

Radkraftmessung zur Betriebsfestigkeitsanalyse bei Daimler Truck



Betriebsfestigkeit

Im EVZ, dem Entwicklungs- und Versuchszentrum bei Daimler Truck in Wörth, werden neue LKWs zur Serienreife entwickelt. Schon vor zwölf Jahren entschied man sich, die über den Boden wirkenden Kräfte mit Radkraftmessungen zu erfassen und führte nachfolgend vor drei Jahren das Kistler KiRoad Performance System ein. Im Fahrversuch werden dabei die in X-, Y-, Z-Richtung am drehenden Rad wirkenden Kräfte und Momente genau gemessen und aufgezeichnet. Gleichzeitig werden Messungen mit CSM Messtechnik an bis zu 200 Analogkanälen durchgeführt, um Aussagen über die mechanischen Belastungen in den Bauteilen treffen zu können. Mit dem von CSM entwickelten KiRoad Performance Gateway lassen sich die Messdaten aus den verschiedenen Systemen synchron erfassen und auswerten.

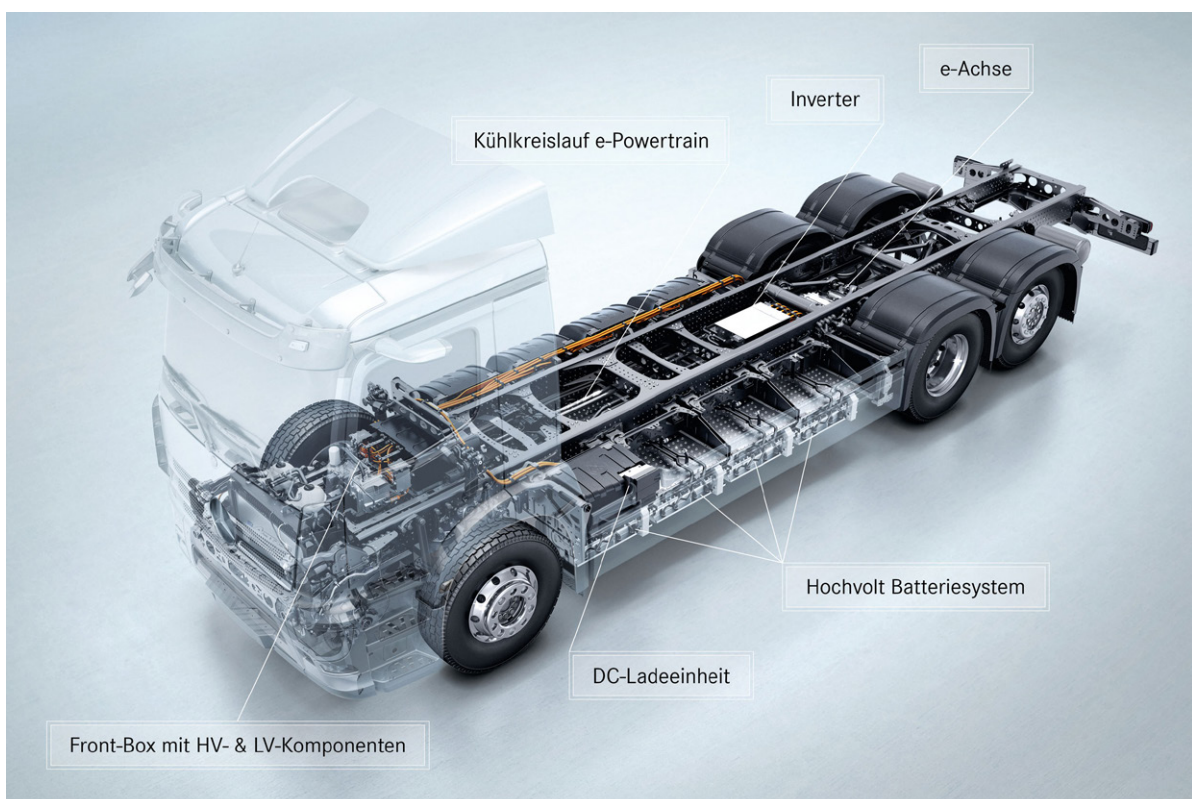


Abb. 1: Aufbau eActros: Zwischen Vorder- und erster Hinterachse sind die Hochvolt-Batteriesysteme eingebaut. Die erste Hinterachse bildet die E-Achsen-Konstruktion mit zwei Elektromotoren und Zusatzaggregaten.



Hintergrund

Die Mobilität der Zukunft und erneuerbare Energien, mit denen der Verbrennungsmotor ersetzt werden soll, beschäftigen derzeit die Automobilbranche. 2021 kam der eActros, der erste vollelektrische LKW auf den Markt. Der Plan: weitere batterieelektrische Fahrzeuge sollen schnellstmöglich entwickelt und auf den Markt gebracht werden. An dem schon in Serie gebauten eActros werden die bisher gewonnenen Erfahrungen erweitert. Philipp Benz, Testingenieur für Fahrzeugerprobung und Betriebsfestigkeit bei Daimler Truck, erklärt dazu:

„Es geht uns jetzt darum, in der Tiefe zu verstehen, was in dem Fahrzeug passiert. Wir versuchen die Belastungen zu erfassen, die auf das Fahrzeug wirken, über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus hinweg.“

Dazu gehören normale Belastungen auf öffentlichen Straßen, wie beispielsweise Schlaglöcher aber auch Sondermanöver, wie Rangieren, Beladen oder Kippvorgänge beim Entladen von Schüttgütern. Durch diese wirken Kräfte über die Räder auf die Achse

bis in den Fahrzeugrahmen, deren Auswirkungen erfasst und bewertet werden müssen. Auf der Teststrecke für Betriebsfestigkeitserprobung in Wörth kann die Lebensdauer von vielen Hunderttausend Kilometern in geraffter Form abgebildet werden. Hier sind auch besonders starke Belastungen wie Schwellen, Schlaglöcher und Waschbrettbelägen verfügbar, sodass reproduzierbare Schlechtwegprofile erstellt werden können. Sie dienen als Referenz für verschiedenste Performance- und Betriebsfestigkeitsanalysen.

Die Messungen werden mit Dehnungsmessstreifen (DMS,) Seilzug-Wegaufnehmern, Lasersensoren und Beschleunigungsaufnehmern an der Achse durchgeführt, um zu sehen, wie diese sich dreidimensional bewegt. Dazu werden alle Bewegungen, Vibrationen und Beschleunigungen charakterisiert und dazu die Dehnungen, Biegungen, Stauchungen und Torsionen in den Bauteilen verifiziert, um eine Aussage über die Strukturfestigkeit zu machen.



Herausforderung

Eine Herausforderung ergibt sich aus der E-Achsen-Konstruktion (Abbildung 2) und der damit verbundenen Anordnung der einzelnen Bauteile. An der E-Achse ist ein Gussgehäuse angeflanscht, in dem diverse Komponenten verortet sind. Hierzu gehören unter anderem Ölpumpen und Wärmetauscher sowie auch die beiden Elektromotoren. Dazu kommen die Hochvolt-Leitungen für die elektrischen Anschlüsse.

Bei einem konventionellen LKW sitzt der Verbrennungsmotor vorne und über eine Gelenkwelle wird die Kraft über die Länge des Fahrzeuges an die Hinterachse übertragen. Beim elektrischen Modell eActros ist kein Platz mehr für die Gelenkwelle, da in diesem Bauraum die Batteriemodule platziert werden. Daher werden die Elektromotoren direkt in die Achse integriert. Im Vergleich zur normalen Achse weist die E-Achse ein verändertes Gewicht und eine andere Schwerpunktlage auf.

„Dabei ist genau zu untersuchen, was das für das Schwingungsverhalten der gesamten Achse bedeutet und wie das den Fahrbetrieb beeinflusst.“

Philipp Benz



Abb. 2: E-Achse mit den Elektromotoren; links und rechts davon die Luftfederbälge unter dem Rahmenlängsträger.

Die gewonnenen Messdaten müssen zeitgenau korrelieren, um eine Interpretation der gemessenen Lasten zu ermöglichen. Beispielsweise kann nur so der Zusammenhang zwischen einer auftretenden Radlast und der daraus folgenden Einfederung ermittelt werden.

Dazu muss die Erfassung der Messdaten von den Kistler RoaDyn Messrädern und der analogen CSM Messtechnik im Fahrzeug zeitlich genau synchronisiert werden.

„Wir sind deshalb an CSM herangetreten, um eine Lösung zu entwickeln“.

Philipp Benz

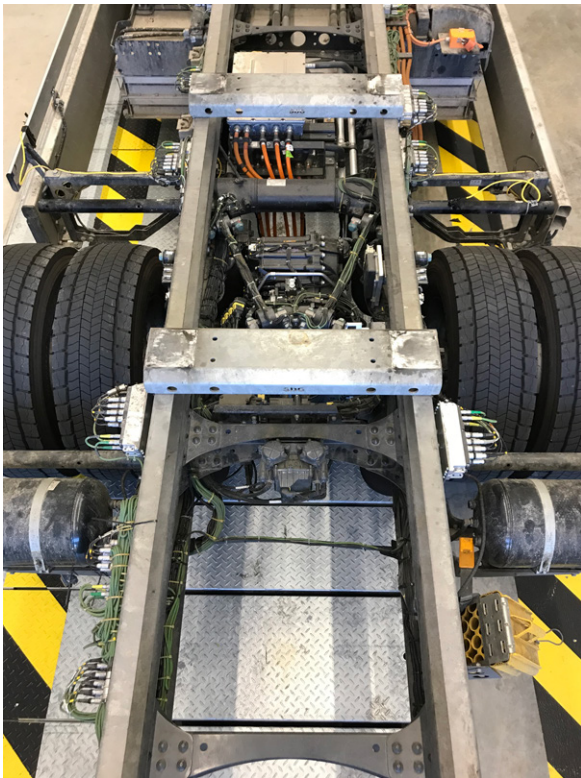


Abb. 3: eActros E-Achse von oben mit applizierten Messsensoren: Seitlich am Fahrzeugrahmen sind die CSM Messmodule befestigt. Durch ihre robuste Bauart können sie in der Konstruktion verbaut werden.



Abb. 4: Mit Lasern wird geprüft, ob es zu Kollisionen zwischen Luftfederbälgen und dem Gussgehäuse der E-Achse kommen kann.



CSM Messtechniklösung

Für die gleichzeitige Erfassung der Signale aus dem Kistler Messrad und den analogen Sensor-Signalen entwickelte CSM das KiRoad Performance Gateway. Daran werden die Kistler Elektronikeinheit KiRoad Performance und parallel die CSM ECAT Messmodule für alle Analogkanäle, die für die Messkampagne notwendig sind, angeschlossen.

Das KiRoad Performance Gateway synchronisiert den von dem KiRoad Messsystem gelieferten Takt mit allen weiteren angeschlossenen Analogkanälen. Damit werden sowohl die Messwerte der CSM EtherCAT Messtechnik als auch die des Kistler KiRoad Systems zeitgleich erfasst. Sie können somit direkt auf dem Messrechner miteinander verglichen werden. Die Datenerfassung und Visualisierung erfolgt mit Vector CANape oder vMeasure. Darüber hinaus stehen die KiRoad Performance Messdaten jetzt PTP synchron gemäß IEEE 1588 zur Verfügung.

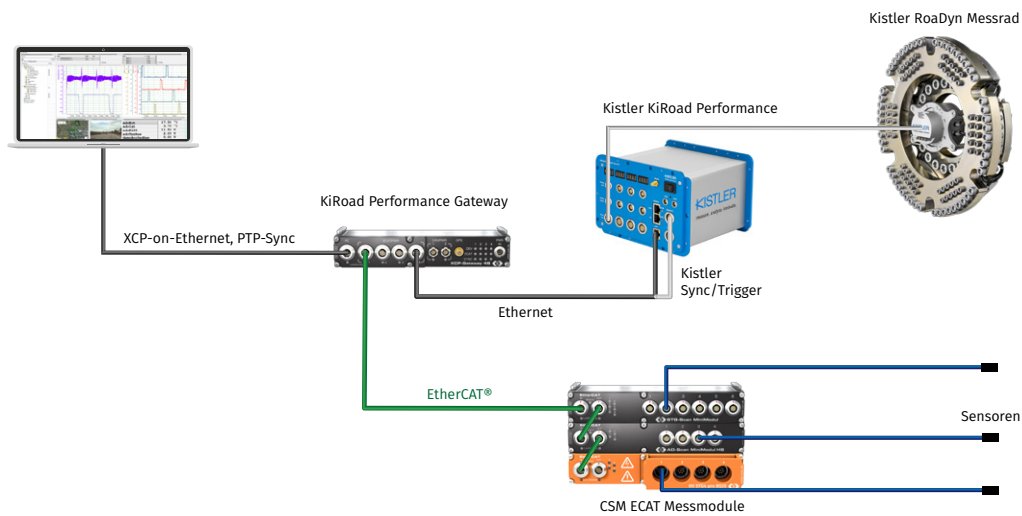


Abb. 5: Das CSM KiRoad Performance Gateway sendet erfasste Messdaten an den Messrechner. Die Messdaten der Radsensoren werden mit der Kistler KiRoad Performance erfasst. Synchron dazu, die Messdaten von DMS- und Beschleunigungssensoren über CSM ECAT Messmodule.

KiRoad Performance

Die kompakte Elektronikeinheit KiRoad Performance dient zur Versorgung, Konfiguration, Signalverarbeitung und Datenausgabe von bis zu vier RoaDyn Messrädern, für drehende oder stationäre Anwendungen. Sie bereitet die Rohsignale der Messzellen übersprech- und hebelarmkompensiert auf und sorgt für eine höchstmögliche Genauigkeit der Messresultate. Diese Daten werden in digitaler und analoger Form zur Verfügung gestellt.

Wird eine weitere KiRoad Elektronikeinheit angeschlossen, können bis zu vier zusätzliche RoaDyn Messräder in die Messung aufgenommen werden. Das CSM KiRoad Performance Gateway unterstützt diese Verkettung als Option.



Abb. 6: RoaDyn Messrad an der E-Achse zum Messen der dreidimensionalen Radkräfte (F_x , F_y , F_z) von ± 180 kN und Drehmomente (M_x , M_y , M_z) von ± 50 kNm.

Eine Messkampagne hat einen Umfang von mindestens 115 Analogkanälen.

„Wir hatten Bedenken, ob es Kollisionen zwischen den Luftfederbälgen und dem Gussgehäuse der E-Achse gibt. Dazu musste nachgeprüft werden, ob der Abstand für alle Extremfälle selbst bei den größten Querkräften ausreichend ist. Beispielsweise wenn wir die Elektromotoren minutenlang unter Vollast fahren, auf einer kurvigen Bergstrecke, wo der Straßenbelag dazuhin noch sehr schlecht ist und viele Schlaglöcher aufweist.“

Philipp Benz

In Abbildung 7 sind die Querkraft am Rad und der Querversatz der Achse, der mit Hilfe eines Lasersensors gemessen wurde, während einer Achterfahrt dargestellt. Die Grafik zeigt eine klare Korrelation zwischen dem Querweg der Achse und der Querkraft der Kistler Messräder. Die Messung erlaubt somit Abschätzungen darüber, wie sich der Querweg der Achse und somit der Freigang zu benachbarten Bauteilen verschiebt, wenn sich die Querkräfte durch angepasste Rahmenbedingungen verändern.

Dank der von CSM entwickelten Messtechniklösung konnte somit abgesichert werden, dass der Querweg der E-Achse selbst bei höchsten Querkräften klein genug bleibt, damit es zu keiner Kollision mit benachbarten Bauteilen kommt.

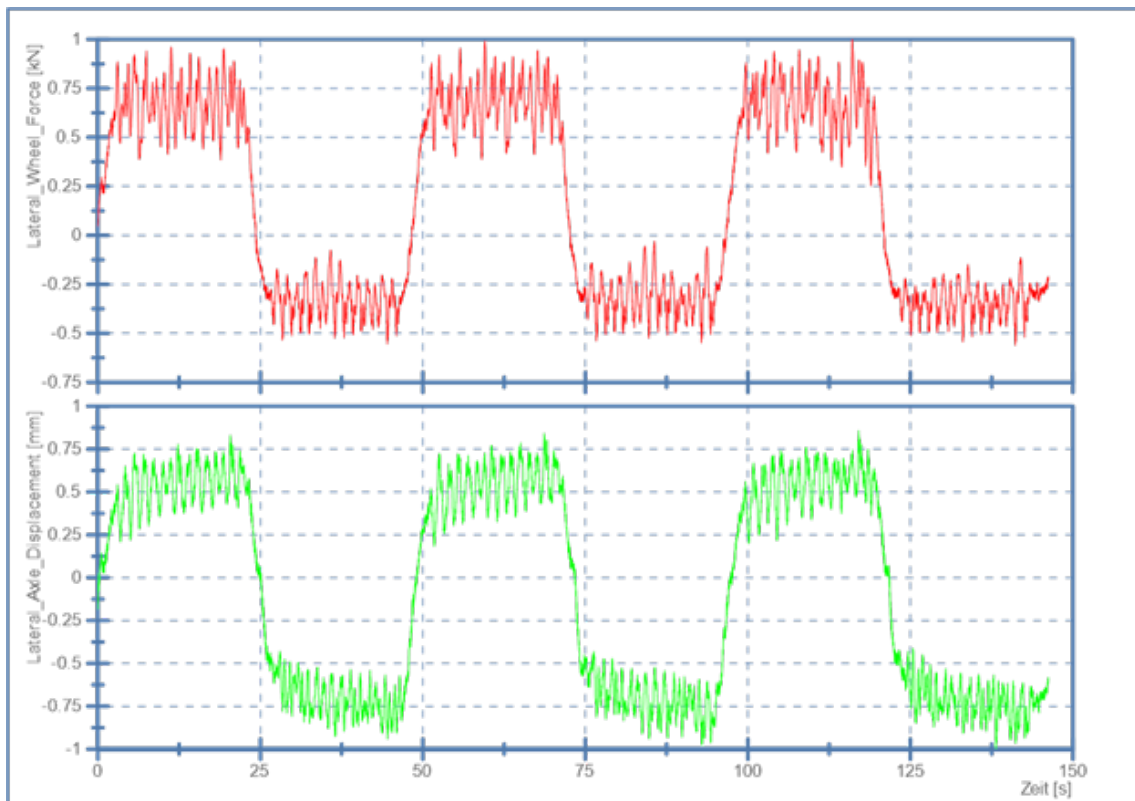


Abb. 7: Das Messergebnis der Lasermessung zeigt eine Korrelation zwischen dem Querweg der Achse und der aufgetragenen Querkraft am Rad

Betriebsfestigkeitsprüfungen für Komponenten werden unter Verwendung der im Fahrversuch aufgezeichneten Straßen- und Schlechtwegedaten auf Prüfständen durchgeführt. Beispielsweise an Achsprüfständen, auf denen die Achse inklusive aller achsführenden Bauteile (Fahrwerk) getestet wird. Mit Hilfe der aufgezeichneten Radkraftmessdaten wird der Prüfstand so eingestellt, dass Hunderttausende Kilometer im Zeitraffer abgefahren werden.

Der charakteristische Krafteintrag muss am Prüfstand mit Hilfe der Radkraftmessung genau justiert werden, damit die Krafteinträge den aufgezeichneten Wegedaten entsprechen. Dann kann die Achse genauso belastet werden, wie auf der Fahrstrecke selbst.

Um schnell besondere Anforderungen an die Betriebsfestigkeit nachzuweisen oder um gezielt Schwachpunkte zu erkennen, müssen Radkraftmessungen und Dehnungsmessungen auch hier synchron durchgeführt werden.

Auf den Prüfständen können dann schneller mehrere Probanden getestet werden, mit den gleichen Belastungen wie auf der Straße, auch wenn es noch kein fertiges Test-Fahrzeug gibt. Sehr schnell kann dann an neuen Komponenten genau untersucht werden, welche Radkräfte und Momente besondere Belastungen darstellen, die die Strukturfestigkeit beeinträchtigen. In Zukunft sind Messungen an Tandem-Achsen geplant, an denen mit bis zu 250 analogen Kanälen gemessen wird.

„Weiter haben wir auch Baustellenfahrzeuge mit vier Achsen. Dort werden dann zwei KiRoads miteinander gekoppelt.“

Philipp Benz



Vorteile

Mit einem einzigen Modul wird die Kistler Radkraftmessung in die CSM Messtechnik integriert. Dadurch können Betriebsfestigkeitsanalysen schneller und präziser durchgeführt werden, weil die Datenkorrelation von mechanischen Belastungsmessungen und Radkraftmessungen hochgenau synchronisiert ist.

Hochvoltsichere Messungen an Elektrofahrzeugen und Radkraftmessungen können gleichzeitig ausgeführt werden. Damit können beispielsweise die Kraft- und Momenteinträge von Schlechtwegstraßen und deren Auswirkungen auf HV-Batterien untersucht werden.

Aufwendige, aus Simulationen gewonnene Verbesserungseinbauten lassen sich auch nach dem Einbau sehr genau validieren. Beispielsweise Tests zur Radunwuchtanregung, Bremsrubbelanregung oder Schwingungsanregungen auf Straßen und Prüfständen.

Weitere Anwendungen, wie beispielsweise Tests zur Fahrdynamik, Messung der exakten Längs- und Querdynamik oder des Bremsweges sind möglich.



Verwendete Produkte

KiRoad Performance Gateway

Das KiRoad Performance Gateway dient zur synchronen Erfassung von Daten von Kistler KiRoad Messrädern und CSM ECAT-Messmodulen. Dadurch wird die gleichzeitige Analyse von mechanischen Belastungen in Fahrzeugrädern sowie anderen Messgrößen an weiteren Bauteilen ermöglicht. Dieses Gateway wurde speziell für diesen Anwendungsfall konzipiert.



Komplettlösungen aus einer Hand.

CSM stellt Ihnen umfangreiche Komplettpakete aus Messmodulen, Sensoren, Verbindungskabeln und Software zur Verfügung - zugeschnitten auf Ihre individuellen Bedürfnisse.

Weitere Informationen zu unseren Produkten erhalten Sie auf www.csm.de oder per E-Mail unter sales@csm.de.



CSM GmbH Zentrale (Deutschland)

Raiffeisenstraße 36 • 70794 Filderstadt
☎ +49 711-77 96 40 ✉ sales@csm.de

CSM Büro Südeuropa (Frankreich, Italien)

Site d'Archamps
60, rue Douglas Engelbart • Immeuble ABC 1, Entrée A – 1er étage
74160 Archamps, France
☎ +33 450-95 86 44 ✉ info@csm-produits.fr

CSM Products, Inc. USA (USA, Kanada, Mexiko)

1920 Opdyke Court, Suite 200 • Auburn Hills, MI 48326
☎ +1 248 836-4995 ✉ sales@csmproductsinc.com

CSM (RoW)

Vector Informatik (China, Japan, Korea, Indien, Großbritannien)
ECM AB (Schweden)
DATRON-TECHNOLOGY (Slowakei, Tschechien)
Unsere Partner garantieren Ihnen eine weltweite
Verfügbarkeit. Sprechen Sie uns einfach an.

Unser Unternehmen ist zertifiziert.



Alle erwähnten Marken- und Warenzeichen sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer.
Irrtum und Änderungen jederzeit ohne Ankündigung vorbehalten.
CANopen® und CiA® sind eingetragene Warenzeichen der Gemeinschaft CAN in Automation e.V.
EtherCAT® ist eine eingetragene Marke und patentierte Technologie, lizenziert durch die
Beckhoff Automation GmbH, Deutschland.