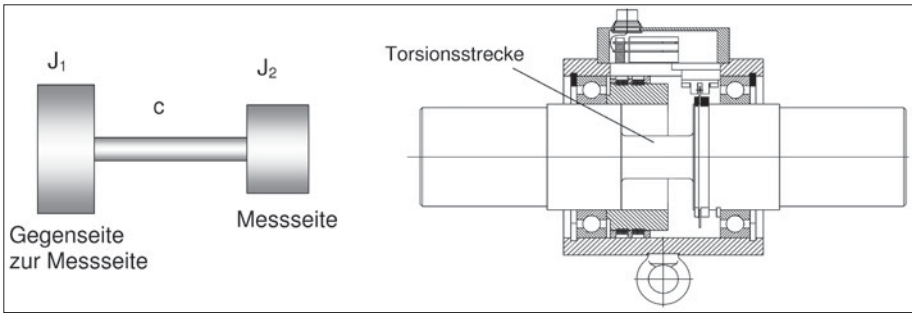
Wilfried Krimmel

Die Eigenresonanz des mechanischen Aufbaus einer Drehmomentmessrichtung gehört zu den wichtigen dynamischen Eigenschaften der Messanordnung. Mit einem neuen Drehmomentsensor ist es nun gelungen, diese Eigenresonanz um mehr als den Faktor drei zu vergrößern, wodurch dynamische Messungen mit noch höherer Präzision möglich werden. Dies wurde nicht nur durch eine konsequente Weiterentwicklung der Sensoren, sondern auch durch eine enge Zusammenarbeit mit einem Kupplungshersteller erreicht (Bild 1).

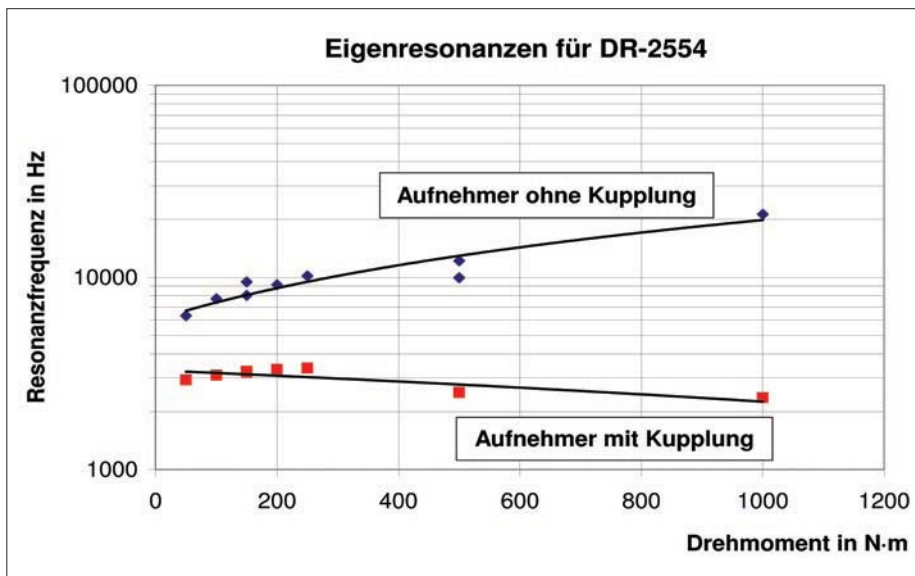
In der Drehmomentmesstechnik werden sehr häufig dynamische Messungen durchgeführt. Hierbei ist zu unterscheiden, ob die Anregung des Drehmoments periodisch erfolgt, oder ob es sich um einen einmaligen Vorgang handelt. Typische periodische Drehmomentverläufe werden bei Kolbenmotoren, Pressen, Zahnstößen 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 Nenn Drehmoment können somit Drehmomente entstehen, die Teile im Wellenstrang beschädigen. Ein schnelles Durchfahren der Eigenresonanz ist aber durchaus mög-

Autor: Dr. Wilfried Krimmel ist Leiter des DKD-Kalibrierlaboratoriums bei Lorenz Messtechnik GmbH



2: Typischer Aufbau eines Drehmomentsensors (rechts) und Modell eines Zweimassenschwingers (links)



3: Eigenresonanzen für Aufnehmer mit und ohne Kupplung

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{J_1} + \frac{c}{J_2}} \quad (1)$$

Aus der Gleichung ist ersichtlich, dass je größer die Federkonstante ist, umso höher wird auch die Eigenfrequenz der Messanordnung. Umgekehrt gilt: Je kleiner das Massenträgheitsmoment wird, umso größer wird dagegen 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.

Drehmomentaufnehmer mit integrierter Vollkupplung

Der von Lorenz Messtechnik GmbH neu entwickelte Drehmomentsensor DR-2554 wurde zuerst ohne Kupplung und Ein-

spannteile berechnet. Danach erfolgte die Berechnung der empfohlenen Kombination aus Spannnabe an der Antriebseite und Vollkupplung mit Spannnabe an der Messeite. In Bild 3 sind die Ergebnisse grafisch dargestellt. Zum Vergleich wurde die Berechnung an einer Kombination mit konventionellem Aufbau aus Drehmomentsensor zwischen zwei Halbkupplungen durchgeführt. Die wichtigsten Daten sind in der Tabelle zusammengefasst.

Der Vergleich zeigt, dass der DR-2554 eine mehr als dreifach 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 dem Stator und dem Rotor (Bild 1). Im Stator sind die Stator-elektronik, die für die Signalübertragung notwendigen Spulen und der Steckverbinder für den elektrischen Anschluss des Sensors untergebracht. Hier ist auch der optionale Drehzahlsensor integriert. Der nicht gelagerte Rotor besteht aus dem Messkörper, auf dem die Vollbrückenschaltung mit Dehnungsmessstreifen appliziert ist. Am Messkörper ist die rotierende Elektronik und der rotierende Teil des Drehübertragers befestigt. An der linken Seite des Messkörpers ist ein Spannring und an der rechten Seite ist die Vollkupplung befestigt.

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, es hat auch eine sehr große Bohrung, die in Sonderfällen zur Durchführung von Leitungen bzw. Schläuchen genutzt werden kann.

Kombinationsmöglichkeiten für Kupplungen

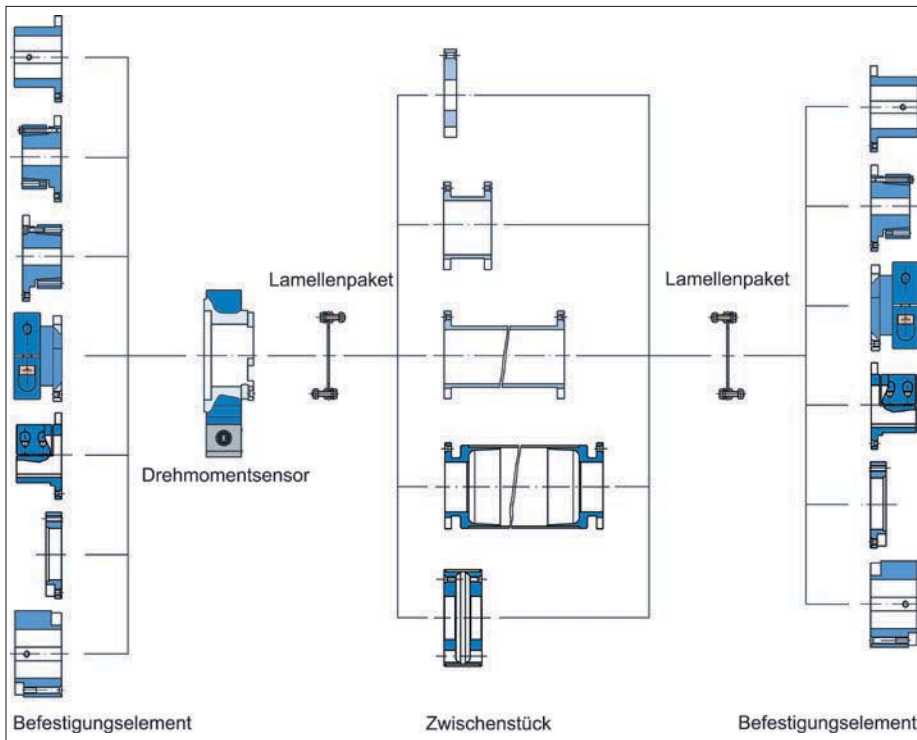
Durch die Kombination des Sensors DR-2554 mit der Wellenkupplung Roba-DS von Mayr Antriebstechnik (Bild 4) entsteht ein Modul, welches hinsichtlich Leistungsdichte und Marktanforderung dem aktuellen Stand der Technik entspricht. Über diverse Passfedernaben, Spannring- und Klemmnaben werden neben einer 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,

| Aufnehmertyp | Eigenresonanzen | |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | 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 |

Tabelle: Vergleich der Eigenresonanzen für konventionellen Sensor und DR-2554



4: Kombinationsmöglichkeiten für Kupplung und Drehmomentsensor

- geringe Unwuchten und
 - Krächstromisolation
- erfüllt werden. Mit dieser lagerlosen Drehmomentsensor-/Kupplungskombination ist es gelungen, hohe Dynamik mit großer Flexibilität zu verbinden. Dabei ist zusätzlich noch ein kostengünstiger Sensor mit kurzer Bauweise entstanden.

Literaturhinweis
 Holzweißig, F.; Dresig, H.: Lehrbuch der Maschinendynamik (4. neubearbeitete Auflage). Fachbuchverlag Leipzig-Köln, 1994

Sonderdruck aus antriebstechnik 11/2005

aktualisiert: 30.04.2010

Lorenz Messtechnik GmbH
 Obere Schloßstraße 131
 D - 73553 Alfdorf
 Tel. +49 (7172) 93730-0
 Fax +49 (7172) 93730-22
 www.lorenz-sensors.com
 e-mail: info@lorenz-sensors.com
 www.lorenz-messtechnik.de
 e-mail: info@lorenz-messtechnik.de