

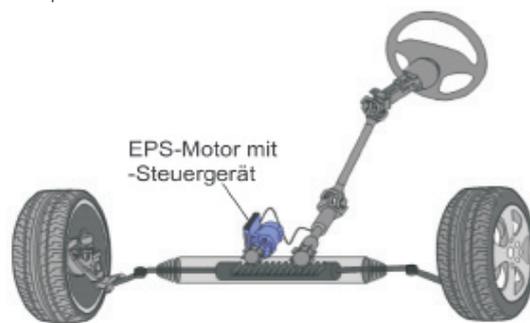
## Prüfstand für den realitätsnahen Test von EPS-Motoren und -Steuergeräten

In einem Kooperationsprojekt der DMecS GmbH & Co. KG und des Kölner Labors für Mechatronik (Cologne Laboratory of Mechatronics, CLM) an der Fachhochschule Köln wurde gemeinsam ein Prüfstand zum Test von Motoren und Steuergeräten für elektromechanische Lenksysteme (Electric power steering, EPS) entwickelt. In einem Hardware-in-the-Loop (HiL-) Betrieb kann der Prüfstand als realitätsnahe Testumgebung für EPS-Motoren und -Steuergeräte genutzt werden. Dabei wird die reale Lenkmechanik durch ein Simulationsmodell ersetzt und für den Motor und das Steuergerät mit Hilfe eines hochdynamisch geregelten HiL-Aktors eine realitätsnahe Testumgebung erzielt. Das entwickelte Prüfstandskonzept ist auf alle Systeme mit elektrischem Antrieb übertragbar und lässt sich sowohl auf prototypischen Komponenten in der Entwicklungsphase als auch auf Serienkomponenten anwenden. Mit diesem Prüfstand werden Tests in einer Güte ermöglicht, wie sie mit konventionellen Prüfständen nicht realisierbar sind.

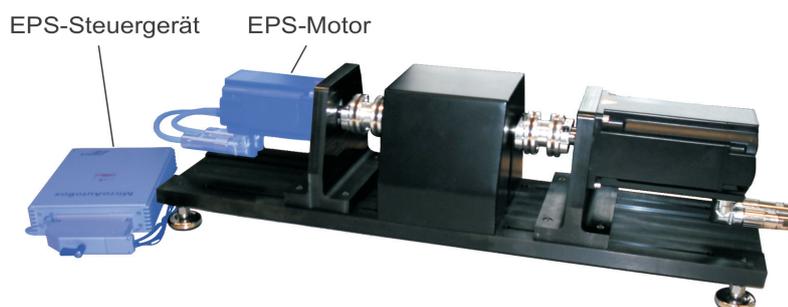
Das Prüfstandskonzept ermöglicht weiterhin eine automatisierte Identifikation von mechanischen Parametern des Prüflings. Darüber hinaus können Drehmoment-Grenzkurven ohne störende Prüfstandsschwingungen ermittelt werden und die Momentenwelligkeit in unterschiedlichen Belastungszuständen untersucht werden. Letztere Untersuchung ermöglicht die Entwicklung von Algorithmen zur Kompensation der Momentenwelligkeit von EPS-Motoren.

### Realitätsnaher Test im HiL-Betrieb

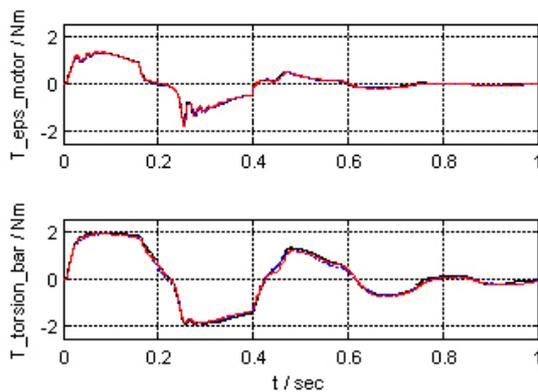
Das folgende Bild zeigt ein EPS-System, bestehend aus dem EPS-Motor mit -Steuergerät und der Lenkmechanik. Die sicherheitsrelevanten und zu optimierenden Komponenten des EPS-Systems sind insbesondere der Motor und das Steuergerät mit der entsprechenden Funktionssoftware.



Diese sind demnach umfangreichen und möglichst realitätsnahen Tests zu unterziehen. Dazu werden beide, wie im Bild unten auf der linken Seite dargestellt, als prototypische Hardware in den HiL-Prüfstand integriert. Als weitere Komponenten enthält der Prüfstand einen HiL-Aktor, Bauteile zur Drehmomentenübertragung und ein neuartiges Sensorkonzept. Die fehlende reale Lenkmechanik wird durch ein detailliertes mathematisches Modell berücksichtigt, das alle für den Test des EPS-Motors und -Steuergeräts relevanten Eigenschaften beinhaltet. Die beim realen EPS-System auftretenden Schnittgrößen am EPS-Motor werden durch einen hochdynamisch geregelten HiL-Aktor eingestellt, so dass dem EPS-Motor die Anbindung an die reale Lenkmechanik vermittelt wird.



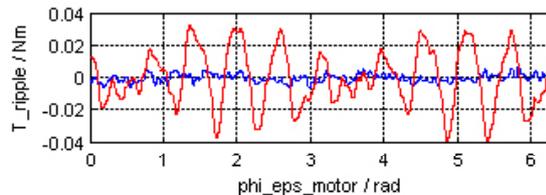
Das folgende Bild zeigt die Zeitantworten aus der Simulation des EPS-Systems (schwarz) und des HiL-Prüfstands (blau) sowie aus dem Experiment mit dem realen HiL-Prüfstand (rot). Dabei wurde als Systemanregung eine rampenförmige Lenkwinkeländerung von  $90^\circ$  mit einer Lenkwinkelgeschwindigkeit von  $600^\circ/\text{s}$  vorgegeben. Dargestellt sind das EPS-Motormoment und das Torsionsstabmoment. Die Zeitantworten aus der Simulation des EPS-Systems sind die Referenzen und zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den übrigen Verläufen. Weitere Experimente mit unterschiedlichen Systemanregungen wie hochfrequente stochastische Störanregungen an der Zahnstange zeigen ebenso gute Ergebnisse, so dass dem EPS-Motor und -Steuergerät im HiL-Prüfstand unabhängig von der Systemanregung eine realitätsnahe Testumgebung vermittelt wird.



### Untersuchung und Kompensation der Momentenwelligkeit

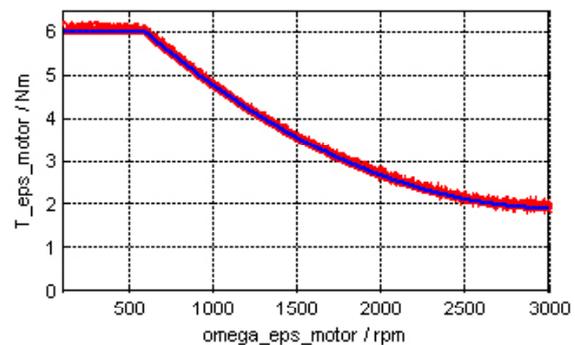
Eine weitere Anwendungsmöglichkeit des Prüfstandes ist die Untersuchung der Momentenwelligkeit des Prüflings bei unterschiedlichen Belastungszuständen mit Hilfe eines virtuellen Sensors für das Motormoment im Luftspalt. Durch die Verwendung des virtuellen Sensors anstelle eines Drehmomentsensors wird die genaue Bestimmung der Momentenwelligkeit auch bei vergleichsweise hohen Drehzahlen

ermöglicht. Damit eignet sich der Prüfstand für die Entwicklung von Algorithmen zur Kompensation der Momentenwelligkeit und zum Test dieser. Das nächste Bild zeigt die ermittelten mittelwertbepreiteten Momentenverläufe mit (blau) und ohne (rot) Kompensation der Momentenwelligkeit.



### Bestimmung der Drehmoment-Grenzkurve

Ein zusätzliches Anwendungsgebiet ist die Bestimmung der Drehmoment-Grenzkurve des Prüflings ohne störende Prüfstandsschwingungen. Das untenstehende Bild zeigt die tatsächliche (blau) und die mit Hilfe des Prüfstands (rot) ermittelte Drehmoment-Grenzkurve. Dabei wurde die tatsächliche Drehmoment-Grenzkurve durch eine drehzahlabhängige Begrenzungskennlinie des Motorsollmomentes so eingestellt, dass sich eine für EPS-Motoren typische Charakteristik ergibt.



Die Verläufe der vorgegebenen und ermittelten Kennlinien für die Grenzkurve stimmen bis auf kleine, durch die Momentenwelligkeit des EPS-Motors bedingte Abweichungen sehr gut überein.

#### DMecS

Development of Mechatronic Systems  
GmbH & Co. KG  
Gottfried-Hagen-Straße 24  
D-51105 Köln

Tel: +49 (0)221 / 33 77 37 - 0  
Fax: +49 (0)221 / 33 77 37 - 29  
E-Mail: info@dmecs.de  
Web: www.dmecs.de