

## Dauerversuchsprüfstand für hydraulische Komponenten mit DIAdem und EtherCAT

### Kurzfassung

Immer höhere Kundenanforderungen an die Qualität von industriellen Hydraulikzylindern haben einen wachsenden Testaufwand schon während der Entwicklung zur Folge. Dies betrifft auch und insbesondere die Dauerfestigkeit. Da die Parameter entsprechender Tests bedingt durch unterschiedliche Anwendungszwecke und Bauformen stark variieren, wurde für die Modernisierung eines Dauerversuchsprüfstands auf Kundenanforderung Automatisierungs-Hard- und -Software basierend auf Standardkomponenten entwickelt, die flexibel an neue Prüfaufgaben angepaßt werden kann. Schlüsselemente sind dabei die Applikationssoftware DIAdem und der schnelle Industrial-Ethernet-Standard EtherCAT.



Bild1: Hydraulikzylinder im Einsatz an einem Bagger (Holger Müller)

### Anpassungsfähig dank Standardsoftware

Hydraulikzylinder für industrielle Anwendungen müssen höchsten Anforderungen nicht zuletzt hinsichtlich ihrer Lebensdauer genügen. Deshalb wird bereits bei der Entwicklung solcher Komponenten speziell auf diesen Aspekt höchstes Augenmerk gelegt. Und natürlich müssen neue Konstruktionen hinsichtlich ihrer Dauerfestigkeit getestet werden, bevor das Produkt in die Serienproduktion überführt werden kann. Zu diesem Zweck verfügen Versuchsabteilungen über spezielle Prüfstände, die es ermöglichen, Komponenten einer Langzeitbelastung zu unterziehen, um ihr Lebensdauerverhalten hinsichtlich Laufleistung, Betriebsstunden und Lastwechseln zu ermitteln. Zudem sind auf solchen Anlagen Systemversuche mit Einbringung von Störeinflüssen möglich, um Fehlerzustände zu simulieren und ihre Auswirkungen sowie Abhilfen zu erforschen.

Bei einem namhaften Hersteller von Hydraulikzylindern stand die Modernisierung eines solchen Entwicklungsprüfstands an. Während der hydraulische Aufbau im wesentlichen weitergenutzt werden kann, sind Meß- und Steuer-Hard- und -Software zu ersetzen. Für das bisher eingesetzte proprietäre Meß- und Steuersystem sind Ersatzteile nicht mehr lieferbar und einige Komponenten bereits defekt. Zudem reichen die verfügbaren Abstraten für aktuelle Aufgaben nicht mehr aus und vor allem die fehlende Konfigurierbarkeit beschränkt die Anwendungsmöglichkeiten.

Gefordert ist deshalb, mit marktüblichen Standardkomponenten ein System zu realisieren, das Dauertests, also zyklische Belastungen von Prüflingen, über mehrere Monate ermöglicht, was bei typischen Anwendungsfällen ca. 10 Millionen Lastwechseln entspricht. Dabei soll eine parametrierbare Erfassungsrates von bis zu 2 kHz pro Kanal erreicht werden, wobei jeder Erfassungskanal per Software für unterschiedliche Signal- und Sensortypen konfigurierbar sein muß.

Für den Signalaustausch zwischen den Komponenten sollen wegen der geringeren Anfälligkeit gegen Signalstörungen ausschließlich Bussysteme Verwendung finden. Aus den Erfahrungen mit dem Alt-system resultiert zudem die Forderung, daß die Software offen und durch Anwender modifizierbar sein und einen einfachen Datenaustausch zwischen Versuchspersonal und Entwicklern ermöglichen muß.

Zu realisieren ist ein System mit drei unabhängigen Einzelversuchsplätzen, die an zentraler Stelle bedient und visualisiert werden können. Je Versuchsplatz sind 16 Analogeingänge, zwei analoge und acht digitale Ausgänge vorzusehen. Für die Analogeingänge ist eine Grenzwertüberwachung zu realisieren, die mit Reaktionszeiten kleiner als 10 Millisekunden auf kritische Signalzustände reagiert.

Auf Grund guter Erfahrungen bei anderen Anwendungen hat der Kunde National Instruments DIAdem als Applikationssoftware ausgewählt. Als Meßverstärker sollen wegen ihres breiten Signalspektrums und der guten Signalqualität C-Series-Module von NI zum Einsatz kommen, als Hydraulikregler Bosch Rexroth HNC mit Profinet-Schnittstelle. Diese Schnittstelle ist auch für die Kommunikation mit der Steuerung der Hydraulikversorgung vorgegeben.

Um die beschriebenen Anforderungen erfüllen zu können, entsteht ein verteiltes System aus drei Meßrechnern (einer je Versuchsplatz) und einem zentralen Steuerrechner zur Bedienung und Visualisierung.

## **Schlüsselkomponente EtherCAT**

Entscheidend für die Funktionalität des Gesamtsystems ist die Verbindung zwischen den Komponenten, sowohl zwischen den Meßverstärkern und den Meßrechnern als auch zwischen den Rechnern untereinander. Diese muß Daten mit hohen Erfassungsraten und in Echtzeit übertragen, um auch die geforderten Reaktionszeiten bei der Grenzwertüberwachung sicherzustellen. Das ermöglichen der schnelle Industrial-Ethernet-Standard EtherCAT. Der Zugriff auf EtherCAT erfolgt im einzelwertbasierten DIAdem-Software-Takt, so daß Steuerungs- und Regelungsaufgaben optimal umgesetzt werden können. Der dem Treiber zugrundeliegende EtherCAT-Master benutzt dabei handelsübliche Ethernet-Controller. Das Problem der Synchronisation unterschiedlicher Hardware entfällt, da die Daten aller Busteilnehmer in einem Telegramm übertragen werden. Verteilte Meßstellen stellen ebenfalls kein Problem dar, da die Fast-Ethernet-Physik Abstände zwischen zwei Teilnehmern von bis zu 100 Metern erlaubt.

Jedem Meßrechner ist deshalb ein 8-Slot-EtherCAT-Slave-Chassis NI 9144 zugeordnet, das mit den eingesteckten Modulen die geforderten 16 Erfassungskanäle zur Verfügung stellt. Während hier also eine reguläre Master-Slave-Kommunikation realisiert wird, ist für die Verbindung zwischen Steuerrechner und den Meßrechnern ein anderer Ansatz notwendig, da eine direkte Master-Master-Kommunikation nicht möglich ist. Deshalb tauschen die Rechner untereinander Daten jeweils über eine EtherCAT-Bridge Beckhoff EL6692 aus. Die Erfassung von Meßgrößen zentraler Komponenten sowie die Ausgabe von analogen und digitalen Steuersignalen für alle Versuchsplätze gemeinsam übernimmt wiederum ein direkt an den Steuerrechner angeschlossenes EtherCAT-Slave-Chassis NI 9144 mit analogen und digitalen Ein- und Ausgangsmodulen.

Nicht integriert werden in das EtherCAT-System konnten wegen ihrer Profibus-Schnittstelle die digitalen Achsensteuerungen Bosch Rexroth HNC100-3X. Der Anschluß der Geräte, die über nachgeschaltete Servo-4-Wegeventile die Regelung der hydraulischen Zylinderachsen übernehmen, an

die Meßrechner erfolgt über Profinet-IO-Controller-Karten Hilscher cifX 70-RE. Ebenfalls über eine solche Karte ist der Steuerrechner an die Prüfstands-SPS angebunden. Die Synchronisation von Profinet- und EtherCAT-Signalen erfolgt jeweils in der DIAdem-Software.

Dank der in den DIAdem-EtherCAT-Treiber integrierten Konfiguration der C-Series-Module ist es nicht notwendig, solche Funktionen aufwendig in der Applikation zu implementieren. Statt dessen werden diese Konfigurationsfunktionen einfach aus der DIAdem-Applikation heraus aufgerufen. Die Ergebnisse der Konfiguration (z.B. Signalname, Einheiten und Wertebereiche) werden automatisch bei Anzeige und Speicherung von Signalen berücksichtigt.

Rechner, Meßverstärker und Achsensteuerungen sind in einem Schaltschrank zusammengefaßt. Ebenfalls dort eingebaut sind Peripheriegeräte, wie eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), die ein sicheres Herunterfahren der Anlage bei Stromausfall gewährleistet. Signalleitungen werden über ein Tragarmsystem mit entsprechender Anschlußtechnik zu den Meßstellen geführt, um bei geometrisch unterschiedlichen Meßaufbauten einen einfachen und sicheren Anschluß aller Sensoren und Aktoren zu ermöglichen.

## Verteiltes System - zentrale Bedienung

Die zentrale Bedienschnittstelle des Dauerversuchsprüfstands bildet der Steuerrechner, der wie die Meßrechner auch als handelsüblicher 19"-PC ausgeführt ist, um bei Bedarf eine einfache Austauschbarkeit zu gewährleisten. Auf dem Steuerrechner erfolgen die Definition der Versuchsabläufe sowie wahlweise der Start eines Einricht- oder Testbetriebs auf den Meßrechner. Zudem werden dort analoge und digitale Signale über das EtherCAT-Slave-Chassis mit den Prüflingen sowie Bussignale via Profinet mit der Prüfstands-SPS ausgetauscht.

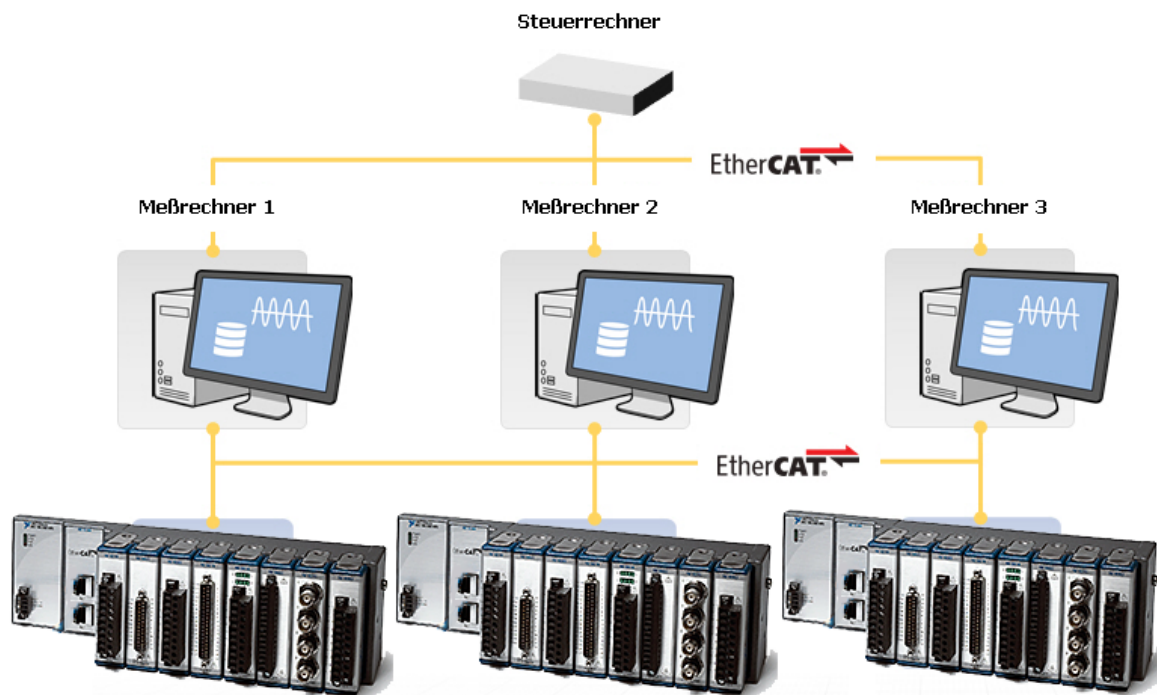


Bild 2: Aufbau des verteilten Meß- und Steuersystems

Auf den Meßrechnern erfolgt die Signalerfassung über die Meßverstärker. Dabei werden jeweils nur die Signale berücksichtigt, die auf dem Steuerrechner konfiguriert wurden. Auch die Abtastrate für die Datenerfassung wird entsprechend der Vorgaben vom Steuerrechner im Bereich zwischen 500 und 2000 Hz eingestellt.

Weiterhin übernehmen die Meßrechner die Überwachung bis zu 10 erfaßter Signale je Versuchsplatz hinsichtlich statischer und dynamischer Grenzwerte, die auf dem Steuerrechner vorgegeben werden.

Bei Überschreitung kritischer Grenzen erfolgt die Abschaltung des jeweiligen Versuchsplatzes über Steuerrechner und Prüfstands-SPS sowie Achsensteuerungen. Alternativ kann bei Erreichen bestimmter Schwellen eine Ausgabe von analogen und digitalen Signalen parametrisiert werden. Parameter der Grenzwertüberschreitungen werden für die Fehleranalyse protokolliert. Während der Prüfungen sind eine zyklische Datenspeicherung in einem frei parametrierbaren Zyklus-raster und sowie eine ereignisgesteuerte Datenablage aktiv. Letztere reagiert beispielsweise auf einen Versuchsabbruch infolge Grenzwertüberschreitung. Zudem werden die Meßdaten der letzten Zyklen permanent in einer Ringdatei gespeichert, um auch bei einem Stromausfall zumindest den letzten Zustand des Prüfstands rekonstruieren zu können. Über die zyklische Profinet-Kommunikation aktiviert bzw. deaktiviert der Meßrechner die Ausgabe vordefinierter Sollwertkurven durch die Achsensteuerungen bzw. beeinflusst deren Parameter. Die Generierung der Sollwertkurven selbst erfolgt in der Achsensteuerung. Zur Minimierung der Systemauslastung verfügt die Applikation auf den Meßrechnern nur über eine rudimentäre Oberfläche zu Diagnosezwecken. Alle Bedienvorgänge sowie alle für den Betrieb notwendigen Visualisierungen werden auf dem Steuerrechner realisiert.

Neben den beschriebenen Funktionen für die automatische Prüfung im Dauerversuch ermöglicht die Applikationssoftware den Einrichtbetrieb sowie eine sogenannte Einfahrmessung. Im Einrichtbetrieb können Meßrechner und Achsensteuerungen manuell gesteuert werden. Zur Bedienung der Achsensteuerungen steht ein Tippbetrieb mit alternativer Positions- oder Druckregelung zur Verfügung. Parameter der Sollwertgenerierung können manuell eingegeben und direkt getestet werden.

Die Einfahrmessung ermöglicht die Aufzeichnung von Meßdaten eines Zyklus' als Basis für die oben beschriebene Grenzwertüberwachung. Liegen die aufgezeichneten Signale vor, können sie über eine spezielle Funktion der Applikation geladen und graphisch-interaktiv abschnittsweise mit Hüllkurven umgeben werden, die dann jeweils das Sollband der überwachten Signale während der Prüfung definieren.

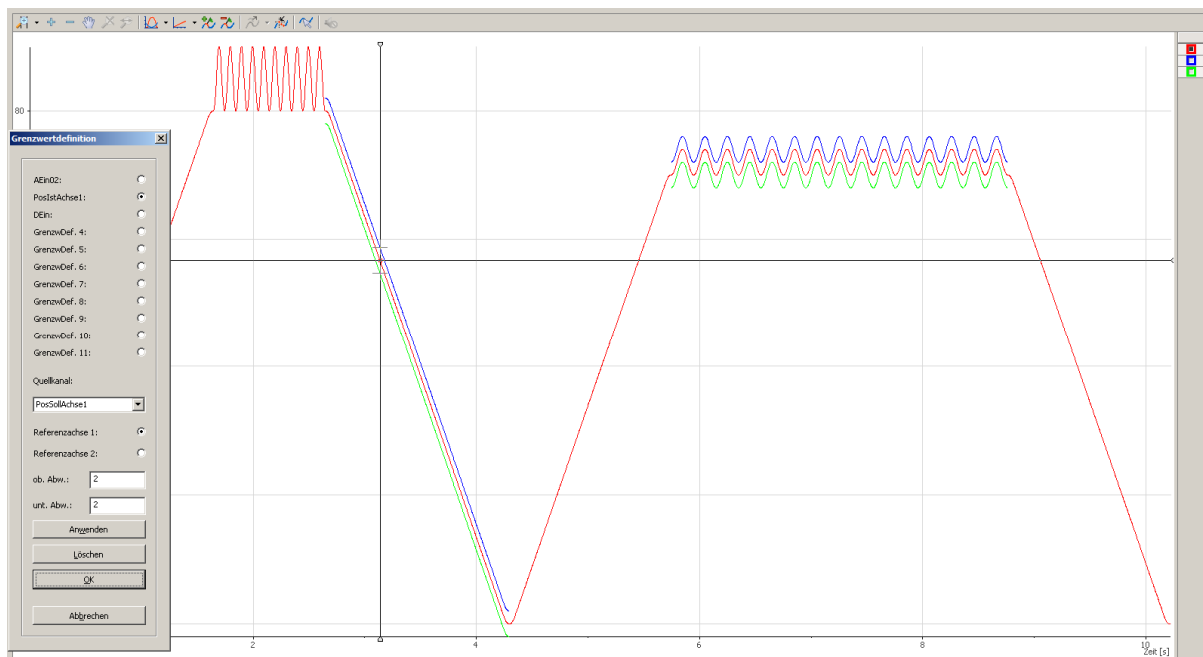


Bild 3: Basierend auf aufgezeichneten Signalen werden graphisch-interaktiv Sollbänder der überwachten Signale während der Prüfung definiert.

Ebenso graphisch wie die Generierung von Sollbändern erfolgt die Auswertung der Meßdaten. Dazu können bereits während des laufenden Versuchs per Knopfdruck einzelne Zyklen oder frei definierbare Zeitbereiche innerhalb der aufgezeichneten Daten selektiert und mittels der Cursor-Grafik von DIAdem dargestellt werden. Danach steht dem Anwender das gesamte Spektrum der graphischen und mathematischen Analysefunktionen zur Bewertung der aufgezeichneten Signalverläufe zur Verfügung.

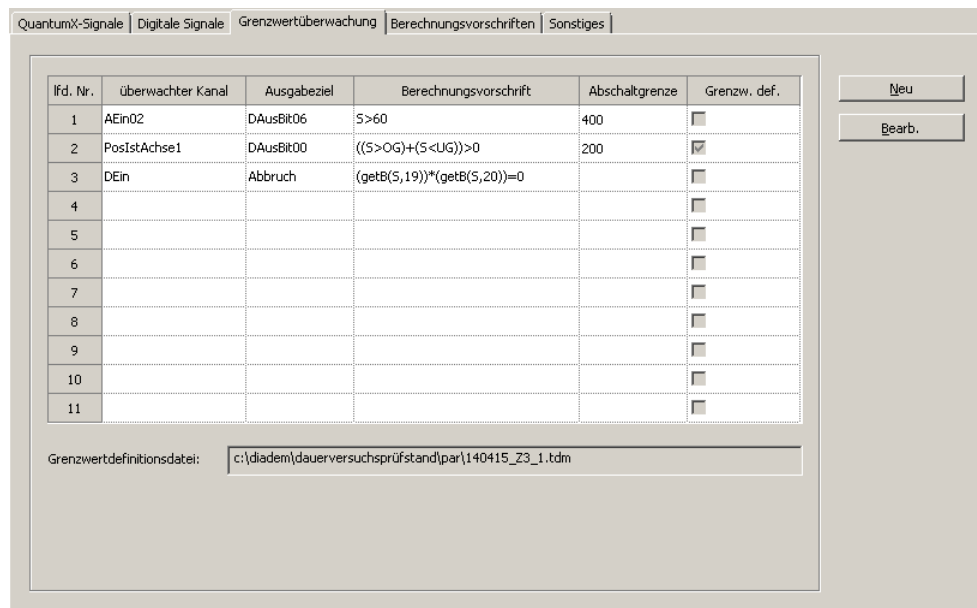


Bild 4: Für die Grenzwertüberwachung können statische oder dynamische Parameter angegeben werden, bei deren Überschreitung alternativ die Abschaltung des jeweiligen Versuchsplatzes oder die Ausgabe von analogen und digitalen Signalen erfolgt.

## Fazit

Mit dem Dauerversuchsprüfstand für hydraulische Komponenten steht dem Kunden eine Applikation zur Verfügung, die die Lösung komplexer Prüfaufgaben mittels Standard-Hard- und -Software-Komponenten ermöglicht. Dank der parametrierbaren C-Series-Module von NI kann die Signalerfassung flexibel an unterschiedlichste Prüfaufbauten angepaßt werden. Signalerfassung und -ausgabe über EtherCAT-Slave-Chassis NI 9144 und DIAdem-EtherCAT-Treiber sichern die Reaktion eines verteilten, windows-basierten Systems auf kritische Signalzustände in Echtzeit. Die offene Softwarestruktur basierend auf DIAdem ermöglicht dem Kunden die Anpassung der Applikation an künftige Anforderungen.