



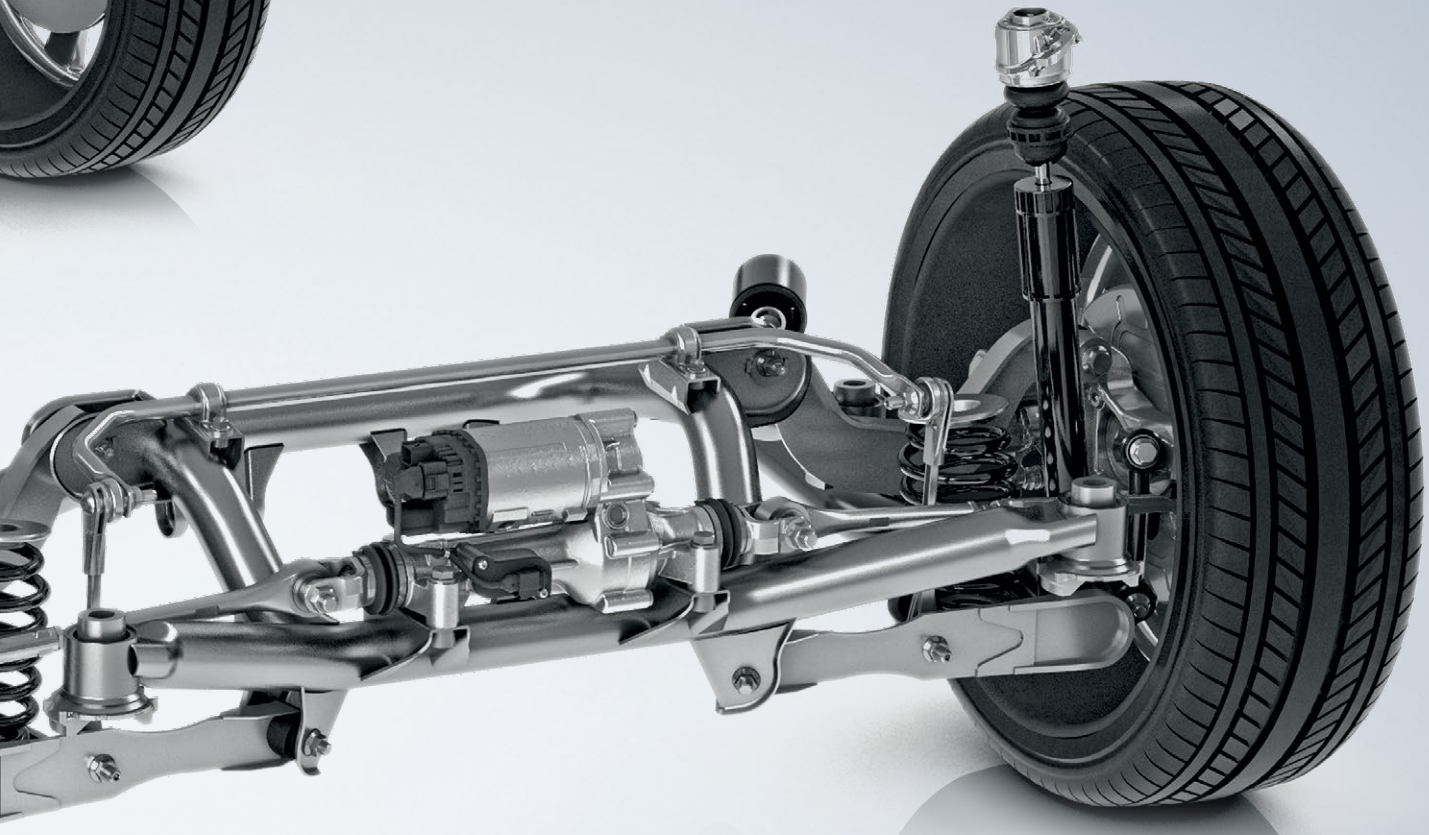
Systemintegrierte Messtechnik für ein Automotive-Hardware-in-the-Loop-Prüfsystem

Mit EtherCAT-Analog-Klemmen effizient Messdaten zum Test von Lenkeinheiten erfassen

Die Lenkung ist bei einem Fahrzeug eines der wichtigsten sicherheitsrelevanten Elemente. Dementsprechend hohe Anforderungen werden schon an die entwicklungsbegleitende Systemprüfung gestellt. Die Kölner Akka DNO GmbH hat daher gemeinsam mit der ZF Friedrichshafen AG ein leistungsfähiges Hardware-in-the-Loop-Prüfsystem entwickelt, das die erforderlichen Messdaten über die in PC-based Control direkt integrierte Messtechnik von Beckhoff erfasst.

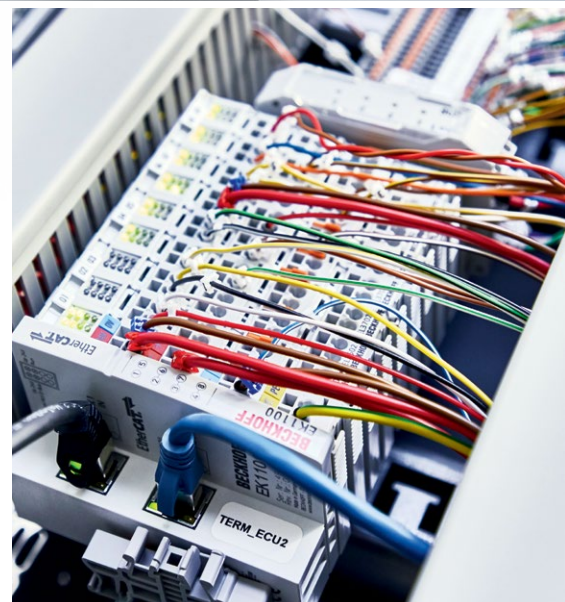


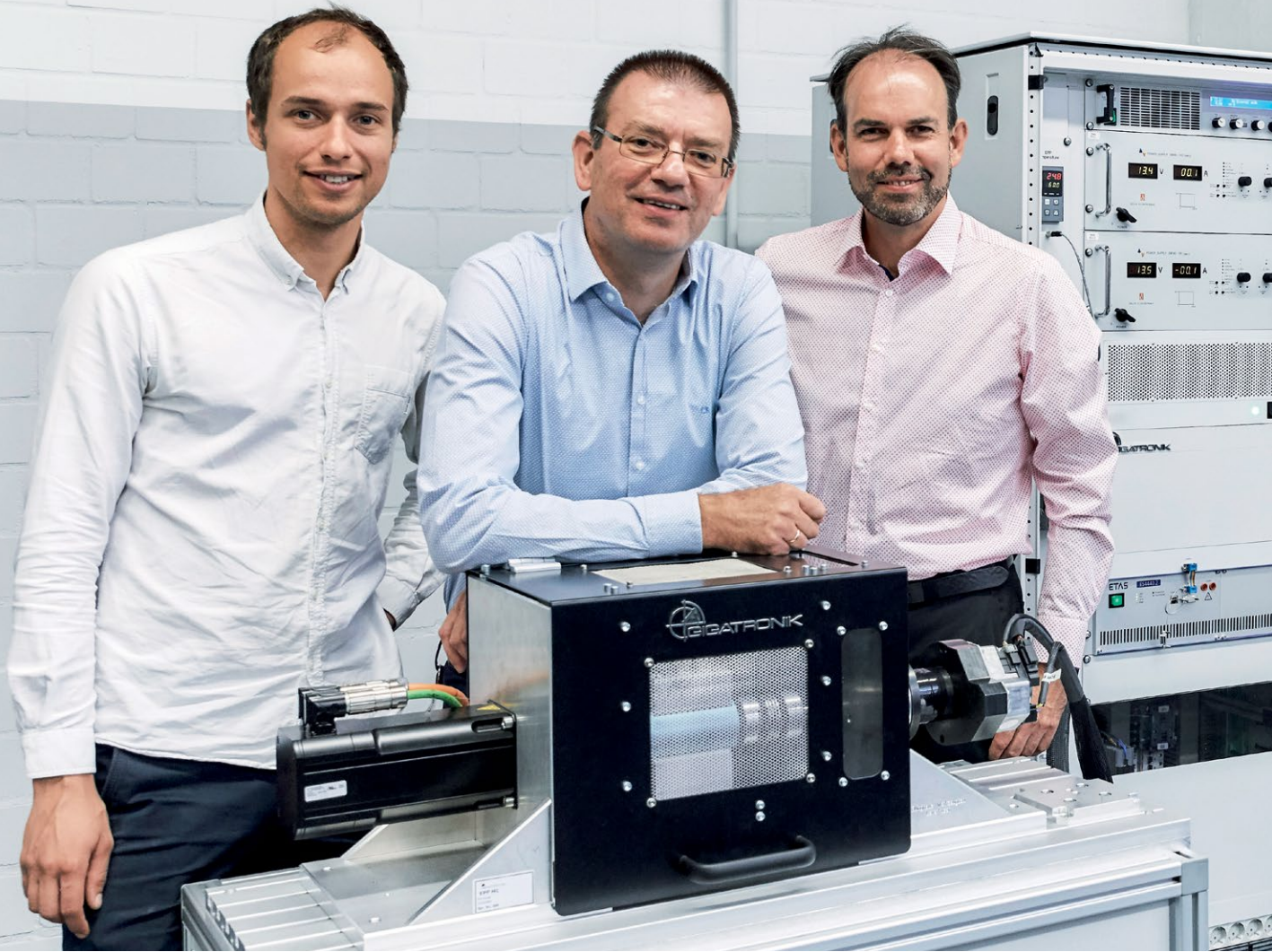
Die Kombination aus elektrischer Servolenkung an der Vorderachse und aktiver Hinterachskinematik erhöht die Fahrsicherheit des Pkw.



Die an rund 230 Standorten vertretene ZF Friedrichshafen AG ist ein weltweit führender Technologiekonzern für die Bereiche Antriebs- und Fahrwerktechnik sowie aktive und passive Sicherheitstechnik. Die Akka DNO GmbH (ehemals Gigatronik Köln GmbH) fokussiert sich als Engineeringpartner insbesondere auf die Automobilbranche und entwickelt u. a. gemeinsam mit ZF moderne Hardware-in-the-Loop (HiL)-Prüfsysteme. Dazu erläutert Sören Ole Kuklau, Team Management Function Development bei Akka DNO: „Wir unterstützen mit unserem langjährigen Know-how bei der Erstellung von Testspezifikationen, bei der Testautomatisierung und insbesondere auch beim Aufbau der Testinfrastruktur. Ein gutes Beispiel ist das HiL-Prüfsystem für das Electronic Powerpack (EPP) einer Fahrzeug-Lenkeinheit, das in enger Zusammenarbeit mit ZF entwickelt wurde. Begonnen wurde damit im Jahr 2016, und schon damals mit den Messtechnikklemmen von Beckhoff, wie z. B. der EtherCAT-Eingangsklemme EL3751. Diese Multifunktionsklemme hat uns mit Oversampling,

Die Messtechnik im EtherCAT-Klemmenfaktor ist integraler Bestandteil von PC-based Control.





Sören Ole Kuklau von Akka DNO, Dr. Michael Moczala von ZF und Wilm Schadach, Beckhoff-Vertriebsbüro Monheim, am Hardware-in-the-Loop-Prüfsystem für das Steuergerät und den Elektromotor einer Kfz-Elektronenklung (v.l.n.r.).

zusätzlichen Filtern und dem einstellbaren Messbereich ausreichende Möglichkeiten geboten, um auch einige als besonders kritisch erkannte Analogwerte zuverlässig erfassen zu können.“

Weitere Details zu diesem HiL-Prüfsystem nennt Dr. Michael Moczala, Teamleiter Software/System Test Tooling im Bereich Active & Passive Safety Technology, Steering von ZF in Düsseldorf: „Beim Test als EPP-in-the-Loop (EPPiL) wird das EPP, also die Kombination aus elektronischem Steuergerät und dem davon angesteuerten Elektromotor einer Kfz-Elektronenklung, im Simulationsumfeld geprüft. Konkret bedeutet dies, dass alle Komponenten, die mit diesen beiden Hardwareelementen im Fahrzeug interagieren, als virtuelle Modelle abgebildet und auf einem speziellen Echtzeitsystem simuliert werden.“

PC-based Control ist durchgängig, offen und skalierbar

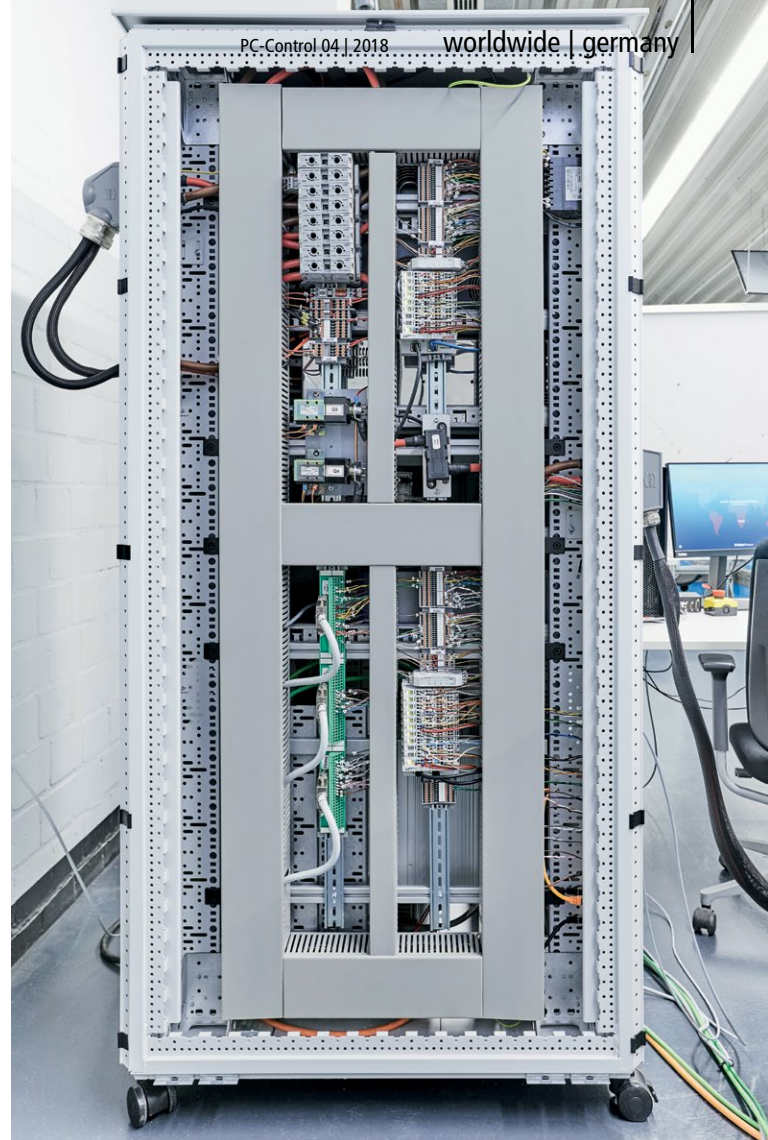
Mit PC-based Control lassen sich Prüfsysteme auch im HiL-Bereich komplett und durchgängig automatisieren – bis hin zur nahtlos integrierten Mess- und Sicherheitstechnik. Die konkreten Vorteile im Fall des EPPiL-Tests nennt Sören Ole Kuklau: „Beim EPPiL-System sorgt die PC-basierte Steuerungstechnik von

Beckhoff für das gesamte I/O-Handling. Die eigentliche Simulation läuft auf dem separaten Echtzeitsystem. Hinsichtlich der Rechenleistung hat sich der Embedded-PC CX5140 für das Datenhandling als optimal geeignet erwiesen. Dazu kommt, dass sich die Beckhoff-Hardware bei Bedarf sehr gut entsprechend den jeweiligen Applikationsanforderungen bis hin zu hochleistungsfähigen Multicore-Systemen skalieren lässt.“

Weitere Vorteile bietet laut Sören Ole Kuklau die große Breite des I/O-Spektrums und die Offenheit über den weltweit etablierten Standard EtherCAT: „Wir haben an die I/Os sehr hohe Anforderungen bzgl. der zeitlichen und wertemäßigen Auflösung gestellt und auch auf die zur Verfügung stehenden Zusatzfunktionen wie z. B. Oversampling geachtet. Hier bieten die EtherCAT-Messklemmen von Beckhoff die ideale Lösung. Zumal sich durch die weite Verbreitung von EtherCAT auch entsprechende Drittkomponenten einfach einbinden lassen, um beispielsweise Automotive-spezifische Bussysteme nutzen zu können. Weiterhin profitieren wir bei den Prüfständen von den guten Diagnosemöglichkeiten bei EtherCAT, u. a. um die Datenverbindung zwischen der Prüfkonsole und dem Schaltschrank zu überwachen. Hinzu kom-

Oben: Die EtherCAT-I/O-Ebene ist äußerst kompakt an der Schaltschrankseite realisiert.

Unten: Die Prüfkonzole mit dem Electronic Powerpack (rechts), der Drehmomentenmesswelle (Mitte) und dem Lastenmotor (links)



men die hohe Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Datenübertragung.“ Dr. Michael Moczala ergänzt einen zusätzlichen Aspekt: „Bei dem sehr hohen Datenaufkommen hilft es, dass wir die Informationen mit zwei verschiedenen Abstraten erfassen und übertragen können – die kritischen Signale wie Positionsvorgabe und Drehmomentmessung mit 4 kSamples, also im 250- μ s-Takt, und die übrigen Daten mit 1 kSamples bzw. im 1-ms-Takt. Auf diese Weise lässt sich der Flaschenhals bei der Datenübertragung zum separaten, als EtherCAT-Slave an den Embedded-PC angeschlossenen Echtzeitsimulationssystem vermeiden.“

Aufbau und Analog-I/Os des EPPiL-Prüfsystems

Dr. Michael Moczala erläutert die Funktionsweise des Prüfsystems: „Das Hardwareinterface des EPPiL-Simulators – die sogenannte Prüfkonzole – umfasst einen Lastenmotor sowie einen Drehmomentsensor zur Erfassung des Zustands der Verbindungswelle. Daran angeschlossen ist der eigentliche Prüfling, also das Electronic Powerpack aus Steuergerät und Unterstützungsmotor. Das EtherCAT-I/O-System bildet die Verbindung zur Simulation, u. a. mit den Modellen der mechanischen Komponenten der Lenkung, verschiedenen Fahrzeugen und Fahrbahnen bis hin zur Fahrzeugkommunikation. Über die EtherCAT-I/Os ist die Kommunikation zwischen der Modellwelt und dem Lastenmotor sowie der Momentenmesswelle realisiert. Aus der Simulation erhalten wir den Winkel der Welle des EPP-Motors und übertragen diesen an den Umrichter des Lastenmotors. Der Drehmomentsensor der Messwelle liefert das daraus resultierende Moment. Mit dieser Information werden wiederum die Bewegungsgleichungen in der Simulation gelöst, woraus sich zum Schließen der Hardware-in-the-Loop-Schleife der neue an den Lastenmotor zu übertragende Positionswert ergibt.“

Die EtherCAT-I/O-Ebene umfasst fünf Buskoppler EK1100 sowie 57 unterschiedliche EtherCAT-Klemmen. Für die Analogwertverarbeitung zählen dazu u. a. drei XFC-Ausgangsklemmen EL4732, sieben XFC-Eingangsklemmen EL3702 und 18 Eingangsklemmen EL3104. Deren konkrete Aufgaben erläutert Sören Ole Kuklau: „Die Ausgangsklemmen EL4732 übermitteln die Sollwerte an die programmierbaren Netzteile des Prüfsystems und die EL3702 lesen deren Istwerte zurück. Über die 18 EL3104 werden die 64 Kanäle der sogenannten Fault Insertion Unit (FIU) zur Einstreuung elektrischer Fehler, wie z. B. Kurzschluss oder Kabelbruch, plausibilisiert.“ Dr. Michael Moczala ergänzt: „Damit wird die korrekte Funktion der FIU überwacht und der Zeitpunkt des jeweiligen Schaltvorgangs ermittelt. Hierbei ist die Schnelligkeit der Datenerfassung von besonderer Bedeutung, da typischerweise mit Schaltzeiten im Millisekundenbereich gearbeitet wird.“





Mit den EtherCAT-Messtechnikmodulen bietet Beckhoff eine neue Generation hochpräziser Messtechnik-I/Os mit Metallgehäuse.

Systemintegrierte Messtechnik auch für Highend-Anforderungen

Mit PC-based Control steht eine nahtlos in die Steuerungstechnik integrierbare Messtechnik zur Verfügung. Deren Vorteile und breites Anwendungsspektrum bis hin zu Highend-Anwendungen erläutert Produktmanager Martin Podrouscek im Interview.

Was zeichnet die direkt in die Steuerungstechnik integrierte Messtechnik von Beckhoff aus und welche Vorteile bietet sie speziell für den Bereich der Test- und Prüftechnik?

Martin Podrouscek: Hier sind zwei Anwendungsfelder zu nennen: Einerseits sind dies konventionelle Fertigungsmaschinen, bei denen Entwickler, Konstrukteure, Programmierer und Anwender mehr Details über den ablaufenden Prozess wissen möchten. Dazu zählen die Qualität der gefertigten Teile, Betriebsmittelverbräuche und Taktzeiten. Die Steuerungs- und Regelungstechnik ist in solchen Maschinen meist schon vorhanden – ein zusätzliches Mess- und Datenlogging-System zu installieren, scheidet aber oft an finanziellen bzw. organisatorischen Hürden. Mit PC-based Control oder zumindest einem EtherCAT-basierten I/O-System eröffnen die EtherCAT-Messklemmen von Beckhoff hingegen den Weg für eine einfache Ergänzung des Steuerungssystems um messtechnische Komponenten – auch für die schnelle und hochgenaue Erfassung von Analogwerten

sowie den Transport großer Mengen Analogdaten über 100-Mbit/s-EtherCAT. Der größte Vorteil liegt hierbei darin, dass dieses zusätzliche Prozesswissen nicht nur dem Post-Process-Messtechniker eine umfangreiche Nachbearbeitung ermöglicht. Vielmehr kann auch der Steuerungsprogrammierer nun anhand hochqualitativer Daten den Regelkreis der Maschine besser beeinflussen und somit den Prozess optimal beherrschen. Das zweite Anwendungsfeld umfasst vorrangig messtechnische Anwendungen aus der Test- und Prüftechnik. Diese werden durch die Beckhoff-Kombination aus Mess- und Steuerungstechnik in die Lage versetzt, auch aktiv einzugreifen und die Prüfaufgabe zu automatisieren. Und gerade das umfangreiche Spektrum von Ein- und Ausgangsmodulen, Antrieben und Schaltern, Analog- und Digitaltechnik, Positionserfassungs- und Feedback-Klemmen aus dem Industrie-Umfeld verbunden mit der fast grenzenlosen Programmierbarkeit der Software TwinCAT – mit Bibliotheken, Wizards und Daten-Connectivity – ermöglicht diesem Anwenderkreis völlig neue Konzepte für automatisierte Prüfstände. Durch die Offenheit von PC-based Control

Weiterhin kommen drei XFC-Multifunktionseingangsklemmen EL3751 zum Einsatz. Über eine davon wird der Drehmomentsensor eingelesen. Die beiden anderen Klemmen dienen zum Einlesen der Netzteilspannung. Dazu Sören Ole Kuklau: „Deren Flexibilität im Spannungsbereich vereinfacht die Arbeit deutlich, weil sich die Klemmen zum einen auf +/-10 V für den Drehmomentsensor und zum anderen auf +/-30 V für die Netzteile einstellen lassen.“ Für Dr. Michael Moczala ist die Qualität der Messdatenerfassung durch die EL3751 entscheidend: „Das Signal des Drehmomentsensors ist von essenzieller Bedeutung, um in Verbindung mit dem Simulationsmodell ein stabiles

Systemverhalten erreichen zu können. Daher müssen die Werte des Drehmomentsensors mit möglichst geringer Verzögerung, sehr wenig Rauschanteil und einer möglichst hohen Genauigkeit übertragen werden.“

PC-based Control mit Zukunftspotenzial

Seit dem Beginn im Jahr 2016 steht inzwischen die dritte Generation an den mit Beckhoff-Technik ausgestatteten EPPiL-Prüfsystemen zur Verfügung, wie Dr. Michael Moczala erläutert: „Die Erfahrungen mit der Beckhoff-Technik sind sehr gut, sodass wir diese bei den kommenden Generationen beibehalten

bleiben diese dabei immer noch offen für die Anbindung von Sondergeräten und branchenspezifischer Software.

Von welchen besonderen Eigenschaften profitiert der Anwender der analogen EtherCAT-Messtechnikmodule ELM3xxx?

Martin Podrouscek: Ein Anwender, der Messtechnik in seine 24/7-Produktionsmaschine integriert erwartet, dass die Messtechnikkomponenten ebenso reibungslos und lange funktionieren wie die Steuerung selbst. Insbesondere muss die Messtechnik über die gesamte Zeit und ggf. auch unter widrigen Bedingungen das tun, wofür sie gedacht ist: präzise messen. Und genau hierauf liegt der Schwerpunkt der Beckhoff-Messtechnik. Durch vielfältige interne Funktionen und eine entsprechend ausgerichtete Produktionstechnik erfüllen die Messtechnikprodukte diese Kunden-Erwartung. Beispiele sind umfassende integrierte Selbsttests, die sicherstellen, dass das Mess-Modul einwandfrei arbeitet, sowie eine gründliche Vorbehandlung der Module in der Produktion und optionale Werks- und DAkkS-Zertifikate bis hin zum Beckhoff-Rekalibrierservice.

Was sind typische Anwendungsfelder für die systemintegrierte Beckhoff-Messtechnik und wie hat sich dieses Spektrum über die Jahre hinweg erweitert?

Martin Podrouscek: Klassische Produktionsmaschinen werden zunehmend mit integrierter Messtechnik aufgerüstet. Hier steigt das Anwenderinteresse an Energiemessung und Verbrauchsdatenerfassung aber auch an Inline-Teilemessung am gefertigten Objekt kontinuierlich an. In diesem Umfeld sind seit langem die 12/16/24-Bit-Analogeingänge im 12-mm-Kunststoffgehäuse allgemein akzeptiert. Dazu zählt auch die im Applikationsbericht vorgestellte EtherCAT-Klemme EL3751 als erste Präzisionsklemme neuer Generation mit 100 ppm Genauigkeit. Die 2016 vorgestellten Messtechnikmodule ELM3xxx im 30-mm-Metallgehäuse öffnen zusätzlich ein breites Anwendungsspektrum insbesondere im Highend-Bereich. Zumal auch der allgemeine Test- und Prüfmarkt diese Produktentwicklung sehr positiv aufnimmt und sich die EtherCAT-Module nicht nur per TwinCAT nutzen, sondern an jedem EtherCAT-Master betreiben lassen. Beim steigenden Automatisierungsbedarf im Test- und Prüfsektor profitiert man in idealer Weise vom integrierten Beckhoff-Ansatz, der auch die Einbindung von Safety, Vision, Cloud-Technologie und Motion auf einer Plattform ermöglicht.

und auch Neuentwicklungen bei den EtherCAT-Klemmen nach Möglichkeit einsetzen werden.“ Weiteres Entwicklungspotenzial sieht auch Sören Ole Kuklau: „Es gibt bei uns bereits Vorentwicklungsprojekte zu Automotive-spezifischen Testsystemen, die komplett auf Beckhoff-Technik aufbauen. Hierzu zählt auch die Servoantriebstechnik, die durch ihre hohe Performance und Schnelligkeit sowie aufgrund der komfortablen Konfiguration in TwinCAT Vorteile mit sich bringt. Ein weiteres Vorentwicklungsprojekt befasst sich mit der MATLAB®/Simulink®-Integration in TwinCAT, um die Echtzeitsimulation auf den Embedded-PC verlagern und so Kosten sparen zu können. Außerdem

Was kennzeichnet die neuen EtherCAT-Messtechnikmodule für Highend-Anwendungen?

Martin Podrouscek: Die Verarbeitung von Analogdaten kann technisch gesehen einerseits lokal im Messmodul und andererseits aber auch in der MSR-Welt zentral in der TwinCAT-Steuerung vorgenommen werden. Je nach Anlagenkonzept ist der eine oder andere Weg sinnvoller, beide werden von den Beckhoff-Analogeingängen seit jeher unterstützt. Temperaturstabile, präzise Messungen mit einer Oversampling-Funktion mit derzeit bis zu 50 kSamples/s ergeben für beide Anwendungen Vorteile. Speziell für die lokale Verarbeitung bieten die Module vielfältige Analogfunktionen wie mehrstufige frei vorgebbare Filterung, trueRMS-Berechnung und Schleppzeiger. Darüber hinaus verfügen einige Klemmen über besondere Technologien für den Sensoranschluss: In den Messtechnikmodulen ELM350x für Wiege- und Dehnungsanwendungen sind Spezialitäten wie Tara, Brückenergänzungen und Shunt-Kalibrierung integriert, bei den IEPE-Klemmen ELM360x für Vibrationsmessung sind TEDS und AC/DC-Kopplung nutzbar. Die integrierte Messtechnik von Beckhoff setzt technologieorientierten Anwendern somit fast keine Grenzen, die etablierten Methoden der Messtechnik auch in Produktions- und Testmaschinen zu installieren und damit marktführende Anwendungen zu realisieren.

weitere Infos unter:

www.beckhoff.de/messtechnikmodule



Martin Podrouscek, Produktmanager Feldbussysteme bei Beckhoff

arbeiten wir derzeit daran, mit TwinCAT den ASAM-Standard XiL-API zur Entkopplung von Testcase, Testautomatisierungstool und HiL-Prüfhardware mit TwinCAT zu nutzen.“

weitere Infos unter:

www.akka-technologies.com

www.zf.com