

BECKHOFF

# PCcontrol

The New Automation Technology Magazine

Nr. 4 | November 2025

[www.beckhoff.com/pc-control](http://www.beckhoff.com/pc-control)

40 | Weltweit

## Metallteile unter kontrollierten Prozessbedingungen additiv fertigen



### 12 | Interview

Auf Kurs:  
Automatisierung mit  
KI weiterdenken



### 48 | Weltweit

Modulare Steuerungsplattform  
fördert Innovation in  
der Wasserstoffindustrie



News



- 4 | Hans Beckhoff erhält den Preis Deutscher Maschinenbau 2025
- 6 | Beckhoff auf der SPS 2025

Technologie

- 8 | Zukunftssichere Automatisierungslösungen für die Halbleiterfertigung

Interview

- 12 | Auf Kurs: Automatisierung mit KI weiterdenken – Hans, Frederike und Johannes Beckhoff im Interview

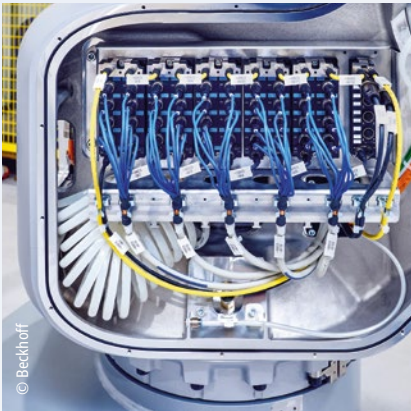
Produkte



- 18 | TwinCAT CoAgent und Machine Learning Creator: Mit erweiterten KI-Funktionen noch einfacher Optimierungspotenzial erschließen
- 24 | Next-Multitouch-Panel-PCs als smarte HMI-Lösung für die vernetzte Industrie

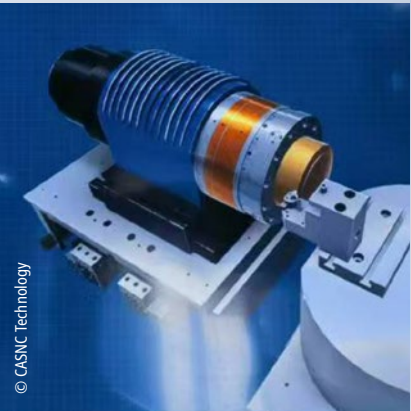
Weltweit

- 28 | Nutzfahrzeughersteller und Softing, Deutschland: Reproduzierbare Prüfergebnisse mit EtherCAT-basierter Fahrzeugfernsteuerung



- 32 | b+m surface systems, Deutschland: Kompakteres und vereinfachtes Roboterdesign durch direkt integrierte eigensichere Signale

- 36 | IMA EV-Tech, Italien: Fünf intelligente Transportsysteme optimieren Platzbedarf und Produktivität
- 40 | IRPD, Schweiz: Metallteile unter kontrollierten Prozessbedingungen industriegerecht additiv fertigen
- 44 | Square One Systems Design, Vereinigte Staaten: Positionierroboter reduziert Umrüstzeit von zwei Tagen auf zwölf Stunden
- 48 | Greenlight Innovation, Kanada: Zuverlässige und sichere Elektrolyse-Tests



- 52 | CASNC Technology, China: Durchgängige und offene Steuerungsplattform maximiert Effizienz der Projektentwicklung
- 56 | Power Electronics, Spanien: Dynamische Steuerung von industriellen Solaranlagen und Energiespeichern

ETG



- 60 | Erfolgreiches EtherCAT Plugfest im Beckhoff Silicon Valley Technical Center
- 61 | Gut besuchtes EtherCAT-Technologieseminar in Peking

Impressum

**PC Control –**  
The New Automation Technology Magazine

**Herausgeber:**  
Beckhoff Automation GmbH & Co. KG  
Hülshorstweg 20  
33415 Verl/Germany  
Telefon: +49 (0) 5246 963-0  
info@beckhoff.com  
www.beckhoff.com

**Redaktions- und Projektleitung:**  
Stefan Ziegler

**Redaktion:**  
Mathis Bayerdörfer  
Stefan Kuppinger  
Vera Nosrati

Telefon: +49 (0) 5246 963-140  
redaktion@pc-control.net  
www.beckhoff.com/pc-control

**Design:** www.a3plus.de

**Druck:** Richter Druck- und Mediacenter, Germany

**Auflage:** 23.350

**Gleichstellungshinweis:**  
Zur besseren Lesbarkeit sind personenbezogene Bezeichnungen teilweise nur in der männlichen Form ausgeführt. Selbstverständlich sind damit jeweils alle Geschlechter gemeint.

RECYCLED  
Papier aus  
Recyclingmaterial  
FSC® C032662

Druckprodukt mit finanziellem  
Klimabeitrag  
ClimatePartner.com/1248-2010-1003



Auszeichnung für unternehmerische Pionierleistung in der Automatisierungs- und Steuerungstechnik

# Hans Beckhoff erhält den Preis Deutscher Maschinenbau 2025

Hans Beckhoff wurde im Rahmen des 15. Deutschen Maschinenbau-Gipfels in Berlin am 16. September mit dem „Preis Deutscher Maschinenbau 2025“ ausgezeichnet. Die renommierte Auszeichnung, die seit 2006 von dem Fachmedium ‚Produktion‘ vergeben wird, ehrt Unternehmerpersönlichkeiten, die im Maschinen- und Anlagenbau Maßstäbe gesetzt, Innovationen vorangetrieben und gesellschaftliche Verantwortung übernommen haben. Die Ehrung würdigt Hans Beckhoff, Gründer, Geschäftsführer und Gesellschafter der Beckhoff Automation GmbH & Co. KG, für seine unternehmerische Pionierleistung sowie zahlreiche Erfindungen.

Der 15. Deutsche Maschinenbau-Gipfel wurde am 16. und 17. September 2025 vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und der ‚Produktion‘ von mi-connect unter dem Leitmotiv „Zukunft produzieren“ veranstaltet. Spitzenvertreter aus Industrie, Forschung und Politik kamen zusammen, um über Industriepolitik, die Rolle Europas, den Standort Deutschland und die Zukunft der Produktion zu diskutieren. Das Highlight am ersten Abend: Die Verleihung des Preises Deutscher Maschinenbau, welcher Unternehmerinnen und Unternehmer für ihr Lebenswerk auszeichnet.

## PC-based Control als Grundlage des Unternehmenserfolgs

Hans Beckhoffs visionäres Schaffen wurde dabei zum greifbaren Beispiel dafür, wie technologische Fortschritte verantwortungsbewusst gestaltet werden können. Als einer der ersten setzte er auf Standard-PCs zur Steuerung von Maschinen und Anlagen, um proprietäre Ansätze durch offene und flexible IT-basierte Lösungen zu ersetzen. 1986 brachte Beckhoff die erste PC-basierte Steuerung auf den Markt. Seitdem setzt das Unternehmen in regelmäßigen Abständen technologische Meilensteine, darunter der erste optische Industriefeldbus Lightbus im Jahr 1989 sowie sechs Jahre später die modularen Busklemmen, die bis heute Industriestandard sind. Im Jahr 2003 schuf Beckhoff mit EtherCAT ein Echtzeit-Ethernet, das sich ebenfalls zum weltweiten Standard etablierte. 2011 stellte Beckhoff das Multimover-Linearantriebsystem XTS vor, auf das 2018 das Planarmotorantriebssystem XPlanar für den intelligenten Produkttransport folgte. Eine der jüngsten technologischen Revolutionen des Unternehmens ist das MX-System, welches die schaltschranklose Automatisierung von Maschinen und Anlagen ermöglicht. Herzstück der Automatisierung bei Beckhoff ist die Steuerungs- und Engineeringsoftware TwinCAT, die als Standard-Automatisierungsplattform alle Funktionen einer Maschine beinhaltet – von der Ablauf- und Bewegungssteuerung über die integrierte Messung und Analyse sowie die Bewegungssteuerung für Maschinen und Roboter bis hin zur Bildverarbeitung und Künstlichen Intelligenz.

## Wichtige Rolle für den Fortschritt des Maschinenbaus

Speziell diese Kombination aus Hard- und Software erlaubt es dem Maschinenbau, äußerst optimierte und damit auch ressourcenschonende Produktions-

systeme zu bauen. Beckhoff Technologien ermöglichen offene Schnittstellen in die IT-Welt, Echtzeitkommunikation sowie die Integration von Edge- und Cloud-Diensten. Durch die prinzipielle Kopplung von IT und Automatisierung tragen sie dazu bei, industrielle Prozesse effizienter und nachhaltiger zu gestalten. „Mit seiner Idee der PC-basierten Steuerungstechnik hat Hans Beckhoff nicht einfach nur eine technische Innovation geliefert – er trug entscheidend dazu bei, dem Maschinenbau den Weg in das digitale Zeitalter zu ebnen. Und zwar nicht theoretisch, sondern ganz praktisch. Sein Prinzip: Standardhardware, offene Schnittstellen, maximale Flexibilität – das war ein Befreiungsschlag für viele Maschinenbauer, gerade im Mittelstand“, würdigte Claus Wilk, Chefredakteur der ‚Produktion‘ und Laudator, den Preisträger.

## Technologie und Menschlichkeit

Die Jury, besetzt mit Fachvertretern aus Wissenschaft und Verlag – darunter Prof. Günther Schuh (Geschäftsführender Direktor WZL, RWTH Aachen), Thomas Bauernhansl (Leiter Fraunhofer IPA) sowie Verlagsvertreter wie COO Stefan Waldeisen und die Chefredakteure Stefan Weinzierl und Claus Wilk – zeigte sich beeindruckt von Hans Beckhoffs herausragenden unternehmerischen Leistungen und lobte darüber hinaus sein gesellschaftliches Engagement sowie seine Haltung, dass sich Technologie und Menschlichkeit nicht ausschließen. „Beckhoff ist eine Idee, die Menschen verbindet – mit Technik, mit Werten, mit Haltung“, beschreibt Claus Wilk das Unternehmen. Bis heute setzt Hans Beckhoff auf Vertrauen bei der Führung seines Unternehmens. Daraus ist eine Kultur entstanden, in der man sich auf Augenhöhe begegnet: „Sie haben nicht nur eine Firma aufgebaut. Sie haben einen Ort geschaffen, an dem Denken erwünscht ist. An dem Ideen wachsen dürfen. An dem der Mensch zählt“, so Claus Wilk.

weitere Infos unter:

[www.beckhoff.com/technologische-meilensteine](http://www.beckhoff.com/technologische-meilensteine)



Hans Beckhoff (rechts) mit Laudator Claus Wilk (Mitte) und Moderatorin Ursula Heller bei der Verleihung des Preises Deutscher Maschinenbau 2025. Der Unternehmer wurde für seine herausragenden Erfindungen in der Automatisierungs- und Steuerungstechnik ausgezeichnet. Die Ehrung fand im Rahmen des 15. Deutschen Maschinenbau-Gipfels im Vienna House Andel's Berlin statt.





# Beckhoff auf der SPS 2025

Vom 25. bis 27. November 2025 öffnet die SPS – smart production solutions – in Nürnberg erneut ihre Tore. Dort zeigt Beckhoff mit seiner New Automation Technology auf rund 1.800 m² Standfläche, wie sich mit der PC- und EtherCAT-basierten Steuerungstechnik smarte Automatisierungslösungen sowie digitalisierte Maschinen- und Anlagenprozesse effizient und flexibel realisieren lassen. Im Mittelpunkt stehen dabei u. a. die nächsten Ausbaustufen der Innovationen rund um die Engineering- und Runtime-Plattform TwinCAT PLC++, die mit TwinCAT CoAgent und Machine Learning Creator industriell und einfach nutzbare KI sowie die IPC-Technik, Antriebstechnik, I/Os, Bildverarbeitung und schaltschranklose Automatisierung mit dem MX-System – alles zu sehen in Halle 7, Stand 406, u. a. auch in spontan anmeldbaren Highlight-Touren „Beckhoff in a nutshell“. Ergänzt wird das Vor-Ort-Informationsangebot durch den bewährten Livestream Beckhoff Live + Interactive, der täglich um 8:30 Uhr direkt vom Messestand gesendet wird.

Infos, Tickets, Live-TV:  
[www.beckhoff.com/sp5](http://www.beckhoff.com/sp5)



TwinCAT PLC++ setzt neben der Performancesteigerung einen Fokus auf DevOps-Prinzipien und damit auch die Beckhoff Philosophie der Konvergenz von Automatisierung und IT konsequent um.



TwinCAT CoAgent und TwinCAT Machine Learning Creator befähigen Prozess- und Automatisierungsexperten, KI-Technologien direkt und ohne KI-Spezialwissen für ihre Anwendungen einzusetzen.



Die Next-Multitouch-Panel-Generation bietet die gewohnt hohe Qualität der Beckhoff Control Panel und Panel-PCs mit einem nochmals optimierten Preis-Leistungs-Verhältnis.



Der Servoverstärker AX1000 erfüllt als kostenoptimiertes Gerät dennoch höchste technologische Standards und ist vollständig in das TwinCAT-System integriert, ebenso wie der neue Frequenzumrichter AF1000.



Mit dem dezentralen, steckbaren MX-System lassen sich Maschinen und Anlagen vollständig schaltschranklos automatisieren und so Entwicklungszeit und Maschinen-Footprint minimieren.



Zukunftssichere Automatisierungslösungen für die Halbleiterfertigung

# Präzision und Prozessvielfalt fest im Griff

In keinem anderen Industriezweig sind die Prozesse dermaßen komplex wie in der Halbleiterfertigung. Doch wie gelingt es dieser Branche, steigenden Anforderungen mit innovativen Lösungen zu begegnen? Mit seinem Automatisierungsangebot zeigt Beckhoff, dass moderne Steuerungskonzepte, flexible Kommunikationsstandards und exakt abgestimmte Systeme die Halbleiterproduktion nicht nur effizienter, sondern auch zukunftssicher gestalten.

Rund 3.000 bis 8.000 Halbleiterbauelemente sind in heutigen Elektroautos für Motorsteuerung, Batteriemanagement und Assistenzsysteme verbaut – Tendenz deutlich steigend. Doch egal, ob Mobilität, Kommunikation, Gesundheit, Sicherheit, Unterhaltung, Energieversorgung oder Umweltschutz: Halbleiter bilden die Grundlage für Innovation und Fortschritt in nahezu allen Lebensbereichen. Infolgedessen kommt der Halbleiterindustrie in unserer Gesellschaft eine herausragende Bedeutung zu. Doch dabei muss sich die Branche den gleichen Herausforderungen stellen, wie andere Industriezweige: steigende Anforderungen an Qualität, Effizienz und Produktivität bei gleichzeitig zunehmendem Kostendruck. Um dem zu begegnen, spielt in der Halbleiterfertigung – genauso wie in den übrigen Bereichen – die Automatisierung eine Schlüsselrolle.

In zweierlei Hinsicht unterscheidet sich die Fertigung in dieser Branche allerdings gravierend vom Rest der Industrie: Das eine ist die geforderte Präzision in der Fertigung. Moderne Prozessoren enthalten oft mehrere Milliarden Transistoren. Dafür müssen Strukturen mit Abständen im einstelligen Nanometer-Bereich auf den Wafern aufgebracht werden. Was direkt zum zweiten Punkt führt: einer beispiellosen Zahl verschiedener Produktionsschritte, die für solche Feinarbeit nötig ist. Dutzende Prozesse müssen nahtlos ineinandergreifen, ein Großteil davon in Reinraumumgebungen. „So unterschiedlich die Schritte von der Wafer-Herstellung über die Lithografie bis hin zu Test und Packaging auch sind: Alle erfordern eine exakte Steuerung und lückenlose Überwachung“, sagt Marcel Ellwart, Branchenmanagement Halbleiterindustrie bei

Beckhoff. „Zudem müssen die Fertigungsanlagen flexibel auf wechselnde Produktvarianten reagieren können und dabei hohe Durchsatzraten bei maximaler Qualität sicherstellen. Das macht den Einsatz moderner Automatisierungstechnik unverzichtbar.“

## **EtherCAT – der Standard für die Halbleiterindustrie**

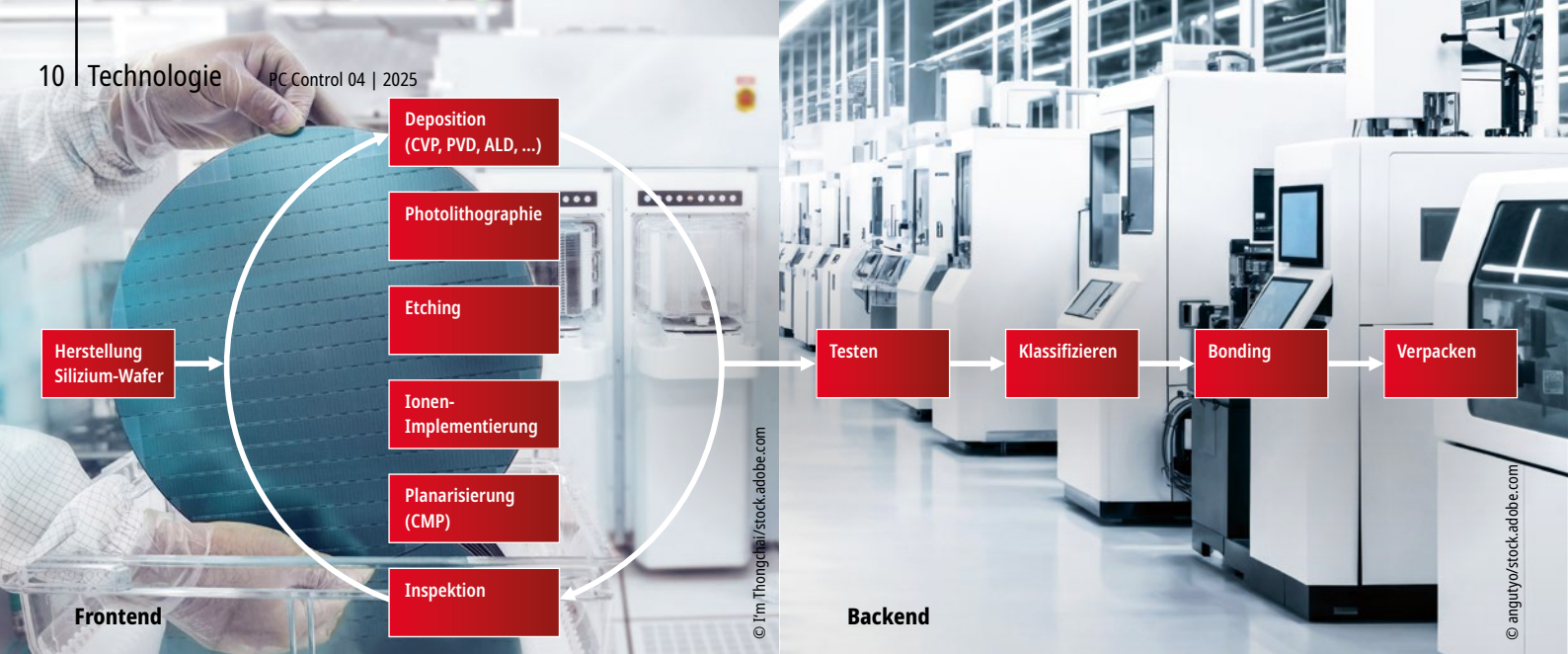
Mit seinem breiten und flexibel nutzbaren Portfolio kann Beckhoff als Automatisierer die facettenreichen Prozesse und Anwendungen in der Halbleiterindustrie passgenau abdecken. Eine besondere Rolle kommt dabei der Kommunikation zu: „Mit EtherCAT hat Beckhoff einen Feldbusstandard entwickelt, der in der Halbleiterfertigung längst als führendes Kommunikationsprotokoll

Um den außergewöhnlichen Anforderungen und dem hohen Kostendruck in der Halbleiterindustrie zu begegnen, spielt die Automatisierung eine Schlüsselrolle.

etabliert ist“, betont Marcel Ellwart. Die Mehrzahl der großen Equipment-Hersteller setzt heute auf EtherCAT. Für den Erfolg ausschlaggebend waren die konsequente Echtzeitfähigkeit sowie eine hohe Flexibilität und Skalierbarkeit. „Durch die offene Architektur und die breite Akzeptanz auf Herstellerseite ermöglicht EtherCAT eine unkomplizierte Integration von Komponenten und Systemen, von Sensorik über Aktorik bis hin zu komplexen Steuerungen“, so der Branchenmanager.

Mit PC-based Control gibt Beckhoff der Halbleiterindustrie das darauf abgestimmte Steuerungskonzept an die Hand. Es deckt alle Automatisierungsaufgaben ab: von der Wafer-Herstellung über die Bearbeitung bis zum Packaging





Bei der Fertigung moderner Halbleiterelemente müssen viele verschiedene Prozesse nahtlos ineinandergreifen, ein Großteil davon in Reinraumumgebungen.

der Chips. Dazu umfasst der Beckhoff Ansatz nicht nur die SPS, sondern auch HMI-Anbindung, Motion Control, Messtechnik oder Vision. Die Softwareplattform TwinCAT 3 verwandelt die Industrie-PCs in effiziente Echtzeitsteuersysteme für alle Engineering- und Laufzeitprozesse. Passend zu den vielen verschiedenen Bedürfnissen in der Halbleiterindustrie ist die Automatisierungssoftware modular aufgebaut und um zahlreiche Funktionen erweiterbar.

**Besondere Branche – besonderer Mehrwert**

Mit seinem Portfolio bietet Beckhoff in der Halbleiterbranche eine schlagkräftige Antwort auf die eingangs genannten Herausforderungen. Darunter finden sich einige Innovationen des Verler Unternehmens, die in der Branche besonders hohen Nutzen ausspielen:

- Die kompakten EtherCAT-Steckmodule der EJ-Serie ersetzen bei Anlagen für die Serienfertigung aufwändig entwickelte I/O-Boards. Sie werden direkt auf ein Signal Distribution Board gesteckt und verteilen Signale bzw. Spannung auf applikationsspezifisch konfektionierte Steckverbinder. Das spart Zeit, Kosten und Platz. Zudem wird das Risiko von Fehlverdrahtungen eliminiert. Die EJ-Module bieten wie klassische EtherCAT-Klemmen eine große Signalvielfalt sowie vollständig integrierte Safety und Motion.

Die Mehrzahl der großen Equipment-Hersteller in der Halbleiterindustrie setzen heute auf EtherCAT – eine Entwicklung von Beckhoff.



- Um die Komplexität von Anlagen zu reduzieren, integriert Beckhoff die Antriebsregelung von Servo- und Schrittmotoren direkt in die I/Os. Im 48-V-DC-Segment ermöglichen EtherCAT-Steckmodule, -Servomotorklemmen oder -Box-Module in Kombination mit der Motorserie AM8100 äußerst kompakte Servoachsen mit hoher Dynamik und Präzision. Für den Betrieb von Verstellsachsen oder für Antriebe mit Servoverstärkern direkt an der Maschine ist eine I/O-integrierte Regelung ebenfalls umsetzbar.
- Auch mit Blick auf die Messtechnik erfüllt das Beckhoff Portfolio die Ansprüche der Halbleiterindustrie: vom Sekundentakt bis zum kHz-Bereich, von der Messung von Spannung und Strom über Schwingungen bis zur Kraftmessung. Die Highend-Messtechnikmodule der ELM-Serie sind nahtlos in das EtherCAT-I/O-System integriert und erfassen auch prozesskritische Messkanäle zuverlässig. Zur Auswertung der generierten Daten stellt TwinCAT leistungsstarke Features bereit.
- Beckhoff Vision integriert Echtzeit-Bildverarbeitung für die Wafer-Fertigung in neue wie auch existierende Steuerungsumgebungen. Eine Teilung zwischen Vision und Automatisierungstechnik erübrigt sich. Zugleich bieten die Vision-Komponenten ein robustes Design sowie hohe Skalierbarkeit und Langzeitverfügbarkeit – von den Kameras über Optiken und Beleuchtung bis zur Software TwinCAT Vision.
- XPlanar revolutioniert das Handling in der Halbleiterindustrie. Denn das Planarmotorantriebssystem transportiert Werkstücke dynamisch, mit höchster Genauigkeit und hoher Bewegungsfreiheit – sowohl in einem System als auch von Maschine zu Maschine. Die Mover schweben berührungslos und unabhängig voneinander über individuell vorgegebene Routen. Produkte können einander überholen, ausgeschleust oder zwischengepuffert werden, ohne dass dies den Produktionsfluss beeinträchtigt.
- Moderne KI-Lösungen bieten für die Halbleiterfertigung enormes Potenzial. Beckhoff hat das maschinelle Lernen in die Steuerungssoftware TwinCAT 3 integriert und stellt damit einen Baukasten an Hard- und Software bereit, um KI-Modelle direkt in die SPS zu integrieren. Anwender erhalten von der Datenaufnahme über das Modell-Training bis zur Ausführung gelernter Modelle einen systemoffenen Workflow ohne Lock-in-Effekt. Anwendungen, für die Beckhoff heute schon KI anbietet, sind Anomalieerkennung für Predictive Maintenance, Bildklassifikation in der Qualitätssicherung oder Zeitreihenanalyse zur Verbesserung der Produktionsprozesse.



Weil in der Halbleiterfertigung auch die Autonomie eine immer größere Rolle spielt, werden z. B. vermehrt fahrerlose Transportsysteme eingesetzt.

**Halbleiter-Success-Stories von Beckhoff**

Mit seinem umfangreichen Portfolio und dem tiefen Branchen-Know-how hat Beckhoff in den vergangenen Jahren eine beeindruckende Zahl an Anwendungen über die gesamte Wertschöpfungskette in der Halbleiterproduktion automatisiert. Wie vielseitig die Lösungen sind, verdeutlichen die folgenden Beispiele, über die das Beckhoff Kundenmagazin PC-Control bereits ausführlich berichtet hat.

**Kristallherstellung:** Die Firma Jingsheng Mechanical & Electrical (JSG) setzt bei der Automatisierung ihrer Einkristallöfen auf eine Beckhoff Lösung, bestehend aus Embedded-PCs, TwinCAT 3 und EtherCAT-I/O-Klemmen. Sie ersetzt frühere SPS- und Temperaturregungssysteme. Dabei bietet sie deutlich mehr Flexibilität, Skalierbarkeit und Integrationsmöglichkeiten. Kern der Prozessführung ist die präzise Temperaturregelung, die für die Einkristallzüchtung essentiell ist, da sie deren Qualität durch gleichmäßige Temperaturführung über lange Zeiträume sicherstellt.



Marcel Ellwart,  
Branchenmanagement  
Halbleiterindustrie  
bei Beckhoff Automation

**Hochreine Gase:** Applied Energy Systems (AES) hat einen neuen Regler für die Versorgung mit ultrahochreinen Gasen entwickelt, um Industrie-4.0-Anforderungen in der Halbleiterfertigung zu erfüllen. Neben einem kompakten Panel-PC CP6606 von Beckhoff setzt das Unternehmen auf die modularen Steck-I/O-Module der EJ-Serie. Das ultrakompakte System behält die bisherige Gehäusegröße bei, bietet jedoch erweiterte Funktionen, OPC-UA- und Cloud-Schnittstellen, flexible Anpassungsmöglichkeiten sowie eine um 50 % reduzierte Installationszeit.

**Chip-Handling:** Auch Mühlbauer setzt in seinen hochpräzisen Die-Sorting-Maschinen für die Halbleiter-Endfertigung auf EJ-Steckmodule. So wird die Verarbeitung von 30.000 Mikrochips pro Stunde bei verbesserter Wafer-Handhabung und reduziertem Verdrahtungsaufwand möglich. Vier speziell entwickelte Signal Distribution Boards mit insgesamt 26 EtherCAT-Steckmodulen integrieren digitale und analoge I/Os, Inkremental-Encoder, Schrittmotormodule sowie Versorgungslogik und Servoverstärker für Keramik- bzw. Piezomotoren.

**Neue Materialien:** Galliumoxid bietet großes Potenzial für die Herstellung neuer Halbleitermaterialien. Die Entwicklung auf den bisherigen Anlagen wurde jedoch durch die begrenzte Flexibilität, Zuverlässigkeit und hohe Kosten eingeschränkt. Das Unternehmen Agnitron hat auf der Grundlage PC-basierter Steuerung eine flexible Mehrzwecklösung geschaffen, die innerhalb weniger Tage umgestellt werden kann. EtherCAT sorgt für eine kompakte, platzsparende Vernetzung der zahlreichen Thermoelemente und I/Os bei gleichzeitig einfacher Integration bestehender Feldgeräte.

**Advanced Packaging:** Da die Miniaturisierung herkömmliche lithografiebasierte Verfahren zunehmend an Grenzen bringt, setzt das Startup Fonotech auf einen neuen Ansatz. Die Impulse Printing™ Technology nutzt Silizium-Druckplatten mit eingetragenen Mikrometer-Strukturen und integrierten Heizstrukturen. Ziel ist eine Auflösung von 5 µm bei minimalem Überlagerungsfehler. Die eingesetzte Steuerung erlaubt über PC-based Control, EtherCAT und der XFC-Technologie (eXtreme Fast Control) eine entsprechende Echtzeitsynchronisation und Positionierung.

**KI und Edge: der Beginn einer neuen Ära**

Nicht zuletzt diese Anwendungsbeispiele unterstreichen: Die Halbleiterfertigung befindet sich am Beginn einer neuen Ära. „Automatisierungslösungen von Beckhoff bieten beste Voraussetzungen, um sich den neuen Herausforderungen zu stellen und intelligente Fertigungsprozesse zu realisieren“, resümiert Marcel Ellwart. Die Kombination aus PC-basierter Steuerung, leistungsfähiger Datenverarbeitung und Echtzeit-EtherCAT-Kommunikation erlaubt die Integration von KI-Algorithmen zur Prozessoptimierung. Edge-Lösungen ermöglichen eine dezentrale Datenanalyse direkt an der Maschine, was die Reaktionszeiten verkürzt und die Anlagenverfügbarkeit erhöht. Solche Ansätze ebnen den Weg zur noch effizienteren, flexibleren und nachhaltigeren Halbleiterproduktion der Zukunft.





# Auf Kurs: Automatisierung mit KI weiterdenken

Trotz konjunkturellem Wellengang steuert Beckhoff Automation mit einer klaren Innovationsagenda, neuen Investitionen und stabilen Preisen in die Zukunft. Auf der SPS-Messe werden unter anderem Themen, wie TwinCAT PLC++, eine neue Multitouch-Panel-Serie, Industrie-PCs mit neuen Prozessoren, neue EtherCAT-Klemmen und -ASICs sowie vor allem die KI-Integration, in den Fokus gerückt. Ronald Heinze, Chefredakteur der Open Automation sprach mit dem geschäftsführenden Inhaber Hans Beckhoff sowie mit Frederike Beckhoff (Corporate Development) und Johannes Beckhoff (Product Management) über die aktuelle wirtschaftliche Entwicklung und technische Innovationen.



Hans Beckhoff (r.) kann sich mit seinen Kindern Frederike (Mitte) und Johannes Beckhoff (l.) auf eine erfolgreiche Weiterführung von Beckhoff Automation als familiengeführtes Unternehmen freuen.

Die Konjunktur 2025 ist für viele Unternehmen ein Wechselbad. Beckhoff Automation kann von positiven Zahlen berichten. „Unser Umsatz liegt im Vergleich zum sehr schwachen Vorjahr im Plus“, freut sich Frederike Beckhoff. „Wir erwarten am Jahresende ein Wachstum zwischen 7 % und 10 %.“ Sie setzt fort: „Die Lagerthematik ist weitgehend ausgeräumt; es bleibt aber die konjunkturelle Krise.“

Zur Erinnerung: 2023 war ein Ausnahmejahr, getrieben von Sondereffekten wie massiven Lageraufbauten in der Industrie. „Das spiegelte nicht die reale Marktkapazität wider“, betont Frederike Beckhoff. „Die Kunden haben gehortet, weil Teile knapp waren. 2024 mussten wir dann -33 % Rückgang im Vergleich zu 2023 vermelden. 2025 ist wieder gesünder, auch wenn die Bäume nicht in den Himmel wachsen“, ergänzt Hans Beckhoff. Er weist darauf hin, dass auch das bisherige Jahr 2025 schwankend war. Nach einem akzeptablen Jahresanfang folgte ein gutes zweites und ein nicht so erfreuliches drittes Quartal. Eine Prognose für 2026 fällt schwer. Hans Beckhoff ist optimistisch und hofft auf eine ähnliche Entwicklung wie in diesem Jahr.

## Preisstabilität als Prinzip

In Zeiten, in denen Inflationsmeldungen Schlagzeilen machen, wirkt Hans Beckhoffs Haltung fast trotzig. „Seit Gründung des Unternehmens haben wir nur wenige Male die Preise erhöht“, sagt der Firmenchef. „Wir stehen für Preisstabilität. Unser Prinzip lautet: Wir wachsen über Produktivität und Skaleneffekte – nicht über den Preis.“ Auch 2025 bleibt es dabei: Keine Preiserhöhung in den europäischen Kernmärkten für die Kunden des Unternehmens. Nur in wenigen Exportmärkten, etwa den USA, spielen Zollaufschläge hinein.

Doch woher kommt der nächste Wachstumsschub? „Wir verzeichnen eine erstaunlich gleichmäßig verlaufende wirtschaftliche Entwicklung in der ganzen Welt“, berichtet Frederike Beckhoff. „Es gibt keine boomende Region. Oder Länder mit einem besonderen Schub.“ Eine Ausnahme bilden kleinere Länder. „Und Italien hat sich gut entwickelt“, ergänzt Hans Beckhoff. „Der italienische Maschinenbau ist 2025 auffallend stark. Das hat uns positiv überrascht.“

Das Erfolgsmodell von Beckhoff bleibt aber die Breite: „Wir gewinnen neue Kunden mit spannenden Projekten“ so Frederike Beckhoff. „Außerdem bestellen unsere Stammkunden nach der Lagerbereinigung wieder.“ Hans Beckhoff formuliert es so: „Lieber solide in vielen Märkten als einseitig abhängig.“

Auch über das Produktportfolio hinweg ist die Umsatzentwicklung gleichmäßig verteilt. „Das ist darin begründet, dass etwa 70 % unserer Kunden auf komplette Systeme von uns setzen“, so Hans Beckhoff. Zusätzlich zur Produktfokussierung sind laut dem Geschäftsführer Branchenlösungen sehr wichtig. Diese werden konsequent weiter ausgebaut. Hier hebt er die Automobilindustrie hervor. „Beides sind erfolgsversprechende Wege, die Kunden zu unterstützen.“

## Investitionen: Stillstand ist Fremdwort

Stillstand ist in Verl ein Fremdwort. „Wir investieren wie immer“, sagt Hans Beckhoff. „Das ist Teil unserer DNA.“ Die Expansionsprojekte sind in 2025 fortgesetzt worden. Aktuell bedeutet das laut Frederike Beckhoff: „Für die Niederlassung Österreich wird der Neubau fertiggestellt und in der ersten Jahreshälfte 2026 bezogen. Der Gebäudekomplex am Standort Rheda in



Hans Beckhoff,  
Gründer, Geschäftsführer und Gesellschafter

„Seit 2020 haben wir  
rund 40 % Wachstum.  
Damit sind wir zufrieden.“

Ostwestfalen mit 67.000 m<sup>2</sup> Fläche wird Ende 2025 fertiggestellt und dann mit den Innenausbauten versehen. Damit schaffen wir die Basis für weitere Expansion“, erklärt Frederike Beckhoff. Für das Tochterunternehmen Schirmer Maschinen in Verl wird nächstes Jahr der Neubau mit 20.000 m<sup>2</sup> Produktions- und Bürofläche begonnen. Weiterhin geht Anfang nächsten Jahres die Produktion der ATRO-Roboter und des MX-Systems in den Hochlauf.

Parallel expandiert der Vertrieb weiter, denn: „etwa 2.000 unserer weltweit 5.300 Mitarbeiter arbeiten im Vertrieb oder vertriebsnah. Der persönliche Kontakt zum Kunden bleibt ein Schlüssel“, fügt Frederike Beckhoff an. „Daher werden jedes Jahr sowohl der geografische, der Produkt- als auch der Branchenvertrieb weiter ausgebaut.“

## Software: Speed matters – TwinCAT PLC++ als Gamechanger

Beckhoff wäre nicht Beckhoff, wenn nicht wieder an der Taktfrequenz gedreht würde. „Speed matters – das war schon immer unser Motto“, sagt Johannes



Beckhoff. „Mit TwinCAT PLC++ wurde es konkret und die Effizienzsteigerung, die wir vorausgesagt haben, ist eingetreten. Wir sehen, dass wir bei vielen Projekten um den Faktor 1,5 schneller werden; in Projekten mit hohem Opti- mierungsgrad sogar bis Faktor 2,5 in der Ausführungszeit.“

Mit schnelleren Steuerungen steigt auch die Ausbringung von Maschinen. Hans Beckhoff erklärt den Mechanismus: „Jede Verkürzung des Steuerungs- zyklus bedeutet, dass die Maschine weniger Zeit auf die Reaktion der Steue- rung wartet. Aus Sekundenbruchteilen werden Prozentpunkte in der Effizienz der Maschine. Und das summiert sich. Auch 2 % Geschwindigkeitsgewinn können ökonomisch und auch ökologisch schon große Wirkung zeigen.“ Johannes Beckhoff ergänzt: „Außerdem sind komplett neue Maschinenkon- zepte denkbar.“

Auch beim Engineering bringt TwinCAT PLC++ Vorteile: schnellere Compile- Zeiten, kürzere Online-Changes, reduzierte Stillstände. „Effizienz heißt nicht nur schneller produzieren, sondern auch schneller in Betrieb nehmen“, betont Johannes Beckhoff. Ebenso werden Diagnosen besser – auch ein wirksamer Teil der Overall Equipment Effectiveness (OEE).

Wichtig ist auch der Aspekt, dass TwinCAT PLC++ sehr nah an der Norm IEC 61131-3 entwickelt wurde. Diese hohe Kompatibilität und die Nutzung von Hochsprachen wie C++ führen dazu, dass eine breite Community von Program- mieren und Anwendern im engen Austausch steht.

**KI für alle: Machine Learning Creator**

Während in vielen Betrieben die KI noch im Elfenbeinturm steckt, will Beckhoff sie in den Maschinenraum bringen. Ein Werkzeug dafür: der TwinCAT Machine Learning Creator. „Damit trainiert der SPS-Programmierer ein neuronales Netz, ohne KI-Spezialist zu sein“, sagt Johannes Beckhoff. „Er lädt einfach einen aufgezeichneten und klassifizierten Datensatz in unsere Software TwinCAT Machine Learning Creator, dann startet automatisiert das Training – fertig ist das neuronale Netz.“

Gestartet wurde mit Bildanalysen. Auf der SPS wird gezeigt, dass auch Signale und Zeitreihen analysiert werden: Vibrationen an einer Frässpindel, Druckkur- ven, Prozesssignale. Johannes Beckhoff: „So lassen sich Gut-Schlecht-Beurtei- lungen von Prozessen sowie Predictive Maintenance realisieren.“

**KI-Agenten erleichtern das Engineering**

TwinCAT CoAgent stellt verschiedene Agenten zur Verfügung, die das soge- nannte Model Context Protocol (MCP) nutzen. MCP wurde speziell für Large Language Models (LLMs) erschaffen und ermöglicht diesen Zugriff auf externe Tools und Datenquellen, was sie effektiver macht. Dieses Protokoll kommt laut Johannes Beckhoff „in der üblichen Large-Language-Model-Welt, also der ChatGPT-Welt, relativ oft zum Vorschein: Es handelt sich hierbei quasi um ein standardisiertes Interface, welches beschreibt, wie ein Large Language Model deterministisch auf Funktionen eines Agenten zugreifen kann.“ MCP wurde in TwinCAT CoAgent implementiert.

„Alles, was wir in TwinCAT entwickeln werden, sei es HMI, PLC, Analytics, spezielle Messtechnikfunktion oder auch XPlanar, XTS oder Motion, wird mit einem MCP-Interface als Zugang zur Kopplung von LLMs versehen.“ Der Nut- zer kann dann interagieren mit Fragen wie: Kannst du mir einen bestimmten Code kreieren? Oder: Kannst du mir einen Alarm setzen? Johannes Beckhoff: „Das Large Language Model kann über dieses MCP-Interface genau auf diese Funktion des jeweiligen Automatisierungsbausteins zugreifen.“ Hans Beckhoff illustriert es gewohnt bildhaft: „Früher saß ein Mensch vor der Maschine und zog Hebel. In Zukunft sitzt ein kleines Männchen darin – ein LLM – das zuhört, versteht und handelt.“

Auf der Messe K wurde das teilweise schon demonstriert: Eine Kunststoff- blasmaschine verfügt über den Industrie-PC C6043 mit NVIDIA®-GPU: Die- ser steuert nicht nur die Maschine, sondern chattet und bringt künstliche Intelligenz zum Einsatz. „Wir integrieren agentisches Wissen überall in unser TwinCAT“, fasst Johannes Beckhoff zusammen. Zukünftig sind auch komplexe Abfragen als Spracheingabe direkt an der Maschine möglich.



Frederike Beckhoff,  
Corporate Development

„Unser Auftragseingang liegt ganz eindeutig im Plus zum Vorjahr und auch beim Umsatz haben wir sieben bis zehn Prozent Plus.“

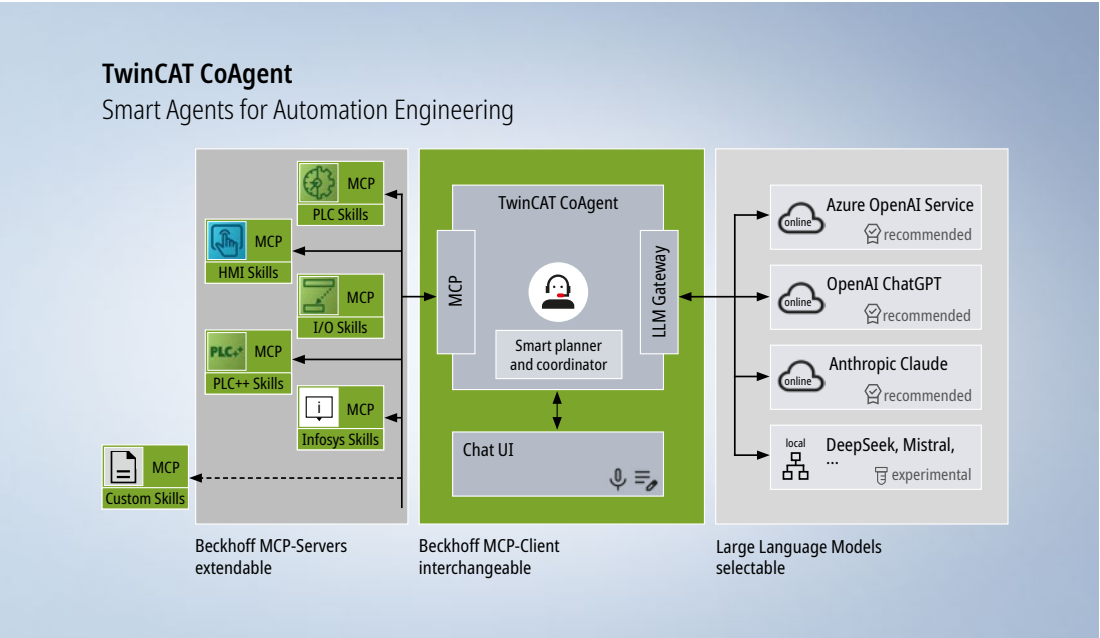
Damit kann die Maschine sicher überwacht und auch ein Fehler diagnos- tiziert werden.

Auf der SPS-Messe werden noch viele weitere Softwarethemen in den Fokus gerückt, zum Beispiel containerbasierte bzw. virtuelle Steuerungen, verbesserte Motion- und Vision-Algorithmen.

**Hardware-Offensive: Neue Panel-PCs, neue Prozessoren**

„Neu vorgestellt auf der SPS werden die Panel-PC-Baureihen CP4xxx und CP5xxx der Next-Multitouch-Panel-Generation, die dritte Generation seit 1998 in Bezug auf die Geräteausführung“, verrät Johannes Beckhoff. Der Fokus liegt dabei auf kostenoptimierten Lösungen, einem ansprechenden Design sowie einer breiten Palette an Formaten. Wichtige Eigenschaften der Panel-PCs sind die EtherCAT-basierte Echtzeitkommunikation, die vollständige Integration in TwinCAT, hochwertige Displays mit Multifinger-Touchfunktion, ein reduzier- ter Stromverbrauch insbesondere mit eingesetzten Arm®-Prozessoren und langzeitverfügbare Industriekomponenten. „Das Display ist das Gesicht der Maschine – und kombiniert beides: Eleganz und Maschinentauglichkeit“, sagt Hans Beckhoff.

Um die Next-Multitouch-Panel-PCs zukunftssicher zu positionieren, wurde das Elektronikkonzept überarbeitet sowie mechanische und elektronische Schnittstellen vereinheitlicht. Die robusten Geräte, die komplett aus eige- ner Fertigung in Deutschland stammen, stehen als IP20-Einbauvarianten sowie in IP65 für die Tragarmmontage zur Verfügung. Erstmals wird eine neue Arm®-Multicore-CPU angeboten, die insbesondere für preissensitive Visualisierungsaufgaben in Frage kommt. Wenn die Panel-PCs zusätzlich mit der Automatisierungssoftware TwinCAT ausgestattet werden, können Anzeige und Steuerung auf dem gleichen Gerät laufen. Dies ermöglicht laut Hans Beckhoff „einen guten und sehr kostengünstigen Einstieg in die Beckhoff Steuerungstechnik.“ Die Panel-PCs bieten dabei nicht nur klassi- sche Vorteile wie reduzierten Platzbedarf oder weniger Verkabelungs- und Wartungsaufwand. Im Sinne smarter Gateways sind sie darauf ausgelegt,



links: TwinCAT PLC++ bietet als neue Generation SPS-Technologie einen Performancesprung bei Engineering und Runtime.

Mitte: Mit TwinCAT CoAgent und TwinCAT Machine Learning Creator können Prozess- und Automatisierungsexperten KI-Technologien direkt für ihre Anwendungen einsetzen.

Rechts: Die über das Modular Concept Protocol (MCP) realisierte offene Architektur von TwinCAT CoAgent ermöglicht die Nutzung verschiedener Sprachmodelle und die flexible Kombination mit kundenspezifischen Erweiterungen.



Maschinendaten zu erfassen, vorzuverarbeiten und an übergeordnete Systeme weiterzuleiten.

Was gibt es Neues aus der Prozessorwelt? „Bei Beckhoff haben wir immer drei bis vier Prozessorklassen, mit denen wir unsere Geräte ausstatten. Wir starten für unsere Kleinststeuerungen mit Arm®-Prozessoren. Für die Embedded-PCs der Serien CX82xx und CX92xx kommen dann zum Beispiel leistungsstärkere CPUs Arm® Cortex® zum Einsatz“, erläutert Hans Beckhoff. Damit können schon kleinere Motion-Anwendungen gesteuert werden.

Als nächstes startet die x86-CPU-Familie für leistungsfähigere Industrie-PCs. Hier kommen neue Prozessorlinien zum Einsatz: „Wir nutzen Intel® Amston Lake mit bis zu acht Kernen für die kompakten Steuerungen und Intel® Bartlett Lake für die Hochleistungssysteme. Das deckt eine enorme Bandbreite ab“, so Johannes Beckhoff. Die neuen Prozessoren werden in diesem Jahr und in 2026 einedesigt.

„Unsere Steuerungen sind mit Windows und Linux® als Betriebssystem als Standard verfügbar“, ergänzt Johannes Beckhoff. „Viele Kunden fordern das. Linux® wird breit angenommen“, bestätigt Hans Beckhoff.

#### I/O und EtherCAT: Standard trifft Upgrade

EtherCAT gehört seit 2003 zur Beckhoff Erfolgsgeschichte und hat sich zum weltweiten Standard für die industrielle Kommunikation entwickelt. „Wir releasen nun Ende des Jahres mit dem ET1150 einen neuen ASIC mit mehr Speicher und höherer Performance“, weiß Johannes Beckhoff. Der Energieverbrauch ist sogar viermal geringer als beim ET1100. Der neue Chip ist pinkompatibel zum Vorgänger, der weiterhin verfügbar bleibt. „Das ist eine gute Nachricht für Gerätebauer, die mit einem ordentlichen Performance-Schub rechnen können“, hebt Hans Beckhoff hervor.

Das nächste Highlight betrifft den VHDL-basierten EtherCAT-IP-Core. Auch hier steht nun eine neue leistungsfähige Version zur Verfügung, die eine Implementation der EtherCAT-Funktionalität in verschiedene FPGAs und ebenso die Integration von EtherCAT in spezifische Halbleiter-Chips ermöglicht. Die Eigenschaften sind ähnlich positiv wie beim neuen ASIC“, schließt Hans Beckhoff an.

Auch bei den EtherCAT-Klemmen gibt es Neuheiten: „Wir präsentieren die ED-Serie der EtherCAT-Klemmen im neuen Gehäuse“, so der Geschäftsführer. Sie zeichnet sich durch Push-in-Anschluss-technik für eine einfachere Verdrahtung, verbesserte thermische Eigenschaften und neue Elektronik aus. „Und selbstverständlich ist die neue Serie kompatibel zu den bisherigen EL-Klemmen.“

Hans Beckhoff versichert: „Unsere ersten Klemmen aus 2003 zur Markteinführung von EtherCAT liefern wir auch heute noch als Standardklemmen. Selbst unsere K-Busklemmen von 1995 sind weiter lieferbar. Unsere neuen ED-Klemmen ergänzen unser vorhandenes Portfolio. Wir setzen auf erfolgreiche Kontinuität.“

#### Motion: Economy und intelligentes Handling

Im Bereich Motion herrschte in 2024 und 2025 weiter Hochbetrieb: So wurden im letzten Jahr die Economy Drives für kostensensitive Anwendungen vorgestellt, die dritte grundlegende Antriebsserie im 300-V- und 600-V-Bereich. Die Servoantriebe AX1000 und die Frequenzumrichter AF1000 haben den gleichen Formfaktor. Beide Antriebe stoßen laut Hans Beckhoff „mit ihrer sehr guten



Neue Panel-PC-Baureihen erweitern das Spektrum der Next-Multitouch-Panel-Generation.

Das MX-System ist in der Serienlieferung angekommen und damit ist der Startschuss für eine neue Generation der Automatisierung gefallen – ohne klassische Schaltschränke, aber mit maximaler Effizienz, Flexibilität und Zukunftssicherheit.

Performance und einem attraktiven Preis auf Begeisterung bei den Kunden“. Er fasst zusammen: „Das Bessere ist der Feind des Guten. Wir entwickeln weiter – auch wenn es mal die eigenen Produkte kannibalisiert.“

Beim Produkttransportsystem XTS sind vor allem das Motormodul EcoLine, welches zu 45 % Kostenersparnis pro Meter führt, und die Edelstahlvarianten für Anwendungen im hygienischen Bereich zu nennen. Für XTS Hygienic gibt es Kurvenmodule für größere Radien mit 22,5°. Bei Planarmotorantriebssystem XPlanar stehen größere Kacheln zur Verfügung. „Außerdem können sich die Mover mit neuem Software-Update um 360° drehen – überall auf der Fläche, auch während der Transport-Bewegung“, so Johannes Beckhoff. „Das ist fast kirmestauglich“, lacht er.

Die Langzeittests für den modularen Industrieroboter-Baukasten ATRO kommen jetzt zum Ende. Das Design wurde laut Hans Beckhoff nochmals leicht angepasst. Das System steht damit kurz vor der Serienreife. Vorserien werden im zweiten Quartal des nächsten Jahres erwartet und die Serienproduktion startet Ende 2026.

#### MX-System: schaltschranklose Automatisierung in Serienlieferung

Beckhoff hat mit der Serienlieferung des MX-Systems begonnen. Die ersten Maschinen, die vollständig mit dieser modularen Lösung ausgestattet wurden, sind bereits erfolgreich im Einsatz. Damit ist der Startschuss für eine neue Generation der Automatisierung gefallen – ohne klassische Schaltschränke, aber mit maximaler Effizienz, Flexibilität und Zukunftssicherheit. Das MX-System vereint hierzu sämtliche Automatisierungsfunktionen in einem steckbaren, robusten Systemaufbau und bietet Maschinenbauern wie Endanwendern umfassende Vorteile über den gesamten Lebenszyklus der Maschine hinweg.

Das MX-System steht für einen Paradigmenwechsel in der Automatisierungstechnik. Es ersetzt nicht nur den Schaltschrank, es definiert ihn neu. Die Kombination aus modularer Hardware, standardisierten Schnittstellen und integrierter Intelligenz schafft die Grundlage für zukunftssichere, flexible Maschinenkonzepte. Die Technologie eignet sich für ein breites Spektrum von der Verpackungstechnik über die Gebäudefertigung bis hin zur Lebensmittel- und Automobilindustrie. Beckhoff begleitet seine Kunden umfassend, von der Projektierung über Schulungen bis zur Serienintegration. Bei Bedarf zeigen die Beckhoff Spezialisten



Die Economy-Servoverstärker AX1000 und die Economy-Frequenzumrichter AF1000 adressieren kostensensitive Applikationen und reduzieren die Komplexität des Gesamtsystems.

auch für individuelle Kundenanwendungen auf, wie das MX-System zur optimalen Lösung der jeweiligen Automatisierungsaufgabe werden kann.

#### Mit Rückenwind in die Zukunft

Maschinenverordnung, Cyber Resilience Act, NIS-2 – für viele Unternehmen Schreckgespenster. Hans Beckhoff bleibt pragmatisch: „Das sind verbindliche Regelwerke mit sinnvollen Aspekten. Wir arbeiten an den erforderlichen Zertifizierungen und sind im engen Austausch mit Kunden. Wichtig ist, dass Europa dadurch gestärkt wird – nicht geschwächt.“ Dass Beckhoff Automation rechtzeitig liefern wird, ist für ihn selbstverständlich: „Unsere Kunden sollen sich auf uns verlassen können.“

Zum Schluss die Gretchenfrage: Welche Stellschraube hat aktuell den größten Kundennutzen? Hans Beckhoff wählt das MX-System: „Es betrifft alle, die Schaltschränke bauen und nutzen. Ein tiefer Eingriff in die Automatisierungspraxis – hier und jetzt.“

Johannes Beckhoff hingegen setzt auf KI: „Der Hype ist berechtigt. LLMs werden das Engineering, die Inbetriebnahme und den Betrieb von Maschinen tiefgreifend verändern. Wir müssen hier vorne mit dabei sein.“ Damit treibt der Sohn die Software-Zukunft.

Was erwarten die Beckhoffs von der SPS 2025? Hans Beckhoff antwortet mit einem Lächeln: „Gute Geschäfte, gute Gespräche – und vor allem auch eine gute Party.“ In Verl bleibt man sich treu: bodenständig, innovativ, charmant. Ein Familienunternehmen, das zwischen MX-System und KI die Zukunft der Automatisierung weiterdenkt. Zusammen mit den weltweit rund 5.300 Mitarbeitern halten Hans, Frederike und Johannes Beckhoff das Familienunternehmen auf Kurs. Zwischen stabilen Preisen, mutigen Investitionen und visionären Technologien segelt das Familienunternehmen auch 2026 mit Rückenwind in die Zukunft.

Veröffentlichung aus Open Automation 06/2025, VDE Verlag, [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

weitere Infos unter:  
[www.beckhoff.com/sps](http://www.beckhoff.com/sps)

Johannes Beckhoff,  
Product Management

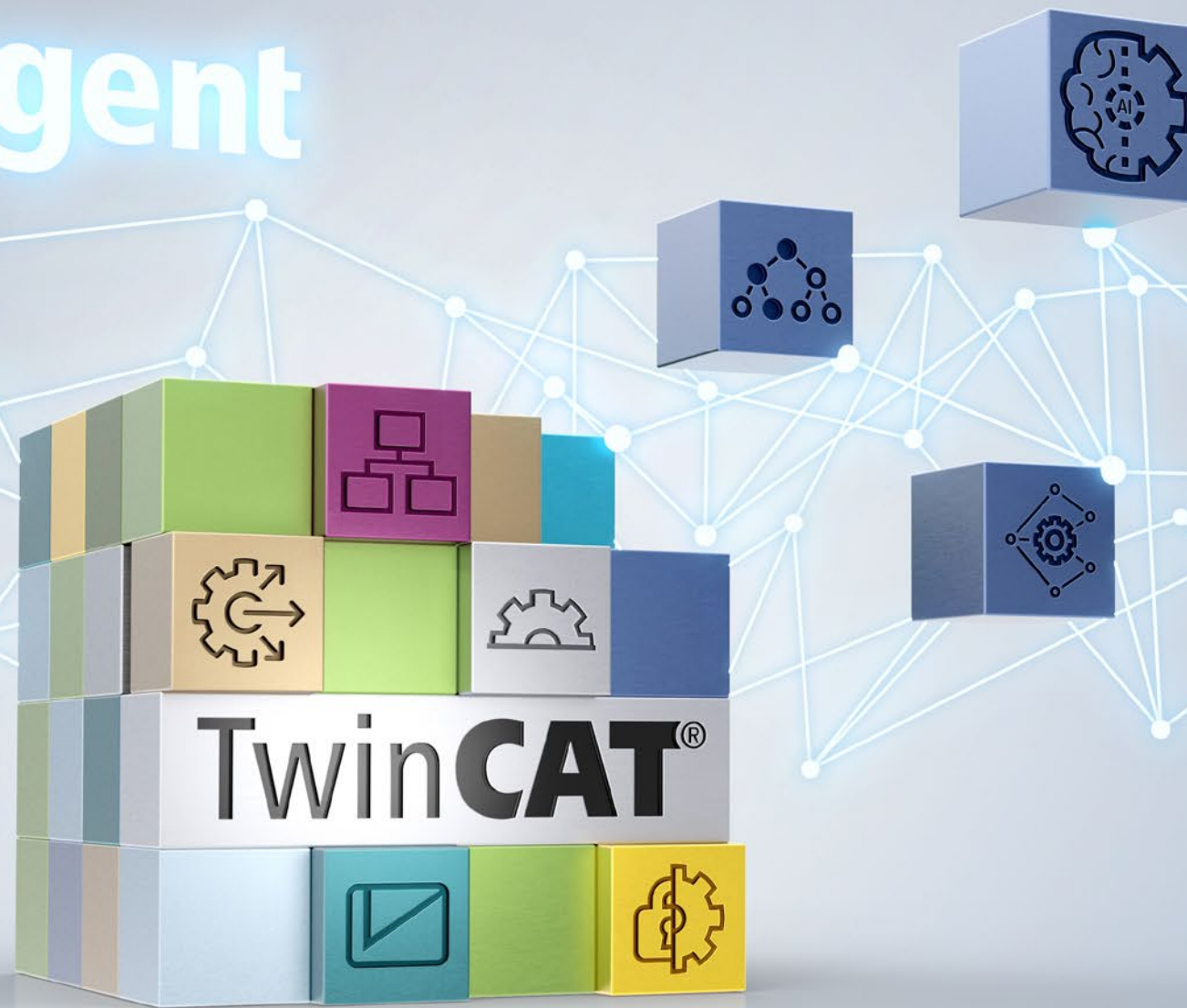
„Der KI-Hype ist berechtigt; LLMs werden das Engineering, die Inbetriebnahme und den Betrieb von Maschinen tiefgreifend verändern.“





# CoAgent

Mit TwinCAT CoAgent und TwinCAT Machine Learning Creator können Prozess- und Automatisierungsexperten KI-Technologien direkt für ihre Anwendungen einsetzen.



TwinCAT CoAgent und TwinCAT Machine Learning Creator für KI-gestützte Automatisierung

## Mit erweiterten KI-Funktionen noch einfacher Optimierungspotenzial erschließen

Künstliche Intelligenz hat längst ihren Weg aus den Laboren und Forschungseinrichtungen in den Alltag gefunden – und erweist sich auch in der industriellen Automatisierung als entscheidender Innovationstreiber. Beckhoff hat diesen Trend früh erkannt und KI direkt in die Steuerungswelt integriert. Mit TwinCAT Machine Learning lassen sich KI-Modelle in Echtzeit direkt auf der Maschinensteuerung ausführen und somit in den SPS-Code einweben. Des Weiteren befähigen TwinCAT CoAgent und TwinCAT Machine Learning Creator Prozess- und Automatisierungsexperten, KI-Technologien direkt für ihre Anwendungen einzusetzen. Aktuelle Funktionserweiterungen dieser Produkte zeigen, wie konsequent Beckhoff die Demokratisierung von KI in der Automatisierung vorantreibt.



In der industriellen Praxis haben sich zwei Ansätze für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz herausgebildet: Task-spezifische KI und Agentic AI. Task-spezifische KI löst klar umrissene Aufgaben wie z. B. die visuelle Qualitätskontrolle, die Vorhersage von Maschinenausfällen oder die Lokalisierung von Objekten. Sie basiert auf domänenspezifischen Daten und wird eng in die Steuerungsumgebung integriert – etwa mit dem TwinCAT Machine Learning Creator und TwinCAT Machine Learning. Demgegenüber steht Agentic AI, also auf generativen Modellen beruhende KI-basierte Assistenzsysteme. Sie unterstützen Ingenieure und Maschinenbediener durch dialogbasierte Interaktion, automatisierte Codegenerierung oder Fehleranalysen im laufenden Betrieb – realisiert mit TwinCAT CoAgent. Beide Ansätze ergänzen sich, indem sie unterschiedliche Ebenen adressieren: Task-spezifische KI steigert die Effizienz und Qualität direkt im Maschinenprozess, wohingegen Agentic AI den Engineering- und Servicealltag erleichtert – von der Entwicklung über die Inbetriebnahme bis hin zur laufenden Optimierung.

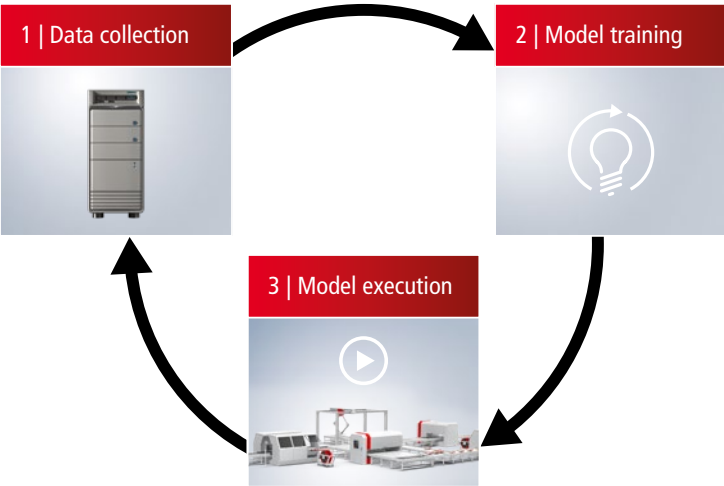
**Mehr Effizienz in Entwicklung, Service und Maschinenbedienung**

TwinCAT CoAgent for Engineering unterstützt Steuerungsprogrammierer bei einer Vielzahl von Aufgaben – von präzisen Code-Vorschlägen und smarten Optimierungen bis hin zur automatischen Dokumentation. Über die Integration in bestehende Projekte können geprüfte Inhalte direkt übernommen werden. Zusätzlich ermöglicht der CoAgent den schnellen Zugriff auf die Beckhoff Dokumentation, die Entwicklung benutzerfreundlicher HMI-Controls sowie die einfache Konfiguration kompletter I/O-Topologien per Chat über natürliche Sprache. Für Entwickler bedeutet das: weniger Zeitaufwand für Routine- und Sucharbeiten, eine deutliche Beschleunigung im Projektalltag und mehr Freiraum, sich auf anspruchsvolle Automatisierungsaufgaben zu konzentrieren. So etabliert sich TwinCAT CoAgent als persönlicher Assistent, der den gesamten Engineering-Workflow nachhaltig effizienter gestaltet.

Mit TwinCAT CoAgent for Operations bringt Beckhoff die Agenten-Technologie direkt in den Maschinenbetrieb. Der CoAgent überwacht kontinuierlich Prozesswerte, Logfiles und KPIs, erkennt Abweichungen und leitet einen strukturierten Problemlösungsprozess zusammen mit den Servicetechnikern ein:

1. Hypothese bilden,
2. Diagnose mit Evidenz durchführen,
3. konkrete Handlungsvorschläge inklusive Schritt-für-Schritt-Anleitungen bereitstellen.

Mit PC-based Control von Beckhoff lässt sich der gesamte Workflow der KI-gestützten Automatisierung nahtlos in der TwinCAT-Steuerungswelt umsetzen.



Die Agenten-gestützte Fehlerdiagnose ermöglicht es, Alarmmeldungen im Kontext zu bewerten – z. B. indem erhöhte Stromaufnahme, sinkender Durchsatz und Logwarnungen korreliert werden. So lassen sich Fehlalarme reduzieren und kritische Störungen priorisieren. Typische Nutzenpotenziale sind eine deutlich verkürzte Time-to-Resolution (TTR), eine höhere First-Fix-Rate bei den häufigsten Fehlerbildern und eine spürbare Entlastung des Servicepersonals. Ein weiterer Vorteil liegt in der Dokumentation: TwinCAT CoAgent erstellt auf Wunsch detaillierte, zielgruppenorientierte Service-Reports für beliebige Zeiträume. Diese enthalten Root-Cause-Analysen, Auswirkungen, Dauer, empfohlene Korrekturmaßnahmen sowie eine Nachverfolgung offener Punkte. Auch Schichtberichte lassen sich automatisch generieren – inklusive KPIs, Trenddarstellungen und offener Wartungsmaßnahmen für die nächste Schicht. Damit etabliert sich TwinCAT CoAgent for Operations als interaktiver Service-Agent, der den laufenden Betrieb intelligenter gestaltet, von der schnelleren Störungsbehebung über eine verbesserte Transparenz bis hin zu einem durchgängig höheren Qualitätsstandard im Reporting.

TwinCAT CoAgent von Beckhoff erweist sich damit als leistungsfähiger KI-Assistent über den gesamten Automatisierungs-Lifecycle – von der Code-Generierung im Engineering bis zur Fehlerdiagnose im laufenden Betrieb. Die offene Architektur des TwinCAT CoAgent ermöglicht die Anbindung unterschiedlicher Sprachmodelle und die flexible Kombination mit kundenspezifischen Erweiterungen – unterstützt durch Schnittstellenstandards wie das Model

Context Protocol (MCP). So kann ein Unternehmen beispielsweise eine eigene Wissensdatenbank als MCP-Server bereitstellen und diese nahtlos in den CoAgent integrieren. Durch die Produkt-Erweiterung auf den kompletten Lifecycle lassen sich Entwicklungs- und Serviceprozesse gleichermaßen beschleunigen, Komplexitäten reduzieren und Stillstandszeiten deutlich verkürzen. So profitieren Entwickler von mehr Effizienz und Freiraum im Projektalltag, während Service-Teams schneller reagieren können und gezielt unterstützt werden. Die erhöhte Flexibilität und Offenheit des Systems sorgt zugleich für Investitionssicherheit und Zukunftsfähigkeit.

**Automatisch zum KI-Modell auch für Signal- und Zeitreihenanalysen**  
Der TwinCAT Machine Learning Creator (MLC) von Beckhoff richtet sich an Automatisierungs- und Prozessexperten und ergänzt den Workflow in TwinCAT 3 um die automatisierte Erstellung von KI-Modellen. Damit erschließt sich das Potenzial der künstlichen Intelligenz auch für kleinere Unternehmen – mit

Vorteilen für die Wettbewerbsfähigkeit und im Umgang mit dem zunehmenden Fachkräftemangel. Gleichzeitig entlastet das Werkzeug auch KI-Entwickler: Als „Version Zero Generator“ erstellt es erste Modellvarianten automatisch, reduziert Fehlerquellen und beschleunigt den Entwicklungsprozess. Darüber hinaus stehen umfangreiche Methoden zur Verfügung, um das Verhalten der Modelle transparent darzustellen, Varianten zu vergleichen und Auditierungsprozesse durch eine automatisierte Report-Generierung zu unterstützen. Mit der Bereitstellung des richtigen Werkzeugs können diejenigen, die es direkt betrifft – die Automatisierer – ihre Herausforderungen selbst lösen. Das Know-how wird so tiefer im Unternehmen verankert und nachhaltig aufgebaut.

Das mit TwinCAT MLC automatisch trainierte Modell kann im offenen Standardformat ONNX exportiert werden und ist hinsichtlich Latenz und Genauigkeit optimal an die Echtzeitanforderungen im Steuerungsumfeld angepasst. Der bisherige Schwerpunkt lag dabei auf KI-gestützter Bildverarbeitung. Mit TwinCAT MLC Signals and Time Series erweitert Beckhoff den Funktionsumfang des Machine Learning Creator: Neben der Bildverarbeitung (TwinCAT MLC Computer Vision) lassen sich nun auch Signale und Zeitreihen effizient analysieren. Typische Anwendungsfälle sind:

- Klassifikation (z. B. zur Qualitätsprüfung),
- Forecasting (z. B. zur Vorhersage von Energieverbrauch oder Windgeschwindigkeit),
- Anomalieerkennung (z. B. im Condition Monitoring).



Dr. Fabian Bause  
Produktmanager TwinCAT, Beckhoff Automation

„Mit TwinCAT MLC Signals and Time Series lassen sich historische, zeitlich geordnete Daten analysieren, um Muster und Trends zu erkennen sowie zukünftige Werte vorherzusagen oder Anomalien zu identifizieren.“

# TwinCAT® CoAgent

Create a function block with Quicksort

```
VAR
  Pivot: REAL;
  i: INT;
  j: INT;
END_VAR

IF Low < High THEN
  Pivo
```

CoAgent

TwinCAT





Jannis Doppmeier  
Produktmanager TwinCAT, Beckhoff Automation

„TwinCAT CoAgent optimiert sowohl Engineering als auch Runtime und versteht sich als Teammitglied, das bei der Diagnose hilft, das Servicepersonal interaktiv durch Checklisten führt und selbst aktiv an der Problemlösung beteiligt ist.“

Unter Signalen und Zeitreihen versteht man sowohl den Verlauf eines einzelnen Signals über die Zeit oder über andere Größen (wie Frequenz, Wellenlänge, Weg oder Winkel) als auch die Entwicklung mehrerer Signale parallel über verschiedene Dimensionen, z. B. der zeitliche Verlauf von Druck, Temperatur und elektrischer Leistung.

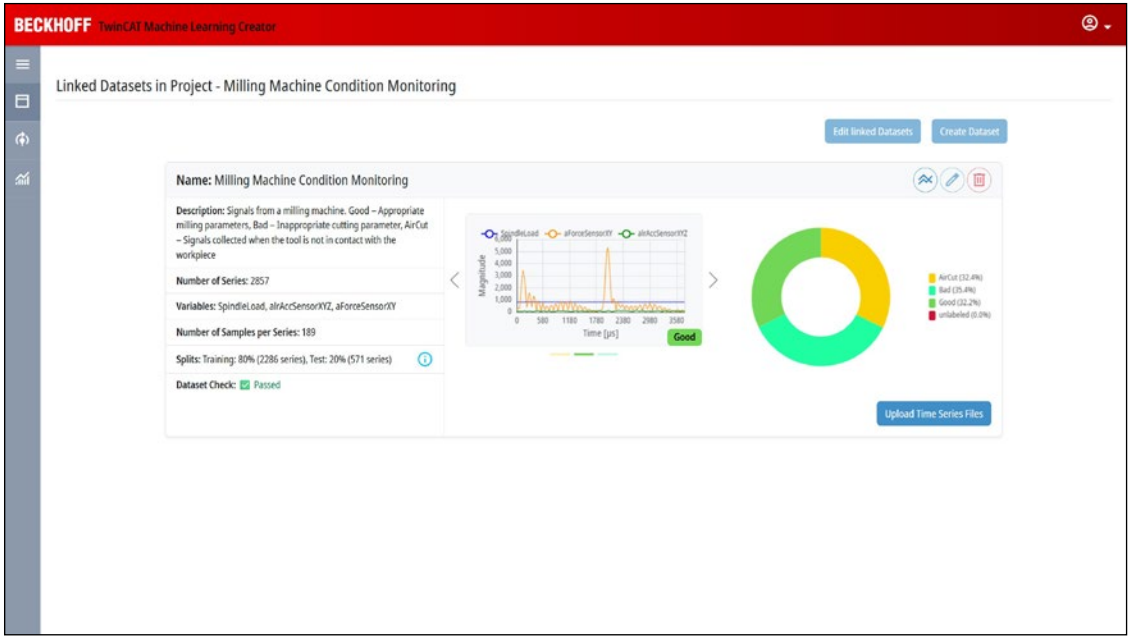
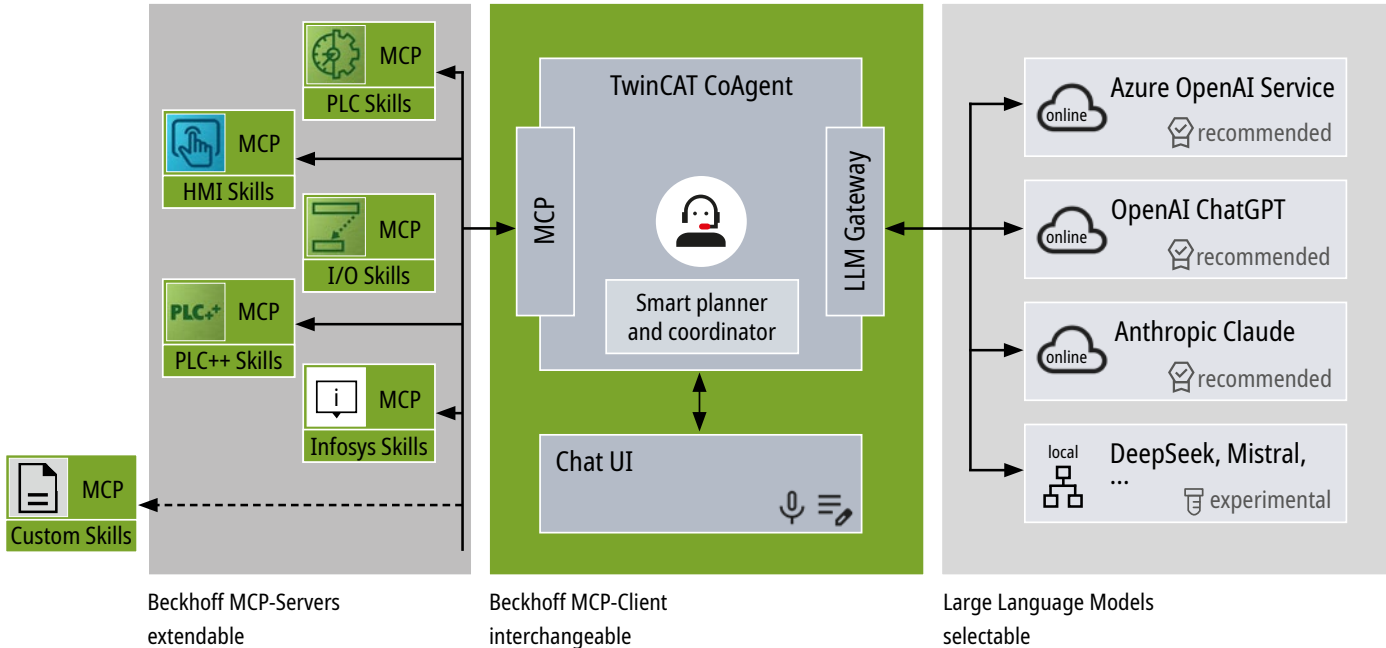
Die Signal- und Zeitreihenanalyse eröffnet vielfältige Möglichkeiten in der industriellen Praxis, zumal mit PC-based Control von Beckhoff ohnehin umfassende Maschinendaten zur Verfügung stehen. Für die komfortable Datenaufnahme direkt aus dem Steuerungsprozess lassen sich zahlreiche TwinCAT-Tools nutzen, beispielsweise TwinCAT Scope View, Analytics Logger, Database Server oder Data Agent.

**Anomalieerkennung und Condition Monitoring**

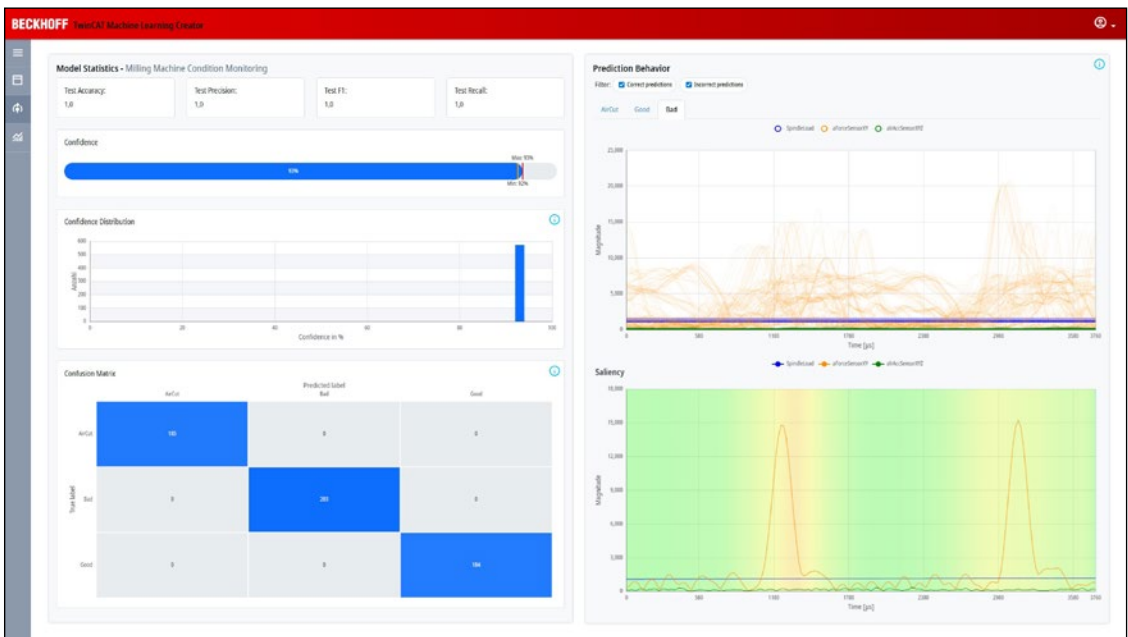
Ein zentraler Einsatzbereich der Signal- und Zeitreihenanalyse ist die Anomalieerkennung: Durch die zeitliche Korrelation von Störereignissen – beispielsweise fehlerhafte Signalübertragungen, Energieversorgungsschwankungen, Bedienfehler oder Umgebungsbedingungen – lassen sich Ursachen zuverlässig identifizieren. Typische Anwendungen sind:

- Erkennung von Motorfehlverhalten (Lagerschäden, Unwucht, mechanische Probleme) anhand von Strom-, Vibrations- oder Akustiksignalen,
- Diagnose von Pumpen- und Kompressordefekten über Strom- und Temperaturdaten,
- Aufdeckung von Leckagen in Hydraulik- oder Pneumatiksystemen über Drucküberwachung,
- Verschleißerkennung an Fräs- und Bohrwerkzeugen anhand der Spindelströme.

Die über das Model Context Protocol (MCP) realisierte offene Architektur von TwinCAT CoAgent ermöglicht die Nutzung verschiedener Sprachmodelle und die flexible Kombination mit kundenspezifischen Erweiterungen.



Beispiel einer Zeitreihenanalyse mit TwinCAT Machine Learning Creator



Prüfung der KI-Modellqualität mit TwinCAT Machine Learning Creator

**Qualitätssicherung und Prozessüberwachung**

Auch in der Qualitätssicherung ergeben sich neue Potenziale. Sensorbasierte, nicht-optische End-of-Line-Prüfungen können elektrische Eigenschaften (z. B. Impedanzkurven) oder geometrische Größen bewerten. Inline-Analysen ermöglichen eine prozessintegrierte Qualitätsüberwachung z. B. bei:

- Schweißprozessen über Strom- und Spannungskurven,
- Schneid- und Verpackungsprozessen anhand von Servomotorströmen,
- Versiegelungs-, Schleif- oder Verformungsprozessen über Motorströme,
- Knet- und Gärprozessen in der Lebensmittelproduktion durch Temperatur-Zeit-Profile,
- komplexen Abläufen wie das Kristallwachstum in der Halbleiterfertigung.

**Prozessoptimierung und Energieeffizienz**

Darüber hinaus trägt die Zeitreihenanalyse zur Prozessoptimierung und Energieeffizienz bei. Beispiele sind das dynamische Anpassen adaptiver Prozessparameter (z. B. Vorschub, Presskraft), die Optimierung des Energieverbrauchs auf Basis von Lastprofilen und Prognosen oder die prädiktive Regelung komplexer Anlagen. In der Windkraft lassen sich beispielsweise Gondel und Rotorblätter anhand der vorhergesagten Windrichtung und -geschwindigkeit optimal ausrichten.

weitere Infos unter:  
[www.beckhoff.com/ai](http://www.beckhoff.com/ai)  
[www.beckhoff.com/twincat-coagent](http://www.beckhoff.com/twincat-coagent)





Die Control Panels und Panel-PCs der neuen Next-Multitouch-Panel-Generation von Beckhoff bieten ein zeitgemäßes und ansprechendes Design für kostenoptimierte HMI-Lösungen.

Next-Multitouch-Panel-PCs als smarte HMI-Lösung für die vernetzte Industrie

# Zukunftssicher steuern und visualisieren

Längst wandelt sich das HMI vom reinen Bedien-Panel zum intelligenten Knotenpunkt für Datenerfassung, lokale Verarbeitung, sichere Kommunikation und nutzerzentrierte Interaktion — damit wird es zur Schlüsselkomponente für digitalisierte, vernetzte Produktionsstrukturen. Genau hier bringt Beckhoff die neuen Panel-PCs der Next-Multitouch-Panel-Generation ins Spiel, die anspruchsvolle Steuerungs- und Visualisierungs-Features in einem Gerät vereinen. Ausgestattet mit den neuesten CPU-Generationen sind die Industrie-PCs konsequent auf Zukunftsfähigkeit und Langzeitverfügbarkeit ausgerichtet.





Mit Blick auf die Prozessoren sind – sowohl auf x86- als auch auf Arm®-Seite – die neuesten industriellen CPU-Generationen integriert.

Bedingt durch den Einfluss der Digitalisierung entwickeln sich moderne Industrieanlagen immer stärker zu intelligenten, vernetzten Systemen – die nicht nur auf Leistung und Effizienz ausgelegt sind, sondern auch hohe Flexibilität und Transparenz bieten müssen. In diesem Kontext gewinnen Panel-PCs weiter an Bedeutung. Wo früher Maschinensteuerung und HMI getrennt realisiert wurden, bieten Geräte, die beides vereinen, handfeste Vorteile: Das beginnt schon bei reduziertem Platzbedarf im Schaltschrank sowie spürbar weniger Verkabelungs- und Wartungsaufwand. Allein daher hat sich die Integration beider Funktionen in vielen Anwendungsfällen etabliert.

Darüber hinaus profitieren Anwender von höherer Performance und Zuverlässigkeit. Denn wenn Steuerungs- und Visualisierungsaufgaben ohne zusätzliche Schnittstellen auf gemeinsamer Hardware laufen, sinken Latenzzeiten und die Reaktionsgeschwindigkeit der Anlage steigt. Dieser Echtzeit-Aspekt ist besonders relevant, weil HMIs heute nicht mehr nur Displays sind, sondern als smarte Gateways fungieren, die Maschinendaten erfassen, vorverarbeiten und an übergeordnete Systeme wie MES oder Cloud-Plattformen weiterleiten. Solche Eigenschaften bilden die Grundlage für Predictive Maintenance, Big-Data-Analysen oder den digitalen Zwilling.

**HMIs der nächsten Generation**

Beckhoff hat sein Portfolio konsequent an diesen Anforderungen ausgerichtet und bietet für die Fertigungsindustrie eine breite Auswahl moderner Panel-PCs. Die neue Next-Multitouch-Panel-Generation – bestehend aus Control Panels und Panel-PCs – erweitert dieses Angebot nochmals deutlich. Der Fokus liegt dabei auf kostenoptimierten Lösungen, einem zeitgemäßen und ansprechenden Design sowie einer breiten Palette an Formaten und Funktionen. Zur Hannover Messe 2025 hat Beckhoff zunächst die beiden Control-Panel-Baureihen CP49xx (Einbauversion) und CP59xx (Tragarmausführung) vorgestellt, die die gewohnte Beckhoff Qualität mit einem sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnis kombinieren.

Um die Lücke zwischen reinen Visualisierungslösungen und integrierten High-end-Industrie-PCs zu schließen, folgt nun zur SPS 2025 der nächste Schritt.

Mit den Next-Multitouch-Panel-PCs, die erstmals auf der Messe in Nürnberg zu sehen sein werden, wird die neue Gerätegeneration um HMI-Lösungen erweitert, die als vollwertiger Industrie-PC nicht nur die Visualisierung, sondern auch Steuerungsaufgaben der jeweiligen Maschine oder Anlage übernehmen können. Die neuen Panel-PC-Baureihen stehen mit CP46xx und CP47xx als Einbauvarianten in Schutzart IP20 sowie mit den IP65-Geräten CP56xx und CP57xx für die Tragarmmontage zur Verfügung. Die robusten HMIs sind in Aluminium-Druckguss ausgeführt. Als Einbauvarianten gibt es sie mit Displaygrößen von 7 bis 23,8 Zoll, die Tragarmausführung reicht von 15,6 bis 23,8 Zoll. Wie bei der gesamten Next-Multitouch-Panel-Generation erreicht Beckhoff durch modernste Produktionsmethoden und ein umfassendes Kostenmanagement eine hohe Kosteneffizienz – ohne Abstriche bei der Produktqualität oder -funktionalität.

**Quintessenz aus 25 Jahren HMI-Fertigung**

Basierend auf einem Erfahrungsschatz aus über 25 Jahren hauseigener Panel-Fertigung sind bei der Next-Multitouch-Panel-Generation alle modernen Features und Technologien eingeflossen, um den aktuellen und künftigen Herausforderungen der Anwender gerecht zu werden. Unverändert geblieben sind sowohl das ergonomische Bedienkonzept als auch die von Beckhoff gewohnten Qualitätsstandards. Die neuen Panel-PCs zeichnen sich durch ein schlankes Elektronik- und Gerätedesign, die EtherCAT-basierte Echtzeitkommunikation, eine vollständige Integration in TwinCAT sowie hochwertige Displays mit Multifinger-Touchfunktion, Anti-Glare- und Anti-Ghosting-Effekt aus. Hinzu kommt bei der Tastererweiterung die durchgängige EtherCAT-Kommunikation (FSoE) sowie bei der Tragarmausführung die direkte kundenseitige Montage an einer 100×100-VESA-Adaption bzw. optional an einem 48-mm-Rundrohr.

Um die Next-Multitouch-Panel-PCs – wie die gesamte neue Generation – zukunftssicher zu positionieren, wurde das Elektronikkonzept überarbeitet, die mechanischen und elektronischen Schnittstellen wurden vereinheitlicht. Die Geräte im eleganten Design stammen komplett aus eigener Fertigung in Deutschland, sind langlebig sowie langzeitverfügbar und werden mit weltweitem Service unterstützt.



Für die Tragarmmontage sind die Panel-PCs CP56xx und CP57xx ausgelegt, CP46xx und CP47xx stehen als Einbauvarianten zur Verfügung.

**Neueste CPUs für die Automatisierung**

Zudem sind die relevanten modernen Schnittstellenstandards und – sowohl auf x86- als auch auf Arm®-Seite – die neuesten industriellen CPU-Generationen integriert. Bei den Panel-PC-Baureihen CP47xx und CP57xx handelt es sich um die CPUs der neuen Prozessorfamilie Intel Atom® x7000RE. Sie sind speziell für industrielle Systeme konzipiert, z. B. in Robotik, Automatisierung und IIoT, und verbinden Leistung, Energieeffizienz sowie hohe Zuverlässigkeit in rauen Umgebungen. Es sind Varianten mit bis zu vier Kernen erhältlich, die Basistaktraten bewegen sich zwischen rund 1 und 2 GHz. Die Multicore-Architektur ermöglicht Virtualisierung und parallele Ausführung verschiedener Edge-Anwendungen inklusive HMI und KI-Inferenz. Die Chips bieten ein abgestimmtes Verhältnis zwischen Verbrauch und Leistung. Um die vielen unterschiedlichen Anforderungen der Industrie abzudecken, sind sie in verschiedenen Leistungsstufen skalierbar.

Mit neuen Arm®-CPUs bereitet Beckhoff den Weg zu modernen Linux®-basierten HMI- und Edge-Lösungen. Verbaut in den Panel-PC-Modellen CP46xx und CP56xx sind diese Prozessoren ebenfalls auf die spezifischen Anforderungen in der Automatisierung ausgelegt. Die leistungsstarken Arm®-Prozessoren mit sechs Cores, davon zwei Cores Arm® Cortex®-A78, 2,0 GHz, und vier Cores Arm® Cortex®-A55, 2,0 GHz, bieten einen guten Kompromiss zwischen Performance und Effizienz. Für den Einsatz in vernetzten Industrieanwendungen sind Ethernet und weitere Schnittstellen integriert. Insgesamt eignen sich diese Prozessoren u. a. sehr gut für die nächste Generation smarter, vernetzter industrieller Geräte und Anwendungen auf Linux®-Basis.

**Auf dem Weg zur smarten Fabrik**

Der Einsatz dieser Prozessoren bleibt bei Beckhoff nicht auf die Next-Multitouch-Panel-PCs beschränkt. Beide CPU-Serien sollen etwa auch in den Ultra-Kompakt-Industrie-PCs C601x zum Einsatz kommen. Die Ultra-Kompakt-Industrie-PCs C602x wird es erstmals mit Intel Atom®-CPUs geben. Zudem ist bei den neuen Panel-PCs ein weiterer Ausbau des Prozessor- wie auch des Gerätespektrums geplant. So wird die Rechenleistung der Panel-PCs durch



Bereits zur Hannover Messe 2025 hat Beckhoff die vielseitigen Control Panels der Next-Multitouch-Panel-Generation vorgestellt.

Prozessoren von Typ Intel® Core™ in absehbarer Zeit deutlich nach oben hin erweitert werden.

In Summe erfüllt die Next-Multitouch-Panel-Generation alle Ansprüche, die an HMIs in ihrer besonderen Rolle bei der Umsetzung von Industrie 4.0 und der smarten Fabrik formuliert werden. Für Anwender, die ihre Produktionsprozesse zukunftssicher, effizient und digital gestalten wollen, ermöglicht sie wirtschaftliche Lösungen, ohne auf die von Beckhoff gewohnte Qualität und Funktionalität verzichten zu müssen.



**Roland van Mark,**  
**Produktmanager**  
**Industrie-PC,**  
**Beckhoff Automation**

weitere Infos unter:  
[www.beckhoff.com/next-panel-generation](http://www.beckhoff.com/next-panel-generation)



PC-based Control in der Fahrzeugentwicklung

# Reproduzierbare Prüfergebnisse mit EtherCAT-basierter Fahrzeugfernsteuerung



Einer der größten Nutzfahrzeughersteller testet auf einem Rollenprüfstand unterschiedliche Powertrainkonfigurationen – Dieselmotoren, Brennstoffzellen und batterieelektrische Antriebe. Für reproduzierbare Ergebnisse sorgt eine von der Softing Engineering & Solutions GmbH konzipierte Fahrzeugfernsteuerung, die mithilfe von EtherCAT und einem Embedded-PC von Beckhoff direkt auf die CAN-Bussysteme der Trucks zugreift und z. B. Gangwechsel steuert.

Auf dem Road-to-Rig-(R2R)-Prüfstand in Würth testet der Nutzfahrzeughersteller alle Baureihen, die weltweit unter verschiedenen Marken vertrieben werden. Allein dies ist ein erstes Indiz dafür, welche Bedingungen und fahrdynamischen Situationen auf dem R2R-Prüfstand simuliert werden. Ein gewaltiger Lüfter und riesige Kühlaggregate generieren unterschiedlichste klimatische Bedingungen und Fahrtwinde mit rund 100 km/h. „Der Nutzfahrzeughersteller testet auf seinem Prüfstand unter realistischen Bedingungen das Zusammenspiel der unterschiedlichen Powertrainkonfigurationen mit den übrigen Fahrzeugfunktionen, Aufbauten und Fahrerinnenkabinen“, so Jörg Rottkord, Branchenmanager Automobilindustrie bei Beckhoff. Typische Test sind z. B. Reichweitenuntersuchungen der verschiedenen Batterietypen oder der wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen bis

hin zu Verbrauchs- und Abgasmessungen bei Trucks mit Dieselmotoren. Da die Fahrzeuge messtechnisch bereits ausgerüstet sind, wenn sie auf den Prüfstand kommen, braucht das Prüfstandspersonal die Trucks nur noch aufzubauen, d. h. mit Ketten zu fixieren und für die unterschiedlichen Tests vorzubereiten. Dazu gehört auch der Einbau der Fernbedienung und deren Anschluss an die Bordelektronik.

**Prüfstandselektronik steuert Gangwechsel und Gaspedalstellung**  
Über die Fernbedienung lassen sich vom Leitstand aus wichtige Fahrzeugfunktionen wie Fahrmodus, Gangwahl, Tempomat, Retarder und Gaspedalstellung über das Automatisierungssystem des Prüfstands fernsteuern. „Das ermöglicht dem Nutzfahrzeughersteller, viele aufwändige, zuvor ausschließlich auf der

Straße durchführbare Messungen unter realistischen Fahrbedingungen und mit großer Wiederholgenauigkeit auf dem Prüfstand durchzuführen“, stellt Dr. Tobias Kolb, Prüfmittel-Entwicklung Automotive bei der Softing Engineering & Solutions GmbH, den Vorteil der Fernsteuerung heraus.

Das System besteht aus einer kompakten Steuerbox im Fahrzeug, die über einen fahrzeugspezifischen Adapterkabelsatz mit der Fahrzeugelektronik

Jörg Rottkord,  
Branchenmanager Automobilindustrie, Beckhoff Automation

„Der große Mehrwert liegt in den automatisierten Abläufen und den reproduzierbaren Ergebnissen.“

Links: Auf dem R2R-Prüfstand eines Nutzfahrzeugherstellers werden batterieelektrisch, mit Brennstoffzelle oder mit klassischem Dieselmotor angetriebene Lastkraftwagen unter realen Bedingungen vollautomatisch getestet.

Unten: Über den Leitstand werden die vollautomatischen Prüfabläufe gestartet und überwacht; eine im Führerhaus installierte Kamera dient als optische Kontrolle.



verbunden wird, sowie aus einer weiteren Box im Leitstand und einem Embedded-PC von Beckhoff als Schnittstelle zur Prüfstandsautomatisierung. Die Fernsteuerbox setzt die Sollwerte der Prüfstandsautomatisierung in entsprechende Nachrichten für den CAN-Bus des Fahrzeugs um und spielt sie in die Bordelektronik ein. „Dazu trennen wir den CAN-Bus im Fahrzeug an geeigneter Stelle auf“, so Dr. Tobias Kolb.

**Zugriff auf Fahrzeugelektronik mit PC-based Control**  
Was so trivial klingt, erfordert einiges an spezifischem Know-how: Für die Kontrolle des Prüfablaufs sind die Daten des Common Power Train Controllers aus dem Fahrzeug nötig. Zudem müssen bestimmte CAN-Botschaften, z. B. für den Gangwechsel, gefiltert, manipuliert und mit der passenden Checksumme wieder in den Telegrammstrom eingefügt werden. „Softing nutzt dafür unsere Embedded-PCs CX20x0 und mehrere CAN-Interfaces – die EtherCAT-Klemmen EL6751“, so Jörg Rottkord, Branchenmanager Automobilindustrie bei Beckhoff.

„Allerdings muss man die CAN-Botschaften vom Gesamtfahrzeug schlau filtern“, so David Welsch, der für die Programmierung der Fernsteuerung



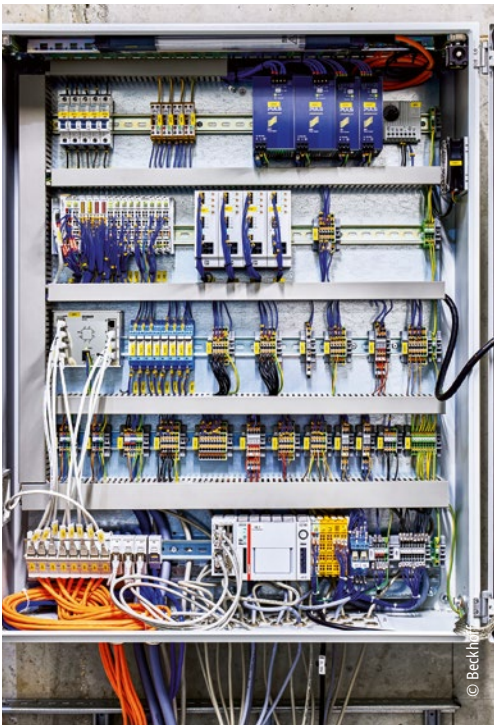


verantwortlich ist. Beispielsweise werden nur die zu manipulierenden Nachrichten ausgeschleust, geändert und ins Fahrzeug zurückgespielt. Die Sollwerte, zum Beispiel für einen Gangwechsel, kommen dann von der Prüfstandsautomation. Die Beckhoff Software TwinCAT berechnet die notwendigen Daten und kopiert diese in den jeweiligen CAN-Frame. „Dieser Frame wird anschließend mit der korrekten CAN-Nachrichtennummer und Checksumme in Echtzeit wieder an das Fahrzeug gesendet“, so Dr. Tobias Kolb. Die zwei wesentlichen Aufgaben der Fernsteuerung sind die Emulation der Schaltbefehle sowie des Fahrfußgebers über zwei gegenläufige PWM-Spuren, die eine zweikanalige EtherCAT-Klemme EL2502 erzeugt.

**PC-based Control für reproduzierbare Prüfabläufe**

Wo bislang Fahrer bei zum Teil extremen Temperaturen die Prüfprozeduren manuell durchgeführt haben, kann der Nutzfahrzeughersteller mit der Fernsteuerung die vielfältigen Szenarien inzwischen mit hoher Präzision und Wiederholgenauigkeit ausführen, entweder vollautomatisch nach dem vorgegebenen Ablauf oder bei Bedarf auch manuell vom Leitstand aus gesteuert. „Der große Mehrwert liegt in den automatisierten Abläufen und den reproduzierbaren Ergebnissen“, betont Jörg Rottkord.

Im Untergeschoss des Prüfstands befindet sich der Steuerschrank mit dem Embedded-PC CX20x2 (unten) für die Fahrzeugfernsteuerung sowie der Schnittstelle zur Gebäudeautomation.



Dr. Tobias Kolb, der die Fernsteuerung entwickelt hat, nennt zwei Gründe für die Wahl von PC-based Control: der modulare und kompakte Aufbau der Embedded-PCs und EtherCAT-Klemmen sowie die geringen Kosten für Hard- und Software im Vergleich zu typischen Rapid-Prototyping-Systemen. „Da TwinCAT als Entwicklungsumgebung kostenlos zur Verfügung steht, fallen praktisch nur die Kosten für die Runtime-Lizenzen an“, so Dr. Tobias Kolb weiter. David Welsch ergänzt: „Zudem können wir das Entwicklungssystem direkt auf dem Embedded-PC CX20x0 vorhalten, den wir mit Windows betreiben.“ Dessen Performance ist für die Zykluszeit von 1 ms mehr als ausreichend und bietet genügend Reserven, falls in Zukunft weitere CAN-Nachrichten zu berechnen sind. „Ein großer Vorteil von PC-based Control ist, dass sich die Rechenleistung bei Bedarf einfach über einen Embedded-PC mit anderer CPU anpassen lässt – im gleichen Formfaktor“, ergänzt Jörg Rottkord. Die Flexibilität und Offenheit von PC-based Control half Dr. Tobias Kolb bei der Lösung eines Konfigurationsproblems: „Manche Fahrzeuge arbeiteten mit 500 kBit Übertragungsrate, andere mit 667 kBit. Daher mussten die CAN-Interfaces bei einem Fahrzeugwechsel zur Laufzeit zwischen den beiden Bitraten umzuschalten sein. „Der Support von Beckhoff hat uns mit Beispielprogrammen bei der Realisierung dieser Funktion sehr geholfen“, so David Welsch.

Insgesamt kommen bei der Fernsteuerung vier CAN-Interfaces zum Einsatz: Je eins für den Empfang und das Versenden der Botschaften von und zum Truck. Die beiden anderen sind für die Integration eines Altsystems sowie die Konfiguration anderer CAN-Teilnehmer im asynchronen Modus. „Hier erweist sich die Modularität und einfache Erweiterbarkeit der PC-basierten Steuerungstechnik als klarer Vorteil gerade auch im Hinblick auf künftige Fahrzeuggenerationen mit CAN FD als Kommunikationssystem“, betont Jörg Rottkord. Beckhoff unterstützt die CAN FD-Physik mit der EtherCAT-Klemme EL6753, die neben flexiblen Datenraten (FD) auch erweiterte Datenfelder mit bis zu 64 Byte unterstützt. Eine leistungsfähige CANopen-Protokollimplementierung ermöglicht die Integration beliebiger CANopen-Geräte in den EtherCAT-Klemmenverbund.

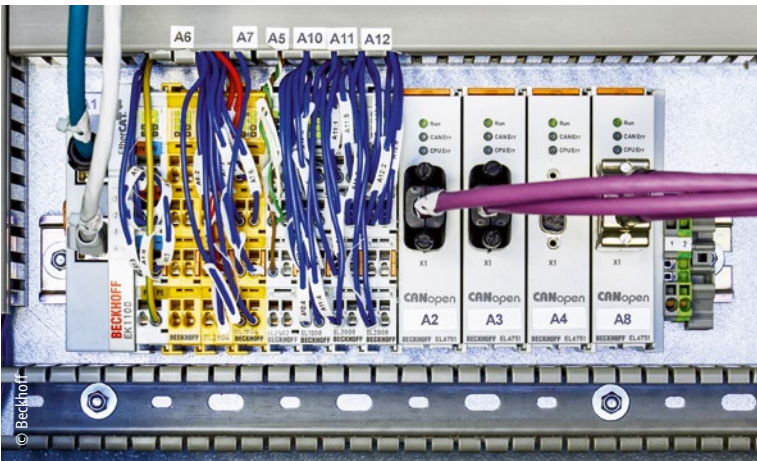
**Sicherer Betrieb mit TwinSAFE**

Sicherheit spielt in der Prüfstandstechnik eine große Rolle und wird im Fall der Fernsteuerung des Prüfstands über Safety over EtherCAT (FSoE) und TwinSAFE-Klemmen realisiert. Die Fernsteuerung ist über Kontakte in die Not-Halt-Kette der Gebäudeautomatisierung eingebunden. Im Fahrzeug und Leitstand sind ebenfalls Not-Halt-Taster installiert, die bei einer Betätigung die Kommunikation zum Fahrzeug trennen. Gleichzeitig geht der Truck in die Notlaufstrategie und der Prüfstand in den sicheren Zustand. Darüber hinaus wird die Kommunikation permanent über ein Lifecycle-Bit überwacht, das Prüfstand und Fernsteuerung über EtherCAT austauschen.

„Wir sehen die Fernsteuerung als Blaupause für viele andere Automotive-Projekte“, zeigt Dr. Tobias Kolb das Potenzial der Lösung auf. Mit der offenen, modularen Beckhoff Steuerungstechnik können in Verbindung mit EtherCAT kosteneffiziente und leistungsfähige Gateways zwischen Prüfständen und Fahrzeugen mit unterschiedlichster Peripherie realisiert werden.



Über einen fahrzeugspezifischen Adapterkabelsatz wird eine kompakte Steuerbox mit der Fahrzeugelektronik verbunden, die mit TwinCAT modifizierte CAN-Botschaften erhält und in die Fahrzeugkommunikation einschleust.



Die von der Fernsteuerbox über EtherCAT-Klemmen EL6751 erfassten CAN-Botschaften werden von einem Embedded-PC CX20x0 entsprechend der Prüfsequenz verändert und an die Steuergeräte des Lkw zurückgesendet.



EtherCAT-Box-Module der EPX-Serie im Einsatz bei Lackierrobotern

# Kompakteres und vereinfachtes Roboterdesign durch direkt integrierte eigensichere Signale

Die Roboter der X6-Generation von b+m ermöglichen eine sehr hohe Lackierqualität und sind zudem besonders kompakt und wartungsfreundlich aufgebaut.

Anwendungsschwerpunkte der Lackieranlagen finden sich in der Automobilindustrie, bei Nutzfahrzeugen sowie in der Luftfahrtindustrie. Dazu erläutert Bernd Käsmann, Leiter Anwendungstechnik Applikation von b+m: „Eine komplette Lackieranlage reicht für uns von der Zuführung des Rohteils bis zur Abnahme des fertig lackierten Bauteils. Dazu zählt alles von der Angebotserstellung über das Detail-Engineering bis hin zu Inbetriebnahme und Einfahren der Anlage. Kernkompetenz ist die Applikationstechnik, wofür wir mit einer hohen Fertigungstiefe vom Zerstäuber über die Robotik und Dosiertechnik bis hin zur Farbversorgung eigene Lösungen entwickeln.“

Wichtiges Element im Rahmen der Applikationstechnik ist der Roboter mit dem Lackzerstäuber. Hierzu zählen die Lackierroboter der Serien T1 X6 und T2 X6, d. h. moderne 6-Achs-Knickarmroboter mit Hollow wrist (Hohlhandgelenk) für die interne Medienzuführung an den Zerstäuber. Die größere Ausführung T1 X6 kommt insbesondere in Kfz-Kunststofflackieranlagen zum Einsatz, der kleinere T2 X6 eignet sich vor allem für begrenzte Lackierbereiche oder durch den Prozess vorgegebene Montagepositionen. Das komplette Roboterkonzept ist laut Bernd Käsmann auf die Anforderungen des Lackierbereichs zugeschnitten. Für den Einsatz im Ex-Bereich müssen diverse Richtlinien, z. B. ATEX, eingehalten werden. Um dies zu erfüllen, werden u. a. überdruckgekapselte Gehäuse (Ex p) verwendet.

## Eigensichere Signale nahtlos in Steuerungstechnik integriert

Bei der neuen Roboter generation X6 ergeben sich nicht zuletzt durch die IP67-I/O-Module der EP- und EPX-Serie von Beckhoff Vorteile sowohl aus Entwickler- wie auch aus Anwendersicht. Dies verdeutlicht Bernd Käsmann: „Bei den Vorgängermodellen war das Kabelführungssystem nicht klar definiert, sodass wir uns schon zu Beginn konkret festlegen mussten, welche Medien, Schläuche oder Kabel vom Roboter weggeführt werden müssen. Mit den direkt im Roboterinneren installierten EtherCAT-Box-Modulen der EPX- und auch der EP-Serie konnte dieser Aufwand deutlich reduziert werden. Und das passt sehr gut zur Gesamtkonzeption, denn die X6-Generation zeichnet sich besonders durch ihre Wartungsfreundlichkeit und die hohe Anlagenverfügbarkeit aus.“ Die konkreten Vorteile der EPX-Module fasst er folgendermaßen zusammen: „Die größte Einsparung entsteht durch die reduzierte Anzahl an Leitungen, die vom Roboter zu Applikationsschränken geführt werden müssen. Das bedeutet eine deutliche Platzersparnis im Schlauchpaket. Hinzu kommen die vereinfachte und zentrale Installation sowie der wartungsfreundliche Gesamtaufbau.“

Ausgangspunkt für den Einsatz der EPX-Module bei den Lackierrobotern war die Anforderung, auf kleinem Bauraum eine IP67-I/O-Ebene mit implementierter Eigensicherheit zu realisieren – z. B. beim Lackierroboter T2 X6 umgesetzt mit vier EtherCAT-Box-Modulen EPX1058 (8-Kanal-Digital-Eingang) und je nach Ausstattung einer oder mehreren EtherCAT-Box-Modulen EPX3158 (8-Kanal-Analog-Eingang). Beide I/O-Box-Module erlauben den direkten Anschluss eigensicherer Feldgeräte aus explosionsgefährdeten Bereichen der Zonen 0/20 und 1/21.

Die b+m surface systems GmbH, Eiterfeld, plant und errichtet komplette Lackieranlagen, d. h. die Verfahrens-, Förder- und Applikationstechnik. Das entsprechend tiefgehende Know-how führt zu besonders anwendungsorientierten Lösungen. Dies zeigen beispielhaft die 6-Achs-Knickarmroboter der Serien T1 X6 und T2 X6, die speziell für den Lackauftrag optimiert wurden und u. a. durch den Einsatz der EtherCAT-Box-Module der EPX-Serie von Beckhoff besonders wartungsfreundlich sind.





Die Roboterexperten von b+m rund um Bernd Käsman (2.v.r.) neben dem Lackierroboter T2 X6 und zwischen Andres Oetken (l.), Beckhoff Branchenmanagement Prozessindustrie, und Michael Heumüller (r.), Beckhoff Vertriebsbüro Fulda

Zur Entwicklung der EPX-Module erläutert Andres Oetken, Branchenmanagement Prozessindustrie bei Beckhoff: „Die Idee zu IP67-I/O-Modulen für die Integration eigensicherer Signale gab es bei Beckhoff schon seit einiger Zeit. In Zusammenhang mit dem Roboterprojekt von b+m wurde dann die erste Umsetzung realisiert.“ Ausgangspunkt – so Bernd Käsman – waren Optimierungen der Einbauten der X6-Robotergeneration, die sich aus dem Kundenfeedback zur Vorgängergeneration ergeben haben. Zudem sollten die bislang per Einzelverdrahtung erfassten digitalen und analogen Signale durchgängig über EtherCAT eingebunden werden, da hierdurch viel Material und Platz eingespart werden konnte: „Es wurden u. a. sämtliche Ventile im Roboter auf eine EtherCAT-basierte Ansteuerung umgestellt, ebenso wie die bis zu 40 prozesstechnischen Sensoren im Prozessarm des Roboters. Dabei handelt es sich in erster Linie um Digital-Sensoren wie z. B. Positionsgeber und Drehimpulsgeber sowie um Drucksensoren vor und nach der Lackierpumpe. Zuvor waren all diese Sensoren über einzelne Kabel angebunden, die außen am Roboter entlang und aus dem Ex-Bereich heraus bis in die Applikationsschränke geführt wurden. Die Schlauchpakete konnten dadurch sehr große Durchmesser annehmen. Bei dem gewünschten Querschnitt wären für alle Leitungen sowie die medien- und luftführenden Schläuche zwei Schlauchpakete

erforderlich gewesen. Und das konnte durch die EtherCAT-fähige Sensorik mit ihrem entsprechend minimierten Verdrahtungsaufwand vermieden werden.“

**Besondere Anforderungen an I/Os und Anschlusstechnik**

Da die Roboter für Ex-Zone 1 zugelassen und somit eigensicher zu betreiben sind, war eine für solche Anwendungen geeignete Lösung als EtherCAT-fähige I/O-Ebene gefragt. Für die Umsetzung mit den IP20-EtherCAT-Klemmen der ELX-Serie wäre ein zusätzliches IP54-Gehäuse innerhalb des Roboters erforderlich gewesen. Dazu erläutert Bernd Käsman: „Die Anforderungen des Roboters als überdruckgekapseltes System hätten eine aktive Luftspülung des I/O-Gehäuses notwendig gemacht. Dies lässt sich mit der Schutzart IP54 nur schwer vereinbaren. Mit den EtherCAT-Box-Modulen der EPX-Serie konnten wir diesen Zwiespalt hingegen vermeiden.“

Für eine zuverlässige Signalerfassung bestand die Herausforderung darin, eine torsionsfähige, geschirmte und schlanke Leitung für die Verlegung im Roboter zu finden. Des Weiteren mussten die erforderlichen acht M12-Steckverbinder wasserdicht am Kabel angeschlossen werden. Hierfür entwickelte Beckhoff eine Lösung, bei der jeweils zwei Adern einzeln an M12-Steckverbindern



Im Lackierroboter T2 X6 kommen zur Integration der eigensicherer Signale vier EtherCAT-Box-Module EPX1058-0022 und eine EtherCAT Box EPX3158-0022 zum Einsatz.

umspritzt wurden. Mit dieser Einzeladerumspritzung wurde eine besonders platzsparende IP65-/IP67-geschützte Sensorleitung bereitgestellt, die optimal zum kompakten Footprint der Anlage passt – wie Bernd Käsman bestätigt: „Die gemeinsam mit Beckhoff entwickelte Lösung sollte acht Kanäle in einer Leitung zusammenführen, um Installationsraum zu sparen. Weitere für uns wichtige Aspekte waren EMV-Schirmung, Twisted-Pair-Aufbau, ein möglichst geringer Durchmesser, die umspritzten Steckverbinder zur Sicherstellung des IP-Schutzes sowie eine Klemmleiste für Initiatoren und eine beidseitige Konfektionierung für eine zeitsparende Verkabelung.“ Entscheidend seien zudem eine leichte Zugänglichkeit, ohne den kompletten Roboter öffnen zu müssen, sowie die Verfügbarkeit der Kabel in allen erforderlichen Konfektionen und Längen. Und all das habe kein anderer Anbieter umsetzen können.

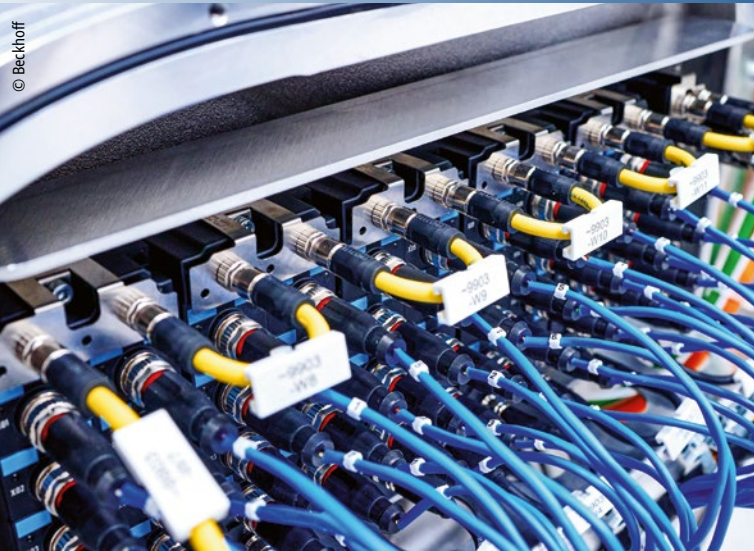
**Flexibilität durch Vielfalt bei PC-based Control**

Offenheit, Skalierbarkeit und Komponentenvielfalt sind zentrale Eigenschaften der PC- und EtherCAT-basierten Steuerungstechnik von Beckhoff. So werden im Roboter ergänzend zu den EPX-Modulen auch EtherCAT-Box-Module der EP-Serie eingesetzt, z. B. die 8-kanalige EP2338-1002 zur Erfassung digitaler Signale sowie das 1-Kanal-Encoder-Interface EP5151-1002 zur Ansteuerung der Pistolenventile und zur Drehzahlauswertung bei den Hochrotationszernstauern. Die Vorteile des breiten I/O-Spektrums bis hin zu EtherCAT- und TwinSAFE-Klemmen der EL-Serie in den Applikationsschränken bestätigt auch Bernd Käsman: „Von der Vielfalt an I/Os und Kommunikationsvorteilen profitiert b+m bei allen Anwendungsbereichen, sei es aufgrund der einfachen Anbindung an Drittkomponenten oder mit den Komponenten zur direkten Integration eigensicherer Signale, ohne wie bei konventionellen Lösungen separate, kosten- und installationsintensive Trennbarrieren einsetzen zu müssen.

Dies sind gute Gründe, weshalb b+m bereits seit 1996 PC-based Control von Beckhoff einsetzt. Ausschlaggebend war damals laut Bernd Käsman, mit der Software TwinCAT eine sehr leistungsstarke und flexible Steuerungstechno-

Bernd Käsman,  
Leiter Anwendungstechnik Applikation,  
b+m surface systems GmbH

„Die gemeinsam mit Beckhoff entwickelte Lösung sollte acht Kanäle in einer Leitung zusammenführen, um Installationsraum zu sparen“



Die Anschlusstechnik der EPX-Module erfüllt die spezifischen Anforderungen der für den Ex-Bereich zugelassenen Roboter.

logie nutzen zu können: „Unser Unternehmen ist äußerst flexibel aufgestellt, d. h. wir entwickeln maßgeschneiderte Lackieranlagen und das Beckhoff Produktportfolio bietet uns genau diese Flexibilität. EtherCAT ist ebenfalls ein wichtiger Faktor wegen der hohen Marktdurchdringung, der hohen Performance und der Offenheit zu anderen Feldbussystemen. Insgesamt sind Leistungsgrenzen für die Automatisierung mit dem Beckhoff System bei unseren Anwendungen kein Thema mehr.“

weitere Infos unter:

- [www.bm-systems.com](http://www.bm-systems.com)
- [www.beckhoff.com/epx](http://www.beckhoff.com/epx)
- [www.beckhoff.com/robotics](http://www.beckhoff.com/robotics)



XTS bei einer Montagelinie für Fahrzeug-Batteriezellen

## Fünf intelligente Transportsysteme optimieren Platzbedarf und Produktivität

IMA EV-Tech, ein Geschäftsbereich der IMA Automation, hat eine neue Batteriezellen-Montagelinie entwickelt, die durchgängig auf Beckhoff Technologien basiert. Schlüsselement ist dabei das lineare Transportsystem XTS, das sich durch die hohe Softwarefunktionalität und das im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen deutlich kompaktere Layout auszeichnet. Ergebnis ist eine Montagelinie mit hoher Produktivität und Qualität im Betrieb bei gleichzeitig minimiertem Anlagen-Footprint.

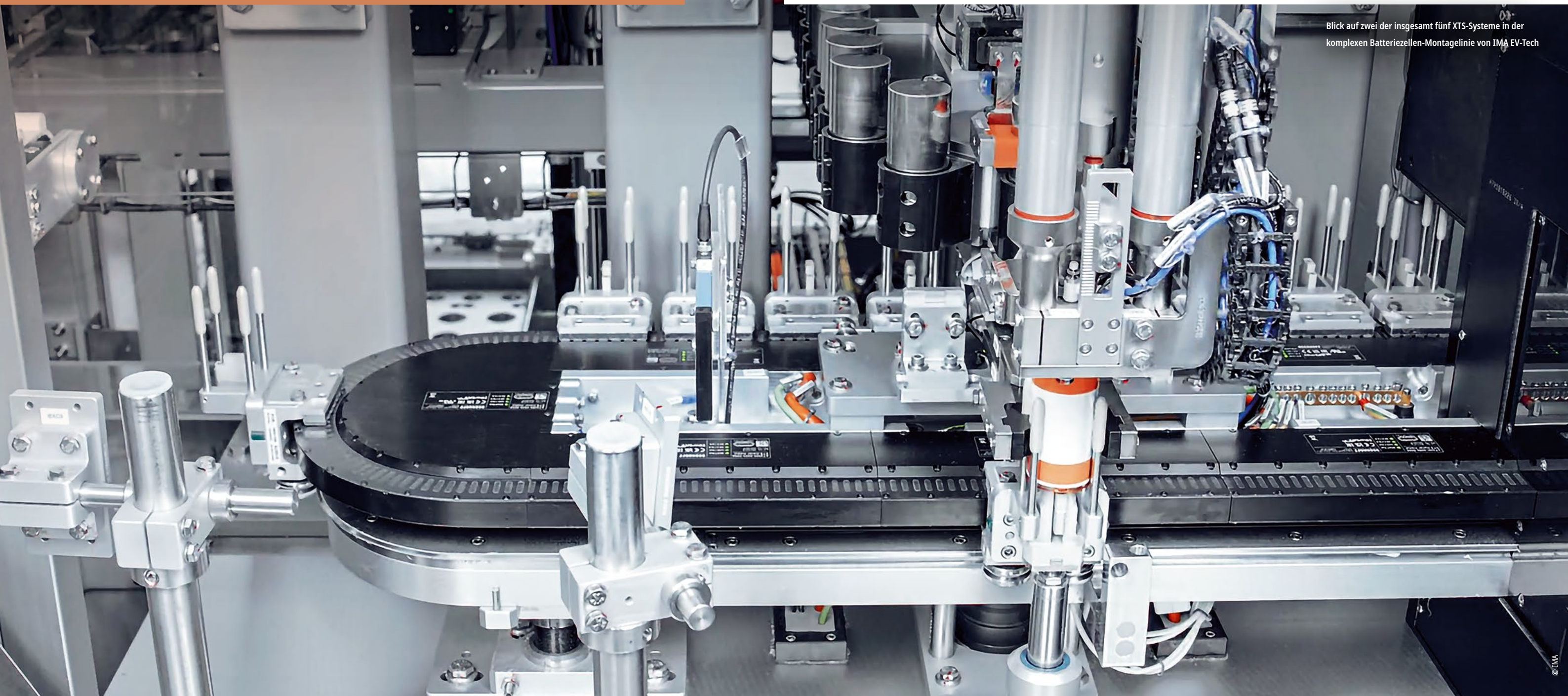
Mit mehr als 60 Jahren Erfahrung, über 7.400 Mitarbeitenden, mehr als 3.500 eingetragenen Patenten und einem internationalen Netz von Fabriken und Niederlassungen ist IMA S.p.A. ein weltweit führendes Unternehmen bei automatisierten Maschinen für die Verarbeitung und Verpackung von Pharmazeutika, Kosmetika, Lebensmitteln, Tee und Kaffee. Zur Stärkung der Präsenz im Sektor Elektrofahrzeuge wurde IMA EV-TECH gegründet. Dieser Geschäftsbereich der Division IMA Automation ist spezialisiert auf die Entwicklung von Technologien und kompletten Montagelinien für Elektrofahrzeuglösungen wie z. B. Batteriezellen, Wasserstoffzellen, elektrische Traktionsmotoren, Motorstatoren und -rotoren. Dazu Fabio Tozzi, Vertriebsleiter von IMA EV-Tech: „Jüngstes Ergebnis ist eine leistungsfähige Anlage zur Montage von Batteriezellen, die nicht zuletzt auch durch den innovativen Beitrag der Beckhoff

Automatisierungslösungen entwickelt werden konnte.“ Die einzelnen Batteriezellen sehen ähnlich aus wie kleine zylindrische Dosen. Obwohl sie konzeptionell einfach aufgebaut sind, ist ihre Massenproduktion ein eher komplexer Prozess. Anode und Kathode werden durch ein Polymermaterial getrennt und zu einer sogenannten Jelly Roll zusammengerollt. Die Zelle insgesamt besteht aus dieser Jelly Roll und anderen Elementen in einem zylindrischen Metallbehälter, der hermetisch verschlossen und mit einer Elektrolytlösung gefüllt ist.

### Hohe Leistung und geringer Platzbedarf durch XTS

„Der Markt wird derzeit von asiatischen Herstellern dominiert, vor allem aus China und Korea“, erklärt Fabio Tozzi. „Das Fehlen eines echten Wettbewerbs auf internationaler Ebene hat bisher zu einer geringen technologi-

Blick auf zwei der insgesamt fünf XTS-Systeme in der komplexen Batteriezellen-Montagelinie von IMA EV-Tech





schen Entwicklung der verfügbaren Lösungen geführt. In diesem Umfeld hebt sich unsere Montagelinie durch ihre hohe Produktivität und Montagequalität, ihren geringen Platzbedarf und vor allem durch die sehr wettbewerbsfähigen Gesamtbetriebskosten ab.“ Einen entscheidenden Anteil an dieser innovativen Lösung habe das Produkttransportsystem XTS mit seinen individuell ansteuerbaren Movern. Mit ihm konnten die einzelnen Phasen des Montageprozesses entkoppelt und die bisherigen Grenzen eines streng sequenziell gesteuerten Produktionsablaufs überwunden werden. Auf diese Weise wurde eine erhöhte Geschwindigkeit und Präzision bei einem reduzierten Arbeitsraum erreicht.

XTS und PC-based Control sind für IMA nichts Neues, da das Unternehmen bereits seit vielen Jahren mit Beckhoff zusammenarbeitet und z. B. Embedded-PCs, Panel-PCs, die Software TwinCAT, EtherCAT und die entsprechenden I/O-Komponenten sowie Antriebstechnik einsetzt. Zusätzlich zu diesen grundlegenden Komponenten der Beckhoff Automatisierungsarchitektur hat IMA in einigen seiner jüngst entwickelten Lösungen u. a. für die Pharma-, Lebensmittel- und Getränkeindustrie bereits positive Erfahrungen mit XTS sammeln können. „XTS ist ein System, das für unsere Ziele sehr interessante Anwendungsmöglichkeiten bietet“, so Fabio Tozzi. „Durch die Flexibilität von PC-based Control und insbesondere der Automatisierungssoftware TwinCAT bietet uns XTS ein großes Plus, nämlich die einzelnen Mover mit speziellen Bewegungsprofilen verwalten zu können. Das hat sich als ideal für die spezifischen Merkmale dieser Anwendung erwiesen.“

### Montagelinie aus fünf Modulen

Jeder Anlagenabschnitt ist mit einem Industrie-PC C6030 und einem Multi-touch-Control-Panel CP3916 ausgestattet, wobei in drei Abschnitten zusätzlich ein weiteres Control Panel CP3918 integriert ist. Das gesamte Steuerungssystem ist mit moderner Servoantriebstechnik für eine hohe Leistung und Zuverlässigkeit ausgestattet, darunter das Multiachs-Servosystem AX8000, die Servomotoren AM8000 und das dezentrale Servoantriebssystem AMP8000. Um den Prozess noch effizienter zu gestalten, sind für den linearen Produkttransport innerhalb der Anlage fünf geschlossene XTS-Systeme mit einer Gesamtlänge von ca. 43,5 m vorgesehen.

Die Applikation zeichnet sich laut IMA EV-Tech durch eine modulare und effiziente Struktur aus, die eine geordnete und leicht skalierbare Verwaltung des Produktionsprozesses ermögliche. Die Aufteilung der Montagelinie in funktionale Abschnitte entspreche einer klaren Betriebslogik, während die Integration von Industrie-PCs und modernen Bedienpaneln für Zuverlässigkeit und einfache Überwachung Sorge. Der Einsatz von XTS ermögliche zudem einen Ansatz, der auf maximale Flexibilität und Präzision beim Teile-Handling ausgerichtet sei und den modernsten Standards der industriellen Automatisierung entspreche.

### Anspruchsvolle Zellenmontage

Die Montage der Batteriezellen weist mehrere anspruchsvolle Aspekte auf, da Handhabung, Manipulation und Kontrolle mit sehr hohem Durchsatz und hohen Anforderungen an die Qualität des Endprodukts bewältigt werden müssen. Das System muss daher nicht nur schnell sein, sondern auch eine sehr



Einfahrt der montierten Batteriezellen in eine Prüfstation



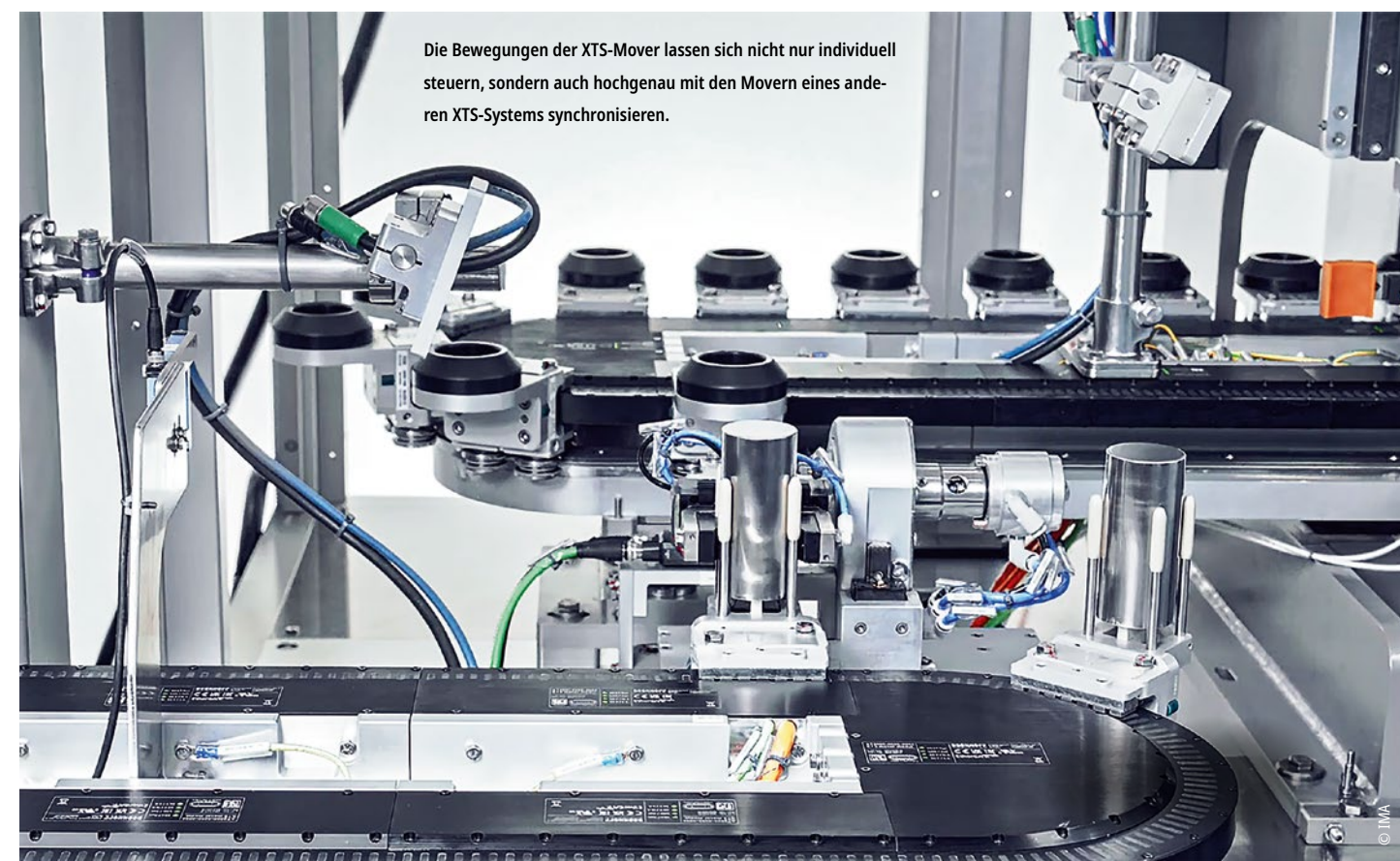
Transport der auf den XTS-Movern befestigten Batteriezellen von einer zur nächsten Montagestation

hohe Präzision gewährleisten, was die XTS-Mover mit einer Positioniergenauigkeit von  $\pm 0,25$  mm sicherstellen.

Die Montagephasen werden mit Prüfprozessen zur funktionellen und optischen Kontrolle kombiniert, die z. B. mit Bildverarbeitungssystemen und Röntgendetektoren durchgeführt werden. Würden diese Abläufe vollständig sequenziell vorgenommen, könnten sich einige Prozessschritte – wie die genannten Prüfungen – aufgrund der längeren Durchlaufzeiten zu potenziellen Engpässen entwickeln. Hier kommt die Flexibilität von XTS ins Spiel, insbesondere durch die Möglichkeit, mehrere Zellen gleichzeitig an mehrfach vorhandenen, langsameren Arbeitsstationen zu platzieren. Dies ermöglicht laut IMA EV-Tech einen erheblich gesteigerten Anlagendurchsatz.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Produktionslinien oft in Rein- und Trockenräumen arbeiten müssen, um unterschiedlichste Kontaminationen zu verhindern und so die Qualität und Haltbarkeit der Batteriezellen zu gewährleisten. Dabei handelt es sich um klassifizierte Umgebungen, in denen kritische Umweltparameter wie z. B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit – zur Vermeidung von Oxidations- oder Korrosionserscheinungen – sowie die Partikelkonzentration streng kontrolliert werden. In diesem Zusammenhang ist der Einsatz von Maschinen, die nicht nur eine höhere Produktivität aufweisen, sondern auch einen geringeren Platzbedarf haben, von großem Vorteil. Denn nur damit lässt sich aus Sicht von IMA EV-Tech der verfügbare Raum optimal nutzen und letztendlich die Gewinnspanne erhöhen.

Für die neue Montagelinie setzt IMA EV-Tech fast vollständig auf das Beckhoff Ökosystem: IPCs, Panel-PCs, Kommunikationsmodule, I/Os, Servoverstärker AX8000, Servomotoren AM8000 und das dezentrale Servoantriebssystem



Die Bewegungen der XTS-Mover lassen sich nicht nur individuell steuern, sondern auch hochgenau mit den Movern eines anderen XTS-Systems synchronisieren.

AMP8000, EtherCAT (mit Safety over EtherCAT, FSoE), TwinCAT und natürlich XTS als Herzstück des Gesamtsystems. Für Fabio Tozzi eine klare Wahl, zumal die Offenheit von PC-based Control die Integration von Drittgeräten, z. B. elektrische Inspektionssysteme, spezifische Steuerungen oder Ad-hoc-Handlingsysteme, nicht ausschloss. Ergänzend sagt er dazu: „Die von Beckhoff angebotene Unterstützung erwies sich als entscheidend. Der direkte Kontakt mit der italienischen Niederlassung und, wenn nötig, mit dem Hauptsitz in Deutschland, erwies sich als ein Schlüsselfaktor, der uns zu einer echten technologischen Partnerschaft führte. Wir haben zudem an Schulungsmaßnahmen teilgenommen, die es uns ermöglichten, das XTS-System gründlich kennenzulernen und somit sein volles Potenzial zu nutzen.“

### Besonders hohe Systemflexibilität

Obwohl die Form und Größe der Batteriezellen als Standard definiert sind, muss die Montagelinie auch bestimmte Produktvarianten verarbeiten können. Dies erfordert zusätzliche Schritte wie z. B. das Einsetzen von Kunststoffelementen. Eine solche Anlage, die sich schnell an unterschiedliche Produktionsanforderungen anpassen kann, muss sehr effizient arbeiten. Hierfür erwiesen sich laut Fabio Tozzi das XTS-System und TwinCAT als die Schlüsselemente für den Erfolg des Projekts.

Bei der von IMA EV-Tech entwickelten Montagelinie lassen sich bei Bedarf auch neue Stationen und Geräte einbinden. Dies erhöht die Anlagenflexibilität, beispielsweise um zukünftig neue Arbeitsvorgänge zu ergänzen oder alternativ bestimmte Prozessschritte selektiv auszuschließen. All dies erleichtere die Verwaltung von Produktvarianten, ohne die Gesamtleistung der Linie zu beeinträchtigen. „Parallel zur Montagelinie für zylindrische Batteriezellen haben wir Montagelösungen für prismatische Zellen entwickelt“, ergänzt Fabio Tozzi.

„Deren Form und Zusammensetzung, die in Bezug auf Größe, Prozessreihenfolge und zu montierende Komponenten sehr unterschiedlich ist, erfordert ein zusätzliches Maß an Flexibilität. Unser Ziel ist es, dem Markt modulare Lösungen anzubieten, die an die Bedürfnisse jedes einzelnen Kunden angepasst werden können und alle erforderlichen Prozesse integrieren. Gleichzeitig möchten wir die Leistung der Anlagen weiter steigern und die Zahl der für ihren Betrieb erforderlichen Bediener verringern. Ein Faktor, der unter dem Gesichtspunkt der Verlagerung von Produktionsaktivitäten von Asien nach Europa oder in die Vereinigten Staaten von großer Bedeutung ist.“



Fabio Tozzi, Vertriebsleiter Battery Division von IMA EV-Tech: „Durch die Flexibilität von PC-based Control und insbesondere der Automatisierungssoftware TwinCAT bietet uns XTS ein großes Plus, nämlich die einzelnen Mover mit speziellen Bewegungsprofilen verwalten zu können.“

weitere Infos unter:  
[www.imaautomation.com/ev-tech](http://www.imaautomation.com/ev-tech)  
[www.beckhoff.com/automotive](http://www.beckhoff.com/automotive)  
[www.beckhoff.com/xts](http://www.beckhoff.com/xts)



Die IRPD-Experten (2.-4.v.l.) Stefan Lang, CEO, Dr. Kai Gutknecht, Leiter Prozess- und Softwareentwicklung, sowie Dominik Lenherr, Software-Ingenieur Automation, vor der Werkzeugmaschine IMPACT 4530 und zwischen René Zuberbühler (l.), Geschäftsführer Beckhoff Schweiz, und Christoph Nessler (r.), Leiter des Beckhoff Vertriebsbüros Arbon

PC-based Control bei additiver Werkzeugmaschine

# Metalteile unter kontrollierten Prozessbedingungen industriegerecht additiv fertigen

IRPD, mit Sitz in St. Gallen, ist Spezialist für additive Werkzeugmaschinen mit über 25 Jahren Erfahrung in diesem Bereich. Der Fokus bei der Entwicklung wird insbesondere auf einen hohen Anlagendurchsatz und eine reproduzierbar hohe Prozessqualität gelegt. Erreicht wurde dieses Ziel u. a. mithilfe der PC- und EtherCAT-basierten Steuerungs- und Antriebstechnik von Beckhoff.

Hauptkundensegmente des Mutterkonzerns UNITED MACHINING SOLUTIONS Group und damit auch Anwendungsbereiche der additiven Werkzeugmaschinen sind Automobilhersteller und -zulieferer sowie die Luftfahrtindustrie und Schneidwerkzeughersteller. Dazu erläutert Stefan Lang, CEO von IRPD: „In der Additiven Fertigung müssen Teile bei Anschlussflächen oft nachbearbeitet werden. Unser Mutterkonzern liefert hierfür die passenden Anlagen, was die vertikale Integration des Produktionsprozesses erleichtert und dem Kunden eine durchgängige Lösung bietet.“ Dr. Kai Gutknecht, Leiter Prozess- und Soft-

wareentwicklung bei IRPD, ergänzt: „In unserem Zielmärkten wird vor allem ein durchgängig effizienter Prozess gefordert. Dementsprechend lag der Fokus bei der Maschinenentwicklung insbesondere auf einer hohen Anzahl sowie der reproduzierbar hohen Qualität der produzierten Teile. Das beginnt mit dem großen Baufeld, den vier 1.000-W-Faserlasern, dem auf schnelle Job- und Materialwechsel ausgerichteten Containerkonzept und reicht bis zur thermisch und mechanisch stabilen Produktionsumgebung, zur Vorbereitung für die Automation und zur vollständigen Überwachung des Produktionsprozesses.“

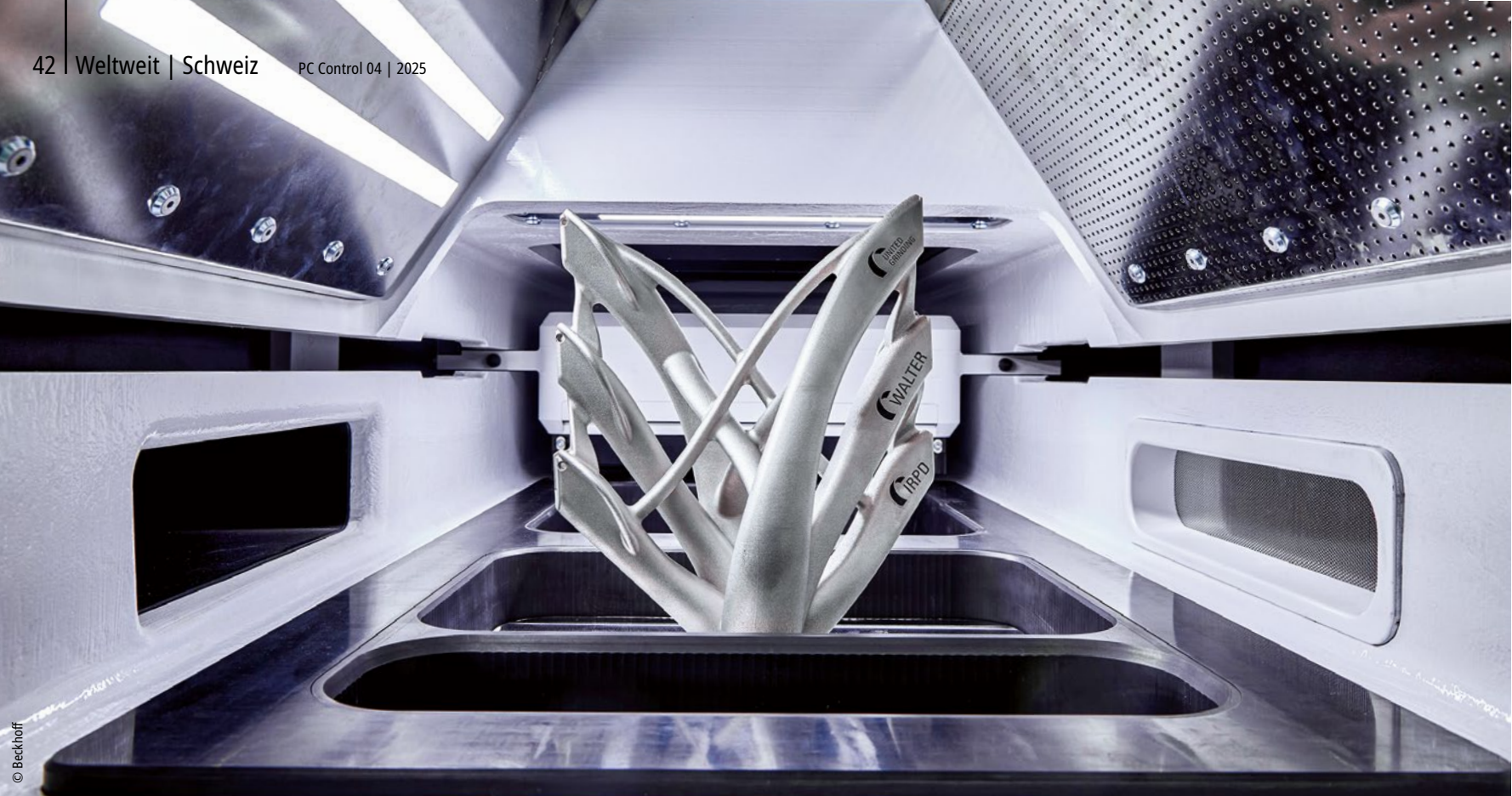
## LPBF-Anlage mit Werkzeugmaschinenstandard

Herzstück der Komplettanlage IMPACT Fab ist die Werkzeugmaschine IMPACT 4530 zur additiven Herstellung von Metallteilen. Dabei ermöglicht die Laser Powder Bed Fusion (LPBF) die flexible Fertigung qualitativ hochwertiger Teile aus unterschiedlichsten Metallen. Hinzu kommt die Entpulverungs- und Recyclinganlage PM1, die das übrig gebliebene Metallpulver aus dem Baubehälter entfernt, unter inerten Bedingungen siebt und für künftige Aufgaben in den Pulverbehälter befördert. Weitere Anlagenkomponenten sind die Ladestation LS1, mit der die Bauplatten aus dem Container gehoben werden, sowie das Handlingmodul HM1, um die Container zwischen den einzelnen Produktionsstationen zu bewegen.

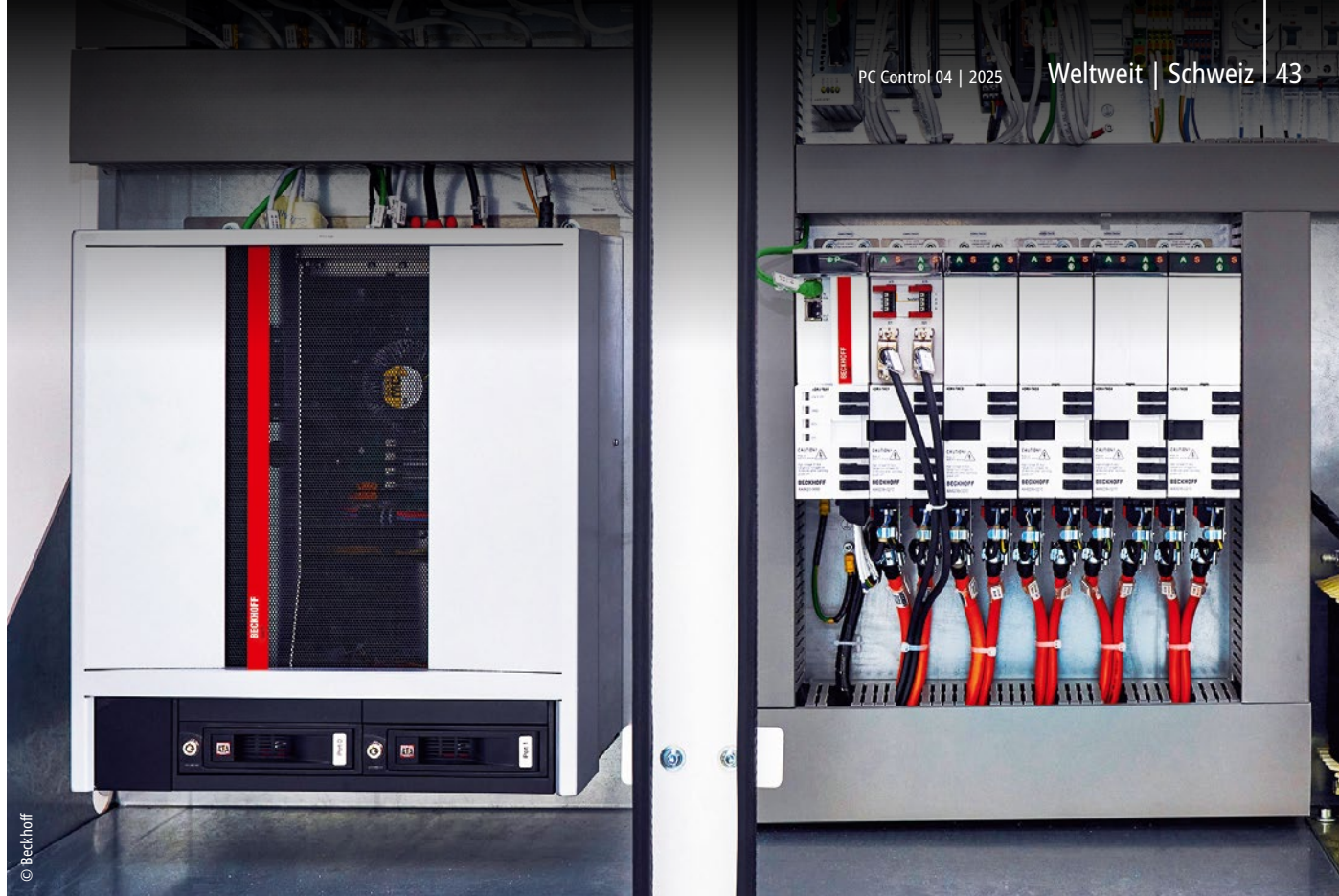
Die IMPACT 4530 selbst besteht aus zwei Hauptkomponenten: der Maschinenkern für den eigentlichen additiven Fertigungsprozess sowie die Versor-

gungseinheit zur Aufbereitung diverser Medien. Zum Prozessablauf erläutert Dominik Lenherr, Software-Ingenieur Automation bei IRPD: „Der Maschinenkern ist größtenteils als Gusskonstruktion ausgeführt, um thermisch und mechanisch einen stabilen und reproduzierbaren Prozess sicherzustellen. Das Rüsten der Maschine erfolgt über zwei würfelförmige Container, einerseits für den Bauprozess und andererseits für das Bevorraten des Metallpulvers als Ausgangsmaterial. Durch das automatisierte Einbringen und Andocken der Container wird der Rüstprozess beschleunigt und vereinheitlicht, sodass sich minimale Stillstandszeiten ergeben und der Start eines Baujobs reproduzieren lässt.“ Sind die Container in der Maschine hermetisch angedockt, wird zeiteffizient eine hochwertige Prozessatmosphäre erstellt. Anschließend trägt eine horizontale Achse Metallpulverschichten auf einer Bauplatte auf, welche im Anschluss von mehreren Lasern aufgeschmolzen und zum gewünschten Bauteilquerschnitt verschweißt werden. Nach dem Absenken der Bauplatte um ei-

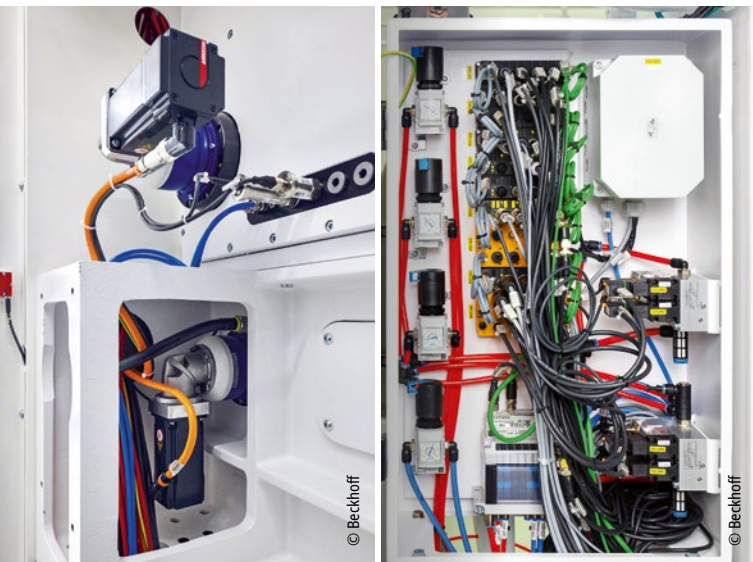




Bauraum der additiven Werkzeugmaschine mit einem komplexen Metallbauteil



Der Schaltschrank-Industrie-PC C6675 (l.) bietet ausreichend Rechenleistung – sowohl für die Maschinensteuerung und die über das Multiachs-Servosystem AX8000 (r.) realisierte Motion Control als auch für zukünftige Funktionserweiterungen z. B. mit TwinCAT Machine Learning.



Links: Die One Cable Technology der Beckhoff Servomotoren AM8000 reduziert deutlich den Verkabelungsaufwand und die Gefahr von Verdrahtungsfehlern.

Rechts: Die I/O-Ebene umfasst neben den EtherCAT- und TwinSAFE-Klemmen der EL-Serie auch die dezentral installierbaren EtherCAT- und TwinSAFE-Box-Module der EP-Serie.

ne Schichtstärke von typischerweise einigen hundertstel Millimeter wird neues Pulver aufgetragen und der Prozess wiederholt sich. Zentrale Komponenten hierbei sind laut Dr. Kai Gutknecht vor allem die Laser sowie die Galvanometer-scanner, mit deren Hilfe der Laserstrahl mikrometergenau und schnell bewegt

werden könne. Abgerundet werde das System von diversen Überwachungs-lösungen sowie der intuitiven, bei allen Maschinen der UNITED MACHINING SOLUTIONS Group eingesetzten Bediensoftware C.O.R.E. (Customer Oriented Revolution), die über eine performante und einfache ADS-Schnittstelle mit der TwinCAT-Steuerung von Beckhoff kommuniziert.

#### Anforderungen an die Automatisierung

Die optimale Ausgangssituation für die Wahl der passenden Automatisierungstechnik hebt Stefan Lang hervor: „Da mit dem IMPACT-Projekt für IRPD ein komplett neuer Technologiesektor erschlossen wurde, konnte die Steuerungsplattform genau abgestimmt auf die spezifischen Anforderungen der additiven Fertigung ausgewählt werden. Für PC-based Control mit TwinCAT haben die Systemoffenheit, die moderne Entwicklungsumgebung und die innovativen Produkte von Beckhoff gesprochen. Hinzu kam der PC-basierte Steuerungsansatz an sich, der interessante Möglichkeiten im Hinblick auf eine schlanke, einfach erweiterbare Gesamtsystemarchitektur eröffnet.“

PC-based Control von Beckhoff steuert bei der IMPACT 4530 alle hardware-bezogenen Maschinenfunktionen bis auf die Bewegung des Lasers über das Pulverbett. Hierzu zählen u. a. mechanische Achsen, Pneumatik, Maschinensicherheit, Schutzgaszirkulation und Kühlung. Hardwarekern der Steuerung ist der Schaltschrank-Industrie-PC C6675. Dazu erläutert Dr. Kai Gutknecht: „Ein Ziel war eine Systemarchitektur mit möglichst wenigen und niederschweligen Schnittstellen. Grundlage dafür ist ein leistungsstarkes Zentralsystem, das Steuerungs- und Hochsprachensoftware auf einer Hardware abbildet – der C6675. Derzeit nutzen wir dessen hohe Rechenleistung zwar noch nicht voll aus, obwohl darauf neben Windows bereits die SPS sowie die Vision- und die ressourcenintensive C.O.R.E.-Applikation ablaufen. Im Rahmen der Weiterent-

wicklung werden allerdings noch weitere Applikationen wie z. B. die Prozessüberwachung über Kameras, Big-Data- und Machine-Learning-Anwendungen sowie zusätzliche Prozessregelungen hinzukommen.“

Die anwendungsorientierte Lösung von Automatisierungsaufgaben wurde aus Sicht von IRPD auch sehr gut durch die modulare Software TwinCAT unterstützt. So konnte mit TwinCAT Vision eine Kamera zur Prozessüberwachung schnell und einfach in das Steuerungssystem integriert werden. Hinzu kommt – so Dominik Lenherr –, dass durch die direkte Ausführung der Bildverarbeitungs-algorithmen in der Steuerungsumgebung eine taktgenaue und zu den Maschinenabläufen synchrone Bilddatenerfassung möglich ist, ohne dabei umständliche Schnittstellen aufbauen und pflegen zu müssen. Und ergänzend: „Die TwinCAT-Bibliotheken, wie z. B. TwinCAT HMI, Motion und eben Vision, unterstützen mit ihren vorgefertigten Funktionsbausteinen umfassend bei der Programmierung, Inbetriebnahme und Diagnose der verschiedenen Softwarekomponenten. Gerade die durchgängige Fehlersuche und Analyse sehe ich als einen der größten Vorteile im TwinCAT Engineering an. Mit TwinSAFE ist zudem die Maschinensicherheit nahtlos integriert, sodass wir nicht mit verschiedenen Tools arbeiten und nur eine Software pflegen müssen.“

#### Effizienz bei Motion Control und EtherCAT-Kommunikation

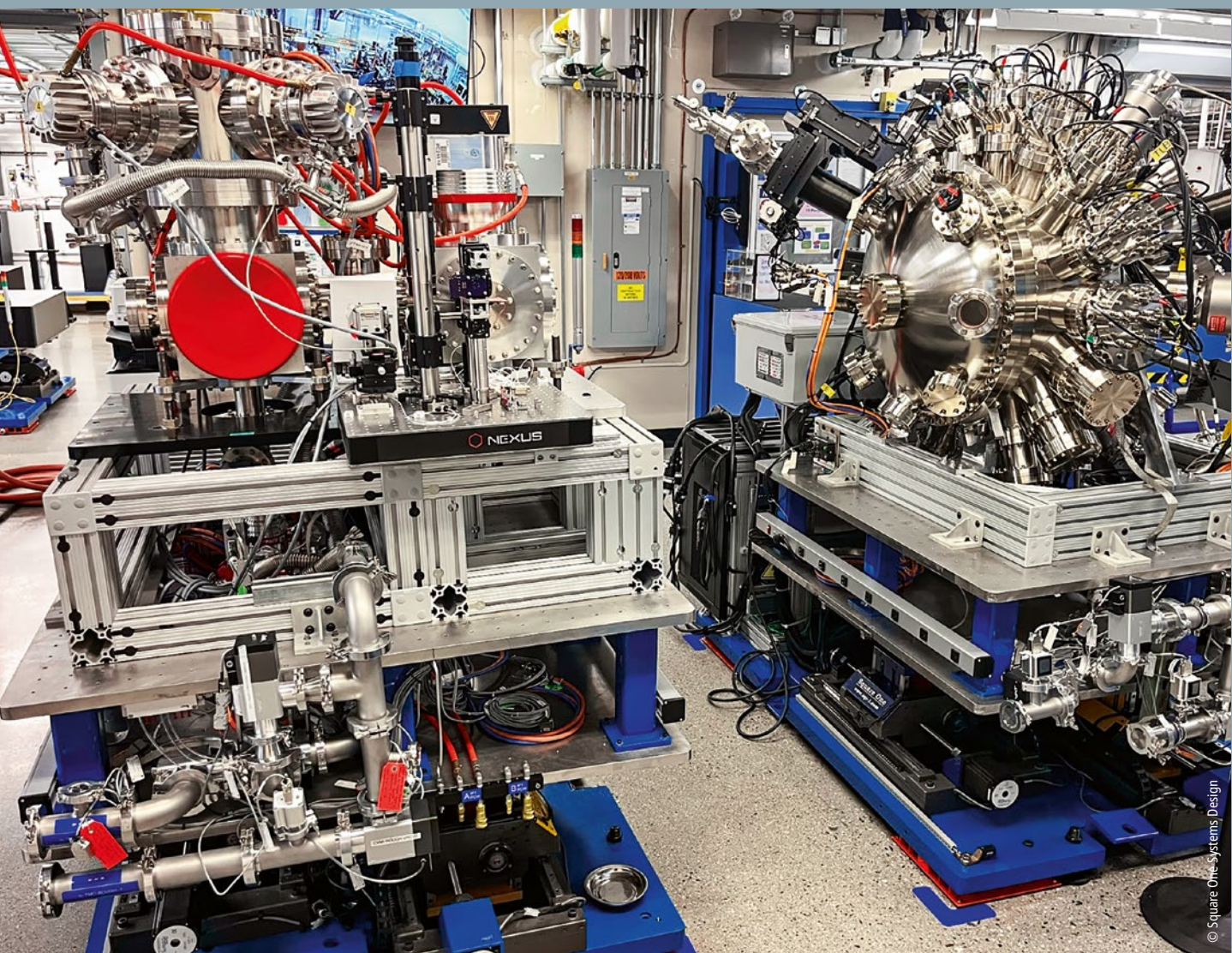
Von den TwinCAT-Funktionsbausteinen profitiert IRPD laut Dr. Kai Gutknecht auch bei der Bewegungssteuerung: „Wir setzen u. a. die Standardfunktionen MC\_MoveAbsolute, MC\_Jog und MC\_Reset ein, was für uns den Programmieraufwand deutlich reduziert. Realisiert sind die zugehörigen Servoachsen mit dem sehr kompakten Multiachs-Servosystem AX8000 und den Servomotoren AM8000. Dabei bietet uns insbesondere die One Cable Technology (OCT) Vorteile, da sich damit die Anlagenverkabelung deutlich vereinfacht und bei der

Installation weniger Fehler auftreten können. Zudem sieht unsere Anlage für den Transport eine Trennstelle vor, bei der die minimierte Verkabelung beim Auftrennen viel Zeit spart.“

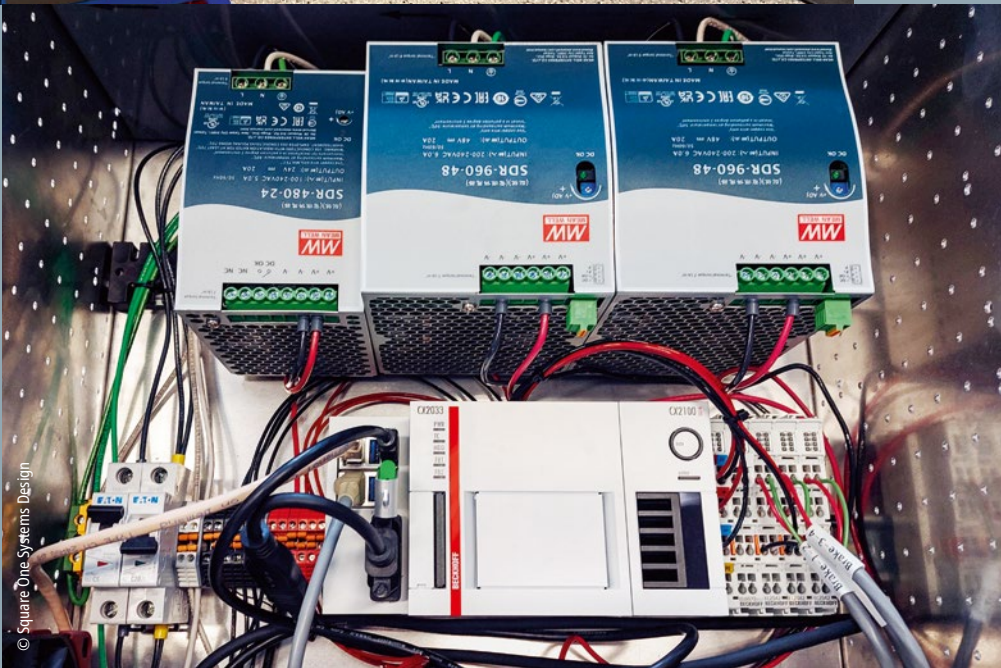
Die leistungsfähige EtherCAT-Kommunikation trägt ebenfalls zur Anlagen-effizienz bei, insbesondere im Rahmen der Inbetriebnahme. Dazu erläutert Dominik Lenherr: „Ein gutes Beispiel ist die Hot-Connect-Funktionalität von EtherCAT, die wir beispielsweise bei einem Beschichter nutzen. Dieser steht in einer Ausführung mit und ohne Antriebsregler zur Verfügung und kann bei Bedarf per Hot Connect einfach und schnell ausgetauscht werden, ohne dass das Gesamtsystem herunterfahren muss bzw. notwendige Diagnosen zu unterbrechen sind.“ Dies komme zusammen mit der automatischen Teilnehmeradressierung auch hinsichtlich der Modularität von PC-based Control zum Tragen. So könne bei wechselnden Anforderungen z. B. über die EtherCAT-Box-Module der EP-Serie in Schutzart IP67 einfach eine übergeordnete Steuerung hinzukommen, ohne dass eine aufwändige Adressierung erforderlich wäre. Zum Beckhoff I/O-Portfolio ergänzt er abschließend: „Ein klarer Vorteil der EtherCAT-I/Os von Beckhoff ist deren kompakte Bauweise, die bei der Anlage viel Platz spart. Hinzu kommt das äußerst breite Komponentenspektrum, das wir so am Markt sonst nicht finden konnten. Gute Beispiele sind die Multifunktions-EtherCAT-Box-Module mit ihren kombinierten analogen und digitalen Ein- und Ausgängen sowie die TwinSAFE-Box-Module zum direkten Anschluss der sicheren Feldsensoren.“

weitere Infos unter:  
[www.irpd.ch](http://www.irpd.ch)  
[www.beckhoff.com/werkzeugmaschinen](http://www.beckhoff.com/werkzeugmaschinen)





Das patentierte Tri-Sphere Robotic Positioning System beschleunigt als hochmoderner Parallelroboter die Durchführung von Experimenten im Bereich der Hochenergiephysik.



Tri-Sphere von Square One setzt auf Beckhoff Embedded-PCs CX2033, Echtzeit-EtherCAT-Kommunikation und für die Bewegungssteuerung auf TwinCAT NC PTP.

Square One Systems Design nutzt PC-based Control und EtherCAT zur Unterstützung von Experimenten am Röntgenlaser des SLAC National Accelerator Laboratory mit Robotern

# Positionierroboter reduziert Umrüstzeit von zwei Tagen auf zwölf Stunden

Am SLAC National Accelerator Laboratory in Menlo Park, Kalifornien, beschleunigt das hoch-moderne Robotersystem von Square One Systems Design und Beckhoff die Durchführung von Experimenten der Hochenergiephysik. Durch einen effizienteren Betrieb vergrößert das Tri-Sphere Robotic Positioning System die Ausnutzung der „Strahlzeit“. Das maximiert den Zugang der Forscher zum derzeit leistungsstärksten Röntgenlaser der Welt und verbessert die Forschungsergebnisse.

Tri-Sphere von Square One ist ein hochmoderner Parallelroboter, dessen Aufbau auf die strengen Anforderungen der Forschung in der Hochenergiephysik zugeschnitten ist. Wie die drehbar gelagerten industriellen Gelenkarmroboter bietet Tri-Sphere sechs Freiheitsgrade in der Bewegung. Im Gegensatz zu klassischen Robotern bietet dieser jedoch eine enorme Nutzlastkapazität, höchste Präzision und ein kompaktes Design, das enge Räume hervorragend ausnutzt. Tri-Sphere entspricht außerdem dem unter Physikern weit verbreiteten Standard EPICS (Experimental Physics Integrated Control System). EPICS bietet Forschern und Technikern eine standardisierte Steuerungssystemarchitektur und ein Software-Toolkit für die Verbindung zu und die Steuerung von Highend-Geräten. Dies verbessert die Leistung bei der Prozessverfolgung und optimiert die Analyse der während der Experimente erfassten Metadaten.

Der Einsatz von Tri-Sphere-Robotern am SLAC ist Teil einer größeren Modernisierung der Linac Coherent Light Source (LCLS), des derzeit weltweit leistungsstärksten Röntgen-Freie-Elektronen-Lasers, (auch XFEL für X-Ray Free-Electron Laser genannt). Das jüngste Upgrade (LCLS-II) steigerte die Leistung des Systems von 120 auf 1 Mio. Pulse pro Sekunde, und die geplante nächste Ausbaustufe (LCLS-II-HE) wird die Röntgenenergie weiter erhöhen. Dies eröffnet völlig neue Möglichkeiten für fortschrittliche Forschungsprojekte, die für Wissenschaftler bisher als nicht durchführbar galten, z. B. die Entwicklung neuer Generationen von Solarenergietechnologien, Supraleitern, Arzneimitteln.

**Grenzen der physikalischen Grundlagenforschung erweitern**  
Der Roboter ermöglicht mit einzigartigen Features die schnelle Folge des Auf- und Abbaus von komplexen Forschungsaufbauten und den Einsatz in den anspruchsvollen Umgebungen, die für Einrichtungen wie das LCLS typisch sind. Mit seiner kompakten Geometrie findet der Roboter auch in den engsten Testkammern Platz. Dies sind die zentralen Bestandteile der Forschungseinrichtungen bzw. die Vorrichtungen, die verwendet werden, um Testproben mit Röntgenstrahlen zu durchleuchten. Das hochpräzise Positioniersystem des Roboters sorgt dafür, dass die Forschungsgeräte präzise in Strahlen mit einem Durchmesser von nur 100 nm bewegt werden können.

Tri-Sphere ist nicht nur präzise, sondern auch sehr stabil – er unterstützt die schnelle Bewegung und Neupositionierung schwerer Objekte mit der Genauigkeit, die für die Durchführung bahnbrechender Experimente erforderlich ist. „Der Roboter wurde speziell für schwere Nutzlasten entwickelt und kann bis zu 12.000 Pfund (ca. 5.440 kg) handhaben – was für die Positionierung schwerer Objekte in nationalen Instituten wie SLAC unerlässlich ist“, erklärt Bob Viola, Director of Engineering bei Square One Systems Design. „Diese Leistungsfähigkeit übertrifft die von herkömmlichen Industrierobotern bei Weitem.“

Die Maximierung der Strahlzeit ist entscheidend, um so viele Experimente wie möglich durchführen zu können. „Nationale Labore wie SLAC sind buchstäblich



unbezahlbare nationale Ressourcen, und jede Sekunde Strahlzeit zählt“, betont Bob Viola. „Die Fähigkeit zur schnellen Umrüstung, ohne die Präzision oder Zuverlässigkeit zu beeinträchtigen, ist daher ein Game Changer.“

Jace Walsh, Chief Controls Engineer bei Square One, erklärt weiter: „Der asymmetrische Arbeitsbereich des Tri-Sphere und der per Software einstellbare Rotationspunkt bieten eine unübertroffene Vielseitigkeit und Präzision, sodass er sich an ein breites Spektrum von Experimenten anpassen lässt. Diese Flexibilität ist entscheidend für Experimente, bei denen die Möglichkeit, Versuchsaufbauten schnell und präzise neu zu positionieren, die Forschungsergebnisse erheblich beeinflussen kann.“

Das Tri-Sphere-Upgrade integriert Automatisierungs- und Steuerungstechnik von Beckhoff für mehrere Experimentierkammern und ermöglicht es dem SLAC, hochpräzise Experimente mit minimalen Wartezeiten durchzuführen. Die Mitarbeiter können mit der benutzerfreundlichen Software des Tri-Sphere einen neuen Fokus für den Strahl einrichten, neue Konfigurationseinstellungen auswählen und neue Höhen- oder Rotationsparameter eingeben.

Die Roboter des SLAC sind auf luftgelagerten Rollen montiert. Dadurch können sie schnell in die verschiedenen Kabinen hinein- und wieder herausbewegt werden. Ein weiterer großer Vorteil des Tri-Sphere ist die präzise Handhabung empfindlicher Proben. „Ein Vakuumtransfersystem stellt sicher, dass der Roboter eine Vielzahl von Behältertypen ohne Beschädigung handeln kann, einschließlich empfindlicher Produkte mit Soft-Touch-Oberflächen“, sagt Bob Viola. „Das ist wichtig für Experimente mit hochempfindlichen Probenmaterialien.“

**Zukunftsautomatisierung für Forschung und Entwicklung**

Entscheidend für den Erfolg des Positioniersystems war die Integration der PC- und EtherCAT-basierten Steuerungstechnik von Beckhoff. Tri-Sphere nutzt derzeit Beckhoff Embedded-PCs CX2033 zur Steuerung, die mit Echtzeit-EtherCAT-Kommunikation und hohen Verarbeitungsgeschwindigkeiten alle Automatisierungs- und Steuerungsaufgaben nahtlos abwickeln. Auf dem CX2033 läuft die Software TwinCAT NC PTP zur Bewegungssteuerung.

Mit der automatischen Adressierung der hochmodularen Geräte, zahlreichen Verdrahtungstopologien und hohen Teilnehmerzahlen ermöglicht EtherCAT

eine robuste und skalierbare Netzwerkinfrastruktur. Darüber hinaus passen die kleinformatigen EtherCAT-Klemmen leicht in die kompakten, über den Tri-Sphere-Roboter verteilten Gehäuse. EtherCAT-Klemmen übernehmen nicht nur die Datenerfassung, sondern integrieren auch kompakte Antriebstechnik von Beckhoff mit den Schrittmotorklemmen EL7041 und EL7047 sowie den 2-Kanal-Interface-Klemmen EL5042 für den Anschluss von Encodern mit BiSS®-C- oder SSI-Schnittstelle.

Die TwinSAFE-Klemmen von Beckhoff und die Technologie Safety over EtherCAT (FSoE) bieten eine robuste Funktionalität für Maschinensicherheit, die sich nahtlos in das SLAC-System für Personen- und Geräteschutz integriert, um den Sicherheitsstatus zu überwachen, wenn sich Personen in einer Testkabine aufhalten und im Bedarfsfall Not-Halt-Schaltungen auszulösen. „Indem TwinSAFE diese einzigartigen Sicherheitsanforderungen unterstützt, ist jederzeit ein sicherer Zugang zu den Testkammern sowie eine zuverlässige Steuerung der leistungsstarken Positionierer möglich“, betont Bob Viola.

Tri-Sphere ist auch mit den für Kalifornien typischen seismischen Verankerungsanforderungen kompatibel. Dadurch wird sichergestellt, dass die Systeme seismischen Aktivitäten standhalten und dabei ihre präzise Positionierung beibehalten können.

Mathew Garcia,  
Business Development Leader,  
Beckhoff USA

„Es ist spannend zu sehen, wie unsere Technologie dazu beiträgt, die Forschungsergebnisse und die Effizienz am SLAC und an anderen Einrichtungen zu verbessern.“

**Vielversprechende Zukunft für führende Forschungsprojekte**

„Wenn das SLAC einen experimentellen Arbeitsaufbau auf Tri-Sphere außerhalb der Testkabine vorbereiten kann, ohne die Strahllinie abschalten zu müssen, beschleunigt das den Prozess“, sagt Bob Viola. „Das System hat die Zeit für den Umbau von SLAC-Experimenten von zwei Tagen auf nur zwölf Stunden reduziert.“

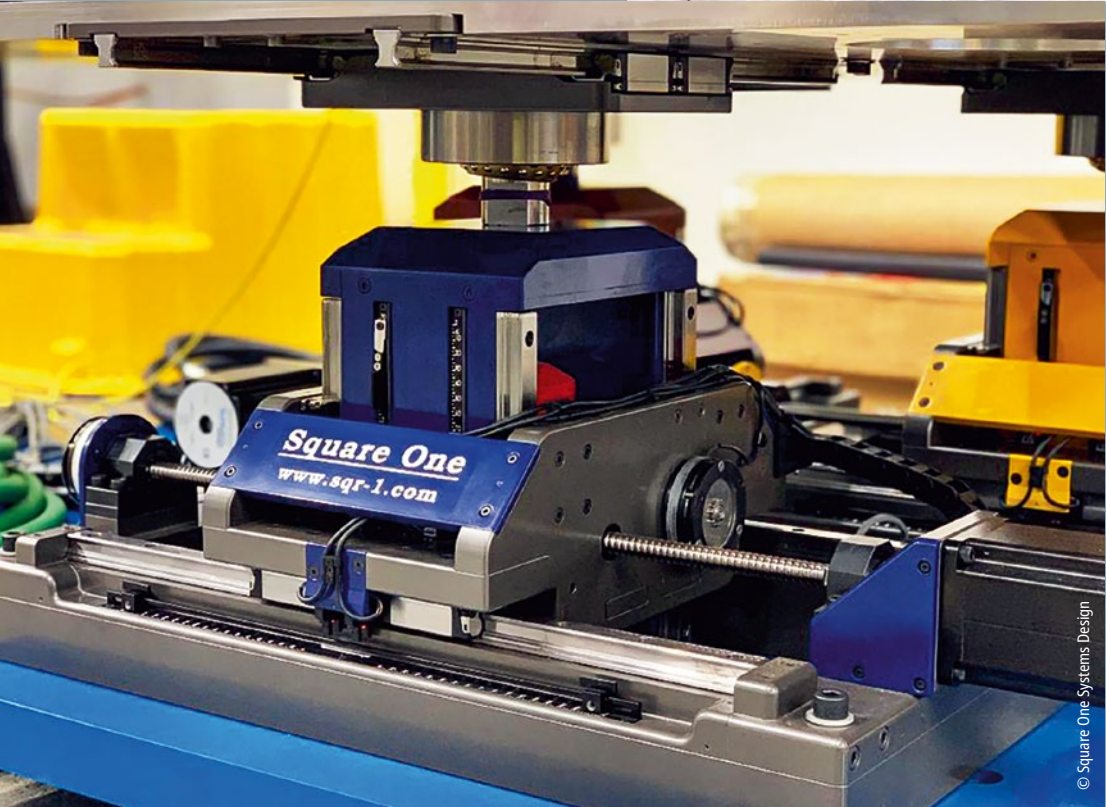
Mathew Garcia, Business Development Leader bei Beckhoff USA, schließt sich dieser Meinung an. „Das Tri-Sphere-Projekt ist ein Ergebnis der engen Zusammenarbeit zwischen

Square One und Beckhoff. Es ist spannend zu sehen, wie unsere Technologie dazu beiträgt, die Forschungsergebnisse und die Effizienz am SLAC und an anderen Einrichtungen zu verbessern.“ Wie der erfolgreiche Einsatz am SLAC zeigt, hilft Tri-Sphere bei der Bewältigung großer Herausforderungen in vielen Bereichen der wissenschaftlichen Forschung. Das System hat sich als flexibel und leistungsfähig bei der Anpassung an eine Vielzahl schwieriger Testräume erwiesen. Inzwischen wird es auch in anderen weltbekannten Instituten eingesetzt, um die potenziell nächste große Entdeckung zu ermöglichen.



Das hochpräzise Positioniersystem des Roboters Tri-Sphere sorgt dafür, dass er Forschungsgeräte präzise in Strahlen mit einem Durchmesser von nur 100 nm bewegen kann.

Das Ingenieurteam von Square One während des jährlichen Skitages in Wyoming 2025 (v.l.n.r.): Sam Johnson (Maschinenbauingenieur), Wilton Springer (Maschinenbauingenieur), Connor McCullough (Elektroingenieur), Erik LaCourt (Steuerungsingenieur), Bob Viola (Technischer Leiter), Jace Walsh (Leiter Steuerungstechnik), Ryan Freeman (Maschinenbauingenieur), Dena Horstkotte (Maschinenbauingenieur)



Detaillansicht einer der drei Hebebockeinheiten, aus denen ein Tri-Sphere-Roboter besteht.

weitere Infos unter:

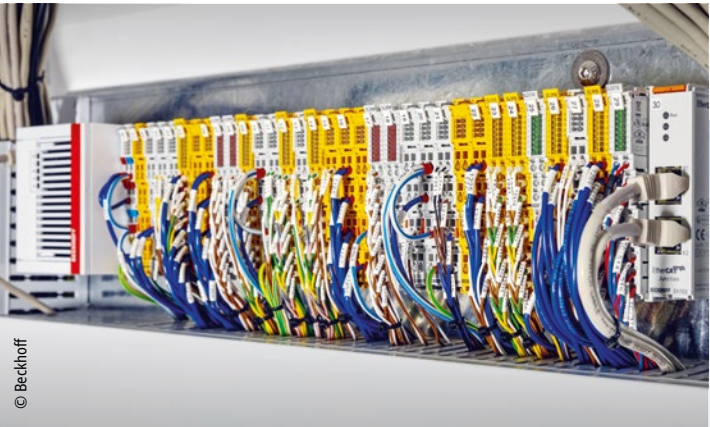
[www.sqr-1.com](http://www.sqr-1.com)

[www.beckhoff.com/science](http://www.beckhoff.com/science)



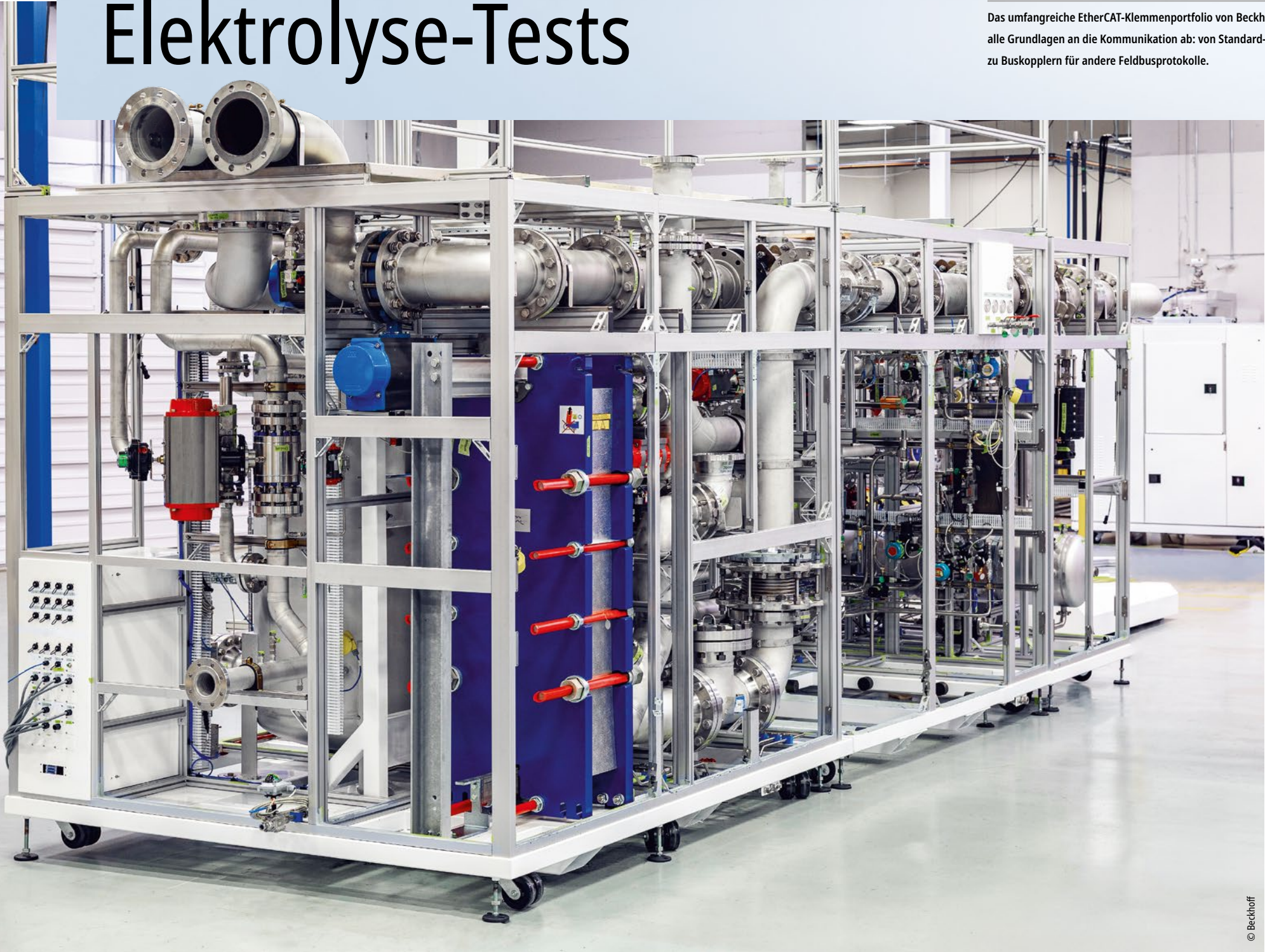
Modulare Steuerungsplattform fördert Innovation in der Wasserstoffindustrie

# Zuverlässige und sichere Elektrolyse-Tests



Das umfangreiche EtherCAT-Klemmenportfolio von Beckhoff deckt alle Grundlagen an die Kommunikation ab: von Standard-I/Os bis hin zu Buskopplern für andere Feldbusprotokolle.

Mit einer durchgängigen und modularen Steuerungslösung von Beckhoff mit über 500 Datenpunkten und zahlreichen Klemmen der ELX-Serie mit eigensicheren Schnittstellen geht Greenlight Innovation neue Wege in der Wasserstoffprüfung. Die fortschrittliche Architektur ermöglicht die präzise und sichere Überwachung und Steuerung komplexer Wasserstoffprozesse und erhöht sowohl Zuverlässigkeit als auch Effizienz des Testbetriebs.



Elektrolyse-Testsysteme sind für die Entwicklung von Brennstoffzellen von entscheidender Bedeutung, um Sicherheit unter verschiedenen Bedingungen und Lastfällen zu prüfen und zu gewährleisten.

Während die Welt zunehmend auf die Erzeugung von Wasserstoff als saubere Energiequelle setzt, stehen Unternehmen, die diese Technologien entwickeln, vor einer großen Herausforderung: die sichere und genaue Prüfung ihrer Innovationen, bevor sie auf den Markt kommen. Indem es exakt diese Anforderungen erfüllt, konnte sich Greenlight Innovation aus dem kanadischen Burnaby in British Columbia nach eigenen Angaben als ein weltweit führendes Unternehmen etablieren.

Greenlight wurde 1992 als Zulieferer für die Brennstoffzellenindustrie gegründet. „Seitdem hat sich die Elektrolyse zu einem wichtigen Schwerpunkt für uns entwickelt“, sagt Greig Walsh, kaufmännischer Leiter bei Greenlight. „Mit der Weiterentwicklung der Branche sahen wir eine steigende Nachfrage nach Testsystemen für Wasserstoffproduktionsanlagen.“

### Zuverlässige Steuerung für komplexe Testverfahren

Zum Produktportfolio von Greenlight gehören Teststationen für industrielle Elektrolyseure – Systeme, die Wasser mithilfe von Strom in Wasserstoff und Sauerstoff aufspalten. Die größten Systeme sind für den Test von Elektrolyse-Stacks mit einer Leistung von 4 MW ausgelegt und stellen auch die höchsten technischen Anforderungen. „Diese Anlagen sind hochkomplex und technologisch anspruchsvoll“, sagt Christian Bosio, Geschäftsführer bei Greenlight. „Eine Maschine besteht aus Tausenden von Komponenten, die wir zusammensetzen, aber sie muss wie eine Einheit funktionieren. Alles muss von höchster Qualität und Zuverlässigkeit sein.“

Die Teststationen müssen Hochdruckgase bis zu 50 bar steuern, die Temperatur über mehrere Zonen hinweg regeln und potenziell explosive Wasserstoff-Sauerstoff-Gemische prüfen – und zwar im Dauerbetrieb mit minimalen Bedieneingriffen. Unter diesen Bedingungen war Sicherheit die größte Herausforderung. „Elektrolyseur-Testsysteme arbeiten mit hohen Drücken und entsprechend hohen Sicherheitsanforderungen“, sagt Christian Bosio. „Bei unseren Systemen in der Megawattklasse steigen die Anforderungen weiter, sodass Sicherheit zum kritischen Faktor für die Auslegung wird.“





Das Team von Greenlight und Beckhoff am Stammsitz in Burnaby, British Columbia (v.l.n.r.): Christian Bosio, Greig Walsh, Amir Kassaian (Beckhoff), Martin Greyling, Christian Bordin und Kriss Koutzarov

Je nach Einsatzort müssen die Systeme von Greenlight verschiedene Sicherheitsauflagen unterstützen und dabei unverändert hohe Leistungsstandards sowie kundenspezifische Anforderungen erfüllen.

Flexible Beckhoff Automatisierung wird Standard

Bei der Auswahl einer geeigneten Steuerungsplattform hatte das Unternehmen zunächst mit verschiedenen Problemen zu kämpfen, wie z. B. zu große I/O-Module oder eine unzuverlässige Kommunikation. „Es war uns bewusst, dass wir für unsere Anlagen hochentwickelte Elektronik und Steuerungstechnik benötigten, daher wollten wir von Anfang an eine fundierte Entscheidung treffen“, erklärt Greig Walsh.

Kriss Koutzarov, Elektroingenieur bei Greenlight, hebt die technischen Vorteile hervor, die ausschlaggebend für die Entscheidung zu Beckhoff waren: „Die Modularität und Flexibilität waren Schlüsselfaktoren. Bei Beckhoff hatten wir verschiedene Optionen hinsichtlich der Kanaldichte der I/O-Klemmen. Außerdem ist eine Klemme sehr kompakt – eine Breite von nur 12 mm verglichen mit über 12 cm bei anderen Lösungen. Dadurch konnten wir eine Menge Platz im Schaltschrank sparen.“



Die Elektrolyseur-Teststation von Greenlight dient der Bewertung und Validierung von Leistung, Langlebigkeit und Effizienz.

Um die Hunderte von Sensoren, Ventilen und Steuerungselementen in ihren Systemen anzubinden, verwendet Greenlight verschiedenste EtherCAT-Klemmen. Von der einfachen Ventilsteuerung bis hin zu anspruchsvollen analogen Messungen decken diese Klemmen alle Funktionen mit oft bis zu 500 Datenpunkten pro System ab. Dieser modulare Ansatz ermöglicht es dem Unternehmen, Funktionen einfach hinzuzufügen oder zu modifizieren, wenn sich die Projektanforderungen einmal ändern.

Um die erwähnten Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, implementierte Greenlight die TwinSAFE-Klemmen von Beckhoff. Die TwinSAFE-Architektur integriert die Klemmen EL1904 und EL1918 als digitale Eingänge sowie die Klemmen EL2904 und EL2912 als digitale Ausgänge und bietet so funktionale Sicherheit gemäß SIL3. Darüber hinaus nutzt das System TwinSAFE-SC-Klemmen zur Überwachung analoger Parameter wie Temperatur, Druck und anderer kritischer Parameter, um unter allen Bedingungen einen sicheren Betrieb bis SIL2 zu ermöglichen.

Für Bereiche mit potenzieller Wasserstoffexposition verwendet Greenlight die ELX-Klemmen von Beckhoff mit eigensicheren Ein-/Ausgängen. Diese EtherCAT-Klemmen integrieren Trennbarrieren und Remote-I/O in einem kompakten Gehäuse, wodurch externe Barrieren überflüssig werden und ein direkter Anschluss an Feldgeräte in explosionsgefährdeten Umgebungen bis hin zu Zone 0/20 möglich ist. „Überall dort, wo Brennstoff und Oxidationsmittel präsent sein können, müssen wir Zündquellen eliminieren. Die Ausgänge der ELX-Klemmen geben keinerlei Energie ab, die einen Funken erzeugen könnte, selbst wenn man sie kurzschließen würde“, so Kriss Koutzarov.

Die ELX-Klemmen bieten erhebliche Platz- und Kostenvorteile. Mit bis zu acht eigensicheren Eingängen im 12-mm-Gehäuse machen sie externe Barrieren überflüssig und reduzieren den Platzbedarf im Schaltschrank. Mit den Zertifizierungen gemäß ATEX, IECEx und NEC/CEC erfüllen sie alle marktüblichen Richtlinien für den Explosionsschutz und ermöglichen den weltweiten Einsatz der Maschinen von Greenlight.



Greenlight nutzt neben den Standard-EtherCAT-Klemmen von Beckhoff auch TwinSAFE-Klemmen für integrierte funktionale Sicherheit und ELX-Klemmen für den Anschluss von Feldgeräten in explosionsgefährdeten Zonen.

PC-based Control vereinfacht Systementwicklung

Das Herzstück der 4-MW-Elektrolyseur-Teststation ist der Embedded-PC CX5130, der den gesamten Testprozess steuert. Mit Dualcore-Prozessor und lüfterlosem Design bietet der CX5130 die ideale Kombination aus Rechenleistung und Zuverlässigkeit für anspruchsvolle industrielle Umgebungen. Die kompakte PC-basierte Steuerung übernimmt alle Funktionen von der Datenerfassung bis zu komplexen Steuerungsalgorithmen und bietet gleichzeitig die erforderliche Konnektivität für die Integration in das umfangreiche I/O-System. Die Fähigkeit, SPS- und Messaufgaben gleichzeitig auszuführen, macht den Controller besonders geeignet für die anspruchsvollen Testsequenzen von Greenlight, bei denen es auf exaktes Timing und Koordination ankommt.

Die Systemarchitektur nutzt die Automatisierungssoftware TwinCAT zur Prozesssteuerung und das industrielle Ethernet-System EtherCAT zur nahtlosen Integration. „Es ist einfach Plug-and-Play, was erstaunlich ist“, beschreibt Christian Bordin, Automatisierungs- und Steuerungsentwickler bei Greenlight, die Vorteile der Einfachheit von EtherCAT. „Es besteht keine Notwendigkeit, komplexe Treiber zu schreiben. Wir konfigurieren das System einfach in der TwinCAT-Engineerumgebung und stellen sicher, dass alle unsere Komponenten miteinander kommunizieren.“

Die Zukunft der Wasserstoffproduktion auf dem Prüfstand

Die Standardisierung auf die Beckhoff Steuerungsplattform ist sowohl für Greenlight als auch für die Kunden des Unternehmens von Vorteil. Denn nun ermöglichen es die Teststationen mit Datenerfassungs- und -analysefunktionen, dass die Hersteller von Elektrolyseuren die Konfiguration ihrer Systeme

überprüfen und verbessern können. Einer dieser Kunden namens cellcentric sagte dazu, dass Greenlights Teststationen überaus wertvoll für die Brennstoffzellenentwicklung seien, da sie es ermöglichen, die Leistung bei verschiedenen Gasdurchflussraten, Luftfeuchtigkeiten, Temperaturen, Drücken und elektrischen Lasten zu bewerten. Mit der Software Emerald von Greenlight können sie automatisierte Testskripte entwickeln und ausführen, Daten in Echtzeit anzeigen und präzise Messdaten protokollieren. So erhalten sie schnelles und zuverlässiges Feedback, um Designänderungen zu validieren und die Produktqualität vor der Auslieferung sicherzustellen.

Christian Bordin,  
Automatisierungs- und Steuerungsentwickler,  
Greenlight Innovation

„Es ist einfach Plug-and-Play, was erstaunlich ist. Es besteht keine Notwendigkeit, komplexe Treiber zu schreiben.“

Mit Blick auf die Zukunft konzentriert sich Greenlight auf die Standardisierung seiner Elektrolyseur-Testsysteme über ein breiteres Größenspektrum. Aber auch wenn Greenlight die Skalierung erweitert, bleibt der Ansatz unverändert: flexible, leistungsstarke Systeme zu entwickeln, die es Kunden ermöglichen, sich auf ihre Kerntechnologien zu konzentrieren, während Greenlight die komplexen Aufgaben hinter den Kulissen bewältigt. Christian Bosio fasst zusammen: „Der Schlüssel zu unserem Erfolg liegt in der Anpassungsfähigkeit, die es uns ermöglicht, die veränderlichen Anforderungen in dieser Wachstumsbranche zu erfüllen.“

weitere Infos unter:

- www.greenlightinnovation.com
- www.beckhoff.com/elx
- www.beckhoff.com/ethercat



PC-based Control bei der Digitalisierung im Werkzeugmaschinenbereich

# Durchgängige und offene Steuerungsplattform maximiert Effizienz der Projektentwicklung

Shenyang CASNC Technology setzt bei seinen CNC-Lösungen auf die durchgängige Nutzung von Sensoren, Datenerfassungssystemen und Netzwerkkommunikationstechnologien, um Betriebsstatus, Verfahrensabläufe und Maschinenzustände von Werkzeugmaschinen in Echtzeit überwachen und analysieren zu können. Durch die nahtlose Integration moderner Informationstechnologie treibt das Unternehmen die Digitalisierung in diesem Bereich voran. Die Automatisierungssoftware TwinCAT 3 von Beckhoff dient dabei als Eckpfeiler für die erfolgreiche Umsetzung der Digitalisierungs- und Virtualisierungsstrategien.

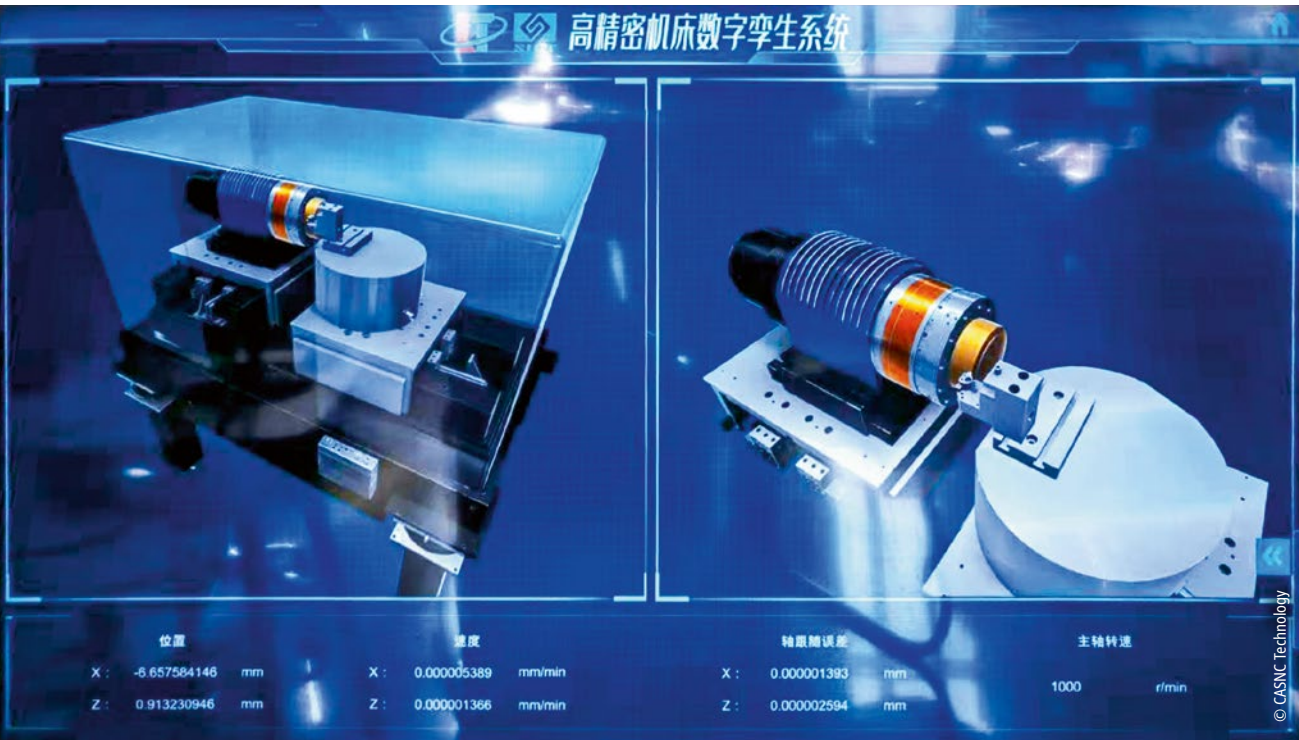
Werkzeugmaschinen sind zentrale Ausrüstungen im Fertigungssektor, mit einem breiten Anwendungsspektrum z. B. in der Luft- und Raumfahrt und Automobilherstellung sowie im Energiesektor. Aus Sicht von Shenyang CASNC Technology Co., Ltd. (CASNC Technology) steht die Leistungsfähigkeit von Werkzeugmaschinen in direktem Zusammenhang mit der industriellen Wettbewerbsfähigkeit eines Landes, weshalb man sie in China als „Säulen der Nation“ ansehe.

Das chinesische Hightech-Unternehmen hat sich auf die Entwicklung und Herstellung von CNC-Systemen, Servoantrieben, Robotersteuerungen, Auto-

omatisierungsausrüstung, digitalisierter Fertigung sowie mechanischen und elektrischen Produkten spezialisiert. Ergebnis sind moderne Werkzeugmaschinen wie z. B. 5-achsige Bearbeitungszentren.

### Digitalisierung und Virtualisierung in TwinCAT

Als wichtiger Eckpfeiler kommt dabei die Beckhoff Software TwinCAT zum Einsatz. Sie ermögliche zum einen die Verwendung von Standardprogrammiersprachen nach IEC 61131-3, was mit den etablierten Debugging-Praktiken der Kunden übereinstimme. Zum anderen profitiere man von TwinCAT 3 auch hinsichtlich der Digitalisierung und Virtualisierung von Anlagen. MATLAB®



CASNC Technology treibt insbesondere mit TwinCAT 3 von Beckhoff die Digitalisierung und Virtualisierung seiner Werkzeugmaschinen voran.

und MapleSim bieten benutzerfreundliche grafische Designumgebungen, mit denen auch komplexe Systeme durch einfache und intuitive Operationen zu modellieren und dadurch universell in Bereichen wie der Modellsimulation anwendbar sind. Für das laufende Projekt können diese Simulationen, mit TwinCAT 3 Target for FMI in der Entwicklungsumgebung XAE und auf den entsprechenden, aus MapleSim exportierten XAR-Modellen, nahtlos innerhalb von TwinCAT ausgeführt werden. Von TwinCAT 3 NC I interpolierte Positionsbefehle werden in das Modell eingespeist, während dieses die gesammelten Spannungs- und Stromdaten ausgibt. Über TwinCAT 3 ADS wird die tatsächliche Position der Werkzeugmaschinenbewegung dynamisch in der Schnittstelle

angezeigt. Dies erleichtert nicht nur die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation, sondern ermöglicht auch digitale Zwillinge, ohne dass physische Objekte erforderlich sind. Auf diese Weise lassen sich die Rationalität der Bahnplanung, die Effizienz der Fräsmaschinenverarbeitung usw. frühzeitig bewerten.

Die Digitalisierung und Virtualisierung von Werkzeugmaschinen stützt sich aus Sicht von CASNC Technology vor allem auf eine offene Software-Plattform. In diesem Zusammenhang biete TwinCAT aufgrund der Integration in Visual Studio, der robusten Kompilierungsumgebung und dem eigenen Echtzeitkern inhärente Vorteile. In der Projektentwicklungs- und -entwurfsphase



könne man die ECAD-Tools über TwinCAT 3 XCAD Interface integrieren, um die Daten direkt in die TwinCAT PLC ohne großen Aufwand zu importieren. Dies reduziere Fehler zwischen Hard- und Software und steigere die Programmier-effizienz. Mit TwinCAT 3 PLC Static Analysis lässt sich der Quellcode analysieren, um Mehrdeutigkeiten zu minimieren und seine Nutzbarkeit zu optimieren. TwinCAT 3 PLC Profiler ermögliche die Analyse des Laufzeitverhaltens von PLC-Projekten, um zeitintensive Aufrufe und Programmsegmente für nachfolgende Code-Optimierungen zu identifizieren. Darüber hinaus Sorge TwinCAT 3 Realtime Monitor für eine präzise Diagnose und Optimierung des Zeitverhaltens der Steuerung. Das Tool analysiert die Ausführungsreihenfolge und Priorität des Codes während des Betriebs von Mehrkern- bzw. Multitasking-Programmen. Mit TwinCAT 3 Scope View könne man zudem Daten mit präzisen Zeitstempeln sammeln, um XY-, YT- oder sogar XYZ-Diagramme in TwinCAT 3 Vision zu bilden, was u. a. die Debugging-Methoden bereichere und ereignisgesteuerte Aufzeichnungen ermögliche.

Mit TwinCAT 3 EtherCAT Simulation wird virtuelles Debugging erreicht, ohne dass reale Hardware erforderlich ist. Damit werden nicht nur grundlegende PDOs unterstützt, sondern auch entsprechende Funktionen für COE, SOE, AOE und sogar verteilte Uhren geboten. Zudem können Fehler simuliert werden, um entsprechende Mechanismen und Codes zu testen. Mit TwinCAT 3 Interface for Inventor® besteht die interaktive Verbindung zwischen TwinCAT und 3D-CAD-Systemen für eine einfache 3D-Simulation von Modellen. TwinCAT 3 Target for Simulink®, for MATLAB®, for Embedded Coder® sowie for MATLAB® and Simulink® ermöglichen Model-in-the-Loop (MIL)-, HIL- und Software-in-the-Loop (SIL)-Simulationen.

In diesem Kooperationsprojekt verwendete CASNC Technology TwinCAT 3 Target for FMI, um die von der MapSim-Software generierten Modelle der Werkzeugmaschinenachsen für die Echtzeitausführung in TwinCAT 3 zu exportieren. Die Modelle erfassen die Ausgangspositionen aus dem Beckhoff Interpolationsalgorithmus, der die Positionssignale intern in Strom- und Spannungssignale umwandelt. Durch die Simulation der Trägheit und anderer Faktoren der tatsächlichen Hardwarelast berechnet der Algorithmus neu die tatsächliche Geschwindigkeit und Position, die die Achse erreichen kann. Diese Position wird dann an eine andere Host-Software zur Simulation und Anzeige der tatsächlichen Motorposition gesendet. Die schnelle Kommunikation wird durch ADS und der entsprechend geringen Latenz im Millisekundenbereich erleichtert. Mit diesem Ansatz lassen sich nach Ansicht von CASNC Technology MIL- und HIL-Simulationen optimal realisieren und über Drittanbieter-Tools als Implementierungsbasis für digitale Zwillinge nutzen. Darüber hinaus werden in neuen Projekten Vibrationssensoren einbezogen, um über deren Daten mittels selbst entwickelter Algorithmen eine vorausschauende Wartung und ein Lebenszyklusmanagement durchzuführen.

Leistungsfähige und EtherCAT-basierte Hardware

CASNC Technology setzt nicht nur hinsichtlich Digitalisierung und Virtualisierung seiner Werkzeugmaschinen auf die Durchgängigkeit und Offenheit von PC-based Control. Auch die leistungsfähige, flexible und von der IT-Welt profitierende Beckhoff Hardware wird genutzt, um neue Technologien und Funktionen in Werkzeugmaschinenanwendungen zu realisieren. So stellt die in diesem Bereich vielfältige und komplexe Bahnplanung hohe Anforderungen an die Rechenleistung der Steuerungen. Hinzu kommt weiterer Leistungsbedarf für digitale Simulation, virtuelle Operationen und umfangreiche Datenerfassung als Grundlage zur Datenanalyse, vorausschauenden Wartung und Lebenszyklusverfolgung der Werkzeugmaschinen.

CASNC Technology hat sich als Steuerungskern für den Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6030 entschieden, der mit einem Prozessor vom Typ Intel® Core™ i5 ausgestattet ist. Mit TwinCAT lässt sich dessen hohe Multicore-Rechenleistung voll ausschöpfen. Dies führt nach den Erfahrungen von CASNC Technology zu schnelleren Verarbeitungszeiten der Steuerung und kürzeren Regelzyklen für die Servoachsen, was die Regelgenauigkeit weiter gesteigert habe. In Kombination mit den EtherCAT-XFC-Klemmen von Beckhoff könne eine präzise Steuerung durch Multi-Timestamps unabhängig vom Task-Zyklus erzielt werden.

Die EtherCAT-Master-Schnittstelle des C6030 ergibt eine einfache Verbindung zu den dynamischen und kostengünstigen EtherCAT-Servomotoren. Hinzu kommt die Topologiefreiheit von EtherCAT: Mit EtherCAT-Kopplern wie z. B. EK1100 und EK1110 können lineare Netzwerke und mit EtherCAT-Abzweigen wie EK1122 Stern-Topologien aufgebaut werden. In Verbindung mit der analogen EtherCAT-

Eingangsklemme EL3351 lässt sich eine flexible statische und dynamische Wiegefunktion und Dehnungsmessung realisieren. Mit Analog-Eingangsklemmen EL3632 können IEPE-Vibrationssensoren direkt angeschlossen und eine Stromquelle von 2 bis 8 mA integriert werden, ohne dass ein zusätzlicher Wandler erforderlich ist. Die erhaltenen Daten können in TwinCAT 3 mit der Vibrationsanalysebibliothek für Frequenzbereich, Zeitbereich, Hüllkurvendigramme usw. oder durch die Systemoffenheit auch über kundeneigene Algorithmen bzw. Standard-Analysebibliotheken von Drittanbietern ausgewertet werden. Analoge Temperaturmessklemmen wie EL3204 und EL3314 können direkt auf Informationen zu Widerstand und Thermospannungen zugreifen und diese durch integrierte Kennlinien in präzise Temperaturinformationen umwandeln, was laut CASNC Technology ebenfalls die vorausschauende Wartung von Werkzeugmaschinen unterstützt.

Weitere Vorteile für CASNC Technology ergeben das umfangreiche Spektrum an EtherCAT-Hardware sowie die leistungsfähige, einfache und flexible EtherCAT-Fehlerdiagnose und -lokalisierung. Hinzu komme die Offenheit der

Mit TwinCAT 3 Interface for Inventor® besteht die interaktive Verbindung zwischen TwinCAT und 3D-CAD-Systemen für eine einfache 3D-Simulation von Modellen.



PC- und Windows-basierten Steuerungstechnik von Beckhoff, die eine nahtlose Interaktion mit übergeordneten Planungssystemen ermögliche. Durch die Nutzung von Sockets, Webserver, FTP, SMTP usw. zur Integration zahlreicher IT-Konzepte in die Automatisierungstechnik seien die Systeme zudem frei erweiterbar und einfach weiterzuentwickeln.

Dynamische und präzise Servoantriebstechnik

Werkzeugmaschinen stellen hohe Anforderungen insbesondere an die Genauigkeit und Geschwindigkeit der Achsbewegungen. Die Positions-, Geschwindigkeits- und Stromregelkreise des Servoverstärkers AX5000 von Beckhoff können eine Zykluszeit von 62,5 ms erreichen. Dies reicht laut CASNC Technology gut aus, um die Anforderungen der Regelalgorithmen zu erfüllen. Egal ob es sich um eine ein- oder zweikanalige Version des Antriebs handelt, jeder Kanal ist mit bis zu zwei Rückmeldesignalen ausgestattet. Durch die Wahl der TwinSAFE-Drive-Optionskarte AX5805 können verschiedene sichere Stoppmethoden realisiert werden, wie z. B. SLS, SSR und STO. Für Anwendungsszenarien mit höheren Synchronisationsanforderungen bei Stopps kann dies in Verbindung mit der Gantry-Funktion des AX5000 umgesetzt werden.

Für Vertikalachsen werden sowohl interne als auch externe Bremsen unterstützt; entsprechende Parametereinstellungen für Gewichtsausgleichssysteme sind vorgesehen. Nutzbar ist auch eine PID-Parameter-Autotuning-Funktion. Für eine Analyse des Gesamtsystems eignet sich TwinCAT 3 Bode Plot, mit dem über leichte, kontrollierbare Schwingungen Resonanzpunkte identifiziert und passende Filter angewendet werden können. Auf diese Weise lässt sich für das System die Stabilität verbessern, die Steifigkeit erhöhen, Folgefehler reduzieren und die Lebensdauer verlängern.

Für die Ansteuerung der Beckhoff Servomotoren AM8000 eignet sich auch das Multiachs-Servosystem AX8000, das hauptsächlich aus einem Einspeisemodul und mehreren Achsmodulen – alternativ aus einem kombinierten Einspeise- und Achsmodul – besteht. Hinzu kommt ein Kondensatormodul zur Stützung des Zwischenkreises bzw. die universelle Netzurückspeisung AX8820 zur Rückspeisung von regenerativer Energie ins Versorgungsnetz. AX8000 vereinfacht nicht nur die Energieeinsparung, sondern erhöht auch die Effizienz der Servoachsbewegungen, reduziert den Gesamtstromverbrauch, senkt die Kosten für Bremswiderstände, verringert den Temperaturanstieg im Schaltschrank und minimiert dessen Größe.

Der Trend zur schaltschranklosen Automatisierung lässt sich mit PC-based Control von Beckhoff ebenfalls umsetzen: zum einen mit dem MX-System als steckbare Systemlösung für den vollständigen Ersatz von Schaltschränken und zum anderen mit dem dezentralen Servoantriebssystem AMP8000 bestehend dezentralen Servoantrieben sowie Versorgungs-, Verteiler- und Koppelmodulen. Letzteres kann die Servoantriebstechnik im Schaltschrank ersetzen und somit deutlich Platz sparen.

weitere Infos unter:  
<http://casnc.com.cn>  
[www.beckhoff.com/werkzeugmaschinen](http://www.beckhoff.com/werkzeugmaschinen)





David Dobón, Applications Engineering Manager, Agustín Cano, Team Leader Control Systems und Hector Ortega, Team Leader Software (alle Power Electronics) vor einem Power Block (v.l.n.r.)

Dynamische Steuerung von industriellen Solaranlagen und Energiespeichern

# Skalierbare Energieversorgung ohne Systemgrenzen

In über 3.000 Solar- und Energiespeicherprojekten mit insgesamt 120 GW installierter Leistung hat der spanische Konzern Power Electronics sein umfassendes Know-how in der nachhaltigen Energieversorgung bewiesen. Bei der Steuerung seiner modularen Anlagen setzt das Unternehmen auf die offene und performante Steuerungstechnik von Beckhoff: Leistungsfähige Embedded-PCs in Kombination mit TwinCAT ermöglichen eine flexible Skalierung und dynamische Lastwechsel von 330 MW in 110 ms.



Die auf Wechselrichter für Dienstleistungs- und Batteriespeichersysteme spezialisierte Power Electronics in Llíria bei Valencia ist ein führender Hersteller von Solar-Wechselrichtern für Photovoltaikanlagen in der ganzen Welt. Das 1987 gegründete Unternehmen ist in 36 Ländern vertreten und hat mehr als 3.000 Solar- und Energiespeicherprojekte mit 120 GW installierter Leistung (AC) realisiert, die die Freisetzung von fast 120 Mio. t CO<sub>2</sub> verhindern. Neben der Produktion von Solar-, Batterie- und Hybridwechselrichtern liefert Power Electronics auch ein eigenes Steuerungssystem für die Anlagen, mit Battery Controller Interface (BCI) und dem Power Plant Controller (PPC) als Kernelemente. Eine Anlage besteht aus vielen einzelnen Power Blocks mit Solar- und/oder Batterie-Modulen, die von jeweils einem BCI auf Basis von PC-based Control überwacht und gesteuert werden. Ein Power Block enthält einen Wechselrichter für die Solarmodule sowie einen DC/DC-Wandler, wenn zusätzlich Batteriespeicher



eingesetzt werden. Der Wechselrichter wandelt die Gleichspannung der Solarmodule in Wechselspannung, um bedarfsabhängig entweder das Netz oder die Batterien bidirektional zu versorgen. Die übergeordnete Steuerung und Koordination aller Power Blocks einer Anlage entsprechend den Anforderungen der Netzbetreiber übernimmt der zentrale PPC.

Höhere Wirtschaftlichkeit durch dynamische Steuerung

Mit seiner jahrzehntelangen Expertise gewährleistet das Unternehmen die Einhaltung der anspruchsvollen und weltweit unterschiedlichen Netzvorschriften der Energieversorger, die u. a. das Verhalten der Anlagen zur Stabilitätssicherung der Energienetze bei Ereignissen definieren. „Erfüllt eine Anlage darüber hinaus noch strengere Anforderungen hinsichtlich der Reaktionszeiten, kann die Anlage sogenannte Unterstützungsdienste leisten“, betont David Dobón, Applications Engineering Manager bei Power Electronics, die Wichtigkeit einer performanten Steuerungstechnik. Der Vorteil für die Betreiber: Sie können die ins Netz eingespeiste Energie zu einem höheren Preis verkaufen. „Anfangs konnten wir unsere Anlagen in 130 ms beispielsweise von 150 MW Leistungsaufnahme auf 180 MW Einspeisung

Bei den Power Plant Controllern (PPC) werden Embedded-PCs CX2033 mit AMD Ryzen™ Prozessor eingesetzt sowie über TwinCAT und ADS die einzelnen Power Blocks gesteuert.

umsteuern, inzwischen schaffen wir das sogar in 110 ms“, betont Agustin Cano, Team Leader Control Systems bei Power Electronics. Voraussetzung für solch extrem kurze Umschaltzeiten ist das schnelle und ausgeklügelte Automatisierungssystem, das Power Electronics mit Hard- und Software von Beckhoff realisiert hat und damit alle drei Varianten der Power Blocks steuern kann: Solar, Batterie und Hybrid.

Herausforderung hybride Power Blocks

„Das komplexeste Szenario entsteht, wenn der Wechselrichter einer BCI sowohl Solarmodule als auch Batterien gleichzeitig verwaltet“, so Hector Ortega, Team Leader Software bei Power Electronics. Diese hybriden Power Blocks arbeiten dann als kleine autonome Solaranlage und müssen sich quasi in Eigenregie verwalten, um das Energiegleichgewicht zu gewährleisten.

Als Steuerung für die unterschiedlichen Battery Controller Interfaces nutzt Power Electronics die Beckhoff Embedded-PCs der Serie CX mit TwinCAT 3 PLC (TC1200). „Abhängig von der Konfiguration eines Power Blocks kommt z. B. ein Embedded-PC CX5120 oder CX5240 mit einem Prozessor vom Typ Intel Atom® zum Einsatz“, präzisiert Javier Menchén, Technischer Support von Beckhoff Spanien. Die BCI kommunizieren über Modbus TCP mit den Wechselrichtern, Batterien sowie den anderen Komponenten und führen komplexe Steuerungsalgorithmen mit sehr kurzen Zykluszeiten aus.

Agustin Cano,  
Team Leader Control Systems,  
Power Electronics

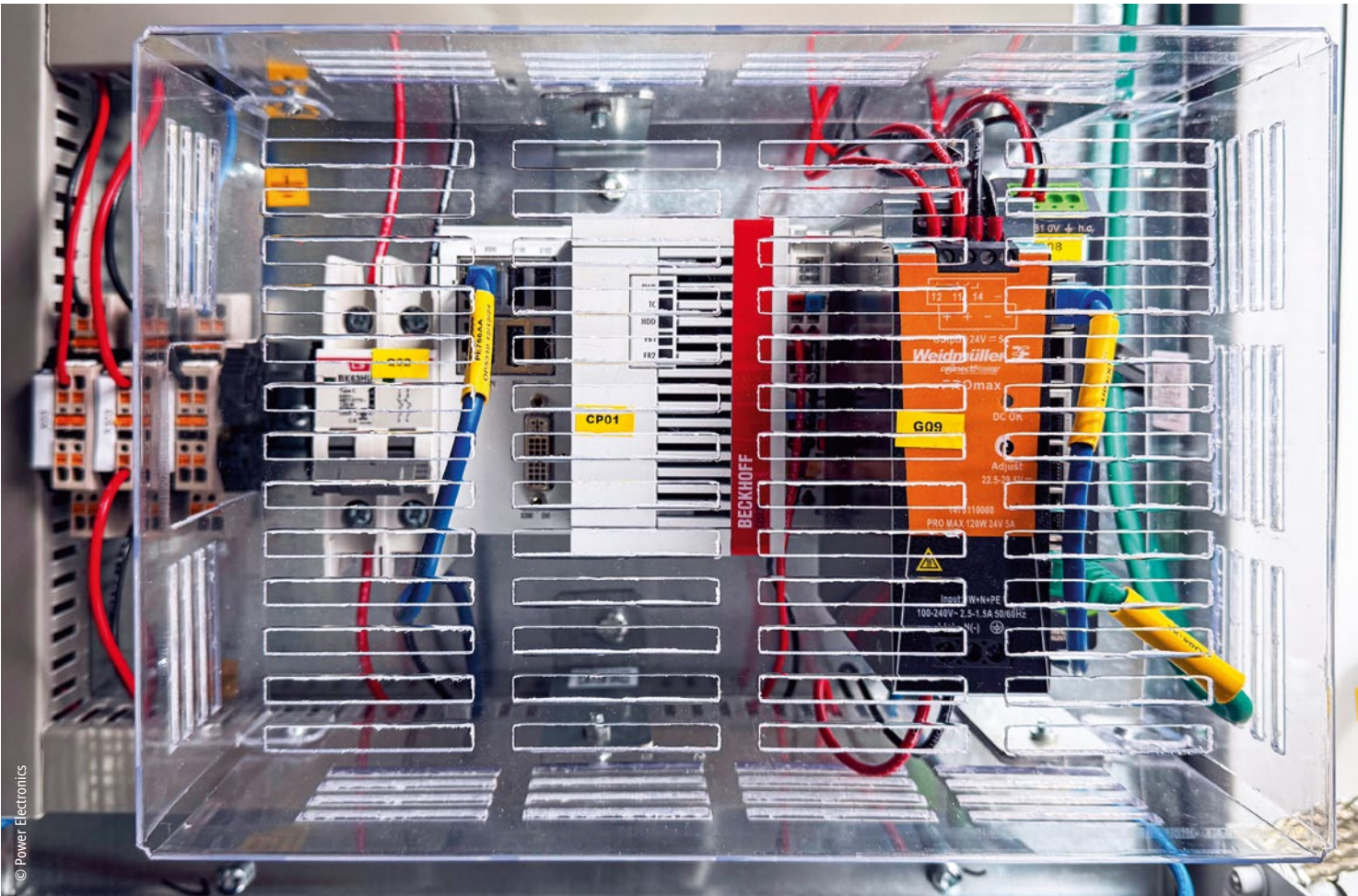
„Das Echtzeit-Task-Management von TwinCAT ist essenziell, um die kurzen Reaktionszeiten der Solaranlagen und Batteriespeicher zu gewährleisten.“

Auf den Embedded-PCs der Steuerungen ist ebenso TwinCAT 3 PLC HMI Web (TF1810) als Visualisierung installiert. Dies ermöglicht es dem Service-Personal, die Parameter der angeschlossenen Geräte direkt vor Ort oder remote über eine Webschnittstelle aufzurufen.

Künftige Funktionserweiterungen und Optimierungen der Software werden voraussichtlich zusätzliche Rechenleistung erfordern. Die Performance lässt sich dann durch einen Wechsel auf einen Embedded-PC CX5330 mit zwei CPU-Kernen problemlos anpassen. Dazu sagt Miquel Coca, Vertrieb Beckhoff Spanien: „Beckhoff erweitert regelmäßig das Portfolio an Industrie-PCs und Embedded-PCs um leistungsstärkere Varianten und stellt gleichzeitig die langfristige Verfügbarkeit und einfache Skalierbarkeit der Steuerungsrechner sicher.“

Batteriespeicher als dynamische Regelreserve

Der PPC überwacht und steuert mehrere BCIs und ist als Schlüsselement für die Koordination aller Power Blocks einer Anlage verantwortlich. Hier



Power Electronics profitiert bei den Solar- und Batteriespeicherprojekten von der Offenheit und breiten Skalierbarkeit der Steuerungshard- und -software von Beckhoff und nutzt für die Battery Controller Interfaces z. B. Embedded-PCs CX5120.

setzt Power Electronics auf einen Embedded-PC CX2033 mit AMD Ryzen™ Prozessor. „Bei einem Projekt haben wir mit dem Embedded-PC schon 160 BCIs koordiniert und sind dabei noch nicht in die Nähe von dessen Leistungsreserve gekommen“, so David Dobón. Der PPC erfasst und verarbeitet über das Kommunikationsprotokoll ADS die Informationen jedes BCI und liefert ihnen die Betriebssollwerte. „ADS ist sehr schnell, flexibel und ermöglicht die Kommunikation über das Ethernet-Netzwerk der Anlage“, stellt Miquel Coca heraus. Auch bei der Software des PCC sind Erweiterungen geplant, sodass hier in Zukunft der Einsatz eines Embedded-PC CX2043 mit vier CPU-Kernen vorgesehen ist.

Offenheit erleichtert Systemintegration

„Die Nutzung eines Steuerungs-PC mit offenem Betriebssystem ermöglicht die Integration von .Net-Code, was für uns von großem Vorteil ist“, zeigt Hector Ortega ein wichtiges Merkmal von PC-based Control von Beckhoff auf. Power Electronics konnte damit das von vielen Energieversorgern für die Kommunikation zwischen dem übergeordneten SCADA-System und den Unterstationen genutzte Fernwirkprotokoll DNP3 implementieren. Zudem werden mit .Net die Datenbanken verwaltet und die Visualisierung entwickelt.

„Das Echtzeit-Task-Management von TwinCAT, zusammen mit den leistungsstarken Embedded-PCs, ist essenziell, um die kurzen Reaktionszeiten der Solaranlagen und Batteriespeicher zu gewährleisten“, betont Agustin Cano. Darüber hinaus seien die bereitgestellten Diagnosetools von TwinCAT äußerst hilfreich, um die Ausführungszeit jeder Task über alle Kerne und Zyklen hinweg zu überwachen. Die Kompatibilität der Hard- und Software sei ein weiteres Kriterium gewesen, Beckhoff als Lieferanten auszuwählen. Darüber hinaus habe die Zusammenarbeit zwischen den Teams von Power Electronics und Beckhoff bei der Klärung technischer Fragen schnell, reibungslos und effizient funktioniert.

weitere Infos unter:  
[www.power-electronics.com](http://www.power-electronics.com)  
[www.beckhoff.com/elektrische-energiesysteme](http://www.beckhoff.com/elektrische-energiesysteme)  
[www.beckhoff.com/embedded-pc](http://www.beckhoff.com/embedded-pc)





Vorfreude beim EtherCAT Plugfest auf die gemeinsame Arbeit zur Interoperabilität der EtherCAT-Geräte

# Erfolgreiches EtherCAT Plugfest im Beckhoff Silicon Valley Technical Center

Die EtherCAT Technology Group (ETG) hat ein weiteres erfolgreiches EtherCAT Plugfest veranstaltet – diesmal im Silicon Valley Technical Center von Beckhoff in Kalifornien. Zahlreiche Entwickler kamen zusammen, um ihre Geräte in einem praxisnahen Umfeld zu testen und die Interoperabilität ihrer EtherCAT-Produkte zu verifizieren.



Konzentriertes Arbeiten und umfassender Erfahrungsaustausch

Ein Plugfest ist ein praxisorientiertes Entwickler-treffen, bei dem Hersteller ihre EtherCAT-Geräte – sowohl MainDevices (Steuerungen) als auch SubDevices (beispielsweise I/O-Baugruppen oder Antriebe) – miteinander vernetzen und in realistischen Testaufbauten betreiben. Ziel ist, das reibungslose Zusammenspiel der unterschiedlichen Implementierungen sicherzustellen. Damit leisten die Plugfests einen entscheidenden Beitrag zur Interoperabilität innerhalb des EtherCAT-Ökosystems.

Begleitet und unterstützt wurde die Veranstaltung von EtherCAT-Experten von Beckhoff aus Deutschland und den USA, die den Teilnehmenden mit Rat und Tat zur Seite standen. Ein wichtiger Bestandteil jedes Plugfests ist der Test der SubDevices mit dem offiziellen EtherCAT Conformance Test Tool (CTT) der ETG. So wird gewährleistet, dass alle Geräte den hohen EtherCAT-Qualitäts- und Kompatibilitätsanforderungen entsprechen.

Neben den technischen Tests schätzen die Teilnehmenden vor allem den direkten Austausch untereinander und mit den ETG-Experten. Viele Firmen nehmen regelmäßig an den Plugfests teil – nicht etwa, weil ihre Geräte nicht kompatibel wären, sondern weil sie hier immer wieder auf neue Geräte und Entwickler treffen. So lassen sich potenzielle Interoperabilitätsprobleme bereits im Vorfeld erkennen und lösen, bevor sie beim Anwender im Feld auftreten.

Die Atmosphäre während des Plugfests war – wie bei diesen Veranstaltungen üblich – locker, aber konzentriert. Die Größe solcher Treffen wird meist nur durch die Kapazität

der Veranstaltungsräume begrenzt. Besonders bemerkenswert bei diesem Plugfest war die ungewöhnlich hohe Anzahl an Steuerungsherstellern, also MainDevice-Teilnehmern. Dies unterstreicht sowohl die Offenheit der EtherCAT-Technologie als auch ihre herausragende Marktstellung.

Obwohl EtherCAT ursprünglich von Beckhoff entwickelt wurde, engagiert sich Beckhoff aktiv in der ETG und unterstützt die weltweite EtherCAT-Community und das offene EtherCAT-Ökosystem. So fördert das Unternehmen die Technologie, um die bestmögliche Kompatibilität und Innovationskraft sicherzustellen.

Die EtherCAT Technology Group organisiert jährlich vier bis fünf Plugfests weltweit – in der Regel zwei in Europa, eines in Amerika und zwei in Asien. Darüber hinaus findet ein spezialisiertes Plugfest zu Safety over EtherCAT statt, das sich ausschließlich mit sicherheitsgerichteten Implementierungen beschäftigt.



# Gut besuchtes EtherCAT-Technologieseminar in Peking

Zahlreiche Fachbesucher aus der Automatisierungs- und Elektronikbranche nahmen kürzlich am EtherCAT-Technologieseminar in Peking teil, das von der EtherCAT Technology Group in Zusammenarbeit mit Beckhoff veranstaltet wurde. Die ganztägige Veranstaltung bot ein abwechslungsreiches Programm rund um die neuesten Entwicklungen der EtherCAT-Technologie sowie deren erfolgreiche Anwendung in verschiedenen Industriezweigen.

In mehreren Fachvorträgen erhielten die Teilnehmenden einen umfassenden Überblick über die technischen Besonderheiten und Markttrends von EtherCAT, über Erfolgsgeschichten aus der Halbleiterindustrie sowie über die Einsatzmöglichkeiten offener PC-basierter Steuerungssysteme in Hightech-Branchen. Auch Anwendungen von Beckhoff in der New-Energy-Industrie wurden vorgestellt.

Am Nachmittag standen praxisorientierte Themen im Mittelpunkt, darunter Diagnosefunktionen, Netzwerkplanung und Systemintegration von EtherCAT, ebenso wie die Präsentation der vielfältigen I/O-Produkte und PC-basierten Steuerungsarchitekturen von Beckhoff. In den Pausen nutzten die Teilnehmenden die Gelegenheit zu Demovorführungen und fachlichem Austausch mit den Experten vor Ort.

Das große Interesse an der Veranstaltung unterstreicht die starke Präsenz und wachsende Bedeutung von EtherCAT in China, insbesondere in dynamischen Industriezweigen wie der Halbleiter- und New-Energy-Branche. Beckhoff unterstützt die lokale Industrie dabei mit seiner offenen, leistungsfähigen Automatisierungstechnologie.



Oben: Volles Haus beim EtherCAT-Technologieseminar in Peking  
Unten: Großes Interesse, genauer Blick und intensive Fachgespräche

weitere Infos unter:  
[www.ethercat.org](http://www.ethercat.org)





## Mehr über Beckhoff



Unternehmen



Globale  
Präsenz



Veranstaltungen  
und Termine



Stellenangebote



Produkte



Branchen



Support