

# Mechanische Leistungsmessung an Antriebssystemen

Die CAEMAX Technologie GmbH hat ein neues Sensorsystem zur kabellosen Leistungsmessung bei mobilen Geräten entwickelt. Es erfasst synchron die Drehzahl und das auf die Welle wirkende Drehmoment und errechnet daraus die Leistung. Durch den modularen Aufbau der Produkte kann es leicht in bestehende Systeme integriert werden.

Leistungsmessung ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Entwicklung und Optimierung von Antriebssystemen. Das gilt für viele Bereiche: Die Automobilindustrie bemüht sich, die CO<sub>2</sub>-Emissionen ihrer Fahrzeuge zu verringern. Neben den klassischen Verbrennungsmotoren entwickelt sie dazu Elektro- oder Hybridsysteme. In vielen Industriezweigen treiben Elektromotoren Maschinen aller Art an. All diese Komponenten sollen dabei immer effizienter werden. Der Gesamtwirkungsgrad eines Antriebssystems ist dabei eine entscheidende Kenngröße und kann mithilfe von Leistungsmessung ermittelt werden. Doch nicht immer genügt es, den Gesamtwirkungsgrad zu betrachten; oft ist es auch notwendig zu wissen, wie die Leistung auf einzelne Komponenten verteilt wird. Nur so können intelligente Systeme entwickelt werden, die in jeder Fahrsituation maximale Effizienz gewährleisten.

Bei der mechanischen Leistungsmessung misst man typischerweise die Drehzahl und das zu diesem Zeit-

punkt anliegende Drehmoment, das auf eine Welle wirkt. Die Leistung errechnet sich dann als

$$P = 2\pi \cdot n \cdot M$$

wobei  $n$  die Drehzahl und  $M$  das Drehmoment angeben.

## Leistungsmessung bisher

Auf dem Markt gibt es seit langem unterschiedliche Systeme sowohl zur Drehzahlmessung als auch zur Drehmomentmessung. Will man die Leistung mithilfe solcher diskreten Systeme bestimmen, ergeben sich allerdings Probleme: So müssen die beiden voneinander unabhängigen Signale im Nachhinein synchronisiert werden. Dies ist nur mit einigem Aufwand möglich, und das System wird dadurch sehr fehleranfällig. Zudem ist der mechanische Einbau zeitraubend und komplex.

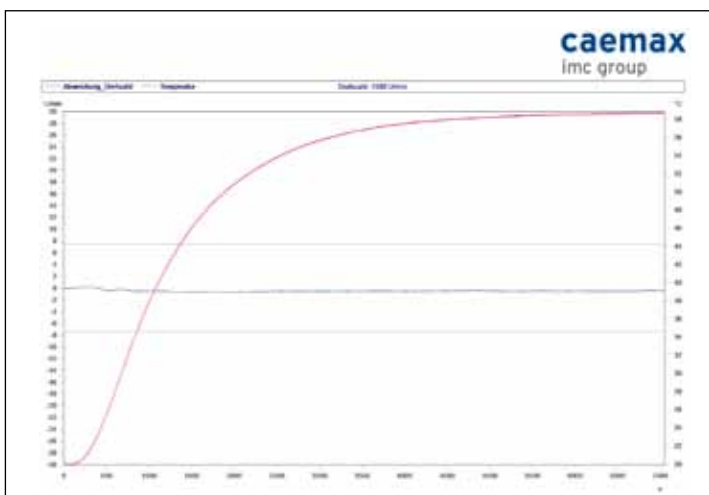
Auch einige integrierte Systeme, die seit längerem auf dem Markt zu finden sind, haben nicht zu vernachlässigende Einschränkungen. So muss beispielsweise oft die zu messende Welle gekürzt werden, um den Sensor

einzubauen. Eine weitere Variante besteht darin, die Welle komplett durch eine neue Version mit Sensor zu ersetzen. Bei diesen Systemen bleibt also das Originalbauteil nicht erhalten, was zwangsläufig zu einer Veränderung des Bauteilverhaltens führt. Zudem ist bei vielen Systemen zur Drehzahlmessung ein Stator notwendig, der z. B. an die Karosserie angebaut werden muss. Einige Systeme eignen sich nicht für den mobilen Betrieb, sondern erlauben nur stationäre Messungen, wie z. B. am Prüfstand. Sie sind oft schwer und der mechanische Einbau nicht selten aufwendig.

## Neues Messsystem von Caemax

Caemax Technologie hat nun ein integriertes Messsystem zur kabellosen mechanischen Leistungsmessung an Antriebswellen entwickelt, das die genannten Probleme löst.

Die wichtigste Neuerung ist dabei das Drehratensensorsystem. Dieses liefert korrekte Daten unabhängig von Querbeschleunigungen. Dass sich



▲ Kontinuierliche Drehzahl über den gesamten Temperaturverlauf.



▲ Halbschalengehäuse auf DMS applizierter Welle mit integrierter Dx-Sendeeinheit und Drehratensensor.



▲ Installiertes Leistungsmesssystem mit induktiver Spannungsversorgung am Fahrzeug.

z. B. bei Fahrten mit einem Fahrzeug die Welle unregelmäßig auf und ab bewegt, hat keinen Einfluss auf das Messergebnis. Ein weiterer Stator, eine mechanische Verbindung zu einem stationären Teil oder zur Karosserie sind dabei nicht nötig: Das System kommt ohne zusätzliche Fixpunkte aus. Zudem ist der Sensor schockresistent bis  $\pm 10.000\text{ g}$  und kann für Drehzahlen bis  $\pm 7.200\text{ U/min}$  eingesetzt werden. Die erreichte Genauigkeit ist besser als  $0,5\%$ . Möglich wird dies durch den Einsatz eines auf der MEMS-Technologie (Micro Electro-Mechanical Systems) basierenden Gyroskops. In diesem Sensor greifen Kammgitterstrukturen ineinander. Bei Rotation werden diese über die Corioliskraft gegeneinander ausgelenkt. Dadurch ändert sich die Kapazität zwischen den Gittern proportional und die Rotation kann mit sehr hoher Auflösung gemessen werden. Durch die intelligente Verschaltung im gesamten Sensorsystem werden Störfaktoren größtenteils ausgeschaltet. Auch der bei diesen Sensoren übliche Temperaturdrift wird kompensiert, über den weiten Bereich von  $-40\text{ °C}$  bis  $+85\text{ °C}$ . Dadurch wird die Drehratensmessung sehr präzise. Das Drehmoment wird von einem Sensor auf der

Antriebswelle gemessen. Dazu wird ein Dehnungsmessstreifen (DMS) in Brückenschaltung auf der Welle appliziert. Die Daten des Drehratensensors und der DMS-Applikation werden durch den Dx-Telemetriesender an die Funk-Empfangseinheit gesendet, die daraus synchron die Leistung berechnet. Die Originalwelle bleibt durch diese Methode erhalten. Die Stromversorgung erfolgt induktiv über eine stationäre induktive Stromschleife. Ein Halbschalengehäuse schützt den applizierten DMS-Sensor und enthält alle benötigten Systeme. Es findet kein weiterer mechanischer Eingriff an der Welle statt. Der Aufbau ist mechanisch sehr robust und wasserdicht nach IP 66 und IP 67. Das System eignet sich also insbesondere für den mobilen Einsatz bei jedem Wetter. Die Telemetrie arbeitet wahlweise im 868-MHz- oder 2,4-GHz-Band. Dies ermöglicht einen genehmigungsfreien Einsatz des Systems weltweit. Die nötigen Bauteile lassen sich leicht installieren. Hierbei kommt das modulare Konzept der Messsysteme von CAEMAX Technologie zum Tragen. Einzelne Komponenten können in der Regel leicht hinzugefügt werden. Ist beispielsweise bereits ein System zur Drehmomentmessung mit Schutzge-

häuse, induktiver Spannungsversorgung und dem Dx-Telemetriesystem vorhanden, kann der Drehratensensor leicht hinzugefügt werden. Seine Daten werden dann synchron zum Drehmomentsensor über das bereits vorhandene System übertragen. Die dann ebenfalls vorhandene Empfangseinheit errechnet in Echtzeit den entsprechenden Leistungswert. Alle Daten können dabei über CAN, Ethernet oder analog ausgegeben und nach Bedarf weiterverarbeitet werden. Wie beispielsweise mit der Analyse-Software imc FAMOS, mit der die aufgezeichnete Daten auf vielfältige Weise analysiert werden können. Die Auswertung kann automatisiert ablaufen, sodass der Anwender z. B. eine PDF-Datei mit allen gewünschten Daten erhält.

Die Idee hinter dem neuen Leistungsmesssystem ist, dass es universell einsetzbar ist. So ist es für unterschiedliche Wellendurchmesser nutzbar und muss nicht für jeden Einzelfall neu entwickelt werden. Das ermöglicht sehr kurze Zeiten bei der Bereitstellung aller nötigen Komponenten. Das Halbschalengehäuse sowie die darin verbaute Dx-Telemetrie und der Drehratensensor lassen sich später leicht demontieren und wiederverwenden. Daraus resultiert eine hohe Investitionssicherheit.

Das Unternehmen bietet über die Hardware hinaus eine Betreuung über das gesamte Projekt hinweg an. Dies beginnt bei der Beratung und Planung, geht über das Installieren und Kalibrieren der nötigen Komponenten bis hin zu kompetenter Hilfestellung im Einsatz.

#### ► INFO

Autoren:  
Michael Köberle (System Engineer)  
CAEMAX Technologie GmbH  
[www.caemax.de](http://www.caemax.de)

Andreas Mathes  
Produktmanager für CAEMAX Produkte  
imc Test & Measurement GmbH  
<http://www.imc-tm.de>