

Scientific Automation integriert Hightech-Anwendungsbereiche in die Automatisierung

Auf Basis von leistungsfähigen Beckhoff Industrie-PCs, dem schnellen EtherCAT-Feldbus, schnellen I/O-Klemmen und TwinCAT als Software lassen sich Anwendungsbereiche, wie die hochpräzise Messtechnik, Condition Monitoring sowie kinematische Transformationen von Robotern, in die PC-Plattform integrieren. Beckhoff nennt diese Erweiterung der Standard-Steuerungstechnik „Scientific Automation“ und bietet hierfür einen Baukasten an. Das Angebot an Hard- und Softwaremodulen wird kontinuierlich erweitert und orientiert sich am Bedarf des Marktes, erklären Michael Jost, Produktmanager EtherCAT und I/O-Systeme, und Dr. Josef Papenfort, Produktmanager TwinCAT, im Interview mit der PC-Control-Redaktion.

PC-Control: Beckhoff hat mit PC-based Control, EtherCAT, der XFC-Technologie (eXtreme Fast Control) sowie dem Softwaresystem TwinCAT wichtige Voraussetzungen für die Scientific Automation geschaffen. In welchen Anwendungen kommt Scientific Automation zum Einsatz?

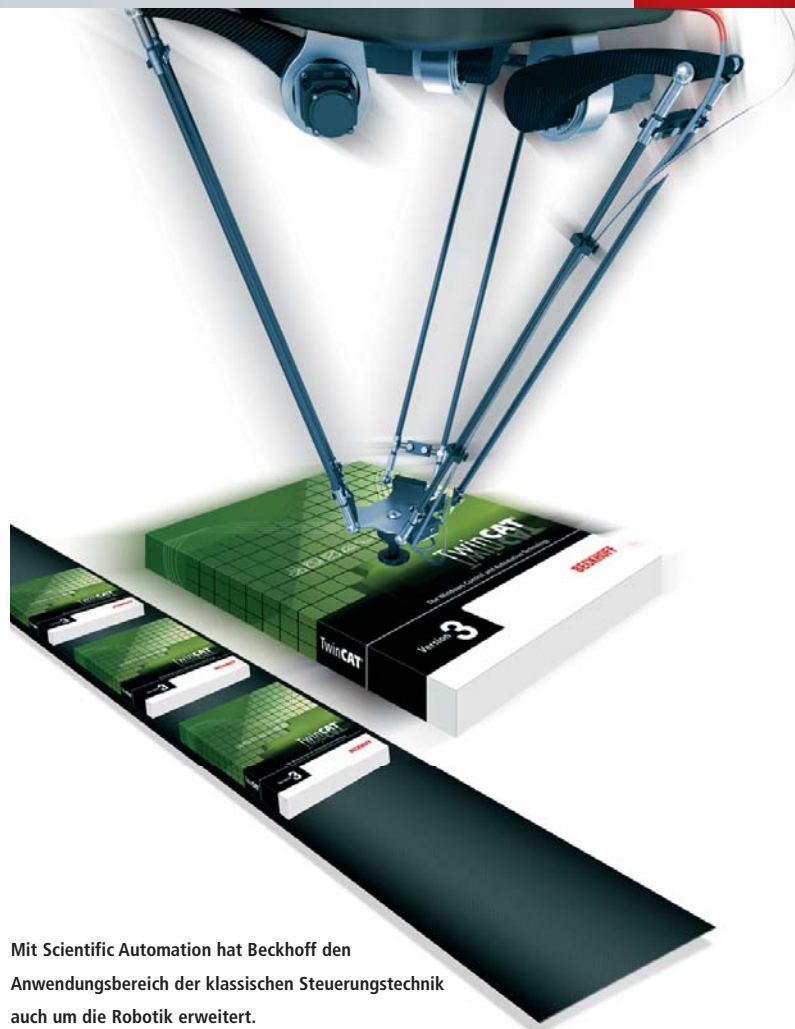
Michael Jost: Die Module des Scientific-Automation-Baukastens haben sich in verschiedenen Branchen und in unterschiedlichsten Applikationen etabliert. Man kann sagen, Scientific Automation hat in vielen Bereichen „Fahrt aufgenommen“ und Anwendungen, wie beispielsweise die Prüfstandstechnik, bereits erreicht. Der primäre Vorteil unserer Technologie liegt darin, dass die vorhandene Steuerungstechnik einfach durch zusätzliche Software-Bausteine oder neue I/O-Klemmen erweitert wird. Mit unserem aktuellen Angebot an Messtechnik-Klemmen lassen sich heute bereits Highend-Messtechnik-Funktionen mit Standard-EtherCAT-Klemmen realisieren. Zu den häufig nachgefragten Anwendungen gehören Aufgabenstellungen im Bereich des Condition Monitorings, wie das Auswuchten, und in Wägeapplikationen. Außerdem kann häufig auf eigenständige messtechnische Systeme zur Überwachung der Produktqualität verzichtet werden, weil die notwendige präzise Überwachung von Druck, Temperatur, Gewicht etc. mit in das Steuerungssystem integriert werden kann.

PC-Control: Gilt das auch für den Softwareaspekt?

Josef Papenfort: Der Softwarebereich ist in gleichem Maße involviert. Die Anwendungsbereiche liegen breit gefächert vom Condition Monitoring bis zur Integration der Robotik auf den zentralen PC. Generell ist die Beckhoff-Philosophie, so viel wie möglich in Software zu realisieren. Die I/O-Baugruppen sind dazu in der Regel so einfach wie möglich ausgeführt und liefern die Rohdaten für die PC-Steuerung. In der Software können jetzt die Rohdaten analysiert werden. Der PC ist dazu hervorragend geeignet. Die hohe Performance, unter anderem auch wegen der immer vorhandenen Floating-Point-Unit, erlaubt selbst die kompliziertesten Algorithmen in Echtzeit zu rechnen.

PC-Control: Handelt es sich bei den erwähnten Anwendungen der Scientific Automation eher um punktuelle Aufgabenstellungen oder ist ein breit angelegter Trend erkennbar?

Josef Papenfort: Hier lässt sich durchaus ein breiter Trend beobachten und wir bauen unsere Produktpalette kontinuierlich weiter aus, entsprechend des Bedarfs bzw. der Wünsche unserer Kunden. Neben den Standard-Software-Bausteinen fokussieren wir uns bei der Anwendungsentwicklung für Scientific Automation auf konkrete Aufgaben. Das ist auch im Bereich der Robotik so, einem sehr aktuellen Entwicklungsbereich, in dem wir uns hinsichtlich der Kinematiken auf diverse Aufgabenstellungen konzentrieren.



Mit Scientific Automation hat Beckhoff den Anwendungsbereich der klassischen Steuerungstechnik auch um die Robotik erweitert.

PC-Control: Für TwinCAT bietet Beckhoff zahlreiche Software-Bibliotheken. Welche Bibliotheken sind speziell auf die Scientific Automation ausgerichtet?

Josef Papenfort: Unsere Software TwinCAT ist modular aufgebaut und lässt sich nach dem Baukastenprinzip zusammenstellen bzw. erweitern. Sie wird ergänzt durch eine Reihe von Bibliotheken und den sogenannten Supplements. Nehmen wir zum Beispiel das Supplement zur Regelungstechnik. Mit der TwinCAT Controller Toolbox können komplizierteste Reglerstrukturen einfach zusammengestellt und in kleinsten Zykluszeiten ausgeführt werden. Die kinematische Transformationsbibliothek erlaubt die Steuerung und Regelung von Robotern mit unterschiedlichen Kinematiken. Einfache Konfiguration und Programmierung in TwinCAT sind hier weitere Vorteile. Wichtiges Hilfsmittel bei allen Scientific-Automation-Applikationen ist das TwinCAT Scope 2. Es ermöglicht die Aufzeichnung und Darstellung von verschiedenen Signalen selbst bei Abtastzeiten im 100-kHz-Bereich. Für das Condition Monitoring haben wir eine Softwarebibliothek entwickelt, die in verschiedenen Anwendungen genutzt wird, zum Beispiel bei Bohrmaschinen und beim Auswuchten. Auf der Hannover Messe 2011 haben wir eine solche Anwendung für das Auswuchten vorgestellt, die bei den Messebesuchern großes Interesse hervorrief.

Michael Jost: „Mit unseren EtherCAT-Klemmen können wir hochgenau über Distributed-Clocks Sensor-Rohdaten mit bis zu 100.000 Samples/s (analog) oder 1.000.000 Samples/s (digital) erfassen, die auf dem zentralen PC ausgewertet werden.“

Highend-Messtechnik

PC-Control: Im Sortiment der I/O-Klemmen gibt es bereits für einige physikalische Größen entsprechende messtechnische Hardware. Welche physikalischen Größen fehlen noch bzw. was benötigen die Kunden?

Michael Jost: Unsere I/O-Systeme in IP 20 und IP 67 decken nahezu alle Standardsignale ab. Im Bereich der Standard-Messtechnik bieten wir I/O-Bausteine für die Messung von Strom, Spannung, Temperatur, Frequenz, Position oder Druck an. Unter Scientific Automation verstehen wir eher die Highend-Messtechnik mit Klemmen für Highspeed- oder hochpräzise Messungen sowie das Energie- oder Netzmonitoring. Hinzu kommt die komplette Produktbandbreite der XFC-Klemmen, mit denen wir hochgenau über Distributed-Clocks, zum Beispiel mit dem Oversampling-Verfahren, Sensor-Rohdaten mit bis zu 100.000 Samples/s (analog) oder 1.000.000 Samples/s (digital) erfassen. Für Neuentwicklungen gibt es zahlreiche Anfragen, beispielsweise für spezielle Sensor-Interfaces zur pH-Wert-Messung. Speziell aus dem Bereich der Prüfstandtechnik gibt es Anforderungen, die zum Ziel haben, möglichst den gesamten Prüfstand mit einem System zu realisieren. Ein häufig genannter Grund für den Einsatz des Beckhoff-Systems ist zum einen die Skalierbarkeit der Hardware (12-, 16-, 24-Bit-Analogmodule), zum anderen die Offenheit der Hardware- und Software-Interfaces.



Michael Jost, Produktmanager EtherCAT und I/O-Systeme, Beckhoff Automation

PC-Control: Das EtherCAT-Klemmensystem wurde in den letzten Jahren durch zahlreiche Klemmen der Kategorie „hochpräzise Messtechnik“ ergänzt. Wie definiert Beckhoff den Begriff „hochpräzise“?

Michael Jost: Als Beispiel kann man hier die ± 10 -V-Analog-Eingangsklemme EL3602 mit einer Genauigkeit von 0,01 % als hochpräzise im Vergleich zu den Standardklemmen mit einem Messfehler von 0,3 % nennen. Im Bereich der Thermoelemente haben wir die Präzision verglichen und hierzu die übliche Messfehlergenauigkeit untersucht. Das Ergebnis war, dass wir mit unseren Standardklemmen bereits sehr gut im Vergleich zu anderen Automatisierungsanbietern sind. In der hochpräzisen Temperaturmesstechnik sind wir sogar um Größenordnungen besser und können uns mit führenden Anbietern aus dem Bereich der Messtechnik vergleichen. Insbesondere mit der zuletzt vorgestellten Thermoelement-Klemme EL3314-0010 bewegen wir uns an der Grenze der mit dieser Sensortechnologie erzielbaren Genauigkeit. Für bestimmte Kunden aus der Halbleiter- und Solarindustrie ist die Genauigkeit der Temperaturmessung und -regelung ein entscheidendes Kriterium für die Prozessführung. Die Temperatur hat direkten Einfluss auf die Produktqualität. Die PT100-Temperaturmessklemme ist schon länger in unserem Portfolio. Die hochpräzise Variante EL3201-0020 mit Kalibrierzertifikat und einem Messfehler $< 0,1$ °C wird in industriellen Anwendungen sowie in der Forschung eingesetzt.



Hochpräzise Temperaturmessung und Signalerfassung in Miele-Qualitätssicherung

PC-Control: Hochpräzise I/O-Klemmen sind auch für die Widerstandsmessung und für die Auswertung von Widerstandsbrücken verfügbar. Wo liegen hier die Einsatzgebiete?

Michael Jost: Für die hochpräzise Messung von Widerständen sowohl im $m\Omega$ - als auch im $M\Omega$ -Bereich wurde die EtherCAT-Klemme EL3692 entwickelt. Sie verfügt über verschiedene Messbereiche und ermöglicht so ein breites Anwendungsfeld. Ihr klassisches Einsatzgebiet sind Prüfstände; beispielsweise setzt einer unserer Kunden diese Klemme ein, um Sitzheizungen im Produktionsprozess zu messen. Diese Heizungen müssen einen bestimmten vorgegebenen Widerstandswert haben. Andere Anwendungsbereiche sind zum Beispiel die Messung von definierten Übergangswiderständen an Klemmstellen, Steckern und Kabelbäumen. In anderen Entwicklungsbereichen, insbesondere in der Wägetechnik, bietet Beckhoff mit der EtherCAT-Klemme EL3356-0010 mit einer Auflösung von 24 Bit und einer schnellen Wandlungszeit von 100 μs viele Anwendungsmöglichkeiten aufgrund von zahlreichen Kundennachfragen. Ein Beispiel ist die dynamische Erfassung von Drehmomenten. Der Vorteil für unsere Kunden ist, dass sie in ihrer Maschine eine integrierte Wägetechnik haben und keine zusätzliche systemfremde Hard- und Software benötigen.

PC-Control: Bereits die Standard-EtherCAT-Klemmen haben eine Auflösung von 16 Bit. Die Highend-Messtechnikklemmen werden mit 24 Bit angeboten. Was sind hier die Anwendervorteile?

Michael Jost: Die hohe Signalaufösung wird von einigen Anwendern, die messtechnische Systeme kennen, gefordert. Im Verhältnis zur absoluten Genauigkeit scheint die hohe Auflösung nicht immer erforderlich. In vielen Applikationen ist jedoch nicht die absolute Genauigkeit entscheidend, sondern die relative Genauigkeit, das heißt wie gut sind vergleichende Messungen möglich. Bei der Reproduzierbarkeit von Regelungen, insbesondere wenn zusätzlich eine Kalibrierung der gesamten Messkette vorgenommen wird, hilft die hohe Auflösung, weil auch schon leichte Abweichungen erkannt werden können.

PC-Control: Als Neuheit wurde auf der Hannover Messe 2011 die Netzmonitoring-Klemme vorgestellt. Was sind die Highlights der Neuentwicklungen?

Michael Jost: Die Entwicklung der Netzmonitoring-Klemme ist eine weitere Ausbaustufe unserer Leistungsmessklemme. Die Idee ist die Erfassung der vollständigen Rohdaten, weitgehend unabhängig vom SPS-Zyklus. Die Auswertung erfolgt dann in der leistungsfähigen PC-Steuerung in Software. Nur mit dem Prinzip des Oversamplings – was integraler Bestandteil von EtherCAT ist – kann man diese Aufgabe lösen. Mit der EtherCAT-Klemme EL3773 werden die Rohdaten für Spannung und Strom in hoher Geschwindigkeit synchron abgetastet. Dazu verwendet man die Distributed-Clock-Funktion von EtherCAT. Die weiteren Analyseschritte erfolgen dann komplett in der Software auf dem PC. Eine Anwendung ist die Synchronisation eines Generators in einem Wasserkraftwerk auf das Netz.



Hochpräzise Temperaturmessung im EtherCAT-Klemmen-System: Durch die hohe Grundgenauigkeit reduziert sich der Messfehler auf $\pm 0,1$ K des Temperaturmessbereichs. Die werkseitige Kalibrierung wird in einem individuellen Zertifikat protokolliert.

Condition Monitoring

PC-Control: Für das Condition Monitoring existiert eine TwinCAT-Library. Welche Funktionalitäten bietet sie?

Josef Papenfort: Die TwinCAT Condition Monitoring Library ist eine Softwarebibliothek die Rohwerte zum Beispiel von der EtherCAT-Klemme EL3632 bekommt. Die EL3632 ist eine spezielle Klemme für den Anschluss von Schwingungssensoren. Die Sensoren werden direkt an die Schwingungsmessklemme angeschlossen, ohne zwischengeschaltete elektrische Umwandler. Damit reduziert man die Kosten enorm. Um die Daten in den PC zu transportieren, benötigt man EtherCAT. Zur Auswertung der Daten auf dem PC benötigt man die TwinCAT Condition Monitoring Library. Neben den klassischen Filterungsalgorithmen wie der Fourier-Transformation gibt es eine Reihe von Bausteinen, die statistische Berechnungen durchführen. Mustererkennungs-Algorithmen müssen aus einer großen Anzahl an Daten die relevante Information herausfiltern. Grundsätzlich ist unsere CMS-Lösung unabhängig vom Sensor. Die Hauptanwendungsgebiete dieser Softwarelibrary liegen im Maschinenbau und im Bereich der Windkraftanlagen. Die PC-basierte Automatisierung von Beckhoff bietet den großen Vorteil, dass die Daten sämtlicher erfasster Signale auf dem PC vorhanden sind. Dadurch ist es möglich, die Daten unterschiedlicher Signale miteinander zu verknüpfen, das heißt, man kann zum Beispiel ein Temperatursignal mit einem Schwingungssignal und dem Beladungszu-

stand einer Maschine kombinieren und eine entsprechende Auswertung durchführen.

TwinCAT Scope 2

PC-Control: Das TwinCAT Scope 2 ist bei zahlreichen Anwendern ein wichtiges und beliebtes Tool. Welche Bedeutung hat es für die Scientific Automation?

Josef Papenfort: Das TwinCAT Scope 2 ist ein zentrales Tool der Scientific Automation. Es besteht aus zwei Funktionseinheiten, nämlich dem Viewer zur Anzeige der Daten, und dem Server, der im Prinzip die Daten sammelt. Das kann selbstverständlich auf dem gleichen PC passieren, kann aber auch im Netzwerk verteilt laufen. Die gesammelten Daten werden alle mit hochgenauen Zeitstempeln versehen. Auch das Aufzeichnen von Oversampling-Klemmen wird entsprechend unterstützt. Durch das Aktivieren von Triggern kann das Speichern von bestimmten interessanten Daten zu bestimmten Zeitpunkten angestoßen werden. Die Offenheit des Scope 2 zeigt sich auch in den umfangreichen Exportschnittstellen. So lassen sich die Daten beispielsweise auch im CSV-Format speichern, um sie in Excel anzusehen.

PC-Control: Wenn die Messtechnik eine Versuchsanordnung mit Hardware-in-the-Loop erfordert, könnte unter Umständen eine Kalibrierung der Sensoranschaltung erforderlich werden. Lässt sich hierzu das TwinCAT Scope 2 nutzen?

Michael Jost: Bei Standardsignalen ist eine Rekalibrierung nicht erforderlich, aber bei manchen Temperaturmesskreisen ist das durchaus ein Thema. Unsere Messklemmen bieten grundsätzlich die Möglichkeit, dass der Kunde einen sogenannten Kundenabgleich durchführen kann. Diese Funktion nutzen unsere Kunden auch, sowohl bei den Standardsignalen wie ± 10 V oder 4...20 mA als auch bei den hochpräzisen Temperaturmessklemmen. Auf diese Weise können sie ihre Messkreise insgesamt

abstimmen und auch die erforderliche Genauigkeit erreichen. Das Thema Kalibrierung wird bei einigen Kunden zunehmend wichtiger. Wir bieten bereits Klemmen an, die wir mit einem zusätzlichen Kalibrierzertifikat ausliefern. Darin wird der individuellen Klemme bescheinigt, dass sie die entsprechende Genauigkeit hat. Selbstverständlich wird dieser Kalibriervorgang wiederholt, wenn der Kunde dies wünscht. Häufiger wird jedoch der gesamte Messkreis mitsamt dem Sensor kalibriert. Eine ähnliche Zielsetzung wie bei der Temperaturmesstechnik könnten wir uns auch für die Wägetechnik vorstellen.

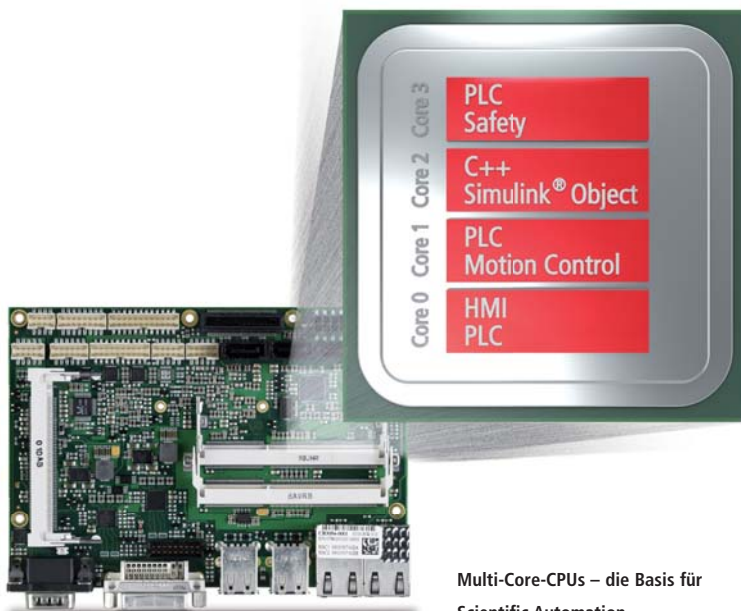
Robotik

PC-Control: Ein weiteres Anwendungsfeld von Scientific Automation ist die Robotik. Welche Vorteile ergeben sich durch die Integration der kinematischen Transformationen auf den zentralen IPC?

Josef Papenfort: Die kinematische Transformation – oder anders ausgedrückt die Steuerung und Regelung von Robotern in Software auf der gleichen CPU, auf der auch die ‚normale‘ Steuerung läuft – verdeutlicht die enormen Vorteile des Scientific-Automation-Ansatz für die Anwender. Zum einen spart der Anwender Geld, da die Steuerung des Roboters nicht mehr auf einer dedizierten Hardware laufen muss. Viel mehr wird aber im Engineering gespart. Es muss nicht mehr der Roboterprogrammierer in der Robotersprache den Roboter programmieren, sondern das erledigt der SPS-Programmierer in seiner bekannten SPS-Programmiersprache. Zudem werden die Anlagen mit integriertem Roboter performanter. Wenn die Bewegungssteuerung für ein Förderband auf dem gleichen PC im gleichen Takt bearbeitet wird wie der Roboter, der sich auf das Förderband auf synchronisieren muss, dann reduzieren sich die Verzögerungen auf nahezu Null. Aktuell integriert TwinCAT Kinematiken für 2-D-Parallelkinematik, 3-D-Delta, Scherenkinematik, SCARA, Kartesische Portale, Kran- und Rollenkinematiken. Derzeit arbeiten wir an der Entwicklung der kinematischen Transformation des sechssachsigen Gelenkarm- oder Knickarmroboters. Das strategische Ziel ist jeden beliebigen Knickarmroboter zu steuern und zu regeln und dieses Lösungsmodul mit der Standardautomation zu verbinden. Unsere Anwender kaufen Roboter vom Markt, und es ist unser Ziel, diese Roboteranwendungen in eine gesamte Automationslösung einzubinden.

PC-Control: Eine in vielen Roboteranwendungen notwendige Funktion betrifft die Einbeziehung der industriellen Bildverarbeitung, zum Beispiel um das Tracking zu ermöglichen. Wird dies mit TwinCAT realisierbar sein?

Josef Papenfort: Industrielle Bildverarbeitungssysteme werden auch heute schon häufig auf einem PC mit TwinCAT kombiniert. Das ist einer der Vorteile einer offenen PC-basierten Steuerungstechnik. Unsere Kunden nutzen diese Systeme zum Beispiel für die Lageerkennung von Teilen auf einem bewegten Transportband. Ein anderer Anwendungsfall ist die Qualitätskontrolle von Produkten in einer automatischen Fertigung. Eine Beckhoff-eigene Lösung ist auf der Roadmap und wird in der nächsten Zeit vorgestellt. Bildverarbeitung ist ein wichtiger Scientific-Automation-Baustein.



Multi-Core-CPUs – die Basis für Scientific Automation



Dr. Josef Papenfort, Produktmanager
TwinCAT, Beckhoff Automation

Dr. Josef Papenfort: „Auf Basis von Scientific Automation sind wir in der Lage, die Steuerung und Regelung eines Roboters komplett mit einem Industrie-PC vorzunehmen bzw. in eine Automatisierungslösung einzubinden und sie gemeinsam in Echtzeit ablaufen zu lassen.“

Josef Papenfort: Die Multi-Core-Technologie bringt einen weiteren Leistungsschub für PC-based Control. Zahlreiche Anwendungen erfordern ein hohes Maß an Rechenleistung. Wo vor 15 Jahren noch 10 bis 20 Achsen eine Maschine bewegt haben, sind heute aufgrund des immer noch steigenden Automatisierungsgrades leicht 50 bis 100 Achsen an der gleichen Maschine zu finden. Viele mechanische Kopplungen und Kurvenscheiben werden mittlerweile durch elektronische Kopplungen und Kurvenscheiben ersetzt. Das gleiche gilt für Regler. Während vor 15 Jahren noch viele dedizierte Kompaktregler eingesetzt wurden, wird das mittlerweile in Software auf der zentralen Steuerung realisiert. Natürlich wird auch Scientific Automation dazu beitragen, die zukünftig vorhandenen Ressourcen auszunutzen. Neue Prozessoren werden mehr und mehr Cores haben und natürlich auch im industriellen Umfeld eingesetzt werden. Neue Prozessorgenerationen werden in den nächsten Jahren mit 16 oder vielleicht sogar 50 Cores ausgestattet sein. Um diese zu nutzen, gibt es in TwinCAT 3 die Möglichkeit, Funktionalitäten auf die verschiedenen Cores zu verteilen. Und das Nahziel, die Realisierung von Bildverarbeitungssystemen in Software auf dem PC, könnte dann auf eine Reihe von Cores verteilt werden, während die übrigen Cores die SPS- oder die Motion-Aufgaben sowie die Messtechnik ausführen.

PC-Control: Welche Bedeutung hat die Simulation für die Automatisierung?

Josef Papenfort: Durch die Integration von Matlab®/Simulink® in TwinCAT 3 eröffnen sich verschiedene Anwendungsfelder, zum Beispiel in der Windenergie, im klassischen Maschinenbau oder in der Anlagen- und Prozesstechnik. Die Matlab®/Simulink®-Simulation ermöglicht die Entwicklung und Optimierung von Reglern. Diese Regler werden anwendungsspezifisch konstruiert, optimiert und sind dann auf Knopfdruck zum Beispiel in der SPS verwendbar. Das ist einer der möglichen Anwendungsfälle. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Simulation einer Maschine oder Anlage vor der Installation beim Endkunden. Kritische Zustände können so bereits vor der Inbetriebnahme getestet werden. Die Simulation kann kinematische und dynamische Prozesse umfassen. Zum Beispiel schafft es ein Antrieb, in einem bestimmten Zeitfenster die beabsichtigte Drehzahl zu erreichen. Eine andere Simulation betrifft das Beherrschen von Notsituationen: Wie reagiert die Maschine auf das Drücken eines Not-Aus-Tasters? Wie kommt sie zum Stillstand und wie wird sie wieder hochgefahren?

Ausblick

PC-Control: Basis für Scientific Automation ist die stetige Steigerung der Prozessorleistung. Eine wichtige Eigenschaft von TwinCAT 3 ist der aktive Support von Multi-Core-CPU's. Was bedeutet dies für den Anwender?

PC-Control: Der Scientific-Automation-Baukasten wird kontinuierlich erweitert. Was steht aktuell auf der Software- und der Hardware-Roadmap?

Michael Jost: Konkrete zukünftige Entwicklungsprojekte kann ich natürlich hier nicht nennen. Grundsätzlich können wir mit der Signalvielfalt messtechnisch noch sehr viel machen, denn EtherCAT bietet dazu die entsprechenden Möglichkeiten. Es wird weiterhin noch Aktivitäten bezüglich der Signalqualitäten und neuer Signalarten geben. Des Weiteren sehen wir in den Bereichen Schnelligkeit und Auflösung noch Entwicklungspotenzial.

Josef Papenfort: Auf der Software-Roadmap steht das Release von TwinCAT 3 auf der SPS/IPC/DRIVES im November 2011. Neben der IEC-61131-Programmierung mit den objektorientierten Erweiterungen wird auch die C++-Unterstützung und auch Matlab®/Simulink® integriert sein. Wir bieten mit TwinCAT 3 ein System an, das auf der Engineeringseite vollständig in das Visual Studio® integriert ist. Die Plug-in-Technik des Visual Studio® wird genutzt und bietet in Zukunft die Möglichkeit, noch viele weitere Engineeringkomponenten einfach in die vorhandene Umgebung zu integrieren. Wir erwarten auch, dass in Zukunft viele Module entstehen die in der TwinCAT-3-Runtime ausgeführt werden.

www.beckhoff.de/scientific-automation