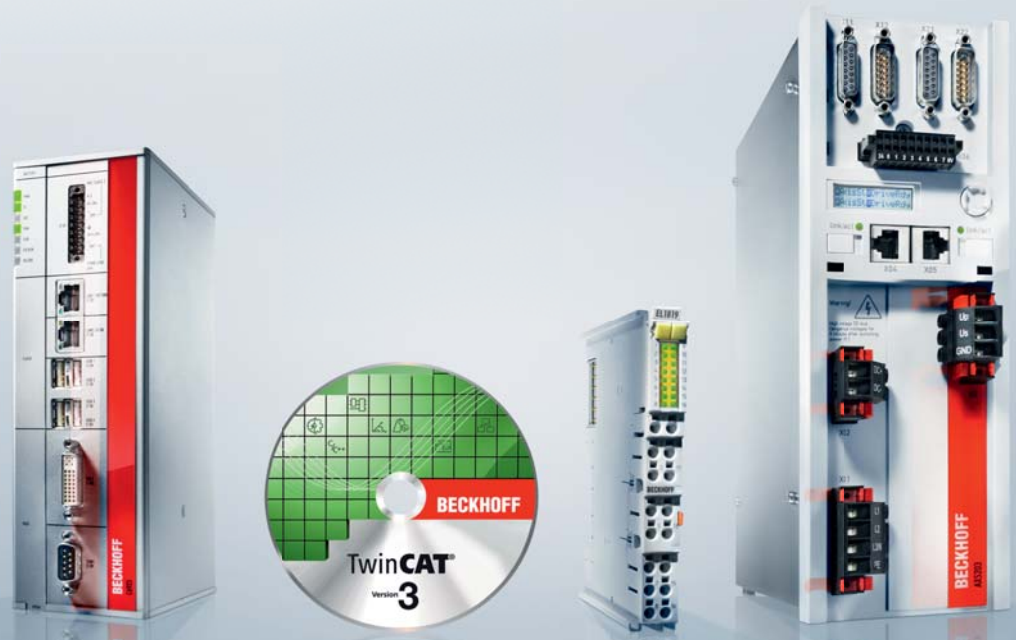
PC-based Control als optimale Basistechnologie für das Internet der Dinge

# Industrie 4.0: realisierbar mit bewährter Steuerungsarchitektur



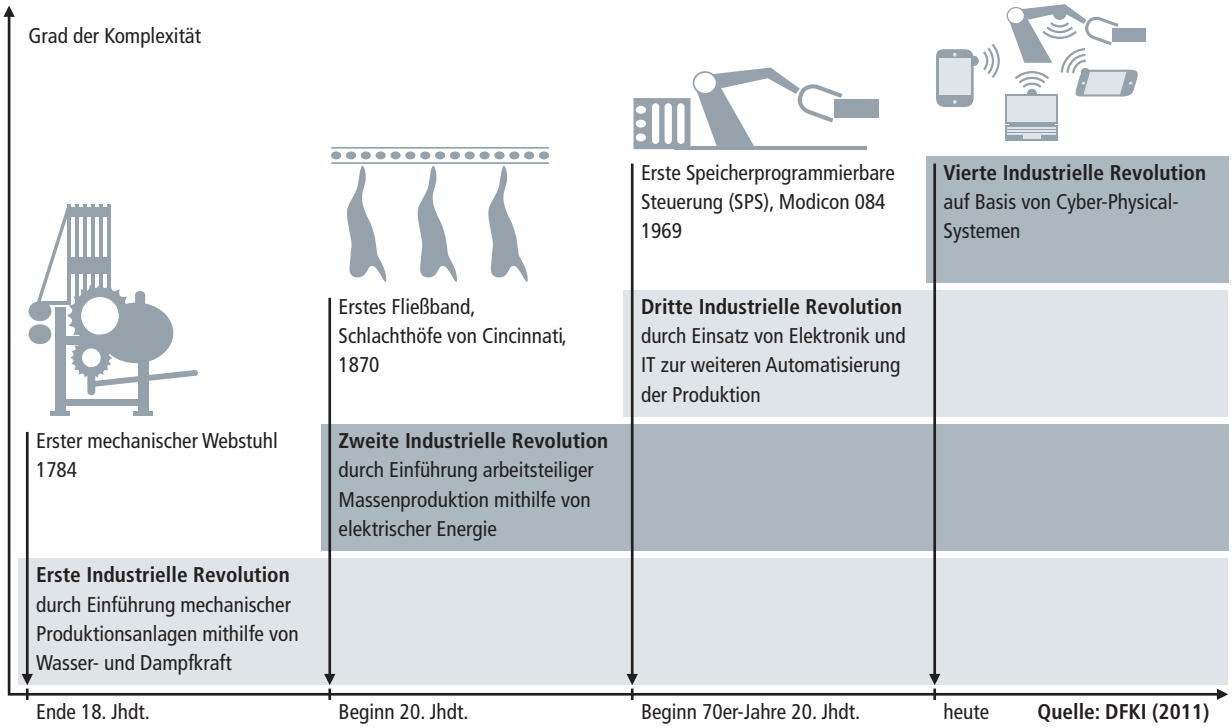
Eine Revolution ist definitionsgemäß eine radikale Veränderung bestehender Verhältnisse. Zwar wird damit meist eine bestimmte Jahreszahl in Verbindung gebracht, der genaue Blick enthüllt aber in der Regel eine schleichende, d. h. eher evolutionäre Entwicklung. In besonderem Maße gilt dies für die industrielle Revolution, die derzeit in ihrer vierten Ausprägung – Industrie 4.0 – propagiert wird. Kernpunkt ist hierbei die Konvergenz von Informations- und Automatisierungstechnologie, für die Beckhoff mit PC-based Control schon vor über 25 Jahren einen wichtigen Grundstein gelegt hat und auch für zukünftige Konzepte die optimale Steuerungsarchitektur bietet.

Nach der Einführung mechanischer Produktionsanlagen Ende des 18. Jahrhunderts, der arbeitsteiligen Massenproduktion seit der Wende zum 20. Jahrhundert sowie der Automatisierung der Produktionsprozesse ab Mitte der 1970er Jahre zeichnet sind nun tatsächlich bereits die vierte industrielle Revolution ab. Und der dafür eingeführte Begriff Industrie 4.0 weist schon auf die Richtung des Weges zu intelligenten, vernetzten Systemen hin: Informationstechnik (IT) und Automatisierungstechnik (AT) vereinen bisherige Produktionslandschaften zu durchgängigen Fertigungswelten, die teils physischer Natur sind und teils als intelligente Kommunikationseinheiten im Cyber-Raum des Internets neue Funktionalität erlangen.

Industrie 4.0 ist nicht umsonst ein in Deutschland geprägter Begriff, denn hierzulande finden sich ideale Voraussetzungen für eine solche (r)evolutionäre Entwicklung. Trotz des Nimbus eines Hochlohnlandes hat sich Deutschland inzwischen auch als Produktionsstandort wieder einen guten Namen erarbeitet, dank Qualität, Effizienz – und nicht zuletzt dank leistungsfähiger Automatisierungstechnik. Gerade hierin liegt ein einzigartiger Vorteil: Nicht nur die Fertigungsunternehmen selbst, sondern auch der zugehörige Maschinenbau und seine Zulieferer, z. B. die Automatisierer, sind auf Hightech-Lösungen fokussiert und bieten daher ideale Bedingungen für die Entwicklung und Umsetzung zukunftsweisender Konzepte wie Industrie 4.0. Erkannt hat dies auch die Bundesregierung, die im Rahmen der Hightech-Strategie 2020 das ressortübergreifende Zukunftsprojekt Industrie 4.0 fördert.

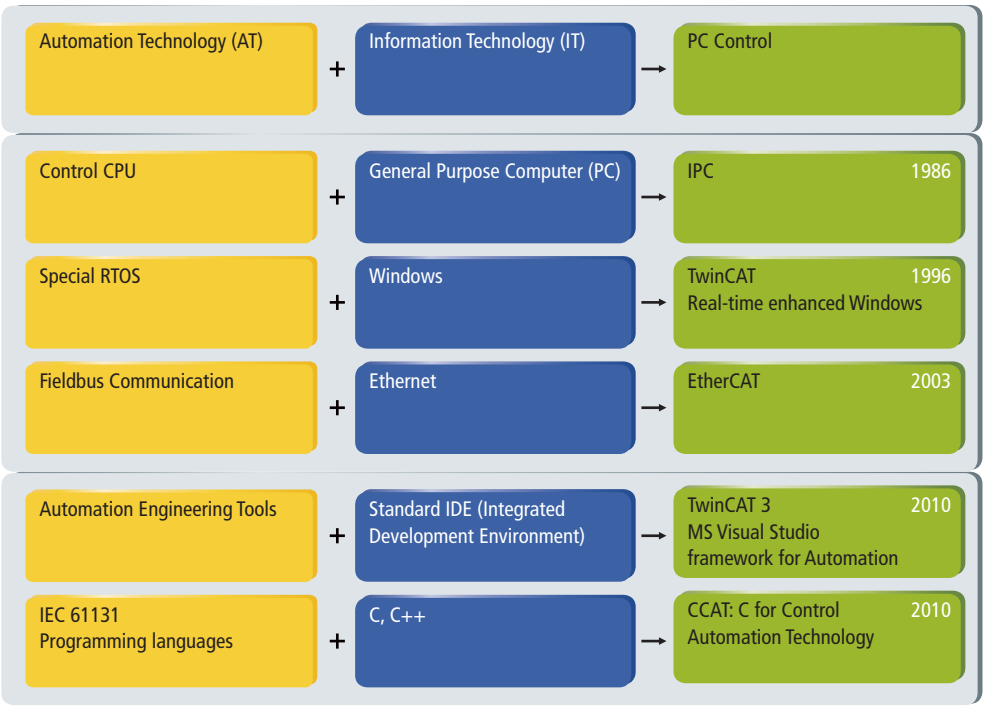
**Industrie 4.0 – die Definition einer Vision**

Doch was ist unter Industrie 4.0 ganz konkret zu verstehen? Deutlich wird dies u. a. in den Förderrichtlinien des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF): „Die Flexibilität in realen Wertschöpfungsnetzen wird durch den Einsatz Cyber-Physischer Produktionssysteme (CPPS) erhöht. Maschinen und Anlagen erhalten die Fähigkeit, ihr Verhalten durch Selbstoptimierung und Rekonfiguration an sich ändernde Aufträge und Betriebsbedingungen anzupassen. Dieses Zusammenspiel zwischen realer und digitaler Welt in einer modernen Fabrik bildet die Grundlage zu einem ‚Internet der Dinge'. Die Fähigkeiten, Informationen wahrzunehmen, daraus Erkenntnisse abzuleiten und Verhaltensänderungen durchzuführen sowie Erfahrungswissen zu speichern, stehen dabei im Vordergrund. Intelligente Produktionssysteme und -verfahren sowie geeignete Engineering-Methoden und -Werkzeuge werden zur Realisierung verteilter und vernetzter Produktionsstätten für künftige ‚Smart Factories' im Vordergrund stehen."




**Die vierte industrielle Revolution auf Basis der Cyber-Physischen Systeme bedeutet die konsequente Zusammenführung von Automatisierungs- und Informationstechnologie.**

**Quelle: DFKI (2011)**




**PC-based Control hat von Beginn an die Vorteile der Technologiekonvergenz aus IT und AT für industrielle Anwendungen nutzbar gemacht.**

Grundlage dieser Idee bildet das Internet der Dinge, ein Begriff, der in Zusammenhang mit RFID und Sensortechnologien im Jahr 1999 entstanden ist und die Vernetzung von und mit Alltagsgegenständen beschreibt. Voraussetzung für eine konsequente Umsetzung sind die erstmals 2006 definierten Cyber-Physischen Systeme (CPS). Gemeint sind damit die auf allen Ebenen eng miteinander verbundenen Cyber-Komponenten – zur diskreten Informationsverarbeitung und Kommunikation – sowie physischen Komponenten. Dies spiegeln auch die BMBF-Förderrichtlinien wider: „Cyber-Physische Systeme verfügen – in Erweiterung zu heutigen mechatronischen Systemen – über intelligente Sensoren zur Wahrnehmung ihrer Umwelt und über Aktoren, mit denen sie diese beeinflussen können. Sie unterscheiden sich von bestehenden technischen Systemen jedoch durch die Fähigkeit, mit ihrer Umgebung zu interagieren, das eigene Verhalten in Abhängigkeit der Umwelt zu planen und anzupassen sowie neue Verhaltensweisen und -strategien zu erlernen und sich somit selbst zu optimieren."

**Die zentrale Steuerungsarchitektur ist zukunftssicher**

Die CPS-Definition lässt sich beliebig weit auslegen. Dies reicht bis hin zu Werkstücken bzw. Rohlingen, die sich dank Eigen-Intelligenz selbstständig durch die Fertigung bewegen und den Produktionseinheiten die Bearbeitungsparameter vorgeben. Allerdings erweisen sich schon seit den 1980er Jahren, als z. B. die Idee der selbstkonfigurierenden Multiprozessorsysteme entstand, solche eigenverantwortlichen Subsysteme eher als intellektuell spannende Konzepte, die aber nicht zu gut funktionierenden praktischen Lösungen führen.

Grundsätzlich bietet PC-based Control die Flexibilität, sowohl zentrale als auch dezentrale Steuerungskonzepte umzusetzen. Vorerst aber bleibt eine hierarchische Organisation im Automatisierungsbereich die erste Wahl, und damit auch eine I/O-Ebene mit reduzierter Intelligenz. Hierzu gehören klar definierte Ebenen sowie Interfaces zwischen diesen. Unter Industrie 4.0 wird nun lediglich die Durchgängigkeit der Kommunikation stärker betont, indem man z. B. einem Endschalter eine eigene IP-Adresse zuweist. Ein Automatisierungsgerät wird den direkten Durchgriff auf ein solches Internet der Dinge leisten müssen.

Um Industrie 4.0 letztendlich in einer wirklich ganzheitlichen Sicht zu realisieren, sind drei Aspekte umzusetzen: die horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke – also auch Unternehmensgrenzen – hinweg, die vertikale Integration, bzw. vernetzte Produktionssysteme, sowie die Durchgängigkeit des Engineerings während des gesamten Produktlebenszyklus. In enger Verbindung mit der betriebswirtschaftlichen Anwendungssoftware soll dies deutliche Optimierungspotenziale sowie zusätzliche Geschäftsmodelle – z. B. über ein ‚Internet der Dienste' – erschließen. Für all dies bietet PC-based Control die richtige Grundstruktur. Zumal hier sehr flexibel auf die jeweiligen Applikationsanforderungen reagiert werden kann: Intelligenz lässt sich hierarchisch modular unter der zentralen Steuerung, bei Bedarf aber auch dezentral, also gleichberechtigt nebeneinander anordnen. Nicht umsonst wird die klassische Automatisierungspyramide schon heute überall sehr erfolgreich gelebt. Und dass genau diese Struktur ein Erfolgsgarant ist, zeigt beispielsweise die Analogie zur biologischen Evolution. Sie hat weitestgehend zentrale Konzepte hervorgebracht – bei Mensch und Tier mit einem zentralen Gehirn und dezentralen Sensoren und Aktoren. Das Gehirn als Zentrum für Informationsverarbeitung ermöglicht also auch in der Natur einen optimalen Bewegungs- bzw. Steuerungsablauf. Darüber gibt es soziale Konzepte, wie beim Ameisenstaat, um einzelne, zentral gesteuerte Individuen gemeinsam zu organisieren.

Dementsprechend sieht Geschäftsführer Hans Beckhoff denn auch weltweit gute Perspektiven, um zukünftig mit der PC-basierten Steuerungstechnologie im Maschinen- und Anlagenbau, in der Gebäudeautomatisierung und der Prozesstechnik weiter zu wachsen: „Mit unserer auf PC-Control basierenden Steuerungstechnologie sind unsere Kunden und wir für die unter dem Titel Industrie 4.0 von der Bundesregierung verfolgte Hightech-Strategie optimal aufgestellt. Speziell die Konvergenz von IT- und Automatisierungstechnik ist ein gemeinsames, wesentliches Wirkprinzip von Industrie 4.0 und von PC-Control. Es freut uns, dass dieses Konzept nun noch weiter in das Bewusstsein der allgemeinen und speziell der technischen Öffentlichkeit dringt, und wir sind sicher, dass der Standort Deutschland und auch die internationale Automatisierungs-Commu-

nity sehr von dieser Philosophie profitieren werden, so wie es die Beckhoff-Kunden bereits seit dem Anbeginn von PC-Control vor mehr als 25 Jahren tun."

**Die Evolution begann mit PC-based Control**

In der Automatisierungstechnik wurde die Idee der Konvergenz von IT und AT bereits im Jahr 1986 mit PC-based Control geboren. Als Pionier der industrietauglichen IT-Hardware bietet Beckhoff seit nunmehr über 25 Jahren PC-basierte Steuerungstechnik an, die nicht nur eine immense Leistungssteigerung – nach wie vor gemäß Moore's Law – bereitstellt, sondern die zudem seit jeher die Konvergenz der beiden Technologiewelten maximal ausnutzt. Schon damals wurde klar erkannt, dass der Industrie-PC Hochleistungssteuerungen in vielfältigsten Formfaktoren und, dank seiner Offenheit, mit einer optimalen IT-Orientierung ermöglicht.

Beckhoff hat sich im Sinne von Industrie 4.0 allerdings nicht nur technologisch, also mit der Etablierung des Industrie-PCs und damit der Konvergenz von IT und AT, als überaus vorausschauend erwiesen. Hinzu kamen u. a. Forschungsarbeiten mit vergleichbaren Ansätzen, und zwar schon lange bevor der Begriff überhaupt definiert wurde (s. Kastentext „Die Vision mit Geschichte").

Nachdem das Projekt Industrie 4.0 im Jahr 2011 aus der Perspektive der Informations- und Kommunikationstechnologien konzipiert und in die Hightech-Strategie der Bundesregierung übernommen wurde, etablierte sich Ende 2011, auf Initiative der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft, ein Arbeitskreis ‚Industrie 4.0' – u. a. unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Henning Kagermann von der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften e. V. (Acatech). Im April 2012 veröffentlichte Acatech dementsprechend eine Forschungsagenda CPS, zu der, neben anderen Unternehmen, auch Beckhoff, in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Birgit Vogel-Heuser von der TU München, aus Sicht der Produktionstechnik und Automatisierung für das Scenario ‚Smart Factory' beigetragen hat.

Parallel dazu zählt Beckhoff zu den Kernunternehmen des Technologienetzwerks ‚it's OWL' (Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe), das 2012 vom BMBF als Spitzencluster ausgezeichnet wurde und das erste im Rahmen von Industrie 4.0 betreute Großprojekt darstellt. Auf dem Weg von der Mechanik bzw. Mechatronik hin zu den Intelligenten Technischen Systemen im Sinne von Industrie 4.0 leitet Beckhoff hierbei als Konsortialführer zwei wichtige Innovationsprojekte: ‚ScAut' behandelt als Scientific Automation die Integration ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse in die Standardautomatisierung; mit ‚efa', als Extreme Fast Automation, soll das Potenzial der Mehrkernprozessoren bei Standardbearbeitungsmaschinen voll ausgeschöpft werden (s. Kastentext „Spitzencluster für intelligente Systeme").

# Die Vision mit Geschichte

Gerd Hoppe, Mitglied der Geschäftsführung, verdeutlicht, dass die Idee hinter Industrie 4.0 bei Beckhoff schon eine längere Geschichte hat.

**PC-Control: Wie lange beschäftigt sich Beckhoff schon mit Ideen rund um Industrie 4.0?**

**Gerd Hoppe:** Die prinzipielle Strategie hinter Industrie 4.0 ist die Verschmelzung von Standard-IT mit anderen technischen Domänen, u. a. der Fertigungsindustrie. Beckhoff verfolgt diese Idee mit der Nutzung der Standard-PC-Technologie für die Maschinensteuerung bereits seit mehr als 25 Jahren. Ein gutes Beispiel für den ganzheitlichen Ansatz ist das im Jahr 2004 mit vier Jahren Laufzeit begonnene EU-Forschungsprojekt Eupass, bei dem Beckhoff den Arbeitskreis Steuerungstechnik leitete. Erreicht werden sollte dabei eine ohne maschinenbaulichen Aufwand flexibel anpassbare Fertigungsumgebung – der von uns sogenannte ‚Zero Engineering'-Ansatz. Realisiert wurde dies über standardisierte Maschinenmodule mit einem jeweils zugeordneten Werkzeugspektrum und entsprechender Softwareunterstützung. Aus dieser ‚Komponenten-Familie' konnte dann – softwaretechnisch unterstützt – automatisch eine Fertigungsanlage zusammengestellt werden, indem Aggregate, Zuführungen, Materialien und Werkzeuge intelligent kombiniert wurden. Unterstützend wirkten hierbei, schon ganz im Sinne von Industrie 4.0, eine internetgestützte Datenbank – ein ‚Repository' – mit Beschreibungen der Module, Werkzeuge und deren Fähigkeiten sowie Bibliotheken mit Softwarebausteinen zu den jeweiligen Skills der Maschinen, d. h. den Produktionseigenschaften und Fertigungsbeziehungen.

**PC-Control: Ist dieses frühe Beckhoff-Know-how in die Überlegungen zu Industrie 4.0 eingeflossen?**

**Gerd Hoppe:** Die Strategie zu ‚Industrie 4.0' kam ursprünglich aus dem Wunsch, die Technologien der IT-Welt enger mit physischen Systemen zu verbinden. Mit dem von der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft im Jahr 2011 initiierten Arbeitskreis ‚Industrie 4.0' wurde dann verstärkt die Sicht der Fertigungsindustrie und Automatisierungstechnik eingebracht. Schon damals konnte Beckhoff beitragen: In Zusammenarbeit mit dem Fortiss Institut an der TU München entstand eine entsprechende Studie, die von der Acatech veröffentlicht wurde und in deren Industrie-4.0-Positonspapier eingeflossen ist.

**PC plus Ethernet als akzeptierte Plattform**

Heute gibt es kaum ein technisches System, das nicht per PC bedienbar oder zumindest über eine Software darauf anzubinden wäre. Bedenkt man zudem die große Vielfalt an Systemwelten und Technologien, die in Industrieunternehmen zum Einsatz kommen, wird die Rolle der PC-Technologie als offene Plattform und Defacto-Standard deutlich. Für zukünftige Industrie-4.0-Konzepte stehen in der PC-Welt viele Kommunikationssysteme und Architekturen zur Verfügung, sodass neue Konzepte einfach umgesetzt werden können.

Dies gilt in gleichem Maße für den Kommunikationsstandard Ethernet. Dank der extrem hohen und noch längst nicht ausgereizten Übertragungsraten ist er mittlerweile auch in der Industrie durchgängig akzeptiert. Dazu beigetragen haben sicherlich die ergänzenden Ethernet-basierten Industrieprotokolle wie EtherCAT und Safety-over-EtherCAT, die industriespezifische Forderungen nach kurzen Zykluszeiten, Deterministik und sicherheitsrelevanter Datenübertragung erfüllen.

Die Entwicklung der Datenkommunikation mit immer komplexeren Inhalten und steigenden Anforderungen führt in die gleiche Richtung: Moderne Kommunikation ist Ethernet-basiert und auch für alle Anforderungen einer vertikalen Integration geeignet. PC-based Control von Beckhoff ist hierfür ebenfalls optimal geeignet, denn es bietet mit der Automation Device Specification (ADS), dem EtherCAT Automation Protocol (EAP) und der OPC Unified Architecture (OPC UA) schon heute die passenden Möglichkeiten für eine Kommunikationslösung „vom Sensor bis in die Cloud":

– ADS ist eine Nachrichten-basierte, routingfähige Transportschicht innerhalb des TwinCAT-Softwaresystems. Sie bietet die Freiheit, azyklisch von jedem Punkt in TwinCAT mit anderen Tools kommunizieren zu können. In einem vernetzten System können alle Daten von einem beliebigen Punkt aus erreicht werden.
– Das echtzeitfähige EAP kann per Publisher-Subscriber-Mechanismus Prozessdaten zwischen EtherCAT-Mastern zyklisch bis in den µs-Bereich hinein übertragen.
– OPC UA ist ein herstellerunabhängiger, Ethernet- und Web-basierter Kommunikationsstandard, der nahtlos in MES- und ERP-Konzepte integrierbar ist.

**Durchgängiges Engineering für eine integrierte Produktion**

Mit dem PC als allgemein akzeptierter Plattform und insbesondere mit den genannten Protokollen ADS, EAP und OPC UA ist die ideale Voraussetzung gegeben, die von Industrie 4.0 geforderte vertikale und horizontale Integration optimal umzusetzen. Dies ist unerlässlich, spätestens wenn die Cyber-Physischen Systeme zukünftig tatsächlich selbstständig, autonom und via Internet Produktion organisieren können – und das alles möglichst ohne Engineering in ‚Handarbeit'.

Die entsprechende Modularität und Objektorientiertheit muss sich in den zugehörigen Softwaretools widerspiegeln. So bietet die Automatisierungssoftware TwinCAT 3 einerseits die Möglichkeit, eine Applikation auf einer Single-Core-CPU ablaufen zu lassen. Andererseits können einzelne Tasks der Anwendung auch auf verschiedene Cores eines Mehrkernprozessors aufgeteilt werden, um modularisierte Produktionsanlagen optimal zu steuern. Darüber hinaus bildet die Integration in Microsoft Visual Studio® die ideale Basis für ein durchgängiges Engineering über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg, bei dem auch dem Automatisierer die modernen Software-Engineeringwerkzeuge der IT-Welt zur Verfügung stehen. Weiterhin lassen sich, neben den klassischen, aber um Objektorientierung erweiterten Programmiersprachen nach IEC 61131-3, mit C/C++ und Matlab®/Simulink® zusätzliche Sprachen effizient und vollständig integriert nutzen. Es steht also für jede Aufgabe die am besten für die Lösung geeignete Sprache zur Verfügung.

**Erste Evolutionsschritte bereits erfolgreich getan**

In der Praxis sind insbesondere in Deutschland angesiedelte Produktionssysteme bereits heute untereinander verbunden, auch wenn sie sich weiter in

**Bei seinem Rundgang auf der Hannover Messe, am 9. April 2013, besuchte der deutsche Bundesminister für Wirtschaft und Technologie Dr. Philipp Rösler auch Beckhoff. Als ein konkretes Anwendungsbeispiel von Industrie 4.0 – dem Leitthema der Hannover Messe – ließ sich Dr. Philipp Rösler PC-based Control und das intelligente Transportsystem XTS von Hans Beckhoff erläutern.**

Richtung besserer Vernetzung sowie Verbindung in horizontaler und vertikaler Richtung entwickeln werden. In diesem Sinne sind moderne Produktionsanlagen, angebunden an Just-in-time-Lieferanten bzw. Distributoren sowie fähig zur Fertigung in Losgröße Eins, als Ausprägung von Industrie 4.0 vielfach Realität.

Dass hierbei PC-based Control seine Stärken voll ausspielen kann, beweist der Küchenhersteller Nobilia, der pro Tag die immense Zahl von rund 2200 Küchen fertigt. Nur dank konsequenter computerintegrierter Fertigung auf allen Ebenen – schon 1990 mit der Produktionsanbindung an eine Oracle-Datenbank begonnen – konnte das Unternehmen am Hochlohnstandort Deutschland zu Europas Nummer Eins unter den Küchenherstellern werden. Ganz im Sinne von Industrie 4.0 steht bei Nobilia die möglichst enge Verknüpfung von Fertigung und IT im Vordergrund, d. h. die Integration der PC-Steuerung im gesamten Fertigungsprozess sowie die Anbindung der Produktion an das hauseigene System zur komplexen Betriebsdatenerfassung und an das überlagerte ERP-System.

Im Rahmen von Scientific Automation – im Leitprojekt ScAut des Spitzenclusters ‚it's OWL' – sollen die ständig wachsenden Leistungsreserven der PC-Technologie nun zusätzlich zur Implementierung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf Standard-Maschinensteuerungen genutzt werden. Konkretes Beispiel ist das prozessoptimierte Bohren, bei dem Spindelstrom und -leistung, Vorschubstrom und -leistung, Schwingung von Spindel und Werkstück sowie Bohrlochtemperatur, Spanbildung und Bohrbild erfasst werden und als Regelparameter für die Optimierung der Fertigung dienen.

Autor: Stefan Ziegler,
Marketing Communications,
Beckhoff

weitere Infos unter:
www.beckhoff.de

# Spitzencluster für intelligente Systeme

Wie stark sich Beckhoff als Kernunternehmen im Spitzencluster ‚it's OWL' engagiert, erklärt Dr. Ursula Frank vom Beckhoff-Projektmanagement R&D-Kooperationen.

**PC-Control: Wie aktiv ist Beckhoff bei it's OWL und wie ist die Forschungsarbeit strukturiert?**

**Dr. Ursula Frank:** Schon von Beginn an engagiert sich Beckhoff als Kernunternehmen im Spitzencluster it's OWL (Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe), dem ersten im Rahmen des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 betreuten Großprojekt. Strukturiert sind die Forschungsarbeiten zu vernetzten und intelligenten Systemen u. a. in fünf Hochschul-getriebenen Querschnittsprojekten zu Selbstoptimierung, Mensch-Maschine-Interaktion, intelligenter Vernetzung, Energieeffizienz und Systems Engineering. Diese sollen eine Technologieplattform bereitstellen für die insgesamt 34 Innovationsprojekte der Cluster-Kernunternehmen. Hinzu kommen acht sogenannte Nachhaltigkeitsmaßnahmen, beispielsweise zum Technologietransfer. Insgesamt sind dafür ab 2012 und über eine Laufzeit von fünf Jahren 40 Mio. Euro Fördergelder vorgesehen.

**PC-Control: Welches sind für Beckhoff die wichtigsten Forschungsprojekte?**

**Dr. Ursula Frank:** Als Konsortialführer leitet Beckhoff zwei Innovationsprojekte: Mit dem Leitprojekt ScAut sollen ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse stärker in die Standardautomatisierung eingebunden werden. Ziel ist eine Scientific-Automation-Plattform für die Entwicklung und den echtzeitfähigen Betrieb technischer Systeme, die über inhärente Teilintelligenz und folgende Eigenschaften verfügen: adaptiv für das situationsbedingte, eigenständige Einstellen der Anlage zur Reduzierung des Energieverbrauchs; robust zur Überbrückung eines defekten Sensors durch Interpolation von Daten anderer funktionierender Sensoren; vorausschauend, dank Condition Monitoring, zum Identifizieren erster Anzeichen von Verschleiß. Das Innovationsprojekt efa (Extreme Fast Automation) befasst sich – quasi eine Ebene tiefer – mit der Leistungssteigerung bei der Steuerungstechnik. Dabei soll eXtreme Fast Control (XFC) bei großen und komplexen Projekten bis hin zu Gesamtanlagen umgesetzt werden. Wichtige Themen sind die Optimierung von Taktzeiten und das Ausschöpfen des Potenzials von Mehrkernprozessoren.

weitere Infos unter:
www.beckhoff.de/its-owl